

การจำลองการแตกหักของส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน
ที่เกิดจากอุบัติเหตุ

นางสาวนพชนวรรณ โลหรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

SIMULATION OF FEMUR BONE AND HUMERUS BONE METAPHYSEAL
FRACTURE CAUSED BY ACCIDENT

Miss Nopchanat Loharat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Biomedical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองการแตกหักของส่วนหัวและส่วนปลายของ
	กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่เกิดจากอุบัติเหตุ
โดย	นางสาวนพชนวรรณ โฉมรัตน์
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นพ. ธันวาทันต์ สติธิตย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานะ ศรียุทธศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นพ. ธันวาทันต์ สติธิตย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิทิต)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพ. ภาสกร วัชรธาดา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวดี ชวนไชยะกุล)

นพชนรรจนี โลหรัตน์ : การจำลองการแตกหักของส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่เกิดจากอุบัติเหตุ (SIMULATION OF FEMUR BONE AND HUMERUS BONE METAPHYSEAL FRACTURE CAUSED BY ACCIDENT) อ.ที่
 ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.นพ.ธันวา ตันสถิตย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร.
 ยุทธนา กุลวิฑิต, 154 หน้า.

ปัญหากระดูกพรุนหรือกระดูกโปร่งบาง (Osteoporosis) เป็นภาวะที่อาจพบได้ในทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหญิงวัยหมดประจำเดือนและผู้สูงอายุ โรคกระดูกพรุนเป็นปัญหาหนึ่งของผู้สูงอายุ เพราะเมื่อเกิดขึ้นแล้วย่อมมีปัญหาซับซ้อนตามมา ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายมนุษย์มีทั้งการสร้างและการทำลายเนื้อกระดูกไปพร้อมกันตลอดเวลาอย่างสมดุลและข้อมูลที่น่าสนใจ คือ อัตราผู้เสียชีวิตจากกระดูกหักจากภาวะกระดูกพรุนสูงกว่าอัตราผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งปากมดลูก มะเร็งมดลูกและเต้านมรวมกัน โดยการศึกษานี้จะใช้กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของอาจารย์ใหญ่ อย่างละ 60 ซ้าง อายุเฉลี่ย 76.6 ± 9.3 ปี แล้วทำการจุดจุดเพื่อวัดค่าความแข็งของแต่ละตำแหน่งนั้น จะพบว่า ค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัวในช่วงการวัดตำแหน่งที่ 5, 6, 7, 8 ซึ่งเป็นบริเวณส่วนคอของกระดูก จะมีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งในแบบระนาบมากที่สุด เท่ากับ 28.8 ± 13.5 นิวตัน/ตร.มม. เพราะบริเวณดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการรับน้ำหนักร่างกายมากที่สุด จึงทำให้มีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น และในตำแหน่งที่ 9, 10, 11, 12 ซึ่งเป็นบริเวณส่วนหัวของกระดูกนั้นจะมีค่าเฉลี่ยค่าความแข็งในแบบระนาบน้อยที่สุด เท่ากับ 20.8 ± 10.1 นิวตัน/ตร.มม. เป็นบริเวณที่มีความอ่อนนุ่มมาก เพราะเป็นช่วงที่ต้องมีการสัมผัสและเข้าไปอยู่ในส่วนของเบาของกระดูกสะโพกจึงทำให้มีความอ่อนนุ่มเพื่อลดการเสียดสีและรับกับรูปเบาของกระดูกสะโพกได้ ส่วนค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัวในช่วงการวัด จะได้ว่า ในตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4 ซึ่งเป็นบริเวณส่วนฐานคอของกระดูกนั้น จะมีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งในแบบระนาบมากที่สุด เท่ากับ 25.3 ± 11.9 นิวตัน/ตร.มม. เป็นเพราะบริเวณดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการรับน้ำหนักร่างกายมากที่สุด จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น และในตำแหน่งที่ 5, 6, 7, 8 เป็นบริเวณส่วนคอของกระดูกนั้นจะมีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งในแบบระนาบน้อยที่สุด เท่ากับ 18.3 ± 9.7 นิวตัน/ตร.มม. เป็นบริเวณที่มีความอ่อนนุ่มมาก เพราะเป็นช่วงที่ต้องมีการสัมผัสและเข้าไปอยู่ในส่วนเบาของกระดูกหัวไหล่ จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความอ่อนนุ่มเพื่อลดการเสียดสีและรับกับรูปเบาของกระดูกหัวไหล่ได้ ซึ่งข้อมูลในงานวิจัยนี้จะช่วยแนะแนวทางแก่ศัลยแพทย์ ในการรักษา ป้องกันและลดปัญหาต่างๆก่อนที่กระดูกจะเกิดการแตกหักได้ และอาจเป็นข้อมูลพื้นฐานช่วยเสริมในงานทางด้าน Finite Element เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการสร้างข้อมูลที่ไม่ได้มาจากกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนได้

สาขาวิชา สหสาขาวิชาวิศวกรรมชีวเวชลายมือชื่อนิติ.....
 ปีการศึกษา 2554ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5187179621 : MAJOR Biomedical Engineering

KEYWORDS: Femur / Humerus / Fracture

NOPCHANAT LOHARAT : SIMULATION OF FEMUR BONE AND HUMERUS BONE METAPHYSEAL FRACTURE CAUSE BY ACCIDENT. ADVISOR : ASSOC. PROF. TANVAA TANSATIT, M.D. CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. YOUTHANA KULVITIT, Dr. Ing.154,pp.

Osteoporosis, a disease of bones that leads to an increased risk of fracture, It is a very serious condition that may occur in every elderly people especially in women after menopause. Once happen to elderly people, it causes more complication than many other. Interesting information, the mortality rate of osteoporosis is higher than that of cervical and breast cancer combined. The aim of this research is to measure the hardness of bone using femur and humerus bones of cadavers as models. The hardness of sixty femur and humerus bones from female and male with an average age of 73.2 ± 9.3 years old were tested. The test results show that, The first plane of head femur bone consisting of position 5, 6, 7, and 8 is considered to be the neck areas, has the highest hardness value of 28.8 ± 13.5 Newton/mm². This region is responsible for supporting most of the body mass, it is therefore harder than any other regions. The second plane of head femur bone consisting of position 9, 10, 11 and 12 is considered to be the head areas, has the lowest hardness value of 20.8 ± 10.1 Newton/mm². These areas are very soft and used for friction reduction of ilium. While the first plane of humerus bone consisting of position 1 2 3 and 4, is considered to be a surgical neck area, has the highest hardness value of 25.3 ± 11.9 Newton/mm². This region is responsible for supporting most of the body mass, it is therefore harder than any other areas. The second plane of humerus bone consisting of position 5,6,7 and 8 is considered to be an anatomic neck area, has the lowest hardness value of 18.3 ± 9.7 Newton/mm². This areas is very soft and used for reducing the friction of glenoid. These data maybe used as guideline for surgeon so that appropriate precaution can be taken during to reduce bone fracture In addition, they may be used as experimental data for the validation of theoretical analysis using finite element computer software.

Field of Study : Biomedical Engineering Student's Signature

Academic Year : 2011 Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษา ร่วมคือ รองศาสตราจารย์ นพ. ธันวาทันต์ สติธิตย์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา กุลวิฑิต ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งตลอดเวลาที่ทำการวิจัยตลอดจน การเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จโดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ นางปิยาภรณ์ พันธุ์ชาติ รุ่นพี่ร่วมหลักสูตรวิศวกรรมชีวเวช ที่ได้ให้ คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ บุคลากรและเจ้าหน้าที่ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความ ช่วยเหลือตลอดการศึกษาในระดับมหาบัณฑิตศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และขอบคุณสมาชิกทุกคนในครอบครัวที่คอยให้ กำลังใจทุนทรัพย์และความช่วยเหลือทุกๆด้าน ตลอดจนขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้การช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาตลอดเวลาที่ทำการศึกษาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
โครงสร้างของกระดูก.....	5
กลไกการเกิดภาวะกระดูกหัก.....	7
ความหนาแน่นของกระดูก.....	15
การทดสอบความแข็งของวัสดุ.....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
ประชากรที่ใช้ศึกษา.....	18
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	18
ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	20
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	30
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
ผลการวิเคราะห์.....	34
ผลการเปรียบเทียบ.....	43

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	66
สรุปผลการวิจัย.....	66
อภิปรายผลการวิจัย.....	66
ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....	71
รายการอ้างอิง.....	72
ภาคผนวก.....	75
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	154

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เก็บค่าเพศและอายุ.....	30
2	เก็บค่าแรงสูงสุดที่วัดความแข็งของแต่ละจุดและค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุด.....	31
3	เก็บค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดูกเกิดการแตกหัก.....	31
4	เก็บค่าแรงดึงสูงสุดที่ดึงสกรูออกในแต่ละจุดและค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่มีการดึงสกรูจนสกรูเกิดการดึงออก.....	32
5	อายุของอาจารย์ใหญ่ที่ใช้ในการศึกษา.....	33
6	ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัว ทั้ง 12 จุด ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง.....	34
7	ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลาย ทั้ง 12 จุด ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง.....	36
8	ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัว ทั้ง 13 จุด ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง.....	38
9	ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ทั้ง 4 จุด ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง.....	40
10	ขนาดของแรงกดของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม.....	41
11	ขนาดของแรงดึงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนปลายจากค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดรวมทุกร่าง	43
12	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัวและปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวา รวม 24 จุด.....	43
13	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขา ระหว่างเพศชาย-หญิง และข้างซ้าย-ขวา	44
14	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัวทั้ง 3 ระนาบ.....	46
15	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลายระหว่างด้านนอก-ใน	48
16	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวในวิธีการตามและไม่ได้ทำการตาม ระหว่างเพศชาย-หญิง.....	49

ตารางที่	หน้า
17	ลักษณะการแตกหักที่พบมากที่สุดหลังจากที่ใส่แรงกดกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม..... 51
18	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายกับความแข็งแรงเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละจุด..... 52
19	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวา..... 53
20	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลาย ระหว่างเพศชาย-หญิง..... 54
21	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัวและปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวา รวม 17 จุด..... 55
22	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขน ระหว่างเพศชาย-หญิง และข้างซ้าย-ขวา..... 56
23	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้ง 3 ระนาบ..... 57
24	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงกระดูกต้นแขนส่วนปลายระหว่างด้านนอก-ใน..... 59
25	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวในวิธีการตามและไม่ได้ทำการตาม ระหว่างเพศชาย-หญิง..... 60
26	ลักษณะการแตกหักที่พบมากที่สุดหลังจากที่ใส่แรงกดกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม..... 62
27	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายกับความแข็งแรงเฉลี่ยสูงสุด ในแต่ละจุด..... 63
28	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวา..... 64
29	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ระหว่างเพศชาย-หญิง..... 65

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	กระดุกต้นขา.....	6
2	กระดุกต้นแขน.....	7
3	ลักษณะอุบัติเหตุที่จะทำให้เกิดการแตกหักของกระดุกต้นขา.....	10
4	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นขาส่วนหัวของ Pauwels.....	10
5	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นขาส่วนหัวของ Boyd and Griffin.....	10
6	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นขาส่วนหัวของ Tronzo.....	11
7	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นขาส่วนปลายของ Neer, Grantham and Sheton.....	12
8	ลักษณะอุบัติเหตุที่จะทำให้เกิดการแตกหักของกระดุกต้นแขน.....	13
9	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นแขนส่วนหัวของ Neer, Grantham and Sheton.....	13
10	การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดุกต้นแขนส่วนปลายของ Jupiter and Mehne.....	14
11	เครื่องวัดแรง (Digital force gauge)	19
12	หัววัดความแข็ง.....	19
13	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	19
14	การจัดระนาบช่วงของการวัดค่าความแข็งของกระดุกต้นขาส่วนหัว.....	20
15	การจัดระนาบช่วงของการวัดค่าความแข็งของกระดุกต้นแขนส่วนหัว.....	21
16	การจัดด้านการวัดค่าความแข็งของกระดุกต้นขาส่วนปลาย.....	21
17	การจัดด้านการวัดค่าความแข็งของกระดุกต้นแขนส่วนปลาย.....	22
18	กระดุกต้นขา(ซ้าย) และกระดุกต้นแขน(ขวา) ที่พร้อมทำการทดลอง.....	23
19	ตำแหน่งที่ใช้วัดความแข็งและตำแหน่งในการใส่สกรูของกระดุกต้นขา.....	24
20	ตำแหน่งที่ใช้วัดความแข็งและตำแหน่งในการใส่สกรูของกระดุกต้นแขน.....	25
21	ลักษณะการเชื่อมต่อเครื่องวัดเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวัดความแข็ง.....	26
22	รูปแบบการวางกระดุกต้นขา เพื่อทำการวัดความแข็ง.....	26
23	รูปแบบการวางกระดุกต้นแขน เพื่อทำการวัดความแข็ง.....	27

รูปที่	หน้า
24	รูปแบบการตามกระดุกต้นขาส่วนหัว (ซ้าย) และกระดุกต้นแขน (ขวา) 27
25	ต่อเครื่องวัดแรงเข้ากับเครื่องต้นกระดุก เพื่อวัดแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดุกเกิด การแตกหัก..... 28
26	รูปแบบการวางกระดุกต้นขาส่วนหัวเข้าที่เครื่องต้นกระดุก..... 28
27	รูปแบบการวางกระดุกต้นแขนส่วนหัวเข้าที่เครื่องต้นกระดุก..... 29
28	รูปแบบการใส่สกรูและการวางกระดุกต้นขาส่วนปลายเพื่อวัดค่าแรงดึง..... 29
29	รูปแบบการใส่สกรูและการวางกระดุกต้นแขนส่วนปลายเพื่อวัดค่าแรงดึง..... 30
30	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดุกต้นขาส่วนหัว 12 จุด ข้างขวา- ซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง..... 36
31	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดุกต้นขาส่วนปลาย 12 จุด ข้าง ขวา-ซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง..... 38
32	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดุกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ข้างขวา- ซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง..... 40
33	กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดุกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด ข้าง ขวา-ซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง..... 41

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหากระดูกพรุนหรือกระดูกโปร่งบาง (Osteoporosis) เป็นภาวะที่อาจพบได้ในทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหญิงวัยหมดประจำเดือนและผู้สูงอายุ โรคกระดูกพรุนเป็นปัญหาหนึ่งของผู้สูงอายุเพราะเมื่อเกิดขึ้นแล้วย่อมมีปัญหาลำบากตามมา สาเหตุของการทำให้เกิดกระดูกพรุนคือกระดูกขาดความแข็งแรง ด้วยหลายสาเหตุ เช่น ขาดการออกกำลังกาย หรือในช่วงชีวิตที่ผ่านมา มีภาวะโภชนาการไม่เพียงพอและไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการรับประทานอาหารที่มีแคลเซียมน้อย ทั้งนี้เพราะการขาดแคลเซียมจึงทำให้กระดูกไม่มีการเจริญเติบโตและไม่พัฒนาไปตามธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายมนุษย์มีทั้งการสร้างและการทำลายเนื้อกระดูกไปพร้อมกันตลอดเวลาอย่างสมดุล [1]

กระดูกพรุน เป็นโรคหนึ่งที่พบมากในผู้สูงอายุทั้งเพศชายและเพศหญิง แต่จะพบในเพศหญิงมากกว่าเพศชายในอัตรา 4 : 1 โดยปกติแล้วเมื่ออายุ 30 ปี กระดูกจะค่อยๆ บางลงช้าๆ เนื่องจากเซลล์กระดูกอ่อน (Osteoblast) ทำงานลดลงเป็นผลให้กระดูกบางลงทุกปี กระดูกผู้ชายบางลงร้อยละ 0.5 ต่อปี กระดูกผู้หญิงบางลงร้อยละ 3.0 ต่อปี และจะบางลงอย่างรวดเร็วภายหลังจากหมดประจำเดือนในระยะ 5-10 ปีแรกของการหมดประจำเดือนเนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้มีการสลายมวลกระดูก [2] และเป็นสาเหตุให้กระดูกผู้หญิงบางและพรุนมากกว่าผู้ชาย 6 เท่า จากการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าคนที่มีอายุ 50 ปีขึ้นไป จะมีภาวะกระดูกพรุนร่วมกับกระดูกหักถึงร้อยละ 54.0 ส่วนผู้ป่วยที่กระดูกสะโพกหักภายหลังได้รับการรักษา สามารถพึ่งพาตนเองได้มีเพียงร้อยละ 30.0 ส่วนอีกร้อยละ 50.0 อยู่ในสภาพที่ช่วยเหลือตนเองได้น้อยต้องพึ่งพาผู้อื่นเนื่องจากเดินไม่ได้ [3]

ภาวะการหักของกระดูกสะโพกมักพบในผู้สูงอายุจากเหตุผล 2 ประการ คือ การมีน้ำหนักแน่นของเนื้อกระดูกลดลงและมีอุบัติเหตุการหกล้มมากขึ้น [4, 5] เมื่ออายุมากขึ้นจะมีความหนาแน่นของมวลกระดูกลดลง เป็นเหตุให้เพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักทั้งในเพศหญิงและชาย และประมาณร้อยละ 90 ของการเกิดกระดูกสะโพกหักในผู้สูงอายุเป็นผลมาจากการหกล้ม [6] Dargent-Molina และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหกล้ม พบว่าความเสี่ยงจากการทำงานของระบบประสาท กล้ามเนื้อ การมองเห็น ความสามารถในการทรงตัว ท่าทางการเดินที่เปลี่ยนแปลงและความไวของรีเฟล็กซ์ที่ลดลง ทำให้เกิดความเสียหายต่อการหกล้ม

นอกจากนี้ การเกิดโรคแทรกซ้อนหลังจากเกิดภาวะกระดูกสะโพกหัก [7] ในปีพ.ศ. 2537 ผู้ป่วยอายุระหว่าง 45–75 ปีขึ้นไป จำนวน 106 คน ที่นอนบนเตียงเป็นเวลานานจะทำให้เกิดแผลกดทับประมาณร้อยละ 7.6 ปอดบวมประมาณร้อยละ 0.9 ทางเดินปัสสาวะอักเสบประมาณร้อยละ 6.6 และแผลในกระเพาะอาหารประมาณ 0.9 พบว่า ค่ามัธยฐานของค่าบริการทางการแพทย์ที่เรียกเก็บจากผู้ป่วยเท่ากับ 11,250 บาทต่อคน ซึ่งสูงมากและระยะเวลานอนรักษาตัวในโรงพยาบาลเฉลี่ย 22.69 วัน ซึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา Cummings และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการรักษาการเกิดภาวะกระดูกสะโพกหัก พบว่าในปี ค.ศ.1984 ค่าใช้จ่ายประมาณ 7.2 พันล้านดอลลาร์ ประมาณค่าใช้จ่ายปี ค.ศ.2020 ประมาณ 11 พันล้านดอลลาร์ และปี ค.ศ.2040 ประมาณ 16 พันล้านดอลลาร์ และข้อมูลที่น่าสนใจ [9] คือ อัตราผู้เสียชีวิตจากกระดูกหักจากภาวะกระดูกพรุนสูงกว่าอัตราผู้เสียชีวิตจากโรคมะเร็งปากมดลูก มะเร็งมดลูกและเต้านมรวมกัน โดยผู้ป่วยกระดูกหักเพียงร้อยละ 25-50 เท่านั้นที่กลับไปเคลื่อนไหวได้ดังเดิม โดยการศึกษาในสิงคโปร์ พบว่าผู้ป่วย 1 ใน 5 ที่กระดูกสะโพกหักหรือร้าวเนื่องจากภาวะกระดูกพรุนจะเสียชีวิตภายใน 1 ปี และ 1 ใน 3 ของคนเหล่านี้จะพิการเดินไม่ได้ต้องใช้รถเข็นหรือเคลื่อนไหวร่างกายไม่ได้

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา งานวิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งเน้นศึกษาลักษณะการแตกหักของส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากแรงที่มากระทำในทิศทางที่เกิดจากอุบัติเหตุ โดยข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะมาเป็นข้อมูลพื้นฐานช่วยเสริมในงานวิจัยทางด้าน Finite Element อีกทั้งยังช่วยแนะแนวทางแก่ศัลยแพทย์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการใส่สกรูได้อีกด้วย เพื่อเป็นการป้องกันและลดปัญหาต่างๆก่อนที่กระดูกบริเวณดังกล่าวจะเกิดการแตกหักได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ทดสอบความแข็งส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน เพื่อนำมาเปรียบเทียบลักษณะการแตกหักในแต่ละจุด
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความแข็งในแต่ละจุดของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน และการแตกหัก
3. ทดสอบการตามมีผลต่อการเสริมความแข็งส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากแรงกดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ได้รับการตามและกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ไม่ได้รับการตาม

4.ทดสอบหาตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการใส่สกรูที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากแรงดึง

ขอบเขตของการวิจัย

ประเมินผลความแข็งแรงของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน เพื่อดูความสัมพันธ์ของลักษณะการแตกหักในลักษณะต่างๆของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ใช้เป็นกระดูกของอาจารย์ใหญ่ที่ผ่านการProcess มา ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจมีค่าคาดเคลื่อนไม่เหมือนกระดูกในมนุษย์ที่ยังมีชีวิต
2. ในการวัดค่าความแข็งแรงของกระดูกอาจเกิดการคาดเคลื่อนได้เนื่องจากรูปทรงของกระดูกไม่ราบเรียบเหมือนผิววัตถุชนิดอื่น

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Femur, Humerus, Fracture

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานช่วยเสริมในงานวิจัยทางด้าน Finite Element ได้ อีกทั้งยังช่วยแนะแนวทางแก่ศัลยแพทย์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการใส่สกรูได้อีกด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นการป้องกันและลดปัญหาต่างๆก่อนที่กระดูกบริเวณดังกล่าวจะเกิดการแตกหักได้

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

ขั้นตอน	เริ่มทำวิทยานิพนธ์เมื่อเดือน มิถุนายน 2552	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	ปรึกษาอาจารย์	←————→																			
2	ศึกษาค้นคว้าและหาข้อมูล	←————→																			
3	รวบรวมข้อมูลและปรึกษา อาจารย์	←————→																			
4	ปรึกษาอาจารย์, ผู้เชี่ยวชาญ และออกแบบโครงงาน	←————→																			
5	ทดลองและบันทึกผลการทดลอง												←————→								
6	วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง													←————→							
7	ทำรายงานและสอบวิทยานิพนธ์															←————→					

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างของกระดูก[9]

โดยปกติแล้วโครงสร้างภายในของกระดูกในแต่ละตำแหน่งจะมีโครงสร้างภายในแตกต่างกันออกไป แต่กระดูกที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน มีโครงสร้างเนื้อกระดูกภายในเหมือนกันคือ คอर्टิคอล โบน (Cortical bone) และ ทราเบคูลา โบน (Trabecular bone) โดยสามารถจำแนกเนื้อกระดูกตามโครงสร้างและหน้าที่ ดังนี้

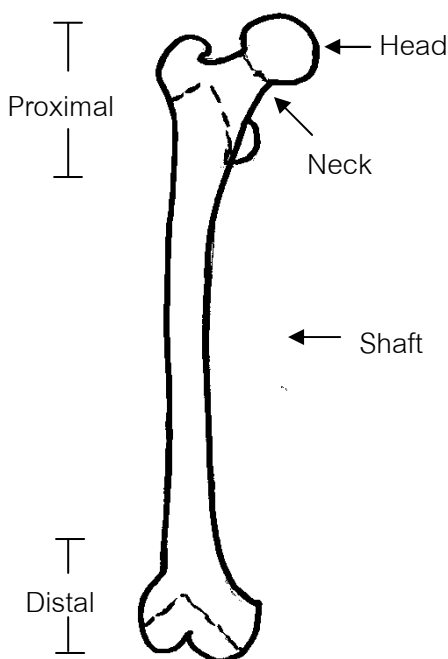
1. คอर्टิคอล โบน เป็นกระดูกที่เป็นส่วนประกอบหลักของร่างกาย พบได้ประมาณร้อยละ 75 ภายในคอर्टิคอล โบน จะมีความพรุนของเนื้อกระดูกน้อย ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อเพื่อการเคลื่อนไหวของร่างกาย หากเนื้อกระดูกจัดเรียงตัวกันอย่างเหมาะสมจะทำให้ทนต่อแรงกระแทกและเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงในการป้องกันอันตรายให้อวัยวะสำคัญต่างๆ โดยส่วนมากแล้วกระดูกส่วนนี้จะเป็นกระดูกส่วนที่ตรงและยาว เช่น กระดูกแขน ขา

2. ทราเบคูลา โบน เนื้อกระดูกเรียงตัวกันแบบโปร่งๆ มีช่องว่างสอดแทรกไขว้สลับไปมาอยู่ในโพรงกระดูกภายใน จะมีความพรุนของเนื้อกระดูกมากเป็นแหล่งสะสมและปล่อยแร่ธาตุที่สำคัญของร่างกาย กระดูกส่วนนี้มักจะมีกระบวนการทำลายและสร้างใหม่อย่างรวดเร็ว

จากที่กล่าวข้างต้น [10] กระดูกทั้ง 2 กลุ่ม คือ คอर्टิคอล โบน และทราเบคูลา โบน จะมีการสูญเสียของเนื้อกระดูกที่ แตกต่างกัน โดยที่กระดูกทราเบคูลา จะมีการสูญเสียของเนื้อกระดูกก่อนและรวดเร็วกว่าแบบกระดูกคอर्टิคอล เมื่อความหนาแน่นของกระดูกลดลงจนถึงระดับหนึ่งก็จะเกิดการหลุดตัวได้แม้ในขณะที่กำลังทำงานบ้านอยู่ ส่วนกระดูกคอर्टิคอลนั้น มักไม่มีการหลุดตัวอย่างทราเบคูลา โบน แต่มักจะหักเมื่อเกิดแรงกระแทกเข้ามาซึ่งแรงกระแทกอาจไม่จำเป็นต้องรุนแรงนัก เช่นอาจเกิดกระดูกต้นขาหักจากการล้มลงในระดับยืน การเซถลาไปปะทะกำแพง เป็นต้นดังนั้น สถานะภาพรวมของกระดูกในร่างกาย ตั้งแต่เกิดจนถึงวัยสูงอายุ ช่วงเด็กจะมีการสร้างมากกว่าการทำลาย ช่วงกลางคนการสร้างและการทำลายจะพอดีกัน และการทำลายของกระดูกจะมีมากกว่าเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผู้สูงอายุทุกคนจะต้องเกิดกระดูกสันหลังหลุดหรือกระดูกหัก ทั้งนี้เป็นผลจากมีการสะสมของเนื้อกระดูกไว้ตั้งแต่ในช่วงเด็กและวัยรุ่น ซึ่งเป็นช่วงที่มีการสะสมของกระดูกสูงสุดเพราะเมื่อมีการสูญเสียเนื้อกระดูกเพิ่มขึ้นในช่วงวัยหมดประจำเดือนไป ก็ยังมีความหนาแน่นของกระดูกในเกณฑ์ปกติได้ ซึ่งจะต่างกับรายที่ไม่ได้มีการสะสมของกระดูกไว้ในวัยเด็ก เนื้อกระดูกก็อาจจะลดลงจนถึงระดับที่เป็นอันตรายได้

2.1.1 กระดูกต้นขา (Femur) (รูปที่ 1)

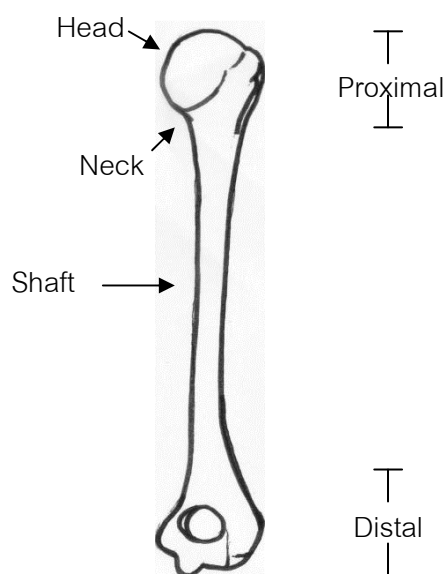
กระดูกต้นขา มี 2 ชั้นเป็นกระดูกที่ยาวที่สุดโดยทั่วไปยาวประมาณหนึ่งในสี่เท่าของความสูงของร่างกายและยังเป็นกระดูกที่แข็งแรงที่สุดปลายบนมีหัวกลมซึ่งหัวกลมนี้จะไปสวมรับอยู่ในเบ้าสะโพก (Acetabulum) ของกระดูกสะโพก (Hip bone) ต่อจากหัวกลมใหญ่เรียกว่าคอ (Neck) ถัดลงไปจะเป็นส่วนตรงยาวเรียกว่า Shaft จนถึงปลายล่างจะต่อกับกระดูกปลายขา และกระดูกสะบ้าหากเรายื่นนิ้วในทำตรงตอนปลายของกระดูกนี้จะเอียงเข้าหากันฉะนั้นจึงทำให้เขามาชิดกันด้านหลังของ shaft จะมีลักษณะเป็นสันนูนตามยาว เรียกว่า Linea aspera สำหรับเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อขา[11]



รูปที่ 1 กระดูกต้นขา (Femer)

2.1.2 กระดูกต้นแขน (Humerus)(รูปที่ 2)

กระดูกต้นแขน เป็นกระดูกแบบยาวจะอยู่ระหว่างกระดูกสะบัก (Scapula) ที่อยู่ในบริเวณไหล่ กับกระดูกของส่วนปลายแขน (Forearm) ที่ประกอบด้วย กระดูกเรเดียส (Radius) และกระดูกอัลนา (Ulna) พื้นผิวด้านต่างๆของกระดูกต้นแขนยังเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อจากบริเวณต่างๆที่ช่วยในการเคลื่อนไหวของแขนอีกด้วย



รูปที่ 2 กระดูกต้นแขน (Humerus)

2.2 กลไกการเกิดภาวะกระดูกหัก (Mechanism of fracture)

กระดูกหัก (Bone fracture) หมายถึง ภาวะที่เนื้อกระดูกขาดการต่อเนื่อง อาจจะเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดซึ่งอาจมีความรุนแรงมากน้อยแตกต่างกัน โดยมักเกิดจากแรงที่มากระทำกับกระดูกมากเกินไปที่กระดูกจะสามารถรับแรงนั้นได้ จนทำให้เกิดการแตกหัก

การหักของกระดูกเกิดจากการวิบัติ (Failure) ในโครงสร้าง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำของแรง (Force) ในขนาดที่เหนือกว่าความแข็งแรง (Strength) ของกระดูกนั้นๆ ปริมาณพลังงาน (Energy) ที่กระดูกสามารถรับได้ก่อนที่จะวิบัติจะแปรผันตรงกับปริมาตร (Volume) ของกระดูกและอัตราเร็วของแรงที่มากระทำ (Load rate) แต่จะแปรผกผันกลับกับ Modulus of rigidity [13]

2.2.1 แรงที่มากระทำกับกระดูกจนกระทั่งทำให้กระดูกเกิดการแตกหักนั้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. แรงที่มากระทำกับกระดูกมีขนาดไม่สูงมากจนทำให้กระดูกหักในการลงน้ำหนักเพียงครั้งเดียว แต่การได้รับแรงกระทำซ้ำๆ กัน (Cyclic loading) จะทำให้กระดูกเกิดการร้าวภายใน เนื่องจากการล้าของเนื้อกระดูกนั้น (Fatigue failure) และแตกในที่สุด (Fatigue fracture) การแตกร้าวชนิดนี้พบในผู้ที่ต้องทำการฝึกหนักๆ เช่น ทหาร ตำรวจ นักกีฬา

2. แรงที่มากกระทำกับกระดูกโดยมีขนาดสูงมาก ๆ เกินกว่า กระดูกนั้นจะสามารถทนทานได้ (Ultimate strength) ทันทีในครั้งเดียวส่งผลทำให้เกิดการหักของกระดูกทันที (Acute fracture) ลักษณะของแรงที่ทำให้เกิดกระดูกหัก [14] มี 2 ลักษณะ คือ

- แรงกระทำโดยตรง (Direct force) กระดูกที่หักจากการที่มีแรงมากกระทำโดยตรงนั้น รอยหักจะเกิดขึ้นตรงตำแหน่งที่ประทะกับแรงทันที ซึ่งประเภทของกระดูกหักที่เกิดจากแรงกระทำโดยตรง จะพิจารณาตามความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแรงที่มากกระทำกับพื้นที่ของกระดูกที่ได้รับแรงนั้นๆ แบ่งประเภทของกระดูกหักที่เกิดจากแรงกระทำโดยตรง ได้เป็น 3 ประเภท คือ

- การหักด้วยแรงเคาะ (Tapping fracture) หมายถึงกระดูกหักที่เกิดจากการกระทำของแรงปริมาณน้อยๆบนพื้นที่เล็กๆ พบได้ในระหว่างการเล่นกีฬาที่มีการประชิดตัวหรือการถูกตีหรือการถูกของแข็งฟาดโดยตรง ซึ่งการแตกหักของกระดูกในลักษณะนี้รอยหักจะชัดเจน โดยจะแตกเป็นชิ้นเล็ก (Comminuted fracture) หรืออาจแตกแบบรอยตัดขวาง (Transverse fracture) ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของแรงที่มากกระทำ

- การหักด้วยแรงบดอัด (Crush fracture) หมายถึงกระดูกหักที่เกิดจากการกระทำของแรงปริมาณมากบนพื้นที่ขนาดใหญ่ พบได้ในการเกิดอุบัติเหตุขณะในพาหนะที่มีความเร็วสูง การตกจากที่สูง การใช้เครื่องจักรกลหรือการถูกวัตถุระเบิดอย่างรุนแรง

- การหักด้วยแรงทะลุทะลวงหรือปืนยิง (Penetrating or gunshot fracture) หมายถึงกระดูกหักที่เกิดจากการกระทำของแรงปริมาณมากบนพื้นที่ขนาดเล็กๆ ความรุนแรงในเรื่องของการแตกหักจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ในขณะที่มากระแทกกระดูกที่ปะทะนั้นมีความเร็วสูงหรือความเร็วต่ำ

- แรงกระทำโดยอ้อม (Indirect force) กระดูกหักโดยแรงกระทำโดยอ้อมนั้น รอยหักจะอยู่ไกลออกไปจากตำแหน่งที่มีการประทะของแรงโดยตรงไม่มีการการหักแต่จะเป็นส่วนที่ถ่ายทอดแรงนั้นออกไปเกิดผลคือการหักที่กระดูกส่วนอื่นหรือชิ้นอื่นที่อยู่ห่างไกลออกไปแบ่งประเภทของกระดูกหักที่เกิดจากแรงกระทำโดยอ้อม [15] ได้เป็น 6 ประเภท คือ

- การหักด้วยแรงกระชาก (Traction force) หมายถึงกระดูกหักที่เกิดจากการดึงกระชาก ซึ่งส่วนมากจะเป็นการกระชากของเอ็นกล้ามเนื้อ จึงเป็นเหตุให้กระดูกส่วนที่ใกล้เคียงบริเวณดังกล่าวเกิดการหักหรือหลุดออก รอยหักประเภทนี้มักเป็นแนวขวาง (Transverse) หรือเฉียง (Oblique) เล็กน้อย

-การหักด้วยแรงโก่ง (Angulation fracture) หมายถึง กระดูกหักที่เกิดจากแรงโก่ง โดยที่รอยหักไม่ได้อยู่ตรงตำแหน่งของแรงที่มากระทำ มักพบได้ใน กระดูกยาว (Longbone) เช่น กระดูกต้นขา และกระดูกต้นแขน

-การหักด้วยแรงบิด (Rotation or torsion fracture) หมายถึง กระดูกหักที่เกิดจากแรงบิดเฉือน (Rotational shear) ซึ่งมีสภาพเป็นแรงบิดรอบแกนกระดูกยาว ทั้งสองแรงในทิศทางตรงกันข้ามกัน เช่น การหักของกระดูกแข้ง (Tibia) เนื่องจากแรงบิดตัว ขณะที่เท้าข้างนั้นกำลังเหยียบตรึงอยู่บนพื้น โดยทั่วไปมักจะเป็นการหักด้วยแรงบิดร่วมกับแรงอัด (Rotation-compression fracture)

- การหักด้วยแรงอัด (Compression fracture) หมายถึง กระดูกหักที่เกิดจากแรงอัดตามแนวแกน พบได้ในส่วนที่เป็นกระดูกเนื้อพรุน รอยหักจะเป็นแนวเฉียงตามผลของแรงเฉือน (Shear) ซึ่งแตกมาจากแรงอัดในแนวตั้ง จะเห็นได้ว่ากระดูกที่หักด้วยแรงประเภทนี้ ถ้าเกิดจากแรงส่วนที่แตกเป็นแรงอัด จะมีลักษณะเป็นชิ้นย่อย (Comminuted) อัดซ้อน (Impacted) หรืออัดยุบ (Compressed and collapsed) ตรงรอยหัก แต่ถ้าเกิดจากแรงส่วนที่แตกเป็นแรงเฉือนจะมีรอยหักเฉียง (Oblique)

- การหักด้วยแรงโก่งร่วมกับแรงอัดตามแนวแกน (Angulation-axial compression fracture) หมายถึงการหักของกระดูกที่เกิดจากแรงโก่งร่วมกับแรงอัดตามแนวแกน เช่น กระดูกแข้งถูกชนตามแนวขวางขณะที่ขาข้างนั้นกำลังเหยียบพื้นอยู่

- การหักด้วยแรงโก่งร่วมกับแรงบิด (Angulation-rotation fracture) หมายถึงการหักของกระดูกจากการกระทำของแรงโก่งร่วมกับแรงบิดเฉือน ซึ่งมีผลคล้ายกับการออกแรงโก่งบนแนวแกนตะแคง รอยหักจึงเป็นรอยเฉียง

2.2.2การแบ่งประเภท (Classification) ลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัว และส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน

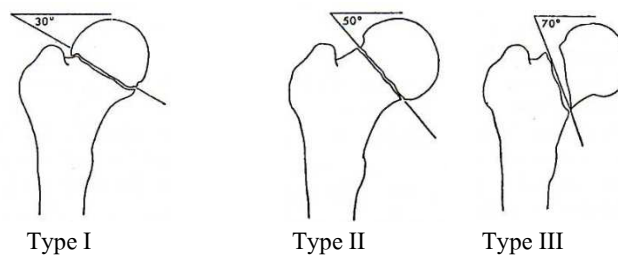
การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักตามกลไกการเกิดภาวะกระดูกหักตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นเพียงแนวทางในการศึกษา เพื่อบ่งบอกให้ทราบถึงตำแหน่ง และสภาพของกระดูกนั้นๆ โดยในสภาพความเป็นจริงนั้นกระดูกอาจหักจากแรงหลายๆประเภท มากระทำพร้อมๆกัน จนอาจทำให้ผู้ป่วยไม่สามารถบอกถึงเหตุการณ์ที่ได้รับบาดเจ็บได้อย่างชัดเจน การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักตามกลไกการเกิดภาวะกระดูกหักจึงเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยคาดเดาได้ว่ากลไกการได้รับบาดเจ็บเป็นมาอย่างไร ทำให้มีส่วนช่วยในการสื่อความหมายและการบันทึกทางการแพทย์ทำให้เกิดประโยชน์ต่อทางการแพทย์ได้เป็นอย่างดี [16]

• การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นขา สาเหตุเกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนในคนหนุ่มสาว ตามรูปที่ 3 ส่วนในคนสูงอายุส่วนมากจะมีภาวะกระดูกโป่งบาง [9]เมื่อหกล้มก้นกระแทกพื้นจะมีการหักของกระดูกส่วนนี้ได้ง่าย



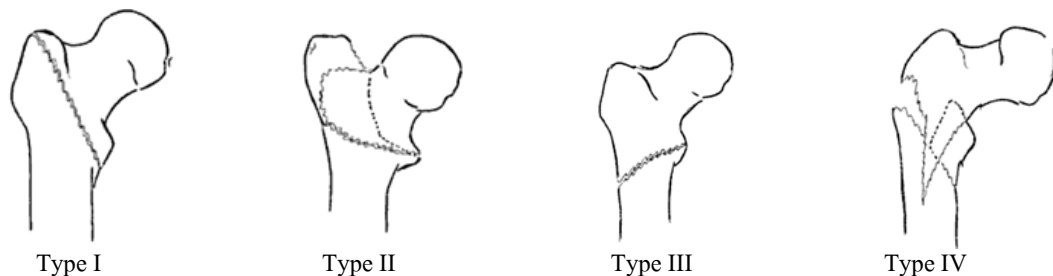
รูปที่ 3 ลักษณะอุบัติเหตุที่จะทำให้เกิดการแตกหักของกระดูกต้นขา[31]

- Pauwels [17] ได้แบ่งออกเป็น 3 typeตามองศาที่เกิดการหัก[31]



รูปที่ 4 การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นขาของPauwels

- Boyd and Griffin [18] ได้แบ่งออกเป็น 4 type[18]



รูปที่ 5 การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นขาของ Boyd and Griffin

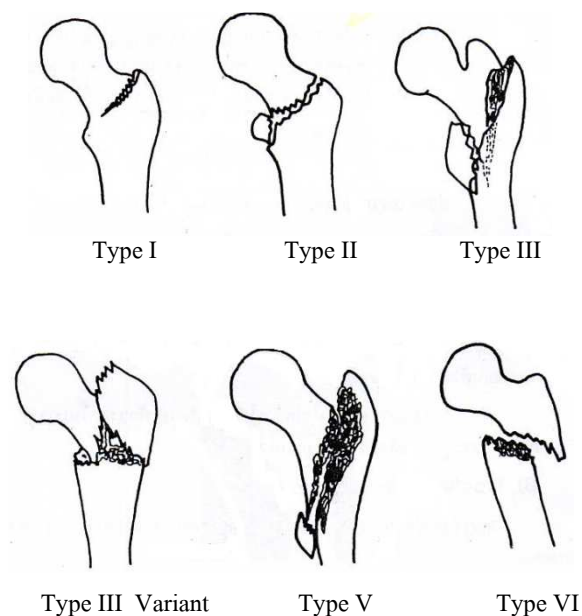
Type I Fracture line ผ่าน Greater และ Lesser trochanter

Type II เป็น Comminuted fracture รอยแตกส่วนใหญ่ยังผ่าน trochanter ทั้งสอง แต่อาจมีหลาย Fragment รอยแตกอาจตาม Coronal plane ด้วย

Type III เป็น Subtrochanteric fracture เพราะรอยแตกผ่าน Cortex ของ Femoral shaft ที่ระดับของ Lesser trochanter

Type IV เป็น Fracture บริเวณ trochanter และยาวไปถึง Proximal shaft แต่แตกเป็น 2 planes ตามแนว Coronal planes

- Tronzo [19] ได้แบ่งออกเป็น 5 type [19]



รูปที่ 6 การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นขาของTronzo

Type I Incomplete fracture รอยแตกผ่าน Greater trochanter เท่านั้น

Type II เป็น Fracture ที่ Trochanter ทั้งสองอาจจะไม่มีหรือมีการเคลื่อนที่เล็กน้อย แต่ Posterior wall ไม่แตก

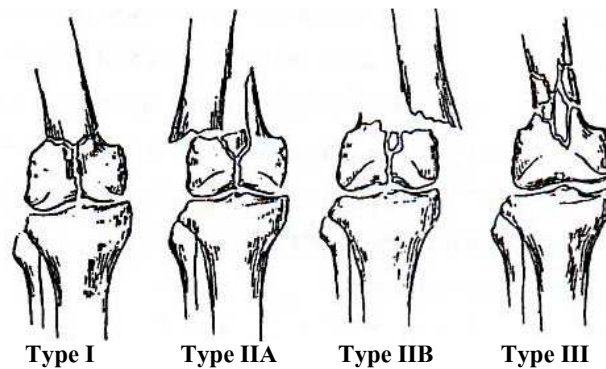
Type III Posterior wall แตก Comminuted และส่วนปลายแหลมของ Neck เสียบภายใน Femur shaft lesser trochanter แตกเป็น Fragment ใหญ่ ทำให้เห็นเป็น 3 ชิ้น

Type V เป็น Comminuted fracture ของ Posterior wall และเคลื่อนที่ออกจากกัน ปลายแหลมของ Neck ไม่เสียบอยู่ใน Femur shaft

Type VI รอบแตกเฉียงกลับกับ type ต่างๆที่กล่าวมา Greater trochanter อาจแตกหรือไม่แตกออกจาก Femur neck แต่ Femur shaft จะเคลื่อนที่เข้าไปทาง Medial

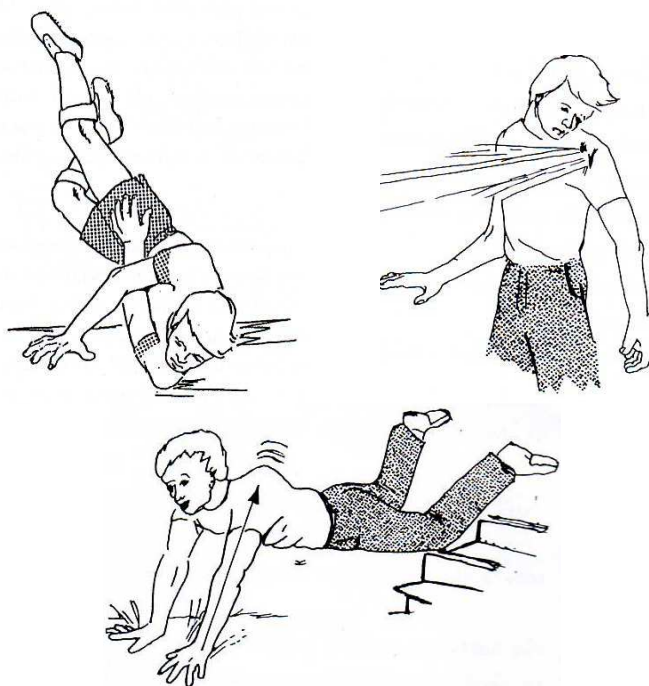
- การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนปลายของกระดูกต้นขา สาเหตุเกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนเกิดการหักของกระดูกค่อนข้างรุนแรงซึ่งในกรณีนี้ แนวของ Fracture line อาจเป็นลักษณะ T หรือ Y shape

- Neer, Grantham and Sheton [20] ได้แบ่งออกเป็น 4 type คือ Type I, Type IIA, Type IIB และ Type III



รูปที่ 7 การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนปลายของกระดูกต้นขาของ Neer, Grantham and Sheton[31]

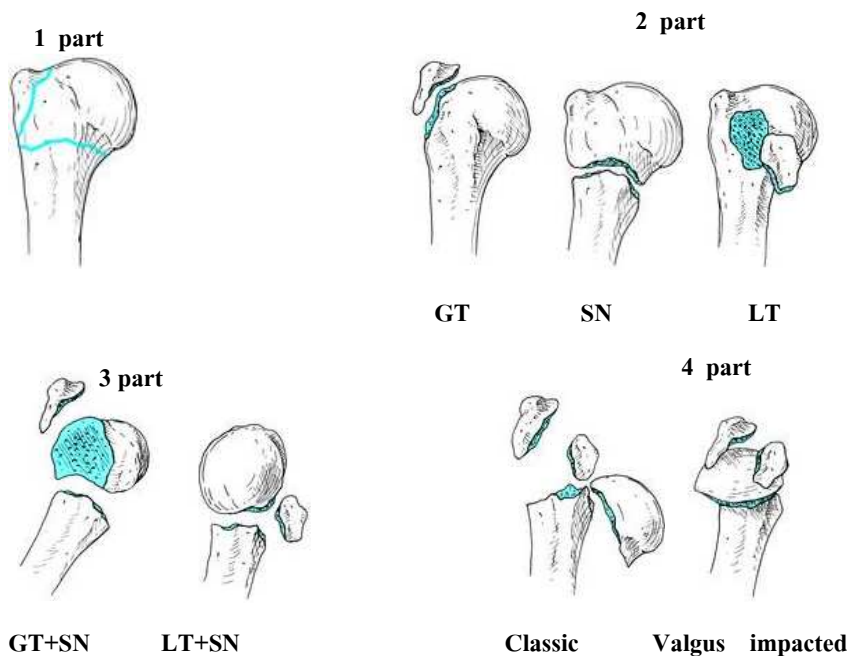
- การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นแขน การหักของกระดูกต้นแขนส่วนหัวพบมากในคนสูงอายุจากการหกล้มแล้วเอามือยันพื้นหรือเกิดจากอุบัติเหตุบนท้องถนนจะมีการเคลื่อนหลุดหรือไม่เคลื่อนหลุดของชิ้นกระดูกที่หักนั้นจะขึ้นอยู่กับความรุนแรง



รูปที่ 8 ลักษณะอุบัติเหตุที่จะทำให้เกิดการแตกหักของกระดูกต้นแขน[31]

- Neer, Grantham and Sheton [20] ได้แบ่งออกเป็น 4 type

ใหญ่ๆ



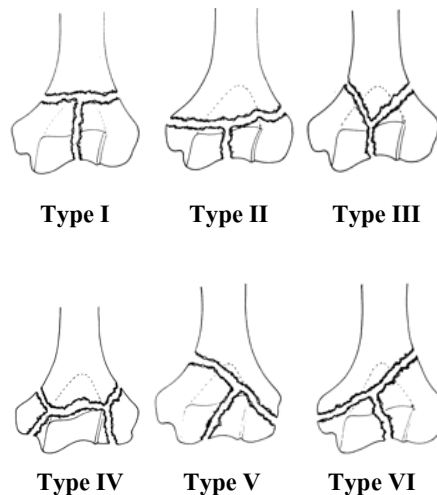
รูปที่ 9 การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นแขนของ Neer, Grantham and Sheton

Type I	1 part
Type II	2 part (GT, SN, LT)*
Type III	3 part (GT+SN, LT+SN)
Type IV	4 part (Classic, Valgus impacted)

* Greater Tuberosity, Surgical Neck, Lesser Tuberosity

● การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนปลายของกระดูกต้นแขน การหักของกระดูกต้นแขนส่วนปลายจะพบจากการล้มแล้วเอามือยันพื้น ในลักษณะเหยียดข้อศอก และจะมีการหลุดของกระดูกชิ้นล่างไปทางด้านหลัง

- Jupiter and Mehne [21] ได้แบ่งเป็น 6 type[21]



รูปที่10การแบ่งประเภทลักษณะการแตกหักของกระดูกส่วนปลายของกระดูกต้นแขนของ Jupiter and Mehne

Type I	High T
Type II	Low T
Type III	Y Shape
Type IV	H Shape
Type V	Medial lambda
Type VI	Lateral lambda

2.3 ความหนาแน่นของกระดูก (Bone Mineral Density ; BMD)

ความหนาแน่นของกระดูก หมายถึง มวลของกระดูก [22] โดยความหนาแน่นของกระดูกเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างมากในเรื่องของความหนาแน่นกระดูกที่เสี่ยงต่อการเกิดแตกหักของกระดูก นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระดูกกับปัจจัยเสี่ยงตัวอื่นๆ ต่อการแตกหักของกระดูก พบว่ายังมีปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ มากเท่าไรก็มีโอกาสเกิดการหักของกระดูกมากเท่านั้น โดยปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้จะอิสระไม่ขึ้นกับค่าความหนาแน่นของกระดูก [23] พบว่าความเสี่ยงต่อการหักของกระดูกที่ข้อมือและที่อื่นๆ ยกเว้นกระดูกสันหลัง จะมีความสัมพันธ์ผกผันกับค่าความหนาแน่นของกระดูกที่กระดูกต้นขาและกระดูกสันหลัง นอกจากนี้ค่าความหนาแน่นของกระดูกที่ต่ำร่วมกับประวัติเคยมีกระดูกหักมาก่อนก็จะสามารถทำนายการเกิดกระดูกหักในอนาคตได้ [24, 25]

2.4 การทดสอบความแข็งของวัสดุ (Strength of material) [26]

ความแข็งคือคุณสมบัติของวัสดุที่สามารถต้านทานหรือทนต่อการเสียรูปแบบพลาสติกโดยปกติเกิดจากการทำให้เป็นรอยจากการกดอย่างไรก็ตามความแข็งอาจรวมถึงความต้านทานต่อการตัดการขีดและการตัดการวัดความแข็งความแข็งไม่ใช่คุณสมบัติเนื้อแท้ของวัสดุที่กำหนดได้ด้วยคำจำกัดความที่แน่นอนบนหน่วยพื้นฐานของมวลความยาวและเวลา

การทดสอบความแข็งโดยการเปรียบเทียบมีข้อจำกัดในการใช้งานและไม่สามารถให้ข้อมูลตัวเลขที่แม่นยำหรือกำหนดสเกลเฉพาะสำหรับวัสดุและโลหะสมัยใหม่วิธีโดยปกติเพื่อหาความแข็งคือการวัดจากความลึกหรือพื้นที่ของรอยกดที่เหลือทิ้งไว้จากหัวกดที่มีรูปร่างภาระ (Load) และเวลาที่เจาะจงวิธีมาตรฐานหลัก 3 มาตรฐานสำหรับการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งและขนาดของรอยกดคือวิกเกอร์ส,บริเนลล์ และร็อคเวลล์

1. การทดสอบความแข็งด้วยวิธีวิกเกอร์ส มีหลักการทดสอบดังนี้

หัวกดที่ใช้ทดสอบ ทำด้วยเพชรรูปปิระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส มุมที่ยอดแหลมระหว่างหน้าตรงข้ามของหัวกดมีค่า 136 ± 0.5 องศา และเมื่อทำการกดลงแล้วยกหัวกดขึ้นจะทำการวัดเส้นทแยงมุมรอยบวม ซึ่งการทดสอบแบบนี้จะใช้แรงกด 294.2 นิวตัน (30 กิโลกรัมแรง) หรืออาจใช้แรงกดมากหรือน้อยกว่านี้ก็ได้แต่ต้องอยู่ในพิสัย 49.03-980.7 นิวตัน (5-100 กิโลกรัมแรง) และระยะเวลากด 10-15 วินาที

2. การทดสอบความแข็งด้วยวิธีบริเนลล์ มีหลักการทดสอบดังนี้

หัวกดที่ใช้ทดสอบ จะเป็นทรงกลมทำด้วยเหล็กกล้าชุบแข็งและขัดมันเรียบ เมื่อทำการกดลงแล้วยกหัวกดขึ้นจะทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยบวม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของทรงกลมจะมีขนาด 10 มิลลิเมตร ใช้แรงกด 29.42 กิโลนิวตัน (3000 กิโลกรัม แรง) และระยะเวลากด 10-15 วินาที

3. การทดสอบความแข็งด้วยวิธีรีดคเวลล์มีหลักการทดสอบดังนี้

หัวกดที่ใช้ทดสอบ เป็นรูปกรวยกลมทำด้วยเพชรผิวของกรวยจะต้องสัมผัสพอดีกับผิวทรงกลมที่ปลายกรวย เมื่อทำการกดลงบนผิวของชิ้นทดสอบการกดจะทำสองชั้น แล้วยกหัวขึ้นจะทำการวัดความลึกของรอยบุ๋มที่เพิ่มขึ้น

โดยวิธีการทดสอบทั้ง 3 แบบนี้จะมีข้อกำหนดที่เหมือนกัน คือ

1. จะทดสอบที่อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส
2. หัวกดจะต้องวางตั้งฉากกับผิวของชิ้นทดสอบ
3. ผิวของชิ้นทดสอบต้องเรียบ และต้องไม่มีตะกักรันออกไซด์หรือสิ่งแปลกปลอม
4. แท่นรองรับชิ้นทดสอบต้องแข็งแรงและมั่นคง เพื่อไม่ให้คลาดเคลื่อนระหว่างการทดสอบ ผิวสัมผัสจะต้องสะอาดและปราศจากสิ่งแปลกปลอม เช่น สะเก็ด น้ำมัน ฝุ่น
5. ผิวหัวกดต้องขัดมันเรียบและไม่มีรอยร้าวหรือรอยตำหนิใดๆ

2.5 ทบทวนวรรณกรรม (Review literatures)

สาเหตุที่จะเกิดการแตกหักของกระดูก มีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกลดลง และมีอุบัติการณ์การหกล้มมากขึ้น

ในปี 1992 Nakamura และคณะ [27] ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของกระดูกสะโพกส่วนต้น (Proximal femur) และแบ่งชนิดการหักของกระดูกสะโพกในผู้สูงอายุ ได้ทำการทดลองในกลุ่มศึกษาเพศหญิง พบว่า 100 คน มีภาวะของกระดูกสะโพกหักและในกลุ่มควบคุมเพศหญิง 35 คน ที่ไม่มีภาวะกระดูกสะโพกหัก จากนั้นทำการวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกทั้งสองกลุ่ม บริเวณกระดูกสะโพกด้านตรงข้ามกับข้างที่หักในกลุ่มที่กระดูกสะโพกหัก และวัดกระดูกสะโพกทั้งสองข้างในกลุ่มที่ไม่มีกระดูกสะโพกหัก พบว่าความหนาแน่นของกระดูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มศึกษามีค่าความหนาแน่นของกระดูกต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ความหนาแน่นของกระดูกที่ลดลงจะส่งผลต่อการเกิดการหักของกระดูกสะโพก

ในปี 1993 เสียวเหวยถาน [28] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของเนื้อกระดูกในผู้ป่วยหญิงทั้งหมด 35 ราย อายุระหว่าง 45-83 ปี ซึ่งได้รับอุบัติเหตุหกล้มประเภทเดียวกัน โดยมีกลุ่มผู้ป่วยกระดูกต้นขาหัก 10 ราย และกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีกระดูกต้นขาหัก 25 ราย ผู้ป่วยทุกรายจะได้รับการตรวจความหนาแน่นของกระดูก จากผลการวิจัยพบว่า ความหนาแน่นของกระดูกใน 2 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าผู้ป่วยหญิงสูงอายุที่

กระดูกต้นขาหักจะมีภาวะกระดูกพรุนมากกว่าหญิงที่มีอายุเท่ากันและได้รับอุบัติเหตุประเภทเดียวกัน ดังนั้นเมื่ออายุมากขึ้นเป็นปัจจัยเสี่ยงของการสูญเสียความหนาแน่นของเนื้อกระดูก

ในปี 1999 พงษ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ และคณะ [29] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของกระดูกสะโพกหักระหว่างปี พ.ศ. 2535-2537 ในกลุ่มศึกษาเพศหญิง 67 คน ที่มีอายุระหว่าง 60-92 ปี ในจำนวนกลุ่มตัวอย่างนี้มีผู้ป่วยกระดูกข้อสะโพกหัก 31 คน และผู้ป่วยข้อสะโพกปกติ 36 คน หลังจากนั้นทำการวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกซึ่งผลของการวัดพบว่าในผู้ป่วยข้อสะโพกหักมีความหนาแน่นรวมกระดูกข้อสะโพกต่ำกว่าความหนาแน่นกระดูกของผู้ป่วยปกติ และยังพบว่าความหนาแน่นของกระดูกสะโพกลดลงเมื่ออายุมากขึ้น

ในปี 1999 Supasin S และคณะ [30] ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นของกระดูกระหว่าง กระดูกสันหลังส่วนบั้นเอว กระดูกข้อสะโพก และกระดูกท่อนแขนส่วนปลาย ในผู้ป่วย 230 ราย ช่วงอายุตั้งแต่ 31-87 ปี (อายุเฉลี่ย 53.5 ปี) ซึ่งในจำนวนกลุ่มตัวอย่างนี้มีผู้ป่วย 10 รายที่มีภาวะกระดูกพรุนและอีก 220 รายที่ไม่มีภาวะกระดูกพรุน จากนั้นจะทำการวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกวัดในกระดูก 3 ตำแหน่ง พบว่าค่าความหนาแน่นของกระดูกทั้งสามตำแหน่งที่พบมีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้จะใช้กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของผู้บริจาคร่างกายเพื่อการศึกษา ณ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์คัดเข้า

กระดูกต้นขาที่เป็นคู่ โดยมีความสมบูรณ์ทั้งสองข้างทั้งส่วนหัวและส่วนปลาย

กระดูกต้นแขนที่เป็นคู่ โดยมีความสมบูรณ์ทั้งสองข้างทั้งส่วนหัวและส่วนปลาย

เกณฑ์คัดออก

กระดูกต้นขาที่ไม่มีคู่ หรือกระดูกที่เป็นคู่แต่ส่วนหัวหรือส่วนปลายกระดูกไม่สมบูรณ์

กระดูกต้นแขนที่ไม่มีคู่ หรือกระดูกที่เป็นคู่แต่ส่วนหัวหรือส่วนปลายกระดูกไม่สมบูรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องวัดความแข็ง, แรงกดและแรงดึง (Universal testing machine)
2. เครื่องวัดแรง (Digital force gauge) (รูปที่ 11)
3. คอมพิวเตอร์
4. โปรแกรมวัดแรงกดและวัดแรงดึง (NRI Universal Testing Program V.3)
5. กระดูกต้นขา 15 คู่เพศชาย 10 คู่ เพศหญิง 5 คู่และกระดูกต้นแขน 15 คู่เพศชาย 8 คู่ เพศหญิง 7 คู่
6. แผ่นเหล็กตามยาว 6 เซนติเมตร เหล็กตามยาว 8 เซนติเมตร
7. สกรูยาว 3.5 เซนติเมตร
8. ดอกสว่านเล็กขนาด 3.2 หุน ดอกสว่านใหญ่ขนาด 5 หุน



รูปที่ 11 เครื่องวัดแรง (Digital force gauge)



รูปที่ 12 หัววัดความแข็ง



รูปที่ 13 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เลือกที่จะใช้เครื่อง Material testing machines ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ สามารถที่จะแสดงอันตรายนั่นเองมาจากแรงที่มากกระทำสูง (high force) และ พลังงานที่เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหวช้าๆ การดำเนินการควรจะต้องใช้ความระมัดระวังมาก เมื่อมีการใช้หรือมีการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับอุปกรณ์ของเครื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการดำเนินการควรมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงานและฟังก์ชันของอุปกรณ์ที่จะใช้ เครื่องสามารถแสดงการเกิดอันตรายนี่เหมาะสม เพราะมี crosshead เมื่อมีการใช้ที่ไม่เหมาะสม ก่อนเริ่มใช้งานเครื่องครั้งแรกควรทำความเข้าใจส่วนประกอบของเครื่องทั้งหมด รวมถึงคำเตือน (Warning), ข้อควรคำนึงถึง (attention), ข้อควรระวัง (caution) สิ่งเหล่านี้จะช่วยเตือนความจำสำหรับปัญหาทั้งหมดซึ่งเป็นสาเหตุของการทำลายเครื่อง หรือสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลสูญหาย เครื่องถูกออกแบบให้มีระบบรักษาความปลอดภัยในการดำเนินงานและป้องกัน crosshead จากการใช้งานที่ไม่เหมาะสมหัวกดที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เป็นหัวกดทรงแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร และการทดสอบเรื่องการดึง ใช้หัวกดทรงแท่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จึงทำให้หน่วยที่วัดค่าแรงกดสูงสุดในแต่ละจุดและค่าแรงดึงสูงสุดในแต่ละจุดนั้น เป็น หน่วย นิวตัน/ตร.มม. เหตุผลที่เลือกใช้หัวกดเป็นหัวกดทรงแท่งเพราะ มีความแข็งแรงทนทาน ง่าย ราคาถูก สะดวกในการใช้งาน และเป็นหัวกดที่เป็นมาตรฐานยอมรับกันทั่วไปในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ โดยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยใช้เครื่องนี้สามารถที่จะนำไปใช้เปรียบเทียบและปรับให้เหมาะสมกับเครื่องอื่นได้

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานทำวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

3.1.1 วัดหาค่าแรงกดสูงสุดในแต่ละจุด เพื่อหาค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน โดยแบ่งกระดูกต้นขาส่วนหัวเป็น 12 จุด ส่วนปลาย 8 จุด (รูปที่ 19) และ กระดูกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ส่วนปลาย 4 จุด (รูปที่ 20) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาทำการเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างข้างและเพศ

3.1.2 วัดหาค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาทำการเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างการตาม-ไม่ตาม, ระหว่างเพศของการตามและไม่ได้ทำการตามกระดูก

3.1.3 วัดหาค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรู แบ่งเป็นกระดูกต้นขาส่วนปลาย 8 จุด และกระดูกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาทำการเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างระหว่างข้างและเพศ

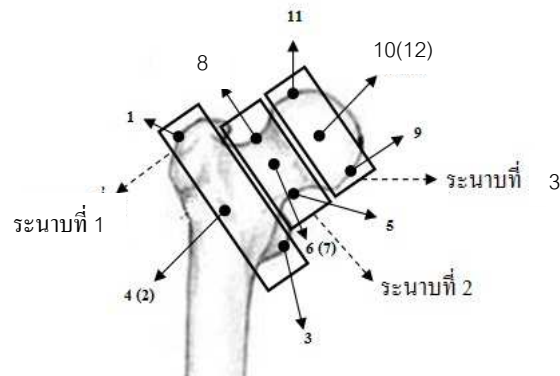
3.1.4 เปรียบเทียบความแข็งแรงส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนแบ่งแบบแนวระนาบเป็น 3 ระนาบ ดังนี้

กระดูกต้นขาส่วนหัว (รูปที่14)

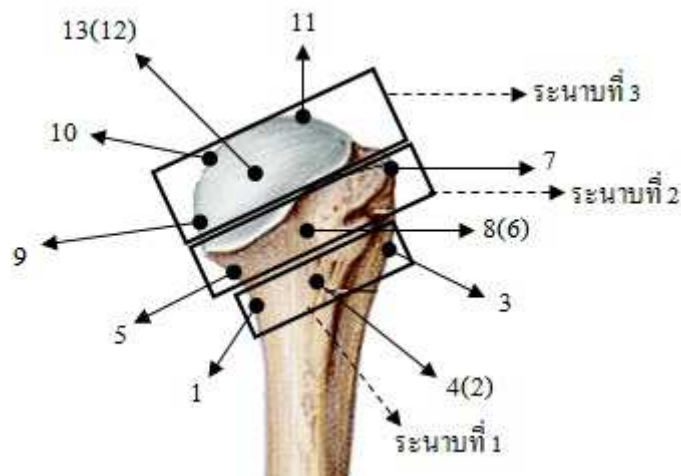
- จุดที่ 1, 2, 3, 4 จัดเป็นระนาบที่ 1
- จุดที่ 5, 6, 7, 8 จัดเป็นระนาบที่ 2
- จุดที่ 9, 10, 11, 12 จัดเป็นระนาบที่ 3

กระดูกต้นแขนส่วนหัว (รูปที่15)

- จุดที่ 1, 2, 3, 4 จัดเป็นระนาบที่ 1
- จุดที่ 5, 6, 7, 8 จัดเป็นระนาบที่ 2
- จุดที่ 9, 10, 11, 12, 13 จัดเป็นระนาบที่ 3



รูปที่ 14 การจัดระนาบช่วงของการวัดค่าความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัว



รูปที่ 15 การจัดระนาบช่วงของการวัดค่าความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัว

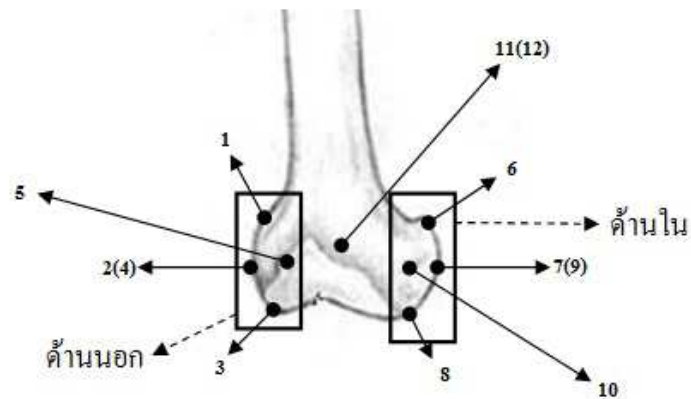
3.1.5 เปรียบเทียบความแข็งแรงส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนแบ่งเป็นด้านนอกและด้านใน ดังนี้

กระดูกต้นขาส่วนปลาย(รูปที่ 16)

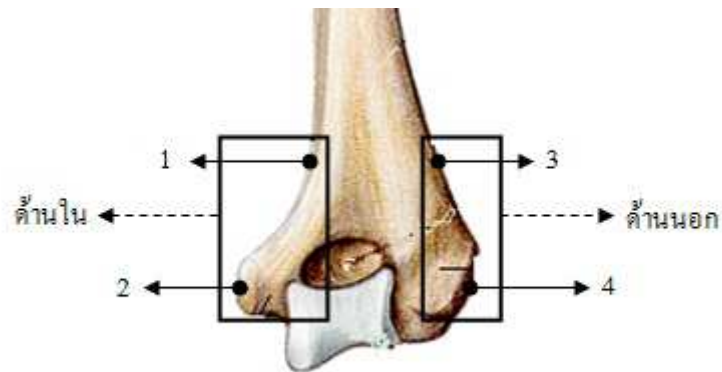
- จุดที่ 1, 2, 3, 4, 5 จัดเป็นด้านนอก
- จุดที่ 6, 7, 8, 9, 10 จัดเป็นด้านใน

กระดูกต้นแขนส่วนปลาย(รูปที่ 17)

- จุดที่ 1, 2 จัดเป็นด้านใน
- จุดที่ 3, 4 จัดเป็นด้านนอก



รูปที่ 16 การจัดด้านการวัดค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลาย



รูปที่ 17การจัดด้านการวัดค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย

3.1.6เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างแรงดิ่งกับค่าความแข็งส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนแบ่งเป็นกระดูกต้นขาส่วนปลาย 8 จุด และ กระดูกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด

ซึ่งการวัดความแข็งตามมาตรฐานแล้วมีทั้งหมด 3 แบบ แต่ในงานวิจัยนี้ทั้ง 3 แบบไม่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยได้เพราะเนื่องจากทั้งสามแบบนี้จะต้องทดสอบกับวัสดุที่มีคุณสมบัติ

เป็นผิวเรียบอยู่ระนาบเดียวกันและภายในของเนื้อวัสดุจะต้องมีความหนาแน่นเท่ากันตลอดตัวชิ้นงาน ดังนั้นในการทดสอบนี้จึงจำเป็นต้องการวัดที่เหมาะสมตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

3.2 วิธีการดำเนินงานทำวิจัยนี้ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

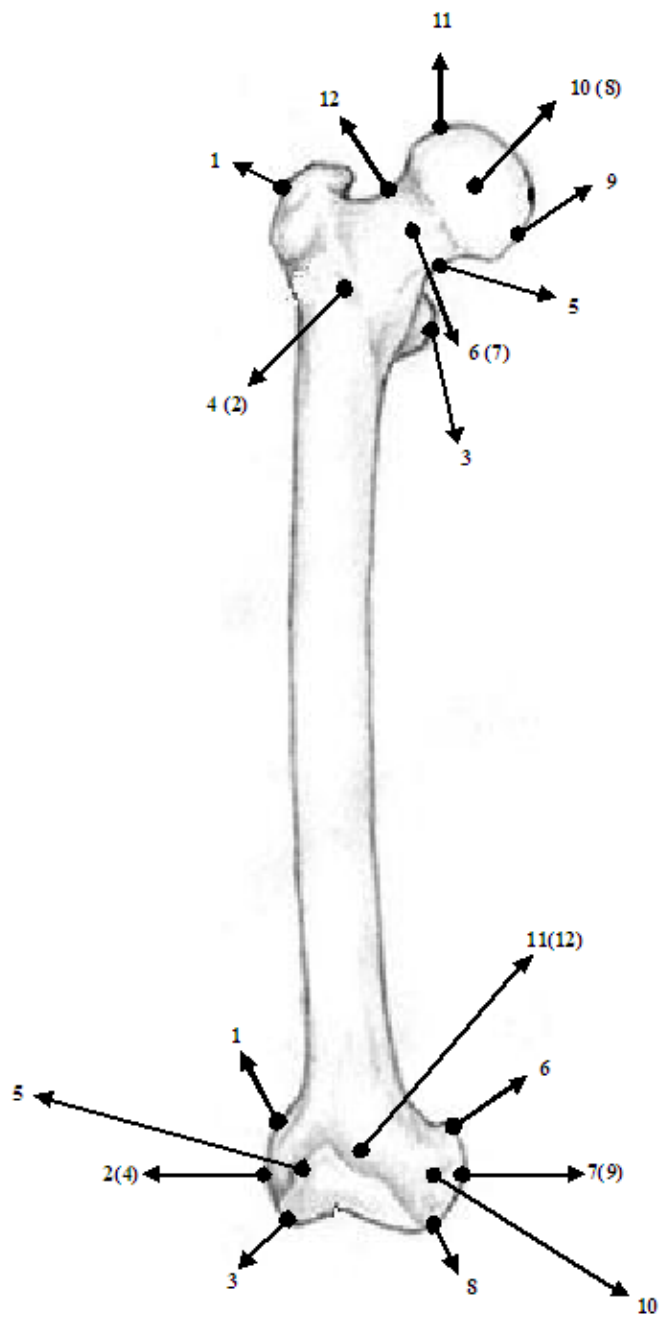
3.2.1 วัดหาค่าแรงกดสูงสุดในแต่ละจุด เพื่อหาค่าความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน

3.2.1.1 นำกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน มาทำการเลาะชิ้นเนื้อออกทั้งในส่วนหัวและปลายของกระดูกต้นขา เพื่อลดข้อผิดพลาดในการวัดแรงกด ณ จุดต่างๆที่จะเกิดขึ้นได้ (รูปที่ 18)

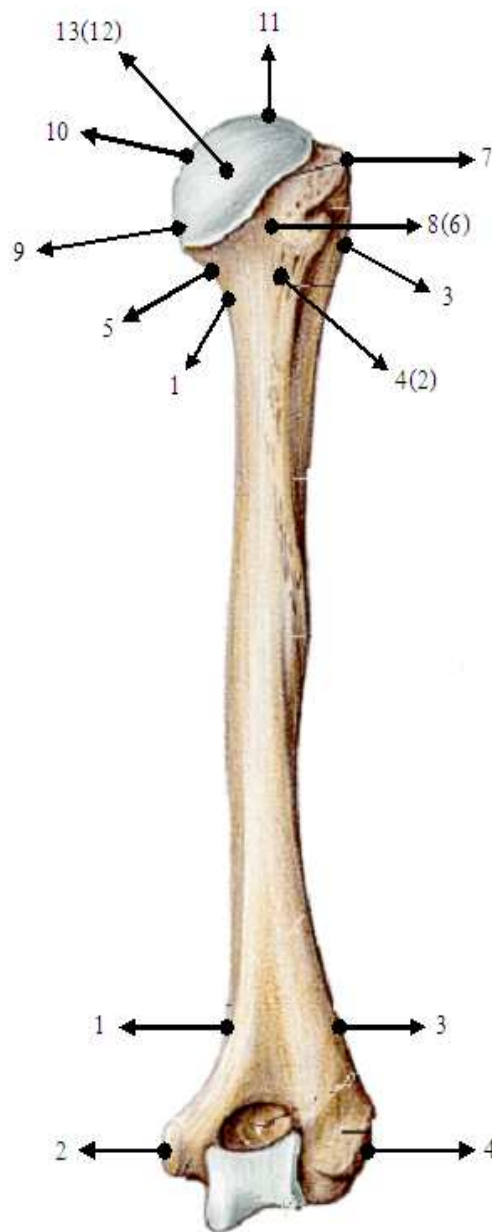


รูปที่ 18 กระดูกต้นขา(ซ้าย) และกระดูกต้นแขน(ขวา) ที่ทำการเลาะชิ้นเนื้อออกพร้อมทำการทดลอง

3.2.1.2 กำหนดจุดที่ต้องการจะวัดความแข็งส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในตำแหน่งต่างๆไว้ในกระดาษ แบ่งเป็นกระดูกต้นขาส่วนหัว 12 จุด ส่วนปลาย 12จุด (รูปที่19) และ กระดูกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ส่วนปลาย4 จุด (รูปที่20) เพื่อลดข้อผิดพลาดในการวัดแรงกด ณ จุดต่างๆที่จะเกิดขึ้นได้



รูปที่ 19 ตำแหน่งที่ทำการวัดความแข็งและตำแหน่งการใส่สกรูของกระดูกต้นขา



รูปที่ 20 ตำแหน่งที่ทำการวัดความแข็งและตำแหน่งการใส่สกรูของกระดูกต้นแขน

3.2.1.3ทำการเชื่อมต่อเครื่องวัดความแข็งเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้โปรแกรมวัดแรงกดในแต่ละจุด โดยตั้งค่าแรงกดไว้ที่ 500 นิวตันและระยะทางกดที่ 10 มิลลิเมตร(รูปที่ 21)



รูปที่ 21 ลักษณะการเชื่อมต่อเครื่องวัดเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการวัดความแข็ง



รูปที่ 22 รูปแบบการวางกระดูกต้นขา เพื่อทำการวัดความแข็ง



รูปที่ 23 รูปแบบการวางกระดูกต้นแขน เพื่อทำการวัดความแข็ง

3.2.1.4 ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองตามตารางที่ 2

3.2.2 วัดหาค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม

3.2.2.1 นำกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่วัดความแข็งทุกจุดเรียบร้อยแล้วมาทำการตามในส่วนหัวของกระดูก ซึ่งการตามกระดูกจะใส่สกรูทั้งหมด 3 ตัวตามแนวการตามกระดูก(รูปที่ 24)



รูปที่ 24 รูปแบบการตามกระดูกส่วนหัวของกระดูกต้นขา (ซ้าย) และกระดูกต้นแขน (ขวา)

3.2.2.2 ทำการต่อเครื่องวัดแรง (Digital force gauge) เข้ากับเครื่อง
 ดันกระดูก เพื่อวัดแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดูกแตกหัก(รูปที่ 25)



รูปที่ 25 ต่อเครื่องวัดแรงเข้ากับเครื่องดันกระดูกเพื่อวัดแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดูกเกิดการแตกหัก

3.2.2.3 นำกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนหัวไปทำการดันกระดูก
 ให้เกิดการแตกหักในทิศทางที่เกิดจากอุบัติเหตุ(รูปที่ 26,27)และบันทึกผลการทดลองตามตาราง 3



รูปที่ 26 วิธีรูปแบบการวางกระดูกต้นขาส่วนหัวเข้าที่เครื่องดันกระดูก



รูปที่ 27 วิธีรูปแบบการวางกระดูกต้นแขนส่วนหัวเข้าที่เครื่องต้นกระดูก

3.2.2.4 ถ่ายรูปลักษณะการแตกหักของส่วนหัวกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน

3.2.3 วัดหาค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรู

3.2.3.1 นำส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่วัดความแข็งแรงในทุกจุดเรียบร้อยแล้ว ทำการใส่สกรูในแต่ละจุดตามตำแหน่งที่ได้ทำการวัดความแข็งแรงในขั้นตอนที่ 1 ของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ตามรูปที่ 28 และ 29 จากนั้น ทำการดึงสกรูในแต่ละจุดแบ่งเป็นกระดูกต้นขาส่วนปลาย 8 จุด และกระดูกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด โดยในส่วนนี้กระดูกที่ใช้ทดสอบจะเป็นกระดูกข้างเดียวกันกับกระดูกที่ทำการตามในขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 28 รูปแบบการใส่สกรูและการวางกระดูกต้นขาส่วนปลาย



รูปที่ 29 รูปแบบการใส่สกรูและการวางกระดูกต้นแขนส่วนปลาย

3.2.3.2 ทำการเชื่อมต่อเครื่องวัดแรงดึงเข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อใช้โปรแกรมวัดแรงดึงในแต่ละจุด โดยตั้งค่าแรงดึงไว้ที่ 1600 นิวตัน และระยะทางดึงที่ 40 มิลลิเมตร

3.2.3.3 ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองตามตารางที่ 4

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลตามตารางที่ 1, 2, 3 และ 4

ตารางที่ 1 ค่าเพศ และอายุ

ชนิดกระดูก	ร่างที่	ลำดับเตี๋ยง	เพศ	อายุ
กระดูกต้นขา				
กระดูกต้นแขน				

ข้อมูลในการวัดหาค่าความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน
 ตารางที่ 2 ค่าแรงสูงสุดที่วัดความแข็งของแต่ละจุดและค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรง
 ถึงจุดรับแรงสูงสุด

จุดที่	ข้างขวา		ข้างซ้าย		Recommend
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

ข้อมูลในการวัดหาค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการ
ตามและไม่ได้ทำการตาม

ตารางที่ 3 ค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดูกเกิดการแตกหัก

ร่างที่	Force (N)		Recommend
	ตาม	ไม่ตาม	

ข้อมูลในการวัดหาค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรู ตารางที่ 4 ค่าแรงดึงสูงสุดที่ดึงสกรูออกในแต่ละจุดและค่าระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่มีการดึงสกรู จนสกรูเกิดการดึงออก

จุดที่	ข้างขวา		ข้างซ้าย		Recommend
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะถูกดำเนินด้วยโปรแกรม Excel โดยข้อมูลที่ได้จะนำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าต่ำสุด (Min), ค่าสูงสุด (Max), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน, ค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการตามและยังไม่ได้ทำการตามและค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรูจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาหาการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม SPSS verions17 เพื่อพิสูจน์ว่าจะใช้การทดสอบทางสถิติแบบ Parametric หรือ Nonparametric tests ผลการหาค่าได้วิธีทำการทดสอบแบบ Parametric ตามกฎของ Shapiro-wilk เมื่อได้วิธีที่จะทำการทดสอบแล้วนำข้อมูลมา

วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้ Paired-samples T-test เพื่อดูว่าข้อมูลในงานวิจัยนี้มีการศึกษาแตกต่างกันหรือไม่ ตามสมมติฐานที่เราตั้งขึ้น ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) และนำค่า t ที่ได้จากเปรียบเทียบโดยใช้ Paired-samples T-test ไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐานเพื่อหาว่าข้อมูลใดมากกว่าหรือน้อยกว่า

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน จากร่างอาจารย์ใหญ่ของผู้บริจาคร่างกายเพื่อการศึกษาทางการแพทย์ ณ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวนทั้งหมด 30 ร่าง แบ่งเป็นเพศชาย 19 ร่าง กระดูกต้นแขน 18 ตัวอย่าง กระดูกต้นขา 20 ตัวอย่าง อายุเฉลี่ย 78.5 ปี และเพศหญิง 11 ร่าง กระดูกต้นแขน 12 ตัวอย่าง กระดูกต้นขา 10 ตัวอย่าง อายุเฉลี่ย 73.2 ปี คิดรวมทั้งหมดเป็น 60 ตัวอย่าง อายุเฉลี่ยรวม 76.6 ปี (53-94 ปี) (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อายุของอาจารย์ใหญ่ที่ใช้ในการศึกษา

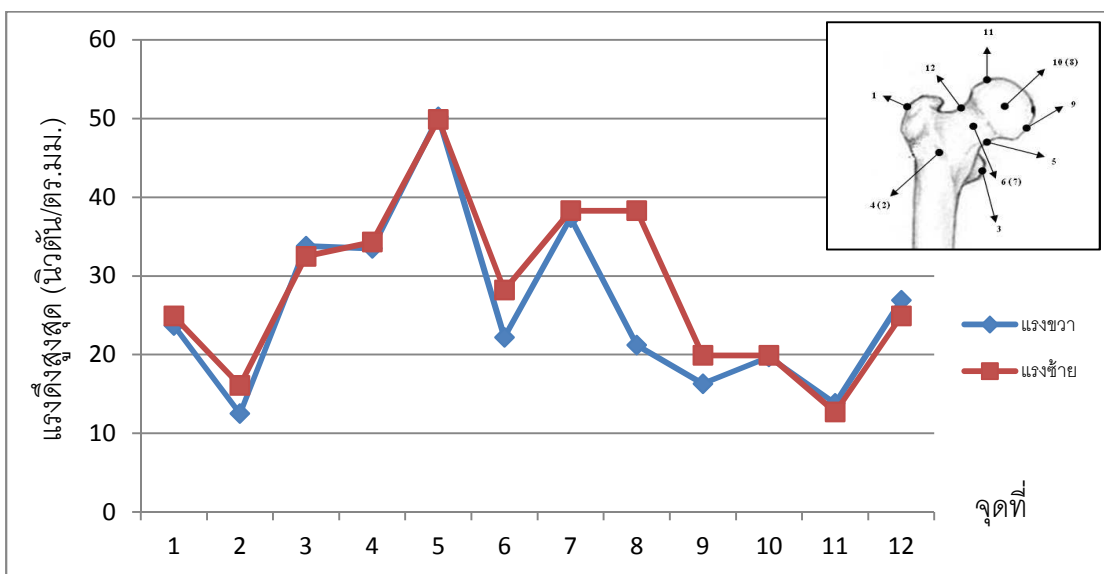
เพศ	จำนวน			อายุ		
	ขา	แขน	รวม specimen	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ชาย	20	18	38	78.5	94	53
หญิง	10	12	22	73.2	77	68
รวม	30	30	60	76.6	94	53

การวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวัดหาค่าความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน ซึ่งจะทำให้การเก็บค่า แรงสูงสุดที่วัดความแข็งที่ตำแหน่งต่างๆ และค่าระยะทางที่ทำให้เกิดการแตกหัก การวัดหาค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการตามและยังไม่ได้ทำการตาม ซึ่งจะทำให้การเก็บค่าแรงกดสูงสุดที่กดกระดูกแล้วทำให้กระดูกเกิดการแตกหักและ การวัดหาค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรูซึ่งจะทำให้การเก็บค่า แรงดึงสูงสุดที่ดึงสกรูออกในจุดต่างๆ และค่าระยะทางที่ทำให้เกิดการแตกหักผลการศึกษาประกอบไปด้วย

ตารางที่ 6 ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นขา
ส่วนหัว ทั้ง 12 จุด ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง

จุดที่	ขวา (MEAN± SD)		ซ้าย (MEAN± SD)	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	23.7±9.3	6.13±2.02	24.9±9.8	6.06±1.85
	(13.2-44.0)	(3.7-9.92)	(6.6-40.2)	(3.06-9.54)
2	12.5±11.4	3.5±2	16.1±15.3	3.7±2.0
	(3.5-51.5)	(1.0-8.2)	(4.7-50.6)	(1.6-9.1)
3	33.8±12.6	5.0±2.0	32.5±11.9	4.8±1.1
	(15.4-51.6)	(1.6-9.8)	(16.3-52.1)	(2.9-6.8)
4	33.5±16.6	5.0±2.1	34.3±16.5	5.1±2.2
	(9.6-52.0)	(2.2-9.4)	(7.9-52.0)	(3-9.5)
5	50.2±3.9	3.8±1.6	49.9±4.2	4.0±1.4
	(36.2-52.1)	(2.2-9.2)	(36.2-52.1)	(2.6-8.2)
6	22.2±13.1	2.8±0.9	28.2±14.3	3.3±1.5
	(6.7-50.3)	(1.3-4.4)	(9.1-51.3)	(1.5-7.9)
7	37.4±13.4	3.2±0.6	38.3±13.6	3.1±1.3
	(12.8-15.0)	(1.9-4.0)	(16.2-51.8)	(1.5-7.5)
8	21.2±7.8	7.3±2.6	22.1±8.8	7.8±2.5
	(10.8-40.9)	(1.7-9.7)	(5.8-39.7)	(2.2-9.8)
9	16.3±8.8	4.2±2.5	19.9±7.7	4.7±2.9
	(4.7-35.0)	(1.8-8.9)	(6.2-35.8)	(1.5-9.5)
10	19.7±7.7	8.5±1.4	19.9±12.2	8.3±1.9
	(5.9-32.1)	(5.1-9.)	(5.6-51.6)	(1.6-9.8)
11	13.8±8.3	7.9±2.2	12.7±5.6	7.5±2.4
	(4.2-28.8)	(2.4-9.9)	(5.6-22.3)	(1.7-9.9)
12	26.9±11.8	5.2±2.3	24.9±12.6	5.6±2.5
	(7.7-51.0)	(2.1-9.8)	(7.3-51.8)	(2.2-9.6)

จากการศึกษาขนาดของแรง(Force) และระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูก (Stroke) ที่กอดหัวกระดูกต้นขา ใน 15 ร่าง พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กระทำกับหัวกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้ายจุดที่ 1-12และค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของหัวกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้าย จุดที่ 1-12เป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัว 12 จุด ทั้งข้างขวาและซ้ายไปเปรียบเทียบจะได้อกราฟดังรูปที่ 30



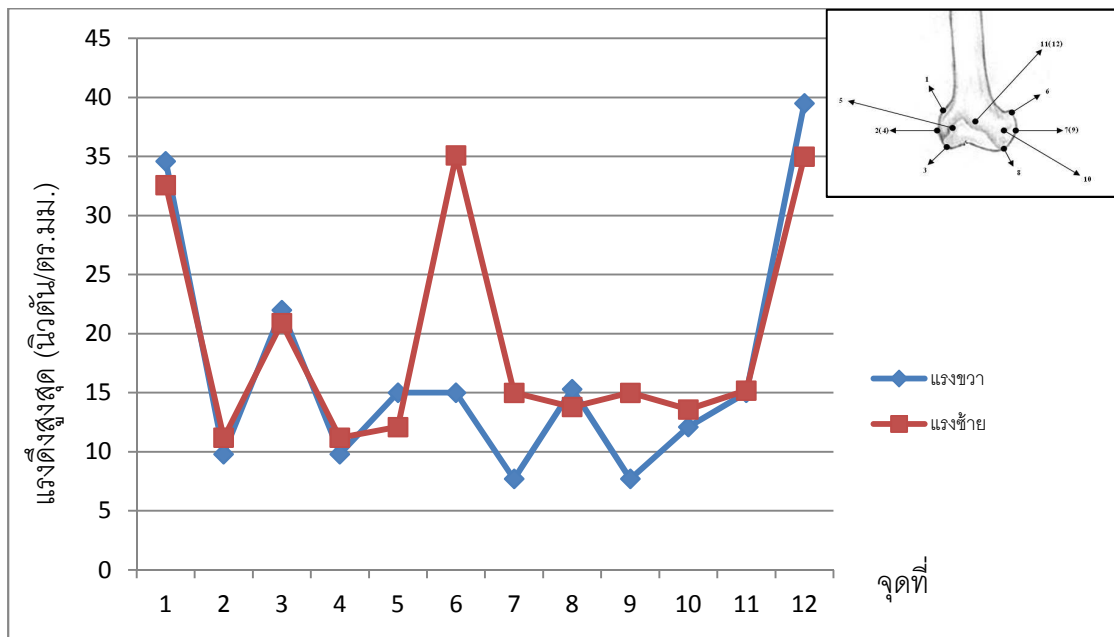
รูปที่ 30 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัว 12 จุด ข้างขวาและซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง

ตารางที่ 7 ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นขา ส่วนปลาย12 จุด ในอาจารย์ใหญ่ 15 ร่าง

จุดที่	ขวา (MEAN± SD)		ซ้าย (MEAN± SD)	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	34.6±14.9	4.9±2.1	32.6±14.6	4.4±1.8
	(8.0-51.3)	(1.8-9.4)	(13.1-51.8)	(2.2-7.7)
2	9.8±3.8	6.3±2.9	11.2±4.2	6.7±2.7
	(3.8-15.8)	(2.4-9.6)	(4.2-19.4)	(2.0-9.6)
3	22.0±9.8	5.7±1.6	20.9±14.1	5.3±1.9
	(10.2-44.4)	(2.5-8.5)	(4.2-48.6)	(2.6-9.3)

4	9.8±3.8	6.3±2.9	11.2±4.2	6.7±2.7
	(3.8-15.8)	(2.4-9.6)	(4.2-19.4)	(2.0-9.6)
5	15.0±6.8	5.3±1.9	12.1±4.1	5.1±1.8
	(5.2-31.3)	(2.6-9.2)	(5.3-22.2)	(2.3-8.2)
6	15.0±15.8	3.9±1.8	35.1±15.8	4.4±2.2
	(8.9-52.0)	(1.6-9.1)	(9.8-52.0)	(1.7-9.9)
7	7.7±2.6	4.8±3.0	15.0±1.7	4.5±2.3
	(3.3-10.8)	(1.3-9.9)	(3.4-8.8)	(1.4-9.3)
8	15.3±6.7	4.6±1.8	13.8±7.3	4.5±1.7
	(4.8-25.8)	(1.5-8.1)	(3.9-29.0)	(1.8-7.0)
9	7.7±2.6	4.8±3.0	15.0±1.7	4.5±2.3
	(3.3-10.8)	(1.3-9.9)	(3.4-8.8)	(1.4-9.3)
10	12.1±5.5	4.5±1.7	13.6±5.8	4.7±1.8
	(5.9-23.3)	(2.5-8.3)	(3.9-23.0)	(2.5-8.9)
11	15.0±7.8	4.2±1.8	15.2±7.2	3.6±1.3
	(5.1-36.7)	(1.7-8.4)	(4.5-29.8)	(1.9-6.3)
12	39.5±12.3	5.0±1.4	35.0±13.0	5.2±1.9
	(8.4-52.1)	(3.2-8.2)	(14.5-51.9)	(3.0-9.6)

จากการศึกษาขนาดของแรง(Force) และระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูก (Stroke) ที่กดปลายกระดูกต้นขา ใน 15 ร่าง พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กระทำกับปลายกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้ายจุดที่ 1-12 และค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของปลายกระดูกต้นขาข้างขวาและซ้าย จุดที่ 1-12 เป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลาย 12 จุด ทั้งข้างขวาและซ้ายไปเปรียบเทียบจะได้กราฟดังรูปที่ 31



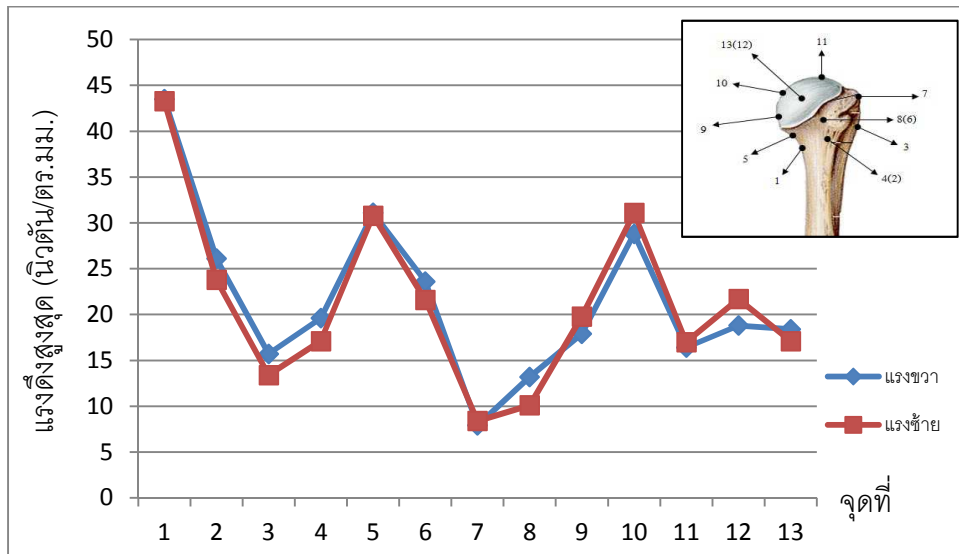
รูปที่ 31 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย 12 จุด
ข้างขวาและซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง

ตารางที่ 8 ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นแขน
ส่วนหัว 13 จุด ในอาจารย์ใหญ่ 15 ร่าง

จุดที่	ขวา (MEAN± SD)		ซ้าย (MEAN± SD)	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	43.5±10.2	4.7±1.6	43.3±12.4	4.7±1.4
	(24.6-51.9)	(2.8-9.4)	(9.6-52.0)	(2.9-7.5)
2	26.1±10.4	3.9±1.1	23.8±10.2	3.7±1.6
	(11.2-50.4)	(2.0-6)	(12.3-50.6)	(1.4-7.3)
3	15.7±8.7	3.3±1.5	13.4±10.7	3.3±1.9
	(2.5-45.9)	(1.5-7)	(3.3-39.5)	(1.3-9.0)
4	19.6±8.8	4.0±1.5	17.1±8.2	3.8±1.2
	(9.6-48.2)	(2.5-8.1)	(6.1-33.3)	(1.8-6.2)
5	31.1±12.4	4.6±1.9	30.8±13.1	3.9±1.6
	(8.9-52.1)	(2.0-8.8)	(13.9-51.5)	(2.1-9.1)
6	23.6±10.7	4.5±0.9	21.6±10.6	5.0±2.1
	(7.3-44.5)	(2.8-6.1)	(10.6-43.5)	(2.5-9.3)

7	7.9±4.7	3.3±1.3	8.4±6.7	4.6±2.6
	(3.7-19.3)	(2.1-6.9)	(2.9-30.3)	(1.7-9.9)
8	13.2±5.8	3.8±1.1	10.1±5.6	3.3±1.1
	(5.3-26.4)	(2.5-6.8)	(4.4-24.8)	(1.8-6.0)
9	17.9±6.5	4.7±2.3	19.8±9.3	5.7±3.0
	(10.2-31.9)	(1.9-9.9)	(11.0-49.2)	(2.8-9.9)
10	28.8±12.1	7.0±1.9	31.3±10.8	6.9±1.6
	(12.5-51.6)	(3.1-9.9)	(14.8-51.9)	(4.8-9.9)
11	16.4±5.5	3.8±1.8	17.0±6.2	4.0±2.0
	(10.5-30.4)	(1.7-8.1)	(6.0-32.0)	(2.1-9.6)
12	18.8±11.7	4.7±1.8	21.7±9.0	4.9±2.2
	(7.7-51.6)	(2.7-9.3)	(5.7-43.3)	(1.6-8.9)
13	18.4±7.8	3.8±1.6	17.1±10.9	4.7±2.1
	(7.2-36.3)	(1.8-7.0)	(2.3-38.7)	(2.3-9.2)

จากการศึกษาขนาดของแรง(Force) และระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูก (Stroke) ที่กดหัวกระดูกต้นแขน ใน 15 ร่าง พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กระทำกับหัวกระดูกต้นแขนข้างขวาและซ้ายจุดที่ 1-13 และค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของหัวกระดูกต้นแขนข้างขวาและซ้าย จุดที่ 1-13 เป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 8 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ทั้งข้างขวาและซ้ายไปเปรียบเทียบจะได้กราฟดังรูปที่ 32

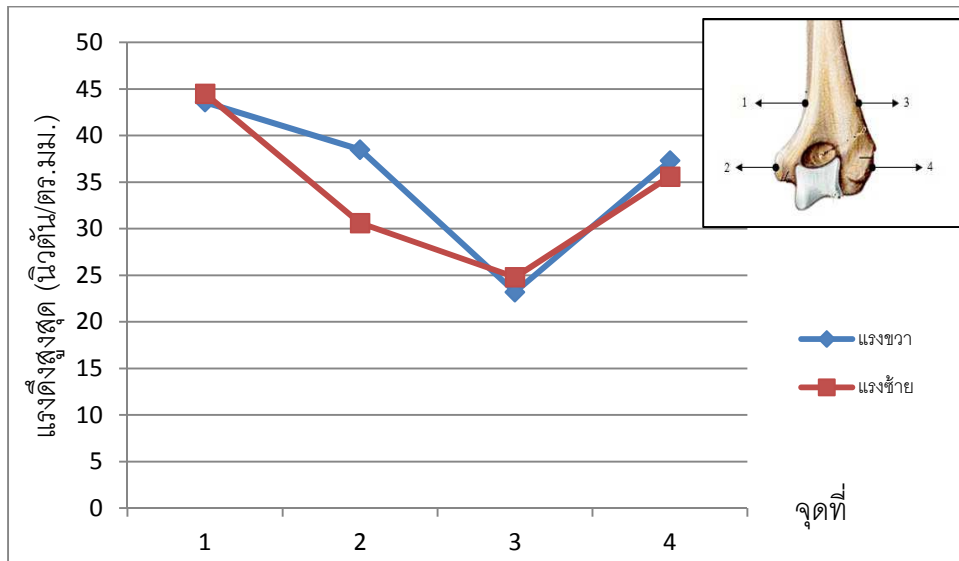


รูปที่ 32 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ชายและหญิง ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง

ตารางที่ 9 ขนาดของแรงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูกต้นแขน ส่วนปลาย 4 จุด ในอาจารย์ใหญ่ 15 ร่าง

จุดที่	ชาย (MEAN ± SD)		ชาย (MEAN ± SD)	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	43.6 ± 10.2	4.4 ± 1.3	44.5 ± 8.5	4.4 ± 1.6
	(24.6-52.0)	(2.5-6.9)	(22.0-51.9)	(2.6-8.4)
2	38.5 ± 12.7	4.9 ± 1.9	30.6 ± 16.7	5.6 ± 2.2
	(14.9-51.8)	(2.7-9.9)	(5.9-51.9)	(1.8-9.9)
3	23.2 ± 11.3	6.8 ± 2.7	24.8 ± 14.5	6.3 ± 2.5
	(11.2-51.0)	(2.7-9.9)	(10.8-51.4)	(2.3-9.9)
4	37.3 ± 12.8	5.7 ± 1.8	35.6 ± 11.0	4.7 ± 1.6
	(16.7-51.8)	(3.8-9.8)	(18.3-51.5)	(2.7-8.8)

จากการศึกษาขนาดของแรง(Force) และระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูก (Stroke) ที่กดปลายกระดูกต้นแขน ใน 15 ร่าง พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กระทำกับปลายกระดูกต้นแขนข้างขวาและซ้ายจุดที่ 1-4 และค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของปลายกระดูกต้นแขนข้างขวาและซ้าย จุดที่ 1-4 เป็นไปตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 9 เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด ทั้งข้างขวาและซ้ายไปเปรียบเทียบจะได้กราฟดังรูปที่ 33



รูปที่ 33 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย 4 จุด ข้างขวาและซ้าย ในอาจารย์ใหญ่จำนวน 15 ร่าง

ตารางที่ 10 ขนาดของแรงกดในส่วนของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำกรตามและไม่ทำกรตาม

กระดูกส่วนหัว	แรงกด (นิวตัน) (Mean±SD)	
	ตาม	ไม่ตาม
กระดูกต้นขา	3400±1092.2 (1900-5300)	3420±1285.7 (1600-5700)
ความแตกต่างระหว่างวิธีการ	Non Significant	
กระดูกต้นแขน	2146.7±795.4 (800-3200)	2333.3±704.7 (1200-3700)
ความแตกต่างระหว่างวิธีการ	Non Significant	

กระดูกต้นขา ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามที่ไม่แตกต่างจากไม่ทำการตาม ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวทำการตามที่แตกต่างกันไม่ทำการตาม ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.72$, $df = 14$ และ $sig (2-tailed) = 0.94$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามมากกว่าหรือเท่ากับที่ไม่ทำการตาม ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามน้อยกว่าที่ไม่ทำการตาม ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามน้อยกว่าที่ไม่ทำการตาม

กระดูกต้นแขน ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามที่ไม่แตกต่างจากไม่ทำการตาม ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามที่แตกต่างกันไม่ทำการตาม ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.02$, $df = 14$ และ $sig (2-tailed) = 0.32$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามมากกว่าหรือเท่ากับที่ไม่ทำการตาม ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามน้อยกว่าที่ไม่ทำการตาม ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามน้อยกว่าที่ไม่ทำการตาม

ตารางที่ 11 ขนาดของแรงดึงและระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนข้างขวาและข้างซ้ายจากค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดรวมทุกร่าง

กระดูกส่วนปลาย	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)			
	ขวา		ซ้าย	
	Force	Stroke	Force	Stroke
กระดูกต้นขา	20.6±11.8	13.17±3.35	28.1±16.1	13.31±2.64
กระดูกต้นแขน	38.2±23.6	11.00±3.65	31.9±1.4	9.91±2.53

จากการศึกษาขนาดของแรง (Force) และระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของกระดูก (Stroke) ที่ทำการใส่สกรูแล้วดึงออกที่กระดูกต้นขาข้างขวา – ซ้ายและกระดูกต้นแขนข้างขวา-ซ้ายพบว่าค่าเฉลี่ยรวมทุกจุดของแรงสูงสุด เท่ากับ 20.6±11.8, 28.1±16.1, 38.2±23.6 และ 31.9±1.4 นิวตัน/ตร.มม.ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของระยะทางจากจุดเริ่มต้นที่ใส่แรงถึงจุดรับแรงสูงสุดของปลายกระดูกต้นขาข้างขวา-ซ้าย และปลายกระดูกต้นแขนข้างขวา-ซ้าย เท่ากับ 13.17±3.35, 13.31±2.64, 11.00±3.65 และ 9.91±2.53 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบ

กระดูกต้นขา

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวและส่วนปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวา รวม 24 จุด

ข้าง	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ขวา	22.0±11.2
ซ้าย	23.6±10.5
ความแตกต่างระหว่างข้าง	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาที่ไม่แตกต่างจากข้างซ้าย

($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาที่แตกต่างจากข้างซ้าย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Pair sample t-test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.95$, $df = 23$ และ $sig (2-tailed) = 0.06$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาที่มากกว่าหรือเท่ากับข้างซ้าย

($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาน้อยกว่าข้างซ้าย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาข้างขวาน้อยกว่าข้างซ้าย

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกระดูกต้นขา ระหว่างเพศชาย-หญิงและข้างขวา-ซ้าย

เพศ	ข้าง	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ชาย	ขวา	24.3±11.6
	ซ้าย	23.4±11.4
หญิง	ขวา	18.5±11.7
	ซ้าย	18.4±12.8
ความแตกต่างระหว่างเพศและข้าง		Non Significant

กระดูกต้นขาข้างขวา ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาเพศชายที่ไม่แตกต่างจากเพศหญิง

($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาเพศชายที่แตกต่างจากเพศหญิง

($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 2.55$, $df = 23$ และ $sig (2-tailed) = 0.18$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาเพศชายที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างขวาเพศชายที่น้อยกว่าเพศหญิง ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาข้างขวาเพศชายมากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง

กระดูกต้นขาข้างซ้าย ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างซ้ายเพศชายที่ไม่แตกต่างจากเพศหญิง ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างซ้ายเพศชายที่แตกต่างจากเพศหญิง ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 1.89$, $df = 23$ และ $sig (2-tailed) = 0.07$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างซ้ายเพศชายที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาข้างซ้ายเพศชายที่น้อยกว่าเพศหญิง ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาข้างซ้ายเพศชายมากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวทั้ง 3 ระนาบ

ระนาบที่	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
1	26.4±8.6
(จุด 1, 2, 3, 4)	
2	28.8±13.5
(จุด 5, 6, 7, 8)	
3	20.8±10.1
(จุด 9, 10, 11, 12)	

กระดูกต้นขาส่วนหัว ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

คู่มือที่ 1 (ระนาบที่ 3,1)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.12$, $df = 7$ และ $sig (2-tailed) = 0.29$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 1 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 1 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 น้อยกว่าระนาบที่ 1

คู่มือที่ 2 (ระนาบที่ 1,2)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 1 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 2 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 1 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 2 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.36$, $df = 7$ และ sig (2-tailed) = 0.72 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 1 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 2 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 1 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 2 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 1 น้อยกว่าระนาบที่ 2

คู่มือที่ 3 (ระนาบที่ 3,2)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 2 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 2 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.15$, $df = 7$ และ sig (2-tailed) = 0.28 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 2 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 2 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวระนาบที่ 3 น้อยกว่าระนาบที่ 2

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย ระหว่างด้านใน-นอก

ด้าน	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ด้านใน	21.0±10.2
(จุด6, 7, 8, 9, 10)	
ด้านนอก	18.2±10.3
(จุด1, 2, 3, 4, 5)	
ความแตกต่าง ระหว่างด้าน	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายด้านในที่ไม่แตกต่างจากด้านนอก ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายด้านในที่แตกต่างกันจากด้านนอก ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.62$, $df = 9$ และ $sig (2-tailed) = 0.54$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายด้านในที่มากกว่าหรือเท่ากับด้านนอก ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายด้านในที่น้อยกว่าด้านนอก ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนปลายด้านในน้อยกว่าด้านนอก

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวในวิธีการตามและไม่ทำการตามระหว่างเพศหญิง-ชาย

เพศ	วิธีการ	แรงกด (นิวตัน) (Mean±SD)
ตาม	หญิง	3180±807.5
	ชาย	4120±1020.8
ความแตกต่างระหว่างเพศ		Significant
ไม่ตาม	หญิง	3340±1411.7
	ชาย	3940±1162.1
ความแตกต่างระหว่างเพศ		Non Significant

กระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตาม ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำการการตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่การตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.42$, $df = 4$ และ $sig (2-tailed) = 0.22$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่การตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่การตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

กระดูกต้นขาส่วนหัวที่ไม่ทำการตาม ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)


จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.95$, $df = 4$ และ $sig (2-tailed) = 0.39$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนหัวเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ไม่ทำการตามเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

ตารางที่ 17 ลักษณะการแตกหักที่พบมากที่สุดหลังจากที่ใส่แรงกดกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม

รูปลักษณะการหักของกระดูก	รูปแบบการหัก
	<p>1. Intertrochanteric (Reversed Simple) 29.16 %</p>
	<p>2. Intertrochanteric (Transverse Simple) 29.16 %</p>

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ ลักษณะการหักกระดูกต้นขาส่วนหัวทั้งข้างซ้ายและขวา ทั้งเพศชายและหญิง พบว่า กระดูกต้นขาที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตามจะมีการหักแบบ Intertrochanteric (Reversed simple) และหักแบบ Intertrochanteric (Transverse simple) มากที่สุด คิดเป็นแบบละ 29.16% ของกระดูกต้นขาส่วนหัวทั้งหมดของการศึกษา

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างความแข็งกับแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายใน
ทุกตำแหน่ง

	ความแข็ง (นิวตัน/ตร.มม.)	แรงดึง (นิวตัน/ตร.มม.)
Total (Mean ± SD)	28.1±16.1	20.6±11.8
ความแตกต่าง ระหว่างความแข็ง กับแรงดึง	Non Significant	

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งและค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นขาส่วน
ปลายที่ไม่แตกต่างจากแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งและค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นขาส่วน
ปลายที่แตกต่างจากแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-
samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.82$, $df = 7$ และ $sig (2-tailed) = 0.43$ ทำให้
ทราบที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้
จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งและค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นขาส่วน
ปลายที่มากกว่าหรือเท่ากับแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งและค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นขาส่วน
ปลายที่น้อยกว่าแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จาก
ความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลายน้อยกว่าแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลาย

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายระหว่างข้างขวา-ซ้าย

ข้าง	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ขวา	20.6±11.8
ซ้าย	28.1±16.1
ความแตกต่าง ระหว่างข้าง	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาที่ไม่แตกต่างจากข้างซ้าย
($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาที่แตกต่างจากข้างซ้าย
($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.26$, $df = 7$ และ $sig (2-tailed) = 0.24$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาที่มากกว่าหรือเท่ากับข้างซ้าย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาน้อยกว่าข้างซ้าย
($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาน้อยกว่าข้างซ้าย

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายระหว่างเพศชาย-หญิง

เพศ	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ชาย	32.8±14.6
หญิง	17.7±8.9
ความแตกต่าง ระหว่างเพศ	Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายเพศชายที่ไม่แตกต่างจากเพศหญิง
($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายเพศชายที่แตกต่างจากเพศหญิง
($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 4.71$, $df = 7$ และ sig (2-tailed) = 0.00 ทำให้ทราบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายเพศชายที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นขาส่วนปลายเพศชายที่น้อยกว่าเพศหญิง
($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงดึงของกระดูกต้นขาส่วนปลายเพศชายมากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง

กระดูกต้นแขน

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัวและส่วนปลาย ระหว่างข้างซ้าย-ขวารวม 17 จุด

ข้าง	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ซ้าย	24.2±10.6
ขวา	24.9±10.7
ความแตกต่าง ระหว่างข้าง	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายที่ไม่แตกต่างจากข้างขวา ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายที่แตกต่างจากข้างขวา ($\mu_1 \neq \mu_2$)
จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Pair sample t-test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.19$, $df = 16$ และ $sig (2-tailed) = 0.24$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายที่มากกว่าหรือเท่ากับข้างขวา ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายที่น้อยกว่าข้างขวา ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนข้างซ้ายน้อยกว่าข้างขวา

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขน ระหว่างเพศชาย-หญิงและข้างขวา-ซ้าย

เพศ	ข้าง	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
หญิง	ขวา	22.8±9.5
	ซ้าย	21.1±10.0
ชาย	ขวา	27.8±12.1
	ซ้าย	27.0±11.5
ความแตกต่าง ระหว่างเพศและข้าง		Non Significant

กระดูกต้นแขนข้างขวา ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างขวาเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างขวาเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.24$, $df = 16$ และ $sig (2-tailed) = 0.23$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างขวาเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างขวาเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนข้างขวาเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

กระดูกต้นแขนข้างซ้าย ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.20$, $df = 16$ และ sig (2-tailed) = 0.24 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนข้างซ้ายเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นแขนข้างซ้ายเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้ง 3 ระนาบ

ระนาบที่	ความแข็ง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
1	25.3±11.9
(จุด1, 2, 3, 4)	
2	18.3±9.7
(จุด5, 6, 7, 8)	
3	20.7±5.1
(จุด9, 10, 11, 12, 13)	

กระดูกต้นแขนส่วนหัว ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

คู่มือที่ 1 (ระนาบที่ 2,1)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 1.58$, $df = 7$ และ sig (2-tailed) = 0.15 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 1 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 1 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 น้อยกว่าระนาบที่ 1

คู่มือที่ 2 (ระนาบที่ 3,1)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 1 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.81$, $df = 7$ และ sig (2-tailed) = 0.93 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 1 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 1 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 น้อยกว่าระนาบที่ 1

คู่ที่ 3 (ระนาบที่ 2, 3)

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่ไม่แตกต่างจากระนาบที่ 3 ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่แตกต่างจากระนาบที่ 3 ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.93$, $df = 7$ และ $sig (2-tailed) = 0.38$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่มากกว่าหรือเท่ากับระนาบที่ 3 ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 2 ที่น้อยกว่าระนาบที่ 3 ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนหัวระนาบที่ 3 น้อยกว่าระนาบที่ 2

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ระหว่างด้านนอก-ใน

ด้าน	ความแข็งแรง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ด้านนอก	30.2±7.3
(จุด 3, 4)	
ด้านใน	39.3±6.4
(จุด 1, 2)	
ความแตกต่าง ระหว่างด้าน	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายด้านนอกที่ไม่แตกต่างจากด้านใน ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายด้านนอกที่แตกต่างจากด้านใน ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 1.36$, $df = 3$ และ sig (2-tailed) = 0.26 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายด้านนอกที่มากกว่าหรือเท่ากับด้านใน ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายด้านนอกที่น้อยกว่าด้านใน ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายด้านนอกน้อยกว่าด้านใน

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวในวิธีการตามและไม่ทำการตามระหว่างเพศหญิง-ชาย

เพศ	วิธีการ	แรงกด(Mean±SD)
หญิง	ตาม	1816.7±966.3
	ไม่ตาม	1933.3±628.2
ชาย	ตาม	2533.3±445.7
	ไม่ตาม	2550.0±763.5
ความแตกต่างระหว่างเพศ		Non Significant

กระดุกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตาม ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.40$, $df = 5$ และ sig (2-tailed) = 0.19 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดุกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

กระดุกต้นแขนส่วนหัวที่ไม่ทำการตาม ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่ไม่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่แตกต่างจากเพศชาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)



จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -1.29$, $df = 5$ และ sig (2-tailed) = 0.25 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นขาแขนส่วนหัวเพศหญิงที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศชาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ไม่ทำการตามที่วัดได้จากกระดุกต้นแขนส่วนหัวเพศหญิงที่น้อยกว่าเพศชาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงกดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ไม่ทำการตามเพศหญิงน้อยกว่าเพศชาย

ตารางที่ 26 ลักษณะการแตกหักที่พบมากที่สุดหลังจากที่ใส่แรงกดในกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม

รูปลักษณะการหักของกระดูก	รูปแบบการหัก
	<p>1. Anatomic Neck 33.33%</p>
	<p>2. Lesser Tuberosity 13.33%</p>

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ ลักษณะการหักกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้งข้างซ้ายและขวา ทั้งเพศชายและหญิง พบว่า กระดูกต้นแขนที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตามจะมีการหักแบบ Anatomic Neck คิดเป็น 33.33%มากที่สุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้งหมดของการศึกษาและรองลงมาคือหักแบบ Lesser Tuberosity คิดเป็น 13.33%ของกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้งหมดของการศึกษา

ตารางที่ 27 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างความแข็งแรงสูงสุดกับแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายในแต่ละจุด

	ความแข็งแรง (นิวตัน/ตร.มม.)	แรงดึง (นิวตัน/ตร.มม.)
Total (Mean ± SD)	20.6±10.8	30.7±3.4
ความแตกต่าง ระหว่างแรงดึง กับความแข็งแรง	Non Significant	

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่ไม่แตกต่างจากแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่แตกต่างจากแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -2.19$, $df = 3$ และ $sig (2-tailed) = 0.11$ ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่มากกว่าหรือเท่ากับแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงและแรงดึงที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่น้อยกว่าแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายน้อยกว่าแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย

ตารางที่ 28 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายระหว่างข้างซ้าย-ขวา

ข้าง	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ซ้าย	31.9±1.4
ขวา	38.2±23.6
ความแตกต่าง ระหว่างข้าง	Non Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างซ้ายที่ไม่แตกต่างจากข้างขวา ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างซ้ายที่แตกต่างจากข้างขวา ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = -0.53$, $df = 3$ และ sig (2-tailed) = 0.63 ทำให้ทราบว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างซ้ายที่มากกว่าหรือเท่ากับข้างขวา ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างซ้ายที่น้อยกว่าข้างขวา ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_1 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างซ้ายน้อยกว่าข้างขวา

ตารางที่ 29 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายระหว่างเพศชาย-หญิง

เพศ	แรงดึง (นิวตัน/ตร.มม.) (Mean±SD)
ชาย	38.6±21.0
หญิง	19.8±6.5
ความแตกต่าง ระหว่างเพศ	Significant

ทำการตั้งค่าสมมติฐานทางสถิติ ดังนี้

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายเพศชายที่ไม่แตกต่างจากเพศหญิง ($\mu_1 = \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายเพศชายที่แตกต่างจากเพศหญิง ($\mu_1 \neq \mu_2$)

จากนั้นทำการคำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ Paired-samples t test ผลจากการคำนวณได้ค่า $t = 5.69$, $df = 3$ และ sig (2-tailed) = 0.01 ทำให้ทราบว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) จากนั้นนำค่า t ที่ได้จากข้อมูลไปเปรียบเทียบกับในตารางการแจกแจง t แล้วทำการตั้งสมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายเพศชายที่มากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง ($\mu_1 \geq \mu_2$)

H_1 : ค่าเฉลี่ยแรงดึงที่วัดได้จากกระดูกต้นแขนส่วนปลายเพศชายที่น้อยกว่าเพศหญิง ($\mu_1 < \mu_2$)

เมื่อเปรียบเทียบค่า t แล้ว ได้ค่าที่ตรงกับสมมติฐาน H_0 นั่นคือค่าเฉลี่ยข้อมูลที่วัดได้จากแรงดึงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายเพศชายมากกว่าหรือเท่ากับเพศหญิง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำในกระดูกของอาจารย์ใหญ่จำนวน 30 ร่อง 60 ตัวอย่าง โดยทำการเก็บค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัว 12 จุด ส่วนปลาย 12 จุด และกระดูกต้นแขนส่วนหัว 13 จุด ส่วนปลาย 4 จุด ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนหัว และส่วนปลายทั้งข้างซ้ายและข้างขวามีความแข็งต่างกันในแต่ละจุด และกระดูกต้นขา, กระดูกต้นแขนในเพศชายนั้นมีความแข็งกว่าเพศหญิง จากนั้นหาค่าแรงกดสูงสุดที่ทำให้กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้งที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตามเกิดการแตกหัก ผลการทดลองที่ได้จากกระดูกที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตามนั้น แรงกดสูงสุดที่ใช้กับวิธีการทั้งตามและไม่ตามจะมีค่าไม่แตกต่างกัน อาจกล่าวได้ว่าการตามไม่มีผลต่อการเสริมความแข็งแรงให้กับกระดูก และในเพศชายจะใช้แรงกดสูงสุดมากกว่าในเพศหญิง ทำให้ทราบว่ากระดูกในเพศชายแข็งแรงกว่าในเพศหญิง จึงต้องใช้แรงที่ทำให้กระดูกเกิดการแตกหักมากกว่า ในส่วนท้ายของกรวิจัยทำการหาค่าแรงดึงสกรูสูงสุดที่ทำให้สกรูถอนขึ้นในกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนส่วนปลายทั้งข้างซ้ายและข้างขวา ผลการทดลองที่ได้นั้น ค่าแรงดึงของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจะมีค่ามากกว่าค่าความแข็งของกระดูกในแต่ละจุดเสมอ และในเพศชายค่าแรงดึงสกรูจะสูงกว่าในเพศหญิงเสมอ

อภิปรายผลการวิจัย

จากทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาไม่พบว่ามีผู้ศึกษาเกี่ยวกับค่าความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน, ค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนในกระดูกที่ทำการตามและยังไม่ได้ทำการตาม และค่าแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรู ทั้งข้างซ้ายและข้างขวา รวมทั้งในเพศชายและเพศหญิง ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ดังนั้นจากการศึกษาครั้งนี้แบ่งการอภิปรายเป็น 3 หัวข้อดังนี้

1. แรงกดสูงสุดในแต่ละจุด ในการหาความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัวและส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน

การใส่แรงสูงสุดเพื่อวัดค่าความแข็งของแต่ละจุด พบว่า กระดูกต้นขาส่วนหัวทั้งข้างขวาและข้างซ้ายเมื่อทำการใส่ค่าแรงลงไปเพื่อวัดความแข็งตำแหน่งที่มีค่าความแข็งมากที่สุดคือตำแหน่งที่ 5 ข้างขวาและข้างซ้ายจะมีค่าเท่ากับ 50.2 ± 3.9 และ 49.9 ± 2 นิวตัน/ตร.มม.

ตามลำดับ และตำแหน่งที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวข้างขวาคือตำแหน่งที่ 2 จะมีค่าเท่ากับ 12.5 ± 11.4 นิวตัน/ตร.มม. และข้างซ้ายคือตำแหน่งที่ 11 จะมีค่าเท่ากับ 12.7 ± 5.6 นิวตัน/ตร.มม. และกระดูกต้นขาส่วนปลายทั้งข้างขวาและข้างซ้ายเมื่อทำการใส่ค่าแรงลงไปเพื่อวัดความแข็งแรงตำแหน่งที่มีค่าความแข็งแรงมากที่สุดคือตำแหน่งที่ 12 ข้างขวา มีค่าเท่ากับ 39.5 ± 12.3 นิวตัน/ตร.มม. และ ตำแหน่งที่ 6 ข้างซ้ายมีค่าเท่ากับ 35.0 ± 13.0 นิวตัน/ตร.มม. และตำแหน่งที่มีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาและข้างซ้ายคือตำแหน่งที่ 7 จะมีค่าเท่ากับ 7.7 ± 2.6 และ 15.0 ± 1.7 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับตำแหน่งของกระดูกต้นขาข้างขวาและข้างซ้ายที่มีความแข็งแรงส่วนหัวมากที่สุดคือ ตำแหน่งที่ 5 และส่วนปลายข้างขวา ตำแหน่งที่ 12 และข้างซ้ายตำแหน่งที่ 6 ตำแหน่งดังกล่าววนั้น เป็นกระดูกที่มีโครงสร้างของ คอร์ติคอล โบน อยู่มาก [9] ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรง มีความพรุนของเนื้อกระดูกน้อย เนื้อกระดูกมีการจัดเรียงตัวกันอย่างเหมาะสมทำให้สามารถทนต่อแรงที่จะมากระทำได้เป็นอย่างดี ส่วนตำแหน่งของกระดูกต้นขาข้างขวาและข้างซ้ายที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดคือ ตำแหน่งที่ 2, 11 (ส่วนหัว) และ ตำแหน่งที่ 7, 9 (ส่วนปลาย) เพราะเนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวจะมีโครงสร้างของ ทราเบคคิวลา โบน [9] คือจะมีเนื้อกระดูกเรียงตัวกันแบบโปร่งๆ มีช่องว่างสอดแทรกสลับไปมา มีความพรุนของเนื้อกระดูกมาก และจะมีการสูญเสียของเนื้อกระดูกก่อนและสูญเสียเร็วกว่าแบบ คอร์ติคอล โบน [10] จึงทำให้ตำแหน่งดังกล่าวมีความแข็งแรงน้อยที่สุด ค่าความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนหัวข้างขวาและข้างซ้ายแบ่งเป็นระนาบ จะได้ว่า ในระนาบที่ 2 จุดที่ 5, 6, 7, 8 ซึ่งเป็นบริเวณส่วนคอของกระดูกนั้น จะมีค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงมากที่สุด เท่ากับ 28.8 ± 13.5 นิวตัน/ตร.มม. ที่บริเวณดังกล่าวมีความแข็งแรงมากที่สุดนั้น อาจเป็นเพราะบริเวณดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการรับน้ำหนักร่างกายมากที่สุด จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น และในระนาบที่ 3 จุดที่ 9, 10, 11, 12 เป็นบริเวณส่วนหัวของกระดูกนั้นจะมีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด 20.8 ± 10.1 นิวตัน/ตร.มม. เป็นบริเวณที่มีความอ่อนนุ่มมาก อาจเป็นเพราะเป็นช่วงที่ต้องมีการสัมผัสและเข้าไปอยู่ในส่วนของเบ้าของกระดูกสะโพกจึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความอ่อนนุ่มเพื่อลดการเสียดสีและรับกับรูปเบ้าของกระดูกสะโพกได้ส่วนความแข็งแรงของกระดูกต้นขาส่วนปลายข้างขวาและข้างซ้ายแบ่งเป็นด้านนอก-ในจะได้ว่า ด้านนอกของกระดูก (ตำแหน่งที่ 1, 2, 3, 4, 5) จะมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงมากกว่าด้านในของกระดูก (ตำแหน่งที่ 6, 7, 8, 9, 10) จะมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรง เท่ากับ 21.0 ± 10.2 และ 18.2 ± 10.3 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งอาจสามารถบอกได้ว่าด้านนอกของกระดูกมีความสำคัญในการรับแรงจากน้ำหนักร่างกายมากกว่าด้านในของกระดูก และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกระดูกต้นขาทั้ง 24 จุด (ส่วนหัวและปลาย) พบว่า ความแข็งแรงเฉลี่ยรวม 24 จุด ทั้งข้างขวา-ซ้าย มีค่าใกล้เคียงกัน คือเท่ากับ 20.0 ± 11.2 และ 23.6 ± 5.0 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งอาจสามารถสรุปได้ส่วนหนึ่งว่ากระดูกต้นขาข้างขวา-ซ้ายมีความแข็งแรงเท่ากัน ใน

ส่วนความแข็งของกระดูกต้นขาเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศชาย-หญิง พบว่ากระดูกต้นขาในเพศชายข้างขวา-ซ้าย เท่ากับ 24.3 ± 11.6 และ 23.4 ± 11.4 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ มีค่าความแข็งสูงกว่ากระดูกต้นขาในเพศหญิงข้างขวา-ซ้ายที่มีค่าเท่ากับ 18.5 ± 11.7 และ 18.4 ± 12.8 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ที่กระดูกต้นขาของเพศชายนั้นแข็งแรงกว่ากระดูกต้นขาของเพศหญิง อาจเป็นเพราะเนื่องจากกระดูกที่นำมาใช้ทดสอบนั้นจะอยู่ในช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งในเพศหญิงที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปนั้นส่วนมากแล้วจะเป็นวัยที่หมดประจำเดือนแล้วทำให้มีปัญหาในเรื่องของกระดูกพรุน [1] เข้ามาเกี่ยวข้องได้ โดยการบางลงอย่างรวดเร็วของกระดูกภายหลังจากหมดประจำเดือนในระยะ 5-10 ปีแรกของการหมดประจำเดือนเนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้มีการสลายมวลกระดูก [2] และเป็นสาเหตุให้กระดูกผู้หญิงบางและพรุนมากกว่าผู้ชาย 6 เท่า ซึ่งอาจสามารถสรุปได้ส่วนหนึ่งที่กระดูกต้นขาของเพศชายมีความแข็งแรงกว่ากระดูกต้นขาของเพศหญิง

ส่วนในกระดูกต้นแขนส่วนหัวทั้งข้างขวาและข้างซ้ายเมื่อทำการใส่ค่าแรงลงไป เพื่อวัดความแข็งตำแหน่งที่มีค่าความแข็งมากที่สุดคือตำแหน่งที่ 1 ข้างขวาและข้างซ้ายจะมีค่าเท่ากับ 43.5 ± 10.2 และ 43.3 ± 12.4 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ และตำแหน่งที่มีค่าความแข็งน้อยที่สุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวคือตำแหน่งที่ 7 ข้างขวาและข้างซ้ายจะมีค่าเท่ากับ 7.9 ± 4.7 และ 8.4 ± 6.7 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับและกระดูกต้นแขนส่วนปลายทั้งข้างขวาและข้างซ้ายเมื่อทำการใส่ค่าแรงลงไปเพื่อวัดความแข็งตำแหน่งที่มีค่าความแข็งมากที่สุดคือตำแหน่งที่ 1 ข้างขวาและข้างซ้ายจะมีค่าเท่ากับ 43.6 ± 10.2 และ 44.5 ± 8.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งตำแหน่งดังกล่าวนี้เป็นกระดูกที่มีโครงสร้างของ คอร์ติคอล โบน อยู่มาก [9] ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความแข็งแรง มีความพรุนของเนื้อกระดูกน้อย เนื้อกระดูกมีการจัดเรียงตัวกันอย่างเหมาะสมทำให้สามารถทนต่อแรงที่จะมากระทำได้เป็นอย่างดีและตำแหน่งที่มีค่าความแข็งน้อยที่สุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างขวาและข้างซ้ายคือตำแหน่งที่ 3 จะมีค่าเท่ากับ 23.3 ± 11.3 และ 24.8 ± 14.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับเพราะเนื่องจากตำแหน่งดังกล่าวจะมีโครงสร้างของ ทราเบคิวลา โบน [9] คือจะมีเนื้อกระดูกเรียงตัวกันแบบโปร่งๆ มีช่องว่างสอดแทรกกลับไปมา มีความพรุนของเนื้อกระดูกมาก และจะมีการสูญเสียของเนื้อกระดูกก่อนและสูญเสียเร็วกว่าแบบ คอร์ติคอล โบน [10] เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัวข้างขวาและข้างซ้ายแบ่งเป็นระนาบ จะได้ว่า ระนาบที่ 1 จุดที่ 1, 2, 3, 4 ซึ่งเป็นบริเวณส่วนฐานคอของกระดูกนั้น จะมีค่าเฉลี่ยความแข็งมากที่สุด เท่ากับ 25.3 ± 11.9 นิวตัน/ตร.มม. อาจเป็นเพราะบริเวณดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการรับน้ำหนักร่างกายมากเมื่อมีการออกแรงในการยกของหรือค้ำยัน จึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีความแข็งแรงมากกว่าบริเวณอื่น และระนาบที่ 2 จุดที่ 5, 6, 7, 8 เป็นบริเวณส่วนคอของกระดูกนั้นจะมีค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งน้อยที่สุด เท่ากับ 18.3 ± 9.7 นิวตัน/ตร.มม. เป็นบริเวณที่มีความอ่อนนุ่มมาก อาจเป็นเพราะเป็นช่วงที่ต้องมีการสัมผัสและเข้าไปอยู่ในส่วนบ่าของกระดูกหัวไหล่จึงทำให้

บริเวณดังกล่าวมีความอ่อนนุ่มเพื่อลดการเสียดสีและรับกับรูปเท้าของกระดูกหัวไหล่ได้ส่วนความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนส่วนปลายข้างขวาและข้างซ้ายแบ่งเป็นด้านนอก-ในพบว่าด้านในของกระดูก(ตำแหน่งที่ 1, 2)จะมีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงมากกว่าด้านนอกของกระดูก(ตำแหน่งที่ 3, 4) จะมีค่าเฉลี่ยของความแข็งแรง เท่ากับ 30.2 ± 7.3 และ 39.3 ± 6.4 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งอาจสามารถบอกได้ว่าด้านในของกระดูกมีความสำคัญในการรับแรงจากน้ำหนักร่างกายมากกว่าด้านนอกของกระดูก และเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนทั้ง 17 จุด (ส่วนหัวและปลาย) พบว่า ความแข็งแรงเฉลี่ยรวม 17 จุด ทั้งข้างซ้าย-ขวา มีค่าใกล้เคียงกัน คือเท่ากับ 24.2 ± 10.6 และ 24.9 ± 10.7 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งอาจสามารถสรุปได้ส่วนหนึ่งว่ากระดูกต้นแขนข้างขวา-ซ้ายมีความแข็งแรงเท่ากัน ในส่วนความแข็งแรงของกระดูกต้นแขนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศชาย-หญิง พบว่ากระดูกต้นแขนในเพศชายข้างขวา-ซ้าย เท่ากับ 27.8 ± 12.1 และ 27.0 ± 11.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความแข็งแรงมากกว่ากระดูกต้นแขนในเพศหญิงข้างขวา-ซ้าย ที่มีค่าเท่ากับ 22.8 ± 9.5 และ 21.1 ± 10.0 นิวตัน/ตร.มม.ตามลำดับ ที่กระดูกต้นแขนของเพศชายนั้นแข็งแรงกว่ากระดูกต้นแขนของเพศหญิง อาจเป็นเพราะเนื่องจากกระดูกที่นำมาใช้ทดสอบนั้นจะอยู่ในช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งในเพศหญิงที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไปนั้นส่วนมากแล้วจะเป็นวัยที่หมดประจำเดือนแล้วทำให้มีปัญหาในเรื่องของกระดูกพรุน [1] เข้ามาเกี่ยวข้องได้ โดยการบางลงอย่างรวดเร็วของกระดูกภายหลังจากหมดประจำเดือนในระยะ 5-10 ปีแรกของการหมดประจำเดือนเนื่องจากขาดฮอร์โมนเอสโตรเจน ทำให้มีการสลายมวลกระดูก [2] และเป็นสาเหตุให้กระดูกผู้หญิงบางและพรุนมากกว่าผู้ชาย 6 เท่า ซึ่งอาจสามารถสรุปได้ส่วนหนึ่งว่ากระดูกต้นแขนของเพศชายมีความแข็งแรงกว่ากระดูกต้นแขนของเพศหญิง

2. แรงแกตสูงสุดที่ทำให้ส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนเกิดการแตกหัก ในกระดูกที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตาม

การตามเสริมความแข็งแรงให้กับส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนพบว่า แรงแกตที่ใส่เข้าไปจนทำให้กระดูกที่ได้ทำการตามเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับส่วนหัวของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนเกิดการหักจะมีค่าเท่ากับ 3400 ± 1092.2 นิวตัน และ 2146.7 ± 795.4 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ไม่ได้ทำการตามจะมีค่าแรงแกตเท่ากับ 3420 ± 1285.7 นิวตัน และ 2333.3 ± 704.7 นิวตัน ตามลำดับ และการตามในเพศชาย-หญิง ส่วนกระดูกต้นขาที่ทำการตามและใส่แรงแกตเพื่อให้เกิดการแตกหักในเพศชาย มีค่าแรงแกตสูงสุดเท่ากับ 4120 ± 1020.8 นิวตัน และในเพศหญิงมีค่าแรงแกตสูงสุดเท่ากับ 3180 ± 807.5 นิวตัน และกระดูกต้นขาที่ไม่ได้ทำการตามในเพศชายมีค่าแรงแกตสูงสุด 3940 ± 1162.1 นิวตัน และในเพศหญิงมีค่าแรงแกตสูงสุด 3340 ± 1411.7 นิวตันและส่วนของกระดูกต้นแขนที่ทำการตามและใส่แรงแกตเพื่อให้เกิดการแตกหักในเพศชาย มีค่าแรงแกตสูงสุดเท่ากับ 2533.3 ± 445.7 นิวตัน และในเพศหญิง

มีค่าแรงกดสูงสุดเท่ากับ 1816.7 ± 966.3 นิวตัน และกระดูกต้นขาที่ไม่ได้ทำการตามในเพศชายมีค่าแรงกดสูงสุด 2550.0 ± 76.35 นิวตัน และในเพศหญิงมีค่าแรงกด 1933.3 ± 628.2 นิวตันซึ่งแรงกดสูงสุดในกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนทั้งที่ทำการตามและไม่ได้ทำการตามในเพศชายนั้นจะมีค่าแรงกดสูงกว่าในเพศหญิง อาจเป็นเพราะกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของเพศชายจะสามารถทนรับแรงได้มากกว่าในเพศหญิง ซึ่งความหนาแน่นของมวลกระดูกเพศชายมากกว่าเพศหญิง เนื่องจากเพศหญิงในช่วงวัยมีประจำเดือนนั้นจะมีการสูญเสียมวลกระดูกและกระดูกผู้หญิงบางลงร้อยละ 3.0 ต่อปี ซึ่งต่างกับการบางลงของกระดูกในเพศชายที่กระดูกผู้ชายบางลงร้อยละ 0.5 ต่อปี [2] ทำให้มวลกระดูกของเพศชายมีมากกว่า จึงหมายความว่ากระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของเพศชายนั้นมีความแข็งแรงมากกว่าของเพศหญิงและในส่วนของลักษณะการแตกหักของกระดูกที่ได้ทำการตามและไม่ได้ทำการตามในส่วนของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขน จากงานวิจัยนี้ พบว่า กระดูกต้นขาจะมีการหักแบบ Intertrochanteric ซึ่งการหักลักษณะแบบดังกล่าว จะแบ่งเป็น 2 แบบคือ Reverse Simple และ Transverse Simple โดยที่ทั้ง 2 แบบจะพบลักษณะการหักมากที่สุด คิดเป็นแบบละ 29.16% ของกระดูกต้นขาที่ทำการศึกษาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าแนวกระดูกที่เกิดการแตกหักจะเป็นบริเวณระยะนาบที่ 1 (จุดที่ 1, 2, 3, 4) เป็นช่วงระยะนาบที่มีความแข็งแรงลดลงมาจากระยะนาบที่ 2 ที่บริเวณดังกล่าวพบการหักมากที่สุด อาจเป็นเพราะเมื่อกระดูกได้รับการตามโดยวิธีนำแท่งเหล็กเข้าไปภายในกระดูกแล้วนั้น อาจจะเป็นการเข้าไปทำลายการเรียงตัวของเนื้อกระดูกที่อยู่ภายในให้เกิดการแตกขาด ขาดการต่อเนื่อง แยกออกจากกัน ทำให้ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกเปลี่ยนแปลงไป แต่ในกระดูกต้นแขนจะพบการหักแบบ Anatomic Neck มากที่สุด รองลงมาคือแบบ Lesser Tuberosity หักแบบละ 33.33% และ 13.33% ของกระดูกต้นแขนที่ทำการศึกษาทั้งหมด จะพบว่า แนวกระดูกต้นแขนที่เกิดการแตกหักจะอยู่ในแนวระยะนาบที่ 2 (จุดที่ 5, 6, 7, 8) และเป็นช่วงที่มีความแข็งแรงน้อยที่สุดหรือมีความอ่อนนุ่มมากที่สุด จึงทำให้บริเวณดังกล่าวพบการแตกหักมากที่สุด ดังนั้น การตามกระดูกเพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับกระดูกนั้นไม่สามารถจะรับแรงกดที่มากระทำกับกระดูกได้มากกว่ากระดูกที่ไม่ได้รับการตามเลย ซึ่งในทางคลินิกนั้นอาจสามารถใช้วิธีอื่นมาช่วยเสริมความแข็งแรงของกระดูกเพิ่มขึ้นได้อีก โดยอาจทำการตามรวมกับการใช้ Cement หรือมีตัวยึดมีหลักยึดที่มีโครงสร้างที่ดีกว่าทำลายเนื้อกระดูกภายในได้น้อยกว่า หรืออาจใช้วิธีการตามกระดูกนอกตัวกระดูกเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้มากขึ้นก็เป็นได้

3. แรงดึงสกรูสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนจากการใส่สกรู

แรงดึงกับค่าความแข็งของตำแหน่งที่ได้ทำการใส่สกรูและถอนสกรูออกของส่วนปลายกระดูกต้นขา จะมีค่าเท่ากับ 23.2 ± 11.5 และ 18.0 ± 9.6 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ และส่วนปลายกระดูกต้นแขน จะมีค่าเท่ากับ 30.7 ± 3.4 และ 20.6 ± 10.8 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ ซึ่งจะพบได้ว่าแรงดึงจะมีค่าสูงกว่าค่าความแข็งเสมอ ซึ่งอาจสามารถสรุปได้ว่าตำแหน่งดังกล่าวอาจเหมาะสมแก่การฝังสกรูลงไป ส่วนค่าแรงดึงสกรูสูงสุดกระดูกต้นขาส่วนปลายทั้งข้างขวา-ซ้าย มีค่าเท่ากับ 20.6 ± 11.8 และ 28.1 ± 16.1 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาทั้งข้างซ้ายนั้นจะมีค่าแรงดึงสูงสุดมากกว่าข้างขวา ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าส่วนปลายของกระดูกต้นขาข้างซ้ายเมื่อทำการฝังสกรูแล้วจะมีประสิทธิภาพและความสามารถในการยึดแรงยึดสกรูมากกว่าข้างขวาได้และค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายทั้งข้างขวา-ซ้าย มีค่าเท่ากับ 38.2 ± 23.6 และ 31.9 ± 1.1 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกแขนทั้งข้างซ้ายและข้างขวานั้นมีค่าแรงดึงสูงสุดใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าส่วนปลายของกระดูกแขนข้างซ้ายและข้างขวา และเมื่อทำการฝังสกรูแล้ว ประสิทธิภาพและความสามารถในการยึดแรงยึดสกรูเท่ากัน ส่วนค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลาย ในเพศชาย-หญิง มีค่าเท่ากับ 32.8 ± 14.6 และ 17.7 ± 8.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับ และค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย ในเพศชาย-หญิง มีค่าเท่ากับ 38.6 ± 21.0 และ 19.8 ± 6.5 นิวตัน/ตร.มม. ตามลำดับจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดที่ส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของเพศชายนั้นจะมากกว่าค่าเฉลี่ยแรงดึงสูงสุดของเพศหญิง ที่กระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของเพศชายแข็งแรงมากกว่าเพศหญิง เพราะความหนาแน่นของมวลกระดูกของเพศชายมากกว่าเพศหญิง เนื่องจากเพศหญิงในช่วงวัยมีประจำเดือนนั้นจะมีการสูญเสียมวลกระดูกและกระดูกผู้หญิงบางลงร้อยละ 3.0 ต่อปี ซึ่งต่างกับการบางลงของกระดูกในเพศชายที่กระดูกผู้ชายบางลงร้อยละ 0.5 ต่อปี [2] ทำให้มวลกระดูกของเพศชายมีมากกว่าจึงส่งผลให้เมื่อ ทำการฝังสกรูลงไปในส่วนปลายของกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนของเพศชายจะสามารถมีแรงยึดสกรูได้มากกว่าในเพศหญิง

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

เนื่องจากในการทำงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่าง ในกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่นำตัวอย่างมาจากอาจารย์ใหญ่คนละร่าง จึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะแนวความคิดเพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูล หรือเพื่อช่วยให้ได้ข้อมูลในการเปรียบเทียบเพิ่มเติมในด้านอื่นๆ จึงเห็นควรว่าควรใช้กระดูกต้นแขนทั้ง 2 ข้าง และกระดูกต้นขาทั้ง 2 ข้าง ในอาจารย์ใหญ่ร่างเดียวกัน

รายการอ้างอิง

1. อารีรัตน์ สังวรวงษ์พนา.โรคกระดูกโป่งบางกับวัยทอง.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ด้านสุขภาพการพิมพ์,2540.
2. เสก อักษรานุเคราะห์. (ม.ป.ป.). โรคกระดูกบางกระดูกพรุน. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. Ybarra, T., Ade R., & Romeo, J.H.(1996). Osteoporosis in men : A review. *Nursing clinics of north American.* 31, 805-812.
4. Dargent-Molina P, Favier F, Grandjean H, Baudoin C, Schott AM, Hausherr E. **Fall-related factors and risk of hip fracture : the EPIDOS prospective study.** *Lancet* 348(1996): 145-9.
5. Greenspan SL, Myers ER, Maitland LA, Resnick NM, Hayes WC. **Fall severity and bone mineral density as risk factors for hip fracture in ambulatory elderly.** *JAMA* 271(1994) : 128-33.
6. Meunier PJ. **Prevention of hip fracture.** *Am J Med* 95(1993) : 75s-80s.
7. Suriyawongpaisal P, Laochareonsombat V, Sirivongpairat P, Angsachon T, Kumpoo U, Sujaritputtangkul S, Suksawai P, Preechapannyakul U, Supachutikul A and Rajatanavin R. **A multicenter study on hip fracture in Thailand.** *J Med Assoc Thai* 77(1994) : 488-95.
8. Cumming SR, Rubin SM, Black D. **The future of hip fracture in the United States.** *Clin Orthop* 252(1990): 163-6.
9. กองบรรณาธิการใกล้เคียง. **กระดูกพรุน.** พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ใกล้เคียง, 2549.
10. สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ.**โรคกระดูกพรุน.** [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา : <http://www.thailabonline.com/osteoporosis.htm>. [18 ตุลาคม 2552].
11. ภูษณิศ ขจรวัดนากุล. **ผลของความยาวโลหะยึดกระดูกและรูปแบบการวางกระดูกต่อความเครียดแตกหักในภาวะกระดูกต้นขาหักภายใต้ภาระกรรมแบบวงรอบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2551.
12. วิรุฬห์ เหล่าภัทรเกษม. **พื้นฐานวิชากระดูกหัก-ข้อเคลื่อนหลุด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์, 2532.

13. Brighton CT. **Principles of fracture healing.** In : AAOS. Instructional course lectures. St Louis : CV Mosby Co, 33(1984) : 61.
14. Harkess JW, Ramsey WC, Ahmadi B. **Principles of fracture and dislocations.** In : Rockwood CA Jr, Green DP, eds. Fracture in adults. Philadelphia : JB Lippincott Co, 1984 : 1-18.
15. Alms M. **Fracture mechanics.** J bone joint surg 43B(1961) : 162-6.
16. สุรศักดิ์ ศรีสุข. **กายภาพบำบัดในกระดูกหัก.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชา ศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์และกายภาพบำบัด คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2529.
17. Pauwels F. (1935) **Der Schenkellhalsbruch ein mecha-nisches problem.** Z orthop Ihre Grenzgeb, 63, 1-135.
18. Boyd HB, Griffin LL. **Classification and treatment of trochanteric fracture.** Archsurg 58(1949) : 853-866.
19. Tronzo, R.G. : **Surgery of the hip joint** : Lea & Febiger, 1973.
20. Neer CS II, Grantham SA, Shelton ML. **Supracondylar fracture of the adult femur: a study of one hundred and ten cases.** J Bone Joint Surg [Am] 49-A(1967) : 591-613.
21. Adapted with permission from Mehne DK, Jupiter JB: **Fractures of the distal humerus,** in Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG, eds: Skeletal Trauma, 2nd ed. Philadelphia, PA, WB Saunders, 1992, vol 2, pp 1146-1176.
22. สมชาย เอื้อรัตน์วงศ์. **โรคกระดูกพรุนในข้อ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เวียนแก้วการพิมพ์, 2544.
23. Black DM, Cummings SR, Genan HK, Nevitt MC, Palermo L, Browner W. **Axial and appendicular bone density predict fracture in older women.** J Bone Miner Res 7(1992) : 633-8.
24. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. **Pre-existing fracture and bone mass predict vertebral fracture incidence in women.** Ann intern Med 114(1991) : 919-23.
25. Deal CL. **Osteoporosis, diagnosis and management.** Am J Med 102(1997) : 35s-39s.

26. สำนักงานมาตรฐานการผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานการผลิตอุตสาหกรรม การทดสอบเหล็กและเหล็กกล้า มอก. 244 เล่ม 1 ถึง 3-2520.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2521.
27. Nakamura N, Kyou T, Takaoka K, Ohzono K, Ono K. Bone mineral density in the proximal femur and hip fracture type in the elderly. J bone miner res 7(1992) : 755-9.
28. เสี่ยวเหวยถาน. **ความหนาแน่นของเนื้อกระดูกในกลุ่มผู้ป่วยหญิงสูงอายุที่มีกระดูกต้นขาหักเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่หักหลังได้รับอุบัติเหตุล้ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนาสุขภาพ ; บัณฑิตวิทยาลัย : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
29. พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์, ชายธวัช งามอุโฆษ, วินัย พากเพียร และอดิศร ภัทราดุลย์. **ความหนาแน่นของกระดูกและดัชนีวัดภาวะกระดูกข้อสะโพกในสตรีไทยผู้สูงอายุ.** จุฬาลงกรณ์เวชสาร 40(1996) : 477-86.
30. Suppasin S, Charoonsak S, Woraluk S, Sugree S. The correlation of bone mineral densities among the lumbar spines, proximal femur and distal forearm. Original article Srinagarind Med J 1999; 14(4)
31. ไพรซ์ ประสงค์จีน. **กระดูกหักและข้อเคลื่อน(Fracture and dislocation).** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ภาคผนวก

1. ค่าความแข็งสูงสุดที่ส่วนหัว-ปลายของกระดูกต้นขา-กระดูกต้นแขนแต่ละจุดรวมทุกร่าง

1.1 ค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัว

1.1.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	18.9	5.82	27.4	5.89
2	17.0	6.68	13.0	6.39
3	16.7	7.37	30.9	8.5
4	31.8	9.57	21.0	7.33
5	19.3	6.28	28.6	7.82
6	37.0	7.7	26.3	4.78
7	44.0	7.95	38.3	7.77
8	13.2	9.92	13.6	3.56
9	28.0	4.73	28.8	6.08
10	31.1	5	40.2	3.06
11	18.9	3.75	20.1	4.27
12	14.4	3.7	13.9	5.49
13	18.1	3.92	32.5	5.13
14	30.4	5.03	32.7	5.31
15	16.2	4.58	6.6	9.54
MEAN± SD	23.7±9.3	6.13±2.02	24.9±9.8	6.06±1.85
	(13.2-44.0)	(3.7-9.92)	(6.6-40.2)	(3.06-9.54)

1.1.2 จุดที่ 2 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	15.1	6.0	18.7	6.0

2	3.5	3.2	4.7	3.2
3	10.6	3.6	4.7	2.4
4	6.3	3.6	4.7	1.9
5	13.5	2.9	8.6	2.5
6	15.6	3.5	44.9	5.8
7	51.5	3.8	38.0	5.6
8	5.7	2.0	8.5	9.2
9	6.4	8.3	9.2	2.4
10	11.2	1.0	9.8	2.3
11	10.4	3.5	10.4	2.3
12	10.8	1.8	50.6	4.2
13	8.6	6.5	10.2	3.8
14	12.1	2.7	8.1	3.3
15	5.7	1.2	10.0	1.7
MEAN± SD	12.5±11.4	3.5±2	16.1±15.3	3.7±2.0
	(3.5-51.5)	(1.0-8.2)	(4.7-50.6)	(1.6-9.1)

1.1.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	44.7	6.4	52.1	5.0
2	26.5	3.7	23.3	3.0
3	24.5	5.4	22.8	3.4
4	27.8	9.9	23.5	4.8
5	15.4	1.7	29.4	4.2
6	50.6	5.3	51.6	6.9
7	51.5	3.8	38.0	5.6

8	19.4	3.5	16.3	5.5
9	31.2	8.5	22.9	3.3
10	46.2	5.4	36.6	6.0
11	51.6	4.5	51.3	5.3
12	32.3	4.7	28.7	4.5
13	36.4	5.0	37.8	4.5
14	33.5	4.3	33.2	6.4
15	16.2	3.9	20.3	4.4
MEAN± SD	33.8±12.6	5.0±2.0	32.5±11.9	4.8±1.1
	(15.4-51.6)	(1.6-9.8)	(16.3-52.1)	(2.9-6.8)

1.1.4 จุดที่ 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.2	3.2	51.6	3.7
2	13.7	3.6	19.3	3.0
3	13.8	4.7	12.1	3.3
4	21.5	5.5	26.8	5.2
5	9.6	3.4	11.6	5.7
6	50.2	6.5	52.0	3.4
7	33.1	9.2	31.3	9.4
8	17.8	9.5	7.9	9.6
9	52.0	3.4	51.0	3.6
10	35.0	2.9	51.7	5.1
11	52.0	5.4	51.2	8.7
12	51.2	5.4	36.9	3.5
13	52.0	5.6	51.7	4.5

14	21.3	2.3	30.4	3.8
15	28.6	5.6	29.4	4.1
MEAN± SD	33.5±16.6	5.0±2.1	34.3±16.5	5.1±2.2
	(9.6-52.0)	(2.2-9.4)	(7.9-52.0)	(3-9.5)

1.1.5 จุดที่ 5 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.0	2.8	51.2	3.0
2	51.0	4.3	51.4	5.0
3	50.5	2.8	52.0	4.5
4	50.9	3.9	51.0	4.2
5	51.1	3.5	51.3	3.3
6	51.2	3.4	51.5	4.6
7	51.6	9.3	51.2	3.0
8	51.6	4.7	51.7	3.7
9	51.6	2.2	49.9	2.6
10	52.1	3.2	52.1	3.5
11	50.8	3.3	51.1	2.8
12	51.0	2.4	44.6	3.1
13	52.1	3.7	52.0	6.0
14	36.2	4.0	36.2	8.2
15	50.8	3.7	50.9	3.7
MEAN± SD	50.2±3.9	3.8±1.6	49.9±4.2	4.0±1.4
	(36.2-52.1)	(2.2-9.2)	(36.2-52.1)	(2.6-8.2)

1.1.6 จุดที่ 6 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	31.9	2.5	39.4	2.9
2	6.7	1.7	9.1	2.4
3	15.1	2.4	18.5	2.3
4	12.9	2.3	16.7	3.7
5	7.2	1.4	10.6	7.8
6	23.2	2.1	38.2	3.5
7	49.5	4.1	50.8	4.3
8	14.8	3.2	27.3	3.6
9	17.5	2.1	27.8	2.2
10	17.3	4.3	46.8	4.7
11	26.1	3.1	22.5	2.1
12	50.3	4.5	30.0	3.1
13	32.4	3.2	51.3	3.5
14	20.5	2.3	22.1	3.0
15	7.0	2.9	11.6	1.5
MEAN± SD	22.2±13.1	2.8±0.9	28.2±14.3	3.3±1.5
	(6.7-50.3)	(1.3-4.4)	(9.1-51.3)	(1.5-7.9)

1.1.7 จุดที่ 7 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	47.1	2.8	49.7	2.6
2	14.5	3.8	16.8	1.6

3	45.1	3.6	36.3	3.1
4	12.8	4.0	16.2	7.5
5	33.3	3.1	23.2	2.7
6	43.8	3.7	48.3	3.7
7	52.1	2.89	51.3	3.4
8	28.2	3.0	34.8	2.0
9	51.5	4.0	51.4	3.6
10	24.1	2.1	51.2	3.2
11	43.2	3.3	37.2	2.4
12	50.8	2.9	50.8	3.5
13	44.2	4.0	51.8	3.1
14	45.5	3.1	33.9	3.0
15	24.6	1.9	21.4	2.2
MEAN± SD	37.4±13.4	3.2±0.6	38.3±13.6	3.1±1.3
	(12.8-15.0)	(1.9-4.0)	(16.2-51.8)	(1.5-7.5)

1.1.8 จุดที่ 8 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	26.0	6.6	25.1	7.6
2	10.8	3.1	9.0	9.4
3	17.3	7.7	5.8	6.5
4	17.4	8.5	30.7	2.8
5	16.2	8.8	18.7	9.0
6	35.1	9.0	29.2	9.9
7	40.9	9.8	39.7	9.2
8	18.1	1.8	28.0	2.2

9	18.4	8.6	24.7	9.8
10	22.4	9.2	23.4	8.8
11	24.3	9.6	22.8	9.6
12	16.3	3.2	21.1	8.8
13	18.7	6.6	14.3	5.4
14	19.3	9.2	17.3	9.7
15	16.6	9.1	13.9	9.3
MEAN± SD	21.2±7.8	7.3±2.6	22.1±8.8	7.8±2.5
	(10.8-40.9)	(1.7-9.7)	(5.8-39.7)	(2.2-9.8)

1.1.9 จุดที่ 9 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	14.4	3.4	17.6	3.6
2	5.7	1.9	6.2	1.6
3	16.5	4.5	12.9	1.9
4	4.7	2.0	35.8	8.0
5	5.0	2.2	13.9	8.1
6	35.0	3.8	26.1	4.6
7	28.4	5.3	28.3	8.4
8	17.9	8.5	16.5	2.2
9	8.1	4.3	18.2	7.5
10	20.2	8.6	18.7	9.5
11	22.1	3.2	20.7	2.5
12	24.3	8.9	30.1	6.5
13	16.9	3.8	23.5	2.5
14	11.2	1.9	16.7	2.3

15	13.7	2.0	13.2	2.2
MEAN± SD	16.3±8.8	4.2±2.5	19.9±7.7	4.7±2.9
	(4.7-35.0)	(1.8-8.9)	(6.2-35.8)	(1.5-9.5)

1.1.10 จุดที่10 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	28.4	9.3	15.4	9.3
2	5.9	9.6	8.2	8.7
3	19.4	9.8	7.5	8.8
4	20.3	9.0	27.7	6.7
5	27.1	5.1	6.9	9.0
6	20.9	6.2	33.3	8.6
7	28.2	8.6	51.6	8.6
8	27.3	9.5	19.7	9.2
9	12.2	8.7	16.7	9.6
10	20.3	9.9	26.1	9.3
11	32.1	9.6	26.6	8.9
12	14.4	9.8	23.9	8.7
13	12.8	6.7	13.1	9.9
14	15.7	8.3	16.7	8.8
15	10.8	7.3	5.6	1.7
MEAN± SD	19.7±7.7	8.5±1.4	19.9±12.2	8.3±1.9
	(5.9-32.1)	(5.1-9.)	(5.6-51.6)	(1.6-9.8)

1.1.11 จุดที่ 11 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	11.0	9.7	15.8	4.4
2	8.4	9.5	7.7	8.7
3	5.2	9.2	8.0	6.9
4	18.5	2.4	22.3	8.8
5	13.2	4.8	17.8	7.9
6	16.0	8.8	14.8	10.0
7	28.6	7.8	22.3	9.5
8	24.0	4.5	17.1	3.6
9	5.4	8.1	8.0	9.9
10	8.1	8.9	11.9	8.2
11	28.8	9.5	11.5	6.9
12	11.5	10.0	15.1	10.0
13	18.2	7.4	6.7	8.2
14	4.2	9.0	6.7	1.8
15	6.6	9.5	5.6	8.5
MEAN± SD	13.8±8.3	7.9±2.2	12.7±5.6	7.5±2.4
	(4.2-28.8)	(2.4-9.9)	(5.6-22.3)	(1.7-9.9)

1.1.12 จุดที่ 12 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	33.1	2.9	26.9	4.9
2	36.4	3.9	18.5	3.6

3	7.7	4.3	15.4	2.7
4	23.0	9.8	19.9	5.0
5	16.8	9.0	7.3	7.4
6	21.1	8.3	24.0	4.0
7	51.0	5.6	51.8	9.6
8	22.0	2.1	34.0	8.4
9	29.2	5.1	16.3	2.2
10	22.1	3.1	30.5	9.0
11	37.8	3.8	50.1	7.6
12	43.8	4.4	19.2	5.8
13	28.6	4.1	17.7	3.7
14	13.2	7.3	27.0	8.1
15	17.9	4.7	14.8	2.5
MEAN± SD	26.9±11.8	5.2±2.3	24.9±12.6	5.6±2.5
	(7.7-51.0)	(2.1-9.8)	(7.3-51.8)	(2.2-9.6)

1.2 ค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลาย

1.2.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.2	5.4	38.9	7.8
2	8.0	9.5	15.2	5.4
3	34.2	4.7	29.2	4.2
4	39.6	6.1	51.6	5.1
5	50.7	3.8	30.4	4.7
6	44.7	4.1	40.7	3.4
7	51.3	8.1	51.8	2.4

8	32.9	2.7	36.5	7.7
9	28.0	3.4	15.0	2.4
10	15.5	3.5	51.7	7.1
11	35.7	4.5	23.6	4.4
12	51.1	7.3	19.8	3.5
13	20.9	3.0	19.9	2.3
14	43.4	6.3	50.8	3.7
15	12.2	1.8	13.1	2.9
MEAN± SD	34.6±14.9	4.9±2.1	32.6±14.6	4.4±1.8
	(8.0-51.3)	(1.8-9.4)	(13.1-51.8)	(2.2-7.7)

1.2.2 จุดที่ 2, 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	13.0	9.5	12.3	9.2
2	9.1	3.8	9.0	9.7
3	13.2	3.9	15.0	5.9
4	10.6	6.7	10.7	3.0
5	6.4	3.5	6.9	3.5
6	14.2	5.1	19.4	4.7
7	15.8	9.1	15.4	6.7
8	5.1	9.3	12.6	9.5
9	8.9	8.7	10.6	8.9
10	5.1	9.5	6.5	2.0
11	14.1	9.7	12.9	9.5
12	11.0	2.8	9.7	9.3
13	6.1	2.4	5.9	8.6

14	10.1	2.8	16.6	4.2
15	3.8	8.5	5.1	6.5
MEAN± SD	9.8±3.8	6.3±2.9	11.2±4.2	6.7±2.7
	(3.8-15.8)	(2.4-9.6)	(4.2-19.4)	(2.0-9.6)

1.2.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	40.2	8.6	40.3	6.3
2	12.2	2.6	4.2	4.2
3	13.1	5.0	13.3	6.1
4	44.4	7.0	36.6	6.5
5	26.6	7.9	10.7	5.5
6	20.9	3.9	30.5	2.7
7	20.5	6.7	48.6	5.8
8	10.2	4.6	7.6	2.6
9	25.1	5.1	8.8	9.3
10	25.2	5.6	33.8	8.4
11	15.7	5.4	10.1	4.0
12	25.6	7.0	23.7	5.9
13	19.8	5.4	6.5	3.1
14	17.4	3.6	23.8	4.0
15	13.7	7.2	15.1	5.8
MEAN± SD	22.0±9.8	5.7±1.6	20.9±14.1	5.3±1.9
	(10.2-44.4)	(2.5-8.5)	(4.2-48.6)	(2.6-9.3)

1.2.4 จุดที่ 5 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	15.0	5.6	14.7	7.9
2	7.6	6.9	10.6	4.5
3	11.0	4.9	5.3	4.0
4	21.1	7.2	14.8	6.4
5	11.6	5.2	9.4	8.3
6	14.4	4.6	12.5	4.3
7	31.3	9.3	22.2	7.6
8	19.6	8.4	9.3	6.2
9	16.1	4.8	10.4	2.3
10	9.5	3.6	9.2	3.6
11	14.2	3.3	14.0	3.6
12	22.5	3.5	16.4	3.2
13	5.2	4.0	11.4	5.5
14	17.4	6.0	14.3	5.8
15	8.0	2.7	7.4	3.9
MEAN± SD	15.0±6.8	5.3±1.9	12.1±4.1	5.1±1.8
	(5.2-31.3)	(2.6-9.2)	(5.3-22.2)	(2.3-8.2)

1.2.5 จุดที่ 6 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.4	9.2	42.1	9.9
2	8.9	2.9	11.5	2.7

3	11.1	1.7	33.6	3.2
4	36.7	4.6	47.5	4.9
5	22.0	2.1	23.5	6.0
6	50.4	3.8	50.3	4.1
7	50.3	4.0	51.9	5.3
8	52.0	4.8	51.4	6.8
9	43.8	3.4	21.0	2.2
10	32.0	3.2	49.9	2.9
11	25.5	3.7	52.0	3.4
12	41.5	6.3	39.1	4.4
13	19.2	2.2	9.8	7.6
14	50.8	4.3	27.7	2.2
15	17.0	3.0	14.9	1.7
MEAN± SD	15.0±15.8	3.9±1.8	35.1±15.8	4.4±2.2
	(8.9-52.0)	(1.6-9.1)	(9.8-52.0)	(1.7-9.9)

1.2.6 จุดที่ 7, 9 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	8.7	9.1	8.4	4.6
2	4.8	3.3	6.2	3.6
3	7.5	3.4	4.3	4.4
4	9.8	3.5	7.0	6.3
5	3.7	2.4	8.8	9.3
6	7.7	2.9	8.2	3.5
7	9.3	3.5	6.5	1.5
8	3.7	2.7	3.4	4.1

9	9.9	8.0	6.2	8.1
10	9.8	1.4	8.1	2.4
11	10.2	9.9	7.6	3.4
12	10.8	9.5	6.2	2.7
13	8.8	3.7	5.5	3.8
14	8.2	8.0	7.1	8.2
15	3.3	1.9	3.6	3.1
MEAN± SD	7.7±2.6	4.8±3.0	15.0±1.7	4.5±2.3
	(3.3-10.8)	(1.3-9.9)	(3.4-8.8)	(1.4-9.3)

1.2.7 จุดที่ 8 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	20.9	4.4	16.2	4.2
2	4.8	6.1	9.6	6.8
3	8.8	6.2	7.7	5.0
4	15.6	5.5	23.7	6.2
5	9.3	2.6	5.7	4.1
6	25.8	6.2	17.9	7.1
7	24.9	6.0	29.0	5.3
8	8.5	3.0	3.9	2.7
9	11.7	3.7	14.1	1.9
10	20.3	3.2	15.1	3.8
11	14.1	4.5	13.5	2.4
12	15.5	2.9	16.7	6.8
13	17.0	8.2	4.7	3.1
14	24.0	6.3	20.9	6.0

15	9.3	1.5	7.7	3.3
MEAN± SD	15.3±6.7	4.6±1.8	13.8±7.3	4.5±1.7
	(4.8-25.8)	(1.5-8.1)	(3.9-29.0)	(1.8-7.0)

1.2.8 จุดที่ 10 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	22.0	4.9	18.5	6.5
2	5.9	4.7	9.7	2.5
3	9.3	3.3	12.2	8.9
4	10.0	2.6	12.7	4.6
5	6.2	4.0	3.9	8.5
6	14.3	3.4	21.8	5.3
7	23.3	7.7	18.7	4.3
8	11.8	6.8	9.6	3.5
9	10.9	4.8	16.9	3.7
10	9.0	4.0	12.7	3.2
11	18.3	3.1	23.0	4.1
12	8.3	8.3	19.1	4.3
13	7.2	3.5	5.8	4.4
14	12.1	4.0	11.9	4.7
15	7.8	3.2	7.4	2.6
MEAN± SD	12.1±5.5	4.5±1.7	13.6±5.8	4.7±1.8
	(5.9-23.3)	(2.5-8.3)	(3.9-23.0)	(2.5-8.9)

1.2.9 จุดที่ 11 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	11.3	8.5	19.1	4.5
2	11.9	5.3	13.2	5.2
3	6.6	5.8	4.5	2.7
4	20.5	3.4	18.1	2.4
5	9.9	2.7	12.5	3.3
6	17.3	5.0	23.0	6.4
7	36.7	6.1	29.8	4.0
8	5.1	2.6	6.3	3.7
9	19.0	3.1	10.7	2.3
10	20.2	3.5	15.3	4.8
11	13.7	4.1	25.3	3.4
12	13.6	2.3	18.3	2.6
13	12.7	1.7	10.4	2.1
14	19.3	6.4	14.9	5.5
15	7.6	2.9	7.2	2.0
MEAN± SD	15.0±7.8	4.2±1.8	15.2±7.2	3.6±1.3
	(5.1-36.7)	(1.7-8.4)	(4.5-29.8)	(1.9-6.3)

1.2.10 จุดที่ 12 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	36.0	3.6	38.7	9.1
2	8.4	4.4	15.1	9.7

3	26.3	8.3	14.5	3.7
4	38.4	4.8	45.7	6.2
5	33.1	4.3	22.6	5.4
6	52.0	4.4	51.9	4.7
7	51.5	4.3	50.5	3.0
8	39.0	6.7	24.5	4.3
9	52.1	6.5	38.9	3.7
10	45.7	5.5	50.5	6.1
11	43.9	3.3	35.0	3.9
12	51.2	3.6	29.6	4.4
13	37.5	6.0	29.2	3.5
14	50.4	4.1	51.0	5.0
15	27.9	6.2	27.3	5.4
MEAN± SD	39.5±12.3	5.0±1.4	35.0±13.0	5.2±1.9
	(8.4-52.1)	(3.2-8.2)	(14.5-51.9)	(3.0-9.6)

1.3 ค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัว

1.3.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.1	4.0	51.8	7.5
2	51.3	4.3	50.5	5.1
3	51.9	6.5	50.6	3.3
4	30.3	3.9	9.6	3.7
5	43.6	3.3	37.7	5.3
6	26.5	2.8	29.2	3.2
7	50.4	4.9	51.3	5.0

8	51.9	5.2	51.9	7.4
9	37.6	4.2	49.5	4.7
10	24.6	3.8	47.1	5.0
11	51.4	4.1	36.1	5.4
12	35.9	3.8	29.2	3.5
13	51.5	4.4	52.0	2.9
14	50.5	9.4	51.3	3.7
15	51.0	6.0	51.3	5.0
MEAN± SD	43.5±10.2	4.7±1.6	43.3±12.4	4.7±1.4
	(24.6-51.9)	(2.8-9.4)	(9.6-52.0)	(2.9-7.5)

1.3.2 จุดที่ 2 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	18.1	3.0	19.1	2.6
2	50.4	3.6	50.6	4.0
3	28.0	4.8	33.1	6.8
4	34.8	6.0	13.9	2.7
5	30.7	5.1	12.3	7.3
6	21.6	3.6	16.3	3.5
7	31.3	4.1	31.9	5.0
8	26.3	5.3	16.5	2.5
9	11.2	2.0	15.9	1.4
10	36.7	3.4	21.0	2.9
11	26.2	4.5	23.8	2.7
12	30.0	3.5	28.6	3.7
13	17.0	3.0	29.8	4.6

14	12.0	5.2	22.1	2.7
15	17.1	2.2	22.6	3.9
MEAN± SD	26.1±10.4	3.9±1.1	23.8±10.2	3.7±1.6
	(11.2-50.4)	(2.0-6)	(12.3-50.6)	(1.4-7.3)

1.3.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	7.6	2.8	6.5	9.1
2	36.0	3.9	39.5	3.4
3	23.8	7.0	29.7	4.8
4	19.3	3.4	24.5	2.8
5	6.5	1.9	8.2	2.5
6	14.9	3.6	17.1	6.0
7	5.7	3.2	8.7	2.8
8	25.9	2.7	3.3	2.7
9	2.5	2.1	3.9	2.1
10	7.4	1.6	4.0	1.3
11	6.4	2.0	4.5	2.5
12	19.2	3.6	16.8	2.1
13	8.2	2.6	11.5	2.1
14	6.7	3.1	7.3	2.8
15	45.9	6.2	16.0	3.4
MEAN± SD	15.7±8.7	3.3±1.5	13.4±10.7	3.3±1.9
	(2.5-45.9)	(1.5-7)	(3.3-39.5)	(1.3-9.0)

1.3.4 จุดที่ 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	15.7	4.3	33.3	3.7
2	23.5	2.8	28.0	4.2
3	24.3	6.3	27.2	2.8
4	12.7	3.4	18.5	6.3
5	18.2	2.6	6.1	2.2
6	19.9	3.9	12.0	4.2
7	17.0	3.9	18.9	3.8
8	48.2	8.1	8.3	2.6
9	15.7	4.2	12.4	3.7
10	9.6	2.5	9.3	1.8
11	16.8	3.1	8.9	4.1
12	16.6	3.3	15.6	4.5
13	14.7	3.1	25.5	4.2
14	18.9	5.0	15.1	6.3
15	22.3	3.6	16.8	2.8
MEAN± SD	19.6±8.8	4.0±1.5	17.1±8.2	3.8±1.2
	(9.6-48.2)	(2.5-8.1)	(6.1-33.3)	(1.8-6.2)

1.3.5 จุดที่ 5 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	41.5	4.5	40.1	4.0
2	52.1	4.6	48.1	3.7

3	27.0	3.4	41.7	5.8
4	8.9	5.1	13.9	2.5
5	37.1	5.6	20.8	3.4
6	19.7	2.2	15.0	2.5
7	44.8	7.9	28.9	9.1
8	38.6	8.9	20.1	4.1
9	18.0	2.1	25.3	3.3
10	27.2	2.5	28.2	4.2
11	24.0	3.9	14.1	3.1
12	18.2	3.1	27.9	3.5
13	26.7	5.5	50.3	4.6
14	36.3	6.3	51.5	2.5
15	46.8	4.6	35.3	3.3
MEAN± SD	31.1±12.4	4.6±1.9	30.8±13.1	3.9±1.6
	(8.9-52.1)	(2.0-8.8)	(13.9-51.5)	(2.1-9.1)

1.3.6 จุดที่ 6 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	38.6	5.0	22.8	2.9
2	17.9	2.8	30.2	3.7
3	30.5	6.1	18.1	8.9
4	7.3	4.5	13.4	2.6
5	20.7	4.0	14.2	5.1
6	15.7	4.7	15.6	3.4
7	27.1	4.1	43.5	7.9
8	19.7	5.5	16.6	5.1

9	19.5	4.2	21.7	5.3
10	23.3	5.2	18.4	3.5
11	28.5	4.4	10.6	4.0
12	37.3	6.1	35.7	9.3
13	10.6	3.5	12.8	5.0
14	13.4	3.4	10.9	2.6
15	44.5	5.1	39.3	5.8
MEAN± SD	23.6±10.7	4.5±0.9	21.6±10.6	5.0±2.1
	(7.3-44.5)	(2.8-6.1)	(10.6-43.5)	(2.5-9.3)

1.3.7 จุดที่ 7 ข้างขวาและซ้าย

ร่องที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	15.9	2.6	8.0	1.8
2	10.2	2.2	8.8	3.7
3	9.9	3.8	14.4	2.9
4	11.6	2.8	5.2	8.6
5	4.6	2.2	5.5	3.7
6	19.3	3.3	30.3	5.4
7	7.0	2.9	10.0	2.9
8	3.7	2.8	3.6	2.3
9	6.1	2.2	2.9	9.9
10	5.0	7.0	3.6	1.8
11	4.2	2.5	9.1	4.2
12	4.1	5.6	6.5	2.1
13	3.9	3.6	6.1	6.1
14	5.4	4.1	5.6	8.6

15	7.4	3.1	6.4	6.6
MEAN± SD	7.9±4.7	3.3±1.3	8.4±6.7	4.6±2.6
	(3.7-19.3)	(2.1-6.9)	(2.9-30.3)	(1.7-9.9)

1.3.8 จุดที่ 8 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	17.7	3.5	4.4	2.8
2	15.0	4.0	24.8	2.5
3	13.9	3.4	7.0	1.9
4	5.7	6.9	5.5	2.9
5	8.4	4.5	5.9	4.9
6	13.6	2.6	8.3	2.4
7	5.3	2.8	12.2	6.1
8	10.8	3.5	10.5	3.5
9	7.8	3.6	8.5	2.7
10	12.7	4.3	12.9	4.6
11	10.5	3.1	8.2	4.0
12	17.4	3.0	9.0	2.3
13	11.2	4.4	19.9	4.1
14	21.4	5.4	7.6	2.9
15	26.4	3.1	6.3	2.8
MEAN± SD	13.2±5.8	3.8±1.1	10.1±5.6	3.3±1.1
	(5.3-26.4)	(2.5-6.8)	(4.4-24.8)	(1.8-6.0)

1.3.9 จุดที่ 9 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	25.4	3.1	26.2	9.7
2	27.3	5.6	19.8	9.9
3	19.5	4.1	22.2	9.4
4	31.9	4.4	21.9	3.3
5	11.7	2.8	11.1	4.1
6	11.0	6.1	14.7	4.6
7	15.6	1.9	13.1	3.2
8	10.2	2.3	12.9	3.1
9	23.5	9.9	21.6	4.6
10	11.9	5.2	15.2	3.2
11	18.1	8.6	11.0	10.0
12	14.7	2.6	19.1	2.9
13	13.0	3.3	49.2	5.3
14	18.0	4.7	20.1	3.3
15	16.6	7.2	19.2	10.0
MEAN± SD	17.9±6.5	4.7±2.3	19.8±9.3	5.7±3.0
	(10.2-31.9)	(1.9-9.9)	(11.0-49.2)	(2.8-9.9)

1.3.10 จุดที่ 10 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.6	7.0	51.7	6.5
2	51.6	6.5	38.2	8.1

3	36.7	6.7	51.9	8.1
4	30.7	9.0	31.5	10.0
5	26.5	6.4	19.4	6.8
6	29.8	9.4	27.5	6.1
7	38.7	7.3	37.6	5.1
8	22.7	6.4	14.8	4.8
9	17.5	5.4	23.6	5.5
10	14.1	5.2	20.8	5.1
11	33.7	10.0	34.0	7.1
12	19.2	8.2	30.5	6.6
13	12.5	3.2	35.8	8.5
14	21.9	9.8	21.7	9.9
15	24.8	5.3	30.3	5.7
MEAN± SD	28.8±12.1	7.0±1.9	31.3±10.8	6.9±1.6
	(12.5-51.6)	(3.1-9.9)	(14.8-51.9)	(4.8-9.9)

1.3.11 จุดที่ 11 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	19.7	2.6	16.9	2.7
2	30.4	7.3	32.0	4.4
3	17.3	4.7	17.6	3.0
4	10.7	2.1	15.2	2.2
5	12.2	3.6	13.9	3.8
6	21.1	3.6	12.5	3.2
7	21.3	5.0	14.6	9.6
8	13.8	3.5	6.0	2.5

9	10.5	1.7	20.0	3.2
10	12.3	1.8	10.1	2.6
11	15.7	3.6	24.5	7.0
12	17.6	3.2	21.0	5.3
13	11.3	2.2	16.7	5.5
14	19.5	8.1	13.4	2.2
15	11.9	4.1	20.0	4.1
MEAN± SD	16.4±5.5	3.8±1.8	17.0±6.2	4.0±2.0
	(10.5-30.4)	(1.7-8.1)	(6.0-32.0)	(2.1-9.6)

1.3.12 จุดที่ 12 ข้างขวาและซ้าย

ร่องที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	35.5	3.7	22.9	2.2
2	51.6	9.4	43.3	8.1
3	20.7	6.3	34.4	7.8
4	10.6	4.6	18.9	4.5
5	11.2	4.9	5.7	1.7
6	7.7	7.4	29.8	7.4
7	24.4	4.3	18.5	3.0
8	12.6	3.0	14.1	9.0
9	10.3	3.8	17.9	3.5
10	10.3	3.7	17.4	3.9
11	17.8	3.1	24.6	4.8
12	15.6	2.8	14.9	2.9
13	16.6	4.1	19.9	6.2
14	25.2	6.7	22.8	4.5

15	11.9	4.1	20.0	4.1
MEAN± SD	18.8±11.7	4.7±1.8	21.7±9.0	4.9±2.2
	(7.7-51.6)	(2.7-9.3)	(5.7-43.3)	(1.6-8.9)

1.3.13 จุดที่ 13 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	16.2	2.2	37.6	4.3
2	22.5	3.3	13.3	4.0
3	17.5	5.5	8.3	9.3
4	15.4	3.6	5.5	2.8
5	9.1	3.4	15.5	5.9
6	18.4	3.5	21.4	3.3
7	17.7	3.0	17.0	2.3
8	7.2	3.9	2.3	3.4
9	30.9	6.2	9.5	8.9
10	11.5	1.9	9.1	5.4
11	36.3	6.4	38.7	4.9
12	16.2	2.8	16.1	2.3
13	16.0	2.9	26.5	6.1
14	26.2	7.1	11.5	2.8
15	14.7	2.6	24.6	5.4
MEAN± SD	18.4±7.8	3.8±1.6	17.1±10.9	4.7±2.1
	(7.2-36.3)	(1.8-7.0)	(2.3-38.7)	(2.3-9.2)

1.4 ค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย

1.4.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.9	3.0	50.1	3.4
2	50.4	4.4	50.5	4.6
3	51.6	6.3	51.9	6.1
4	30.8	5.3	41.8	6.6
5	51.7	3.4	39.7	5.3
6	36.1	4.1	43.0	4.0
7	35.3	6.9	41.8	3.7
8	38.5	5.1	39.5	2.7
9	24.6	2.5	33.4	4.2
10	27.8	3.1	22.0	3.4
11	51.0	3.5	50.5	3.5
12	50.2	3.8	51.3	4.9
13	51.7	4.4	50.5	3.0
14	52.0	4.1	51.2	3.0
15	51.1	6.2	50.8	8.5
MEAN± SD	43.6±10.2	4.4±1.3	44.5±8.5	4.4±1.6
	(24.6-52.0)	(2.5-6.9)	(22.0-51.9)	(2.6-8.4)

1.4.2 จุดที่ 2 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.0	3.4	51.4	3.8

2	50.7	5.6	51.9	4.3
3	51.6	6.8	49.8	7.8
4	25.6	6.4	5.9	3.8
5	39.6	6.1	47.0	9.1
6	42.6	4.9	42.2	7.8
7	25.2	3.6	25.4	5.3
8	34.2	4.4	31.3	4.4
9	14.9	2.7	8.9	1.9
10	27.0	3.0	9.2	5.6
11	25.3	3.3	45.4	4.9
12	51.7	5.4	18.4	5.5
13	34.2	3.6	17.7	7.5
14	51.5	4.0	34.5	3.5
15	51.8	10.0	19.5	10.0
MEAN± SD	38.5±12.7	4.9±1.9	30.6±16.7	5.6±2.2
	(14.9-51.8)	(2.7-9.9)	(5.9-51.9)	(1.8-9.9)

1.4.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.0	3.4	51.4	3.8
2	34.3	7.1	26.9	8.3
3	29.7	9.9	51.1	8.8
4	11.9	9.9	16.7	7.7
5	19.7	5.0	19.8	8.0
6	13.2	8.5	16.1	3.8
7	20.6	5.1	21.1	7.8

8	12.7	2.8	16.7	2.4
9	14.9	8.1	10.8	7.6
10	11.2	5.6	10.9	5.1
11	21.9	9.7	16.7	10.0
12	33.3	4.6	27.6	9.8
13	22.3	10.0	18.9	2.9
14	16.6	3.3	15.5	5.1
15	34.4	10.0	51.1	4.8
MEAN± SD	23.2±11.3	6.8±2.7	24.8±14.5	6.3±2.5
	(11.2-51.0)	(2.7-9.9)	(10.8-51.4)	(2.3-9.9)

1.4.4 จุดที่ 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke (mm)
1	51.7	4.8	51.5	2.8
2	51.8	4.6	50.3	3.4
3	51.8	4.1	48.4	4.7
4	18.3	7.6	22.6	5.7
5	48.8	8.4	47.6	7.0
6	29.4	3.9	34.7	3.7
7	35.2	3.9	35.0	6.3
8	20.6	5.2	39.1	5.5
9	31.5	4.6	18.3	2.7
10	32.5	6.6	27.2	3.7
11	32.5	7.5	28.6	4.6
12	41.5	5.7	39.3	4.1
13	16.7	5.5	20.8	8.8

14	50.0	9.9	41.1	4.5
15	47.2	4.4	29.4	3.3
MEAN± SD	37.3±12.8	5.7±1.8	35.6±11.0	4.7±1.6
	(16.7-51.8)	(3.8-9.8)	(18.3-51.5)	(2.7-8.8)

1.5 ค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนหัว

1.5.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	18.9	27.4	16.7	30.9
2	31.8	21.0	13.2	13.6
3	19.3	28.6	28.0	28.8
4	44.0	38.3	31.1	40.2
5	18.9	20.1	18.1	32.5
MEAN	26.6	27.1	21.4	29.2
MIN	18.9	20.1	13.2	13.6
MAX	44.0	38.3	31.1	40.2
SD	11.2	7.3	7.7	9.7

1.5.2 จุดที่ 2 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.1	18.7	10.6	4.7
2	6.3	4.7	5.7	8.5
3	13.5	8.6	6.4	9.2

4	51.5	38.0	11.2	9.8
5	10.4	10.4	8.6	10.2
MEAN	19.4	16.1	8.5	8.5
MIN	6.3	4.7	5.7	4.7
MAX	51.5	38.0	11.2	10.2
SD	18.3	13.2	2.5	2.2

1.5.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	44.7	52.1	24.5	22.8
2	27.8	23.5	19.4	16.3
3	15.4	29.4	31.2	22.9
4	51.5	38.0	46.2	36.6
5	51.6	51.3	36.4	37.8
MEAN	38.2	38.9	31.5	27.3
MIN	15.4	23.5	19.4	16.3
MAX	51.6	52.1	46.2	37.8
SD	16.0	12.8	10.4	9.5

1.5.4 จุดที่ 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.1	18.7	10.6	4.7
2	6.3	4.7	5.7	8.5
3	13.5	8.6	6.4	9.2

4	51.5	38.0	11.2	9.8
5	10.4	10.4	8.6	10.2
MEAN	19.4	16.1	8.5	8.5
MIN	6.3	4.7	5.7	4.7
MAX	51.5	38.0	11.2	10.2
SD	18.3	13.2	2.5	2.2

1.5.5 จุดที่ 5 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.0	51.2	50.5	52.0
2	50.9	51.0	51.6	51.7
3	51.1	51.3	51.6	49.9
4	51.6	51.2	52.1	52.1
5	50.8	51.1	52.1	52.0
MEAN	51.1	51.2	51.6	51.5
MIN	50.8	51.0	50.5	49.9
MAX	51.6	51.3	52.1	52.1
SD	0.3	0.1	0.6	0.9

1.5.6 จุดที่ 6 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	31.9	39.4	15.1	18.5
2	12.9	16.7	14.8	27.3
3	7.2	10.6	17.5	27.8

4	49.5	50.8	17.3	46.8
5	26.1	22.5	32.4	51.3
MEAN	25.5	28.0	19.4	34.3
MIN	7.2	10.6	14.8	18.5
MAX	49.5	50.8	32.4	51.3
SD	16.7	16.7	7.4	14.0

1.5.7 จุดที่ 7 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	47.1	49.7	45.1	36.3
2	12.8	16.2	28.2	34.8
3	33.3	23.2	51.5	51.4
4	52.1	51.3	24.1	51.2
5	43.2	37.2	44.2	51.8
MEAN	37.7	35.5	38.6	45.1
MIN	12.8	16.2	24.1	34.8
MAX	52.1	51.3	51.5	51.8
SD	15.5	15.7	11.8	8.7

1.5.8 จุดที่ 8 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	26.0	25.1	17.3	5.8
2	17.4	30.7	18.1	28.0
3	16.2	18.7	18.4	24.7

4	40.9	39.7	22.4	23.4
5	24.3	22.8	18.7	14.3
MEAN	25.0	27.4	19.0	19.2
MIN	16.2	18.7	17.3	5.8
MAX	40.9	39.7	22.4	28.0
SD	9.9	8.1	2.0	9.1

1.5.9 จุดที่ 9 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	14.4	12.7	16.5	9.3
2	4.7	25.7	17.9	11.8
3	5.0	10.0	8.1	13.1
4	28.4	20.3	20.2	13.4
5	22.1	14.9	16.9	16.9
MEAN	14.9	16.7	15.9	12.9
MIN	4.7	10.0	8.1	9.3
MAX	28.4	25.7	20.2	16.9
SD	10.4	6.3	4.6	2.7

1.5.10 จุดที่ 10 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	28.4	15.4	19.4	7.5
2	20.3	27.7	27.3	19.7
3	27.1	6.9	12.2	16.7

4	28.2	51.6	20.3	26.1
5	32.1	26.6	12.8	13.1
MEAN	27.2	25.7	18.4	16.6
MIN	20.3	6.9	12.2	7.5
MAX	32.1	51.6	27.3	26.1
SD	4.3	16.8	6.2	7.0

1.5.11 จุดที่ 11 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	11.0	15.8	5.2	8.0
2	18.5	22.3	24.0	17.1
3	13.2	17.8	5.4	8.0
4	28.6	22.3	8.1	11.9
5	28.8	11.5	18.2	6.7
MEAN	20.0	17.9	12.2	10.3
MIN	11.0	11.5	5.2	6.7
MAX	28.8	22.3	24.0	17.1
SD	8.4	4.6	8.5	4.3

1.5.12 จุดที่ 12 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	33.1	26.9	7.7	15.4
2	23.0	19.9	22.0	34.0
3	16.8	7.3	29.2	16.3

4	51.0	51.8	22.1	30.5
5	37.8	50.1	28.6	17.7
MEAN	32.4	31.2	21.9	22.8
MIN	16.8	7.3	7.7	15.4
MAX	51.0	51.8	29.2	34.0
SD	13.3	19.4	8.6	8.8

1.6 ค่าความแข็งของกระดูกต้นขาส่วนปลาย

1.6.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.2	38.9	34.2	29.2
2	39.6	51.6	32.9	36.5
3	50.7	30.4	28.0	15.0
4	51.3	51.8	15.5	51.7
5	35.7	23.6	20.9	19.9
MEAN	45.7	39.3	26.3	30.5
MIN	35.7	23.6	15.5	15.0
MAX	51.3	51.8	34.2	51.7
SD	7.5	12.6	8.0	14.5

1.6.2 จุดที่ 2, 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	13.0	12.3	13.2	15.0
2	10.6	10.7	5.1	12.6
3	6.4	6.9	8.9	10.6

4	15.8	15.4	5.1	6.5
5	14.1	12.9	6.1	5.9
MEAN	12.0	11.6	7.7	10.1
MIN	6.4	6.9	5.1	5.9
MAX	15.8	15.4	13.2	15.0
SD	3.6	3.1	3.4	3.9

1.6.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	40.2	40.3	13.1	13.3
2	44.4	36.6	10.2	7.6
3	26.6	10.7	25.1	8.8
4	20.5	48.6	25.2	33.8
5	15.7	10.1	19.8	6.5
MEAN	29.5	29.3	18.7	14.0
MIN	15.7	10.1	10.2	6.5
MAX	44.4	48.6	25.2	33.8
SD	12.4	17.7	6.9	11.4

1.6.4 จุดที่ 5 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.0	14.7	11.0	5.3
2	21.1	14.8	19.6	9.3
3	11.6	9.4	16.1	10.4
4	31.3	22.2	9.5	9.2

5	14.2	14.0	5.2	11.4
MEAN	18.7	15.0	12.3	9.1
MIN	11.6	9.4	5.2	5.3
MAX	31.3	22.2	19.6	11.4
SD	7.9	4.6	5.6	2.3

1.6.5 จุดที่ 6 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.0	14.7	11.0	5.3
2	21.1	14.8	19.6	9.3
3	11.6	9.4	16.1	10.4
4	31.3	22.2	9.5	9.2
5	14.2	14.0	5.2	11.4
MEAN	18.7	15.0	12.3	9.1
MIN	11.6	9.4	5.2	5.3
MAX	31.3	22.2	19.6	11.4
SD	7.9	4.6	5.6	2.3

1.6.6 จุดที่ 7, 9 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	8.7	8.4	7.5	4.3
2	9.8	7.0	3.7	3.4
3	3.7	8.8	9.9	6.2
4	9.3	6.5	9.8	8.1
5	10.2	7.6	8.8	5.5

MEAN	8.3	7.7	7.9	5.5
MIN	3.7	6.5	3.7	3.4
MAX	10.2	8.8	9.9	8.1
SD	2.7	1.0	2.6	1.8

1.6.7 จุดที่ 8 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	20.9	16.2	8.8	7.7
2	15.6	23.7	8.5	3.9
3	9.3	5.7	11.7	14.1
4	24.9	29.0	20.3	15.1
5	14.1	13.5	17.0	4.7
MEAN	16.9	17.6	13.2	9.1
MIN	9.3	5.7	8.5	3.9
MAX	24.9	29.0	20.3	15.1
SD	6.1	9.1	5.2	5.2

1.6.8 จุดที่ 10 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	22.0	18.5	9.3	12.2
2	10.0	12.7	11.8	9.6
3	6.2	3.9	10.9	16.9
4	23.3	18.7	9.0	12.7
5	18.3	23.0	7.2	5.8
MEAN	16.0	15.3	9.7	11.4

MIN	6.2	3.9	7.2	5.8
MAX	23.3	23.0	11.8	16.9
SD	7.5	7.4	1.8	4.1

1.6.9 จุดที่ 11 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	11.3	19.1	6.6	4.5
2	20.5	18.1	5.1	6.3
3	9.9	12.5	19.0	10.7
4	36.7	29.8	20.2	15.3
5	13.7	25.3	12.7	10.4
MEAN	18.4	21.0	12.7	9.5
MIN	9.9	12.5	5.1	4.5
MAX	36.7	29.8	20.2	15.3
SD	11.0	6.7	6.9	4.2

1.6.10 จุดที่ 12 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	36.0	38.7	26.3	14.5
2	38.4	45.7	39.0	24.5
3	33.1	22.6	52.1	38.9
4	51.5	50.5	45.7	50.5
5	43.9	35.0	37.5	29.2
MEAN	40.6	38.5	40.1	31.5
MIN	33.1	22.6	26.3	14.5

MAX	51.5	50.5	52.1	50.5
SD	7.3	10.7	9.7	13.8

1.7 ค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนหัว

1.7.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.1	51.8	26.5	29.2
2	51.3	50.5	51.9	51.9
3	51.9	50.6	37.6	49.5
4	30.3	9.6	24.6	47.1
5	43.6	37.7	35.9	29.2
6	50.4	51.3	51.0	51.3
MEAN	46.4	41.9	37.9	43.1
MIN	30.3	9.6	24.6	29.2
MAX	51.9	51.8	51.9	51.9
SD	8.5	16.7	11.6	10.8

1.7.2 จุดที่ 2 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	18.1	19.1	21.6	16.3
2	50.4	50.6	26.3	16.5
3	28.0	33.1	11.2	15.9
4	34.8	13.9	36.7	21.0
5	30.7	12.3	30.0	28.6
6	31.3	31.9	17.1	22.6

MEAN	32.2	26.8	23.8	20.2
MIN	18.1	12.3	11.2	15.9
MAX	50.4	50.6	36.7	28.6
SD	10.6	14.6	9.2	5.0

1.7.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	7.6	6.5	14.9	17.1
2	36.0	39.5	25.9	3.3
3	23.8	29.7	2.5	3.9
4	19.3	24.5	7.4	4.0
5	6.5	8.2	19.2	16.8
6	5.7	8.7	45.9	16.0
MEAN	16.5	19.5	19.3	10.2
MIN	5.7	6.5	2.5	3.3
MAX	36.0	39.5	45.9	17.1
SD	12.2	13.8	15.5	7.1

1.7.4 จุดที่ 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.7	33.3	19.9	12.0
2	23.5	28.0	48.2	8.3
3	24.3	27.2	15.7	12.4
4	12.7	18.5	9.6	9.3
5	18.2	6.1	16.6	15.6

6	17.0	18.9	22.3	16.8
MEAN	18.6	22.0	22.0	12.4
MIN	12.7	6.1	9.6	8.3
MAX	24.3	33.3	48.2	16.8
SD	4.5	9.6	13.5	2.9

1.7.5 จุดที่ 5 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	41.5	40.1	19.7	15.0
2	52.1	48.1	38.6	20.1
3	27.0	41.7	18.0	25.3
4	8.9	13.9	27.2	28.2
5	37.1	20.8	18.2	27.9
6	44.8	28.9	46.8	35.3
MEAN	35.2	32.3	28.1	25.3
MIN	8.9	13.9	18.0	15.0
MAX	52.1	48.1	46.8	35.3
SD	15.3	13.3	12.1	7.0

1.7.6 จุดที่ 6 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	38.6	22.8	15.7	15.6
2	17.9	30.2	19.7	16.6
3	30.5	18.1	19.5	21.7
4	7.3	13.4	23.3	18.4

5	20.7	14.2	37.3	35.7
6	27.1	43.5	44.5	39.3
MEAN	23.7	23.7	26.7	24.5
MIN	7.3	13.4	15.7	15.6
MAX	38.6	43.5	44.5	39.3
SD	10.9	11.5	11.5	10.3

1.7.7 จุดที่ 7 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	15.9	8.0	19.3	30.3
2	10.2	8.8	3.7	3.6
3	9.9	14.4	6.1	2.9
4	11.6	5.2	5.0	3.6
5	4.6	5.5	4.1	6.5
6	7.0	10.0	7.4	6.4
MEAN	9.8	8.7	7.6	8.9
MIN	4.6	5.2	3.7	2.9
MAX	15.9	14.4	19.3	30.3
SD	3.9	3.4	5.9	10.6

1.7.8 จุดที่ 8 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	17.7	4.4	13.6	8.3
2	15.0	24.8	10.8	10.5
3	13.9	7.0	7.8	8.5

4	5.7	5.5	12.7	12.9
5	8.4	5.9	17.4	9.0
6	5.3	12.2	26.4	6.3
MEAN	11.0	10.0	14.8	9.2
MIN	5.3	4.4	7.8	6.3
MAX	17.7	24.8	7.8	12.9
SD	5.2	7.8	6.5	2.2

1.7.9 จุดที่ 9 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	25.4	26.2	11.0	14.7
2	27.3	19.8	10.2	12.9
3	19.5	22.2	23.5	21.6
4	31.9	21.9	11.9	15.2
5	11.7	11.1	14.7	19.1
6	15.6	13.1	16.6	19.2
MEAN	21.9	19.1	14.7	17.1
MIN	11.7	11.1	10.2	12.9
MAX	31.9	26.2	23.5	21.6
SD	7.6	5.8	4.9	3.3

1.7.10 จุดที่ 10 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.6	51.7	29.8	27.5
2	51.6	38.2	22.7	14.8

3	36.7	51.9	17.5	23.6
4	30.7	31.5	14.1	20.8
5	26.5	19.4	19.2	30.5
6	38.7	37.6	24.8	30.3
MEAN	39.3	38.4	21.3	24.6
MIN	26.5	19.4	14.1	14.8
MAX	51.6	51.9	29.8	30.5
SD	10.5	12.4	5.6	6.1

1.7.11 จุดที่ 11 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	19.7	16.9	21.1	12.5
2	30.4	32.0	13.8	6.0
3	17.3	17.6	10.5	20.0
4	10.7	15.2	12.3	10.1
5	12.2	13.9	17.6	21.0
6	21.3	14.6	11.9	20.0
MEAN	18.6	18.4	14.5	14.9
MIN	10.7	13.9	10.5	6.0
MAX	30.4	32.0	21.1	21.0
SD	7.1	6.8	4.0	6.3

1.7.12 จุดที่ 12 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	35.5	22.9	7.7	29.8

2	51.6	43.3	12.6	14.1
3	20.7	34.4	10.3	17.9
4	10.6	18.9	10.3	17.4
5	11.2	5.7	15.6	14.9
6	24.4	18.5	11.9	20.0
MEAN	25.7	23.9	11.4	19.0
MIN	10.6	5.7	7.7	14.1
MAX	51.6	43.3	15.6	29.8
SD	15.7	13.2	2.7	5.7

1.7.13 จุดที่ 13 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	16.2	37.6	18.4	21.1
2	22.5	13.3	7.2	2.3
3	17.5	8.3	30.9	9.5
4	15.4	5.5	11.5	9.1
5	9.1	15.5	16.2	16.1
6	17.7	17.0	14.7	24.6
MEAN	16.4	16.2	16.5	13.8
MIN	9.1	5.5	7.2	2.3
MAX	22.5	37.6	30.9	24.6
SD	4.4	11.3	8.1	8.4

1.8 ค่าความแข็งของกระดูกต้นแขนส่วนปลาย

1.8.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.9	50.1	36.1	43.0
2	50.4	50.5	38.5	39.5
3	51.6	51.9	24.6	33.4
4	30.8	41.8	27.8	22.0
5	51.7	39.7	50.2	51.3
6	35.3	41.8	51.1	50.8
MEAN	45.3	46.0	38.0	40.0
MIN	30.8	39.7	24.6	22.0
MAX	51.9	51.9	51.1	51.3
SD	9.6	5.4	11.0	11.1

1.8.2 จุดที่ 2 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Forc(นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.0	51.4	42.6	42.2
2	50.7	51.9	34.2	31.3
3	51.6	49.8	14.9	8.9
4	25.6	5.9	27.0	9.2
5	39.6	47.0	51.7	18.4
6	25.2	25.4	51.8	19.5
MEAN	40.6	38.6	37.0	21.6
MIN	25.2	5.9	14.9	8.9

MAX	51.6	51.9	51.8	42.2
SD	12.6	18.9	14.6	13.0

1.8.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)		Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.0	51.4	13.2	16.1
2	34.3	26.9	12.7	16.7
3	29.7	51.1	14.9	10.8
4	11.9	16.7	11.2	10.9
5	19.7	19.8	33.3	27.6
6	20.6	21.1	34.4	51.1
MEAN	27.9	31.2	19.9	22.2
MIN	11.9	16.7	11.2	10.8
MAX	51.0	51.4	34.4	51.1
SD	13.8	15.9	10.8	15.4

1.8.4 จุดที่ 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	Male		Female	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)		Force (นิวตัน/ตร.มม.)	
	ขวา	ซ้าย	ขวา	ซ้าย
1	51.7	51.5	29.4	34.7
2	51.8	50.3	20.6	39.1
3	51.8	48.4	31.5	18.3
4	18.3	22.6	32.5	27.2
5	48.8	47.6	41.5	39.3
6	35.2	35.0	47.2	29.4
MEAN	42.9	42.6	33.8	31.3

MIN	18.3	22.6	20.6	18.3
MAX	51.8	51.5	47.2	39.3
SD	13.7	11.5	9.4	8.1

2. ค่าแรงกดสูงสุดที่ส่วนหัวกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ทำการตามและไม่ทำการตาม

2.1 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ทำการตาม

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ตาม	ไม่ตาม
1	5300	4400
2	1900	1600
3	3700	2000
4	3300	2800
5	2900	2400
6	4500	4100
7	4900	5500
8	2900	2700
9	4300	3400
10	2700	5700
11	4200	4600
12	2100	3000
13	2300	2900
14	3900	4300
15	2100	1900
Mean ± SD	3400±1092.2	3420±1285.7

2.1.2 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ทำการตามระหว่างเพศชาย-หญิง

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ตาม(ชาย)	ตาม(หญิง)
1	5300	3700

2	3300	2900
3	2900	4300
4	4900	2700
5	4200	2300
Mean ± SD	4120±1020.8	3180±807.5

2.1.3 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนหัวที่ไม่ทำการตามระหว่างเพศชาย-หญิง

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ไม่ตาม(ชาย)	ไม่ตาม(หญิง)
1	4400	2000
2	2800	2700
3	2400	3400
4	5500	5700
5	4600	2900
Mean ± SD	3940±1299.2	3340±1411.7

2.2 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามและไม่ทำการตาม

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ตาม	ไม่ตาม
1	2900	3100
2	3200	3700
3	2100	2700
4	2600	1900
5	2200	1700
6	2900	2700
7	2200	2200
8	800	1200
9	1400	1500
10	800	1700

11	2500	2600
12	2900	2700
13	1000	3200
14	2600	2300
15	2100	1800
Mean \pm SD	2146.7 \pm 795.4	2333.3 \pm 704.7

2.1.2 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ทำการตามระหว่างเพศชาย-หญิง

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ตาม(ชาย)	ตาม(หญิง)
1	2900	2900
2	3200	800
3	2100	1400
4	2600	800
5	2200	2900
6	2200	2100
Mean \pm SD	2533.3 \pm 445.7	1816.7 \pm 966.3

2.1.3 ค่าแรงกดสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนหัวที่ไม่ทำการตามระหว่างเพศชาย-หญิง

ร่างที่	แรงกด (นิวตัน)	
	ไม่ตาม(ชาย)	ไม่ตาม(หญิง)
1	3100	2700
2	3700	1200
3	2700	1500
4	1900	1700
5	1700	2700
6	2200	1800
Mean \pm SD	2550.0 \pm 763.5	1933.3 \pm 628.2

3. ค่าแรงดึงสูงสุดของส่วนปลายกระดูกต้นขาและกระดูกต้นแขนที่ทำการดึงสกรูออก

3.1 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายที่ทำการดึงสกรูออก

3.1.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	4.4	11.9	12.2	10.5
2	7.6	14.0	8.6	13.0
3	23.4	7.9	17.1	10.9
4	43.8	12.7	19.5	10.6
5	19.3	8.4	6.7	5.9
6	3.0	15.3	9.2	22.0
MEAN	16.9	11.7	12.2	12.1
MIN	3.0	7.9	6.7	5.9
MAX	43.8	14.0	19.5	22.0
SD	15.6	3.0	5.1	5.4

3.1.2 จุดที่ 2 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	5.5	8.7	25.6	10.4
2	9.4	13.2	27.5	12.0
3	45.9	14.0	7.6	5.0
4	33.2	6.9	1.7	5.3
5	27.9	7.1	16.7	7.4
6	24.5	8.2	9.5	4.5
MEAN	24.4	9.7	14.8	7.4
MIN	5.5	6.9	1.7	4.5
MAX	45.9	14.0	27.5	12.0

SD	15.1	3.1	10.3	3.1
----	------	-----	------	-----

3.1.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	36.1	25.7	71.1	30.6
2	72.0	30.0	44.0	24.2
3	13.7	10.7	30.7	20.8
4	47.5	10.7	23.7	6.6
5	9.1	6.1	35.0	9.4
6	25.2	12.0	58.3	20.8
MEAN	33.9	15.9	43.8	18.7
MIN	9.1	6.1	23.7	6.6
MAX	72.0	30.0	71.1	30.6
SD	23.4	9.6	17.9	9.1

3.1.4 จุดที่ 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	7.5	11.9	38.7	18.1
2	14.1	16.3	23.1	7.1
3	12.4	22.4	12.7	6.4
4	17.5	23.4	29.0	27.0
5	3.1	27.4	41.1	7.6
6	13.7	11.0	20.9	9.4
MEAN	11.4	18.7	27.6	12.6
MIN	3.1	11.0	12.7	6.4
MAX	17.5	27.4	41.1	27.0
SD	5.2	6.7	10.9	8.2

3.1.5 จุดที่ 5 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	15.6	3.0	19.0	8.4
2	14.6	25.5	17.9	9.9
3	15.7	11.4	24.1	19.6
4	13.7	8.4	9.6	14.8
5	13.7	8.9	33.4	9.2
6	2.1	6.3	7.7	19.1
MEAN	12.6	10.6	18.6	13.5
MIN	2.1	3.0	7.7	8.4
MAX	15.7	25.5	33.4	19.6
SD	5.2	7.8	9.5	5.0

3.1.6 จุดที่ 6 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	29.1	23.4	70.9	22.7
2	3.7	5.6	75.7	16.3
3	31.0	6.9	38.7	7.1
4	36.0	13.2	33.8	6.6
5	9.5	4.3	64.2	14.2
6	26.7	12.0	9.2	8.4
MEAN	6.0	10.9	48.7	12.5
MIN	3.7	4.3	9.2	6.6
MAX	36.0	23.4	75.7	22.7
SD	12.9	7.1	25.9	6.3

3.1.7 จุดที่ 7 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	13.7	16.0	49.1	14.5
2	48.2	20.9	25.8	8.9
3	61.7	23.6	120.6	24.4
4	72.4	20.1	24.6	5.6
5	7.6	5.1	41.0	13.0
6	39.7	13.5	21.6	17.5
MEAN	40.6	16.5	47.1	14.0
MIN	7.6	5.1	21.6	5.6
MAX	72.4	23.6	120.6	24.4
SD	25.8	6.7	37.5	6.6

3.1.8 จุดที่ 8 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	5.7	13.8	11.5	14.3
2	13.3	8.9	8.9	11.9
3	21.1	16.8	9.1	10.7
4	45.8	11.4	24.6	10.4
5	9.3	4.0	9.9	5.4
6	16.9	14.0	6.0	18.6
MEAN	18.7	11.5	11.7	11.9
MIN	5.7	4.0	6.0	5.4
MAX	45.8	16.8	24.6	18.6
SD	14.3	4.5	6.6	4.4

3.2 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่ทำการถอนสกรูออก

3.2.1 จุดที่ 1 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	104.9	14.0	77.8	13.4
2	66.4	14.2	19.0	15.2
3	63.1	13.2	8.3	25.0
4	25.4	8.6	13.7	8.9
5	19.1	4.5	3.6	2.8
6	88.5	14.2	30.8	8.6
7	105.2	13.2	67.8	15.7
MEAN	67.5	11.7	31.6	12.8
MIN	19.1	4.5	3.6	2.8
MAX	105.2	14.2	77.8	25.0
SD	35.1	3.7	29.6	7.0

3.2.2 จุดที่ 2 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	/	/	/	/
2	53.2	14.7	43.0	9.4
3	/	/	16.5	13.6
4	29.6	28.7	3.2	8.4
5	49.7	6.8	1.5	5.3
6	40.6	17.5	61.8	13.5
7	27.2	11.5	77.2	17.1
MEAN	40.1	15.9	33.9	11.2
MIN	27.2	6.8	1.5	5.3

MAX	53.2	28.7	77.2	17.1
SD	11.6	8.2	31.7	4.3

3.2.3 จุดที่ 3 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force (นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	29.9	5.3	/	/
2	57.3	8.6	16.0	3.0
3	/	/	11.6	4.5
4	18.7	14.2	10.9	9.9
5	47.1	7.6	7.4	7.3
6	23.9	5.1	65.3	11.7
7	35.1	11.2	70.8	14.5
MEAN	35.3	8.7	30.3	8.5
MIN	18.7	5.1	7.4	3.0
MAX	57.3	14.2	70.8	14.5
SD	14.6	3.5	29.4	4.4

3.2.4 จุดที่ 4 ข้างขวาและซ้าย

ร่างที่	ขวา		ซ้าย	
	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	Stroke(mm)
1	9.9	10.9	77.8	10.9
2	8.2	5.3	19.0	5.3
3	/	/	8.3	/
4	14.5	6.9	13.7	6.9
5	10.1	10.9	3.6	10.9
6	7.8	6.3	30.8	6.3
7	7.4	6.3	67.8	6.3
MEAN	9.7	7.8	31.6	7.8

MIN	7.4	5.3	3.6	5.3
MAX	14.5	10.9	77.8	10.9
SD	2.6	2.5	29.6	2.5

3.3 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายที่ทำการถอนสกรูออก

3.3.1 จุดที่ 1 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

รูปร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	12.2	38.9
2	4.4	8.0
3	7.6	34.2
4	23.4	39.6
5	8.6	30.4
6	17.1	40.7
7	43.8	51.3
8	19.5	36.5
9	19.3	28.0
10	3.0	15.5
11	6.7	23.6
12	9.2	19.8
13	3.9	19.9
14	10.1	50.8
15	8.5	13.1
MEAN	13.2	30.0
MIN	3.0	8.0
MAX	43.8	51.3
SD	10.5	13.3

3.3.2 จุดที่ 2 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	25.6	12.3
2	5.5	9.1
3	9.4	13.2
4	45.9	10.6
5	27.5	6.9
6	7.6	19.4
7	33.2	15.8
8	1.7	12.6
9	27.9	8.9
10	24.5	5.1
11	16.7	12.9
12	9.5	9.7
13	7.6	5.9
14	42.2	16.6
15	21.8	5.1
MEAN	20.4	10.9
MIN	1.7	5.1
MAX	45.9	19.4
SD	13.6	4.3

3.3.3 จุดที่ 3 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	71.1	40.3
2	0.4	12.2

3	72.0	13.1
4	13.7	44.4
5	44.0	10.7
6	30.7	30.5
7	47.5	20.5
8	23.7	48.6
9	9.1	25.1
10	25.2	25.2
11	35.0	33.8
12	58.3	10.1
13	15.9	6.5
14	29.5	23.8
15	8.3	15.1
MEAN	32.3	24.0
MIN	0.4	6.5
MAX	72.0	48.6
SD	22.4	13.2

3.3.4 จุดที่ 4 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	38.7	14.7
2	7.5	7.6
3	14.1	11.0
4	12.4	21.1
5	23.1	9.4
6	12.7	12.5
7	17.5	31.3

8	29.0	9.3
9	3.1	16.1
10	13.7	9.5
11	41.1	14.0
12	20.9	16.4
13	14.1	11.4
14	10.1	14.3
15	3.5	7.4
MEAN	17.4	13.7
MIN	3.1	7.4
MAX	41.1	31.3
SD	11.4	6.1

3.3.5 จุดที่ 5 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	19.0	42.1
2	1.6	8.9
3	1.5	11.1
4	15.7	36.7
5	17.9	23.5
6	24.1	50.3
7	13.7	50.3
8	9.6	51.4
9	13.7	43.8
10	2.1	32.0
11	33.4	52.0
12	7.7	39.1

13	5.7	9.8
14	16.1	27.7
15	6.4	14.9
MEAN	12.5	32.9
MIN	1.5	8.9
MAX	33.4	52.0
SD	9.0	16.0

3.3.6 จุดที่ 6 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	70.9	8.4
2	29.1	4.8
3	3.7	7.5
4	31.0	3.7
5	75.7	8.8
6	38.7	8.2
7	36.0	9.3
8	33.8	3.4
9	9.5	9.9
10	26.7	9.8
11	64.2	7.6
12	9.2	6.2
13	26.1	5.5
14	30.6	7.1
15	17.9	3.6
MEAN	33.5	6.9
MIN	3.7	3.4

MAX	75.7	9.9
SD	21.7	2.3

3.3.7 จุดที่ 7 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	49.1	16.2
2	13.7	4.8
3	48.2	8.8
4	61.7	15.6
5	25.8	5.7
6	120.6	17.9
7	72.4	24.9
8	24.6	3.9
9	7.6	11.7
10	39.7	20.3
11	41.0	13.5
12	21.6	16.7
13	39.9	4.7
14	34.5	20.9
15	42.6	7.7
MEAN	42.9	12.9
MIN	7.6	3.9
MAX	120.6	24.9
SD	27.5	6.7

3.3.8 จุดที่ 8 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	11.5	18.5
2	5.7	5.9
3	13.3	9.3
4	21.1	10.0
5	8.9	3.9
6	9.1	21.8
7	45.8	23.3
8	24.6	9.6
9	9.3	10.9
10	16.9	9.0
11	9.9	23.0
12	6.0	19.1
13	5.6	5.8
14	12.0	11.9
15	4.5	7.4
MEAN	13.6	12.6
MIN	4.5	3.9
MAX	45.8	23.3
SD	10.6	6.7

3.4 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่ทำการถอนสกรูออก

3.4.1 จุดที่ 1 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	38.5	101.4

2	38.7	136.5
3	39.6	86.4
4	32.1	24.8
5	39.7	82.2
6	27.7	33.0
7	27.1	24.8
8	30.3	10.8
9	25.6	17.8
10	16.9	4.7
11	39.2	115.3
12	39.4	40.2
13	39.7	137.0
14	39.3	88.3
15	39.0	87.2
MEAN	34.2	36
MIN	16.9	4.7
MAX	39.7	137.0
SD	7.1	46.0

3.4.2 จุดที่ 2 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	39.4	/
2	39.0	/
3	39.6	69.2
4	4.5	56.0
5	30.4	/
6	32.7	38.6

7	19.4	64.7
8	24.0	21.4
9	6.9	4.1
10	7.1	1.9
11	19.4	52.9
12	14.1	80.5
13	26.2	35.4
14	26.5	100.5
15	15.0	18.4
MEAN	33	20.3
MIN	4.5	1.9
MAX	39.6	100.5
SD	12.0	30.8

3.4.3 จุดที่ 3 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	39.4	/
2	26.3	38.9
3	22.8	74.6
4	12.8	20.8
5	15.2	/
6	10.1	24.4
7	15.8	61.4
8	12.8	15.1
9	8.3	14.2
10	8.3	9.6
11	16.8	31.1

12	21.2	85.1
13	17.2	45.6
14	11.9	92.2
15	39.2	/
MEAN	28.6	21.7
MIN	8.3	9.6
MAX	39.4	92.2
SD	9.9	29.0

3.4.4 จุดที่ 4 แรงดึงสูงสุดและความแข็งสูงสุด

ร่างที่	Force(นิวตัน/ตร.มม.)	
	แรงดึง	ความแข็ง
1	39.6	/
2	39.8	12.9
3	39.8	10.7
4	17.3	13.9
5	37.5	/
6	22.6	18.9
7	27.0	13.2
8	30.0	8.7
9	14.1	5.3
10	20.9	4.8
11	24.9	10.2
12	30.2	29.6
13	7.4	16.7
14	31.5	17.1
15	22.6	/
MEAN	27	17.5

MIN	7.4	4.8
MAX	39.8	29.6
SD	9.8	6.7

3.5 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นขาส่วนปลายที่ทำการถอนสกรูออก

3.5.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	12.2	7.6
2	23.4	19.5
3	8.6	19.3
4	43.8	3.0
5	6.7	3.9
MEAN	19.0	10.6
MIN	6.7	3.0
MAX	43.8	19.5
SD	15.4	8.2

3.5.2 จุดที่ 2 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	25.6	9.4
2	45.9	1.7
3	27.5	27.9
4	33.2	24.5
5	16.7	7.6
MEAN	29.8	14.2
MIN	16.7	1.7
MAX	45.9	27.9

SD	10.8	11.4
----	------	------

3.5.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	71.1	72.0
2	13.7	23.7
3	44.0	9.1
4	47.5	25.2
5	35.0	15.9
MEAN	42.3	29.2
MIN	13.7	9.1
MAX	71.1	72.0
SD	20.8	24.8

3.5.4 จุดที่ 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	38.7	14.1
2	12.4	29.0
3	23.1	3.1
4	17.5	13.7
5	41.1	14.1
MEAN	26.6	14.8
MIN	12.4	3.1
MAX	41.1	29.0

3.5.5 จุดที่ 5 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	19.0	1.5
2	15.7	9.6
3	17.9	13.7
4	13.7	2.1
5	33.4	5.7
MEAN	19.9	6.5
MIN	13.7	1.5
MAX	33.4	13.7
SD	7.8	5.2

3.5.6 จุดที่ 6 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	70.9	3.7
2	31.0	33.8
3	75.7	9.5
4	36.0	26.7
5	64.2	26.1
MEAN	55.6	20.0
MIN	31.0	3.7
MAX	75.7	33.8
SD	20.6	12.7

3.5.7 จุดที่ 7 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	49.1	48.2
2	61.7	24.6
3	25.8	7.6
4	72.4	39.7
5	41.0	39.9
MEAN	50.0	32.0
MIN	25.8	7.6
MAX	72.4	48.2
SD	18.1	16.1

3.5.8 จุดที่ 8 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
1	11.5	13.3
2	21.1	24.6
3	8.9	9.3
4	45.8	16.9
5	9.9	5.6
MEAN	19.5	13.9
MIN	8.9	5.6
MAX	45.8	24.6
SD	15.5	7.3

3.6 ค่าแรงดึงสูงสุดของกระดูกต้นแขนส่วนปลายที่ทำการถอนสกรูออก

3.6.1 จุดที่ 1 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
2	77.8	25.4
5	104.9	8.3
13	66.4	13.7
14	19.0	3.6
16	63.1	30.8
34	19.1	66.9
MEAN	58.4	24.8
MIN	19.0	3.6
MAX	104.9	66.9
SD	33.8	23.0

3.6.2 จุดที่ 2 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
2	/	29.6
5	/	16.5
13	53.2	3.2
14	43.0	1.5
16	/	61.8
34	49.7	14.1
MEAN	48.6	21.1
MIN	43.0	1.5
MAX	53.2	61.8
SD	5.2	22.4

3.6.3 จุดที่ 3 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
2	/	18.7
5	29.9	11.6
13	57.3	10.9
14	16.0	7.4
16	/	65.3
34	47.1	/
MEAN	37.6	22.8
MIN	16.0	7.4
MAX	57.3	65.3
SD	18.3	24.1

3.6.4 จุดที่ 4 เพศชายและหญิง

ร่างที่	แรงดึง(นิวตัน/ตร.มม.)	
	Male	Female
2	/	14.5
5	9.9	6.7
13	8.2	4.1
14	10.6	3.7
16	/	22.7
34	10.1	/
MEAN	29.7	10.3
MIN	8.2	3.7
MAX	10.6	22.7
SD	1.1	8.2

4. เพศและอายุ

ชนิดกระดูก	ร่างที่	ลำดับเดียว	เพศ	อายุ
กระดูกต้นขา	1	5	ชาย	68
	2	8	ชาย	80
	3	10	หญิง	68
	4	13	ชาย	80
	5	14	ชาย	90
	6	22	ชาย	65
	7	23	ชาย	74
	8	25	หญิง	77
	9	30	หญิง	76
	10	31	หญิง	70
	11	32	ชาย	73
	12	35	ชาย	88
	13	38	หญิง	71
	14	45	ชาย	53
	15	46	ชาย	94
กระดูกต้นแขน	1	2	ชาย	86
	2	5	ชาย	68
	3	13	ชาย	80
	4	14	ชาย	90
	5	16	ชาย	80
	6	30	หญิง	76
	7	34	ชาย	87
	8	42	หญิง	71
	9	44	หญิง	76
	10	48	หญิง	75
	11	223	ชาย	87
	12	261	หญิง	73
	13	569	ชาย	87

	14	570	ชาย	62
	15	594	หญิง	73

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนพชนรรจน์ โลหรัตน์ เกิดเมื่อวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2529 ที่กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต เมื่อปีการศึกษา 2550 เข้ารับการศึกษาในระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมชีวเวช (สหสาขาวิชา) คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551 และสำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2554