



ดัชนีความแตกต่างทางเพศและสมการคำนวณความสูงจากกระดูกต้นแขนใน
ประชากรไทยอีสาน: การประยุกต์ใช้ในงานนิติมานุษยวิทยา



เพชรรัตน์ เพชรน้อย

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏ

ดัชนีความแตกต่างทางเพศและสมการคำนวณความสูงจากกระดูกต้นแขนใน
ประชากรไทยอีสาน: การประยุกต์ใช้ในงานนิติมานุษยวิทยา



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่องดัชนีความแตกต่างทางเพศและสมการคำนวณความสูงจากกระดูกต้นแขนใน
ประชากรไทยอีสาน: การประยุกต์ใช้ในงานนิติมานุษยวิทยา
ของ เพชรรัตน์ เพชรนุ้ย
ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย เอี่ยมสะอาด)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมิสา ศรีเสน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นราวดี ชมภู)

อนุมัติ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด อินทจามรรักษ์)

หัวหน้าภาควิชาภาษาศาสตร์ คติชนวิทยาปรัชญาและศาสนา คณะมนุษยศาสตร์
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	เรื่องดัชนีความแตกต่างทางเพศและสมการคำนวณความสูงจากกระดูกต้นแขนในประชากรไทยอีสาน: การประยุกต์ใช้ในงานนิติมานุษยวิทยา
ผู้วิจัย	เพชรรัตน์ เพชรนุ้ย
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมิสา ศรีเสน
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568
คำสำคัญ	นิติมานุษยวิทยา, การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล, กระดูกต้นแขน, ประชากรไทยอีสาน

บทคัดย่อ

ดัชนีความแตกต่างทางเพศเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ศึกษาความแตกต่างทางกายภาพระหว่างเพศชายและเพศหญิงรวมถึงการประมาณความสูงของโครงกระดูกที่พบ ซึ่งถือเป็นบทบาทสำคัญในงานนิติมานุษยวิทยา โดยเฉพาะด้านการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล กระดูกต้นแขนเป็นกระดูกที่นิยมใช้ เนื่องจากเป็นกระดูกที่พบได้บ่อยในสถานที่เกิดเหตุ มีความแข็งแรงทนทานและสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับอายุ เชื้อชาติ ความสูง และเพศได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสันฐานวิทยาของกระดูกต้นแขนเพื่อสร้างสมการถดถอยในการจำแนกเพศและการประมาณความสูงในประชากรไทยอีสาน

ใช้ตัวอย่างกระดูกต้นแขนผู้ใหญ่จำนวน 300 ชิ้น (เพศชาย 150 ชิ้น และเพศหญิง 150 ชิ้น) ซึ่งเก็บตัวอย่างจากหน่วยคลังกระดูกและการวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตัวอย่างกระดูกถูกเลือกแบบสุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มพัฒนาสมการ ($n = 200$) และกลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง ($n=100$) จากนั้นนำกระดูกมาวัดตามพารามิเตอร์ที่กำหนดได้แก่ Maximum Length of Humerus (MaxH), Midshaft Circumference of Humerus (MCH), Epicondylar Breadth of Humerus (EBH), Superior Inferior Diameter of Head of Humerus (SIDH) และ Weight of Humerus (WH) จากนั้นนำข้อมูลที่วัดได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS เพื่อสร้างเป็นสมการจำแนกเพศและสมการประมาณความสูง ผลการศึกษาพบว่าสมการถดถอยในการจำแนกเพศแบบหลายตัวแปรมีความแม่นยำมากที่สุด คือ 93.5% และสมการถดถอยในการประมาณความสูงแบบหลายตัวแปรมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำที่สุดในเพศชายเท่ากับ 4.23 เซนติเมตร ในเพศหญิงเท่ากับ 5.39 และในกลุ่มรวมเพศเท่ากับ 4.86 จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสามารถนำสมการถดถอยที่ได้ไปใช้ในการจำแนกเพศและการประมาณความสูงของโครงกระดูกที่พบและยังมีส่วนช่วยในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลในงานทางด้านนิติมานุษยวิทยา

Title SEXUAL DIMORPHISM INDEX AND STATURE PREDICTION EQUATIONS FROM HUMERAL MEASUREMENTS IN THAI-ISAN POPULATION: APPLICATIONS IN FORENSIC ANTHROPOLOGY

Author Phetcharat Phetnui

Advisor Assistant Professor Kaemisa Srisen, Ph.D.

Academic Paper M.Sc. Thesis in Anatomy, Naresuan University, 2025

Keywords Forensic Anthropology, Human Identification, Humerus, Thai Isan-population

ABSTRACT

The Sexual Dimorphism Index (SDI) was a quantitative indicator that assessed morphological differences between males and females, including the estimation of stature from recovered skeletal remains. These criteria were critical in Forensic Anthropology, particularly in the field of Human Identification. The humerus was one of the most commonly utilized skeletal elements because it was frequently recovered at crime scenes, demonstrated excellent structural durability, and provided reliable information regarding age, ancestry, stature, and sex. This study aimed to examine the morphology of the humerus and to develop regression equations for sex and stature estimation in a Northeastern Thai population.

A total of 300 adult humeri (150 males and 150 females) were obtained from the Unit of Human Bone Warehouse for Research (UHBWR), Khon Kaen University. The specimens were randomly selected and divided into an equation development group (n=200) and a validation group (n=100). All humeri were measured according to five parameters including Maximum Length (MaxH), Midshaft Circumference (MCH), Epicondylar Breadth (EBH), Superior-Inferior Diameter (SIDH), and Weight (WH). The data collected were statistically analyzed using SPSS software to generate regression equations for sex and stature estimation. The results demonstrated that the multivariate regression equation for sex estimation showed the highest accuracy, 93.5% for stature estimation the multivariate regression equation showed the lowest Standard Error of Estimate (SEE), 4.23 cm in males, 5.39 cm in females, and 4.86 cm in the overall group. This study found that the regression equation can be used to estimate sex and stature of humeral remains, and further contribute to human identification in forensic anthropology.

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมิสา ศรีเสน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำตลอดจนการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้ สมบูรณ์และถูกต้องตามหลักวิชาการและขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย เอี่ยมสะอาด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ตัวอย่างกระดูกแห้งสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งยังให้เกียรติมาเป็นประธานกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์และแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นราวดี ชมภู ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์และช่วยพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทัศน์ ดวงจิตร และรองศาสตราจารย์ชนสรณ์ ภูเด่นแดน ที่ได้ให้คำปรึกษาเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและช่วยตรวจสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยจิตใจอันมีเมตตาอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชากายวิภาคศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์อันทรงคุณค่าตลอดระยะเวลาการศึกษา รวมถึงเจ้าหน้าที่และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน ๆ และครอบครัวที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษาจนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เพชรรัตน์ เพชรนัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
ประกาศนุญการ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตการวิจัย.....	3
สมมติฐานการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
นิติวิทยาศาสตร์.....	4
นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ.....	4
นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์.....	4
การตรวจพิสูจน์บุคคล.....	7
ประเภทของการพิสูจน์บุคคล.....	7
การระบุตัวบุคคลแบบทั่วไป.....	7
การระบุตัวบุคคลแบบเปรียบเทียบ.....	7
การพิสูจน์บุคคลจากโครงกระดูก.....	8
กระดูกที่นิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพศ.....	8
กระดูกที่นิยมนำมาใช้ในการประมาณความสูง.....	10
ระบบโครงร่างมนุษย์.....	11
ประเภทของกระดูกที่จำแนกตามตำแหน่งที่อยู่.....	15
ลักษณะทางกายวิภาคของกระดูกต้นแขน.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	36
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลองและสรุปผล.....	43

บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก.....	55
ประวัติผู้วิจัย	70



สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้วัดในการวิจัย.....	30
ตารางที่ 2 แสดงการประเมินความแตกต่างระหว่างผู้วัดคนเดียวกันและระหว่างผู้วัดต่างกัน ...	37
ตารางที่ 3 แสดงสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความแตกต่างทางเพศ	37
ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบตัวแปรเดียวในการจำแนกเพศ	38
ตารางที่ 5 แสดงสมการการถดถอยโลจิสติกแบบตัวแปรเดียวและความแม่นยำ ในการจำแนกเพศ.....	39
ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบหลายแปรเดียวในการจำแนกเพศ	40
ตารางที่ 7 แสดงสมการถดถอยโลจิสติกแบบหลายตัวแปรและความแม่นยำในการจำแนกเพศ	40
ตารางที่ 8 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นและแบบขั้นบันไดในการประมาณความสูง	41
ตารางที่ 9 แสดงการประเมินประสิทธิภาพการทำนายของสมการจำแนกเพศ	43
ตารางที่ 10 แสดงการประเมินประสิทธิภาพการทำนายของสมการประมาณความสูง	44



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงภาพความแตกต่างของกระดูกเชิงกรานระหว่างเพศชายและเพศหญิง	9
ภาพที่ 2 แสดงภาพความแตกต่างของกระดูกกะโหลกศีรษะระหว่างเพศชายและเพศหญิง	10
ภาพที่ 3 แสดงภาพกระดูกแข็งและกระดูกฟองน้ำ	12
ภาพที่ 4 แสดงภาพ Haversian system	12
ภาพที่ 5 แสดงภาพกระดูกพรุน	14
ภาพที่ 6 แสดงกระดูกแกนกลาง	15
ภาพที่ 7 แสดงกระดูกยางค์	19
ภาพที่ 8 แสดงการแบ่งส่วนของกระดูกต้นแขน	21
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะสันฐานส่วนหัวของกระดูกต้นแขน	22
ภาพที่ 10 แสดงลักษณะสันฐานส่วนกลางและพื้นผิวทางด้านหน้าเฉียงออกด้านนอกและพื้นผิว . ด้านหน้าเฉียงเข้าด้านในของกระดูกต้นแขน	23
ภาพที่ 11 แสดงลักษณะสันฐานส่วนกลางและพื้นผิวด้านหลังของกระดูกต้นแขน	24
ภาพที่ 12 แสดงลักษณะสันฐานส่วนปลายของกระดูกต้นแขน	25
ภาพที่ 13 แสดงจุดวัด หรือพารามิเตอร์	30

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic science) เป็นศาสตร์ที่ใช้หลักวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ เช่น เคมี ฟิสิกส์ และชีววิทยา มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พยานหลักฐาน และการตรวจร่างกายของเหยื่อ หรือผู้ที่กระทำความผิด เพื่อค้นหาความจริงในการสืบสวนคดีอาญา คดีแพ่ง ด้วยหลักเหตุและผล รวมถึงเกี่ยวข้องกับกระบวนการยุติธรรม โดยกระบวนการที่สำคัญต่อกระบวนการยุติธรรม คือ การตรวจพิสูจน์บุคคล เนื่องจากสามารถใช้เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันตัวบุคคลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นผู้กระทำความผิด ผู้เสียหาย หรือผู้เสียชีวิต อีกทั้งยังช่วยลดความผิดพลาดในการระบุตัวบุคคล และเพิ่มความน่าเชื่อถือของพยานหลักฐานในกระบวนการพิจารณาคดีในศาล

การตรวจพิสูจน์บุคคล (Human identification) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคล ซึ่งถือเป็นกระบวนการสำคัญในงานนิติมานุษยวิทยาและนิติวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุ หรือยืนยันตัวตนของบุคคลจากหลักฐานทางกายภาพ เช่น โครงกระดูก ลายนิ้วมือ ดีเอ็นเอ หรือเอกลักษณ์เฉพาะตัวอื่น ๆ การพิสูจน์บุคคลมีความสำคัญอย่างยิ่งในกรณีที่พบศพนิรนาม อุบัติเหตุร้ายแรง ภัยพิบัติ หรือคดีอาชญากรรม (Keereewan et al., 2023)

การตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยสารพันธุกรรม หรือดีเอ็นเอ (DNA) และลายพิมพ์นิ้วมือนั้น ถูกนำมาใช้ครั้งแรกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 โดยใช้เลือด น้ำอสุจิ เนื้อเยื่อ ฟัน และกระดูก (Jeffreys, Wilson, et al., 1985) (Jeffreys, Brookfield, et al., 1985) จนในปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปอย่างมากและมีความแม่นยำสูง แต่ในบางครั้งข้อจำกัดของการตรวจพิสูจน์นั้นก็ทำให้ไม่สามารถอาศัยวิธีการดังกล่าวได้ เนื่องจากเลือดและสารพันธุกรรมอาจสูญหายไปตามกาลเวลาและสภาพแวดล้อม (Panneerchelvam & Norazmi, 2023) เช่น ในสถานการณ์ที่พบเพียงโครงกระดูกแค่บางส่วน หรือพบเพียงเศษชิ้นส่วนกระดูก (Pereira et al., 2021) ทำให้การตรวจสารพันธุกรรมเพื่อระบุตัวบุคคลนั้นอาจทำได้ยาก หรืออาจทำไม่ได้เลยและมีค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้นการวิเคราะห์ทางนิติมานุษยวิทยาจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยระบุข้อมูลพื้นฐานของบุคคล เช่น เพศ อายุ เชื้อชาติ และความสูง (Spradley & Jantz, 2011) โดยอาศัยดัชนีความแตกต่างทางเพศ (Sexual dimorphism index) เพื่อใช้ในการจำแนกเพศ (Sex estimation) และอาศัยสมการคำนวณความสูง (Stature estimation) จากกระดูกซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวตนของบุคคลที่เสียชีวิตไปแล้ว ซึ่งการนำความรู้ทางนิติมานุษยวิทยา

ตรวจพิสูจน์เพื่อยืนยันตัวบุคคลนั้นสามารถทำได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถตัดผู้ต้องสงสัยหรือคัดกรองผู้ต้องสงสัยออกได้ (Panneerchelvam & Norazmi, 2023) และที่สำคัญการตรวจพิสูจน์บุคคลจากโครงกระดูกยังเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากการตรวจพิสูจน์บุคคลจากโครงกระดูกสามารถใช้จำแนกเพศและประมาณความสูงของโครงกระดูกที่พบได้ (Galante et al., 2023) โดยการจำแนกเพศจากกระดูกสามารถทำได้ในกระดูกเกือบทุกชิ้นในร่างกาย แต่ความแม่นยำจะแตกต่างกันออกไป โดยกระดูกที่มีความแม่นยำในการจำแนกเพศมากที่สุด คือ กระดูกเชิงกราน (Pelvic) (Mohd Ali et al., 2020) รองลงมา คือ กระดูกกะโหลกศีรษะ (Skull) (Dayal et al., 2022) นอกจากนี้การประมาณความสูง (Stature estimation) ยังมีความสัมพันธ์กับกระดูกยาว เช่น กระดูกต้นขา (Femur) (Boonthai et al., 2025) กระดูกต้นแขน (Humerus) (Lee et al., 2024) และกระดูกไหปลาร้า (Clavicle) (Zhang et al., 2019) เป็นต้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการศึกษาเรื่องการจำแนกเพศและการประมาณความสูงจากโครงกระดูกเป็นจำนวนมาก เช่น การศึกษาการจำแนกเพศจากการศึกษาในประชากรภาคเหนือของประเทศไทย (Duangto & Mahakkanukrauh, 2020) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับประชากรไทยอีสานอาจมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากประชากรกลุ่มอื่น เนื่องจากสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่และการทำกสิกรรมในชีวิตประจำวันที่แตกต่างกัน สมการที่พัฒนามาจากประชากรกลุ่มอื่นอาจไม่สามารถนำมาใช้ได้อย่างแม่นยำหรือมีความแม่นยำน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่พัฒนามาจากกลุ่มประชากรไทยอีสานด้วยกัน ดังนั้นการศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของกระดูกต้นแขนเพื่อสร้างสมการถดถอยสำหรับการจำแนกเพศและการประมาณความสูงในประชากรไทยอีสาน เพื่อให้ได้สมการที่เหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในงานด้านนิติมานุษยวิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและน้ำหนักของกระดูกต้นแขน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระดูกยาวคั่นในเพศชายและเพศหญิงของกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
2. เพื่อพัฒนาและสร้างสมการทางสถิติสำหรับการจำแนกเพศและการคำนวณความสูงของบุคคล โดยอาศัยพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากการวัดกระดูกต้นแขน
3. เพื่อประยุกต์ใช้สมการทางสถิติดังกล่าวในการพิสูจน์บุคคล โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป SPSS ในการประเมินความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์

ความสำคัญของการวิจัย

เพื่อทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกต้นแขน (Humerus) และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อสร้างสมการการจำแนกเพศและสมการคำนวณความสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการพิสูจน์บุคคล (Human identification) จากโครงกระดูก หรือเศษซากกระดูกที่พบในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น เหตุการณ์ภัยพิบัติทางธรรมชาติ หรือเหตุการณ์ที่มีผู้เสียชีวิตจำนวนมากและสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในกลุ่มประชากรไทยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือภาคอีสานของประเทศไทยเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในสาขานิติมานุษยวิทยา รวมถึงเพื่อเป็นประโยชน์ในงานทางด้านนิติมานุษยวิทยาและด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. เก็บข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกต้นแขนจากกลุ่มประชากรตัวอย่างจากหน่วยคลังกระดูกและการวิจัย (Unit of Human Bone Warehouse for Research: UHBWR) ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2. เก็บข้อมูลตัวอย่างกระดูกต้นแขนที่มีความสมบูรณ์และมีข้อมูลเพศ อายุ ส่วนสูง ข้างซ้ายและข้างขวา ทั้งเพศชายและเพศหญิง
3. เก็บข้อมูลตัวอย่างกระดูกต้นแขนจำนวนทั้งหมด 300 ชิ้น เป็นเพศชาย 150 ชิ้น และเพศหญิง 150 ชิ้น ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มพัฒนาสมการ 200 ชิ้น และกลุ่มตรวจสอบสมการ 100 ชิ้น

สมมติฐานการวิจัย

1. ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและน้ำหนักของกระดูกต้นแขนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศชายและเพศหญิงในกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
2. พารามิเตอร์ของกระดูกต้นแขนมีความสัมพันธ์กับเพศและความสูงของบุคคลสามารถนำมาสร้างสมการจำแนกเพศและสมการคำนวณความสูงได้อย่างแม่นยำและมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. สมการที่พัฒนาขึ้นจากการวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยโปรแกรม SPSS สามารถใช้จำแนกเพศและคำนวณความสูงของบุคคลในกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic science)

โดยมุ่งเน้นการใช้เทคนิคและเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ เช่น การใช้เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์เชิงเคมี การตรวจสอบลายนิ้วมือ การวิเคราะห์เสียง และการวิเคราะห์สิ่งพิมพ์ดิจิทัล เป็นต้น จุดประสงค์หลักของนิติวิทยาศาสตร์ คือ การวิเคราะห์พยานหลักฐานทางกายภาพ ชีวภาพ หรือเคมี เพื่อนำไปสู่การยืนยันตัวบุคคล การพิสูจน์เหตุการณ์ หรือการสรุปข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับคดีความ คำว่า นิติวิทยาศาสตร์ มาจากรากศัพท์ภาษาละติน "forensis" ซึ่งหมายถึง ที่เกี่ยวข้องกับศาล นิติวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการเปิดเผยข้อเท็จจริงทางกฎหมายและช่วยในการตัดสินใจอย่างเป็นธรรม โดยอาศัยหลักฐานที่สามารถพิสูจน์ได้ทางวิทยาศาสตร์และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้สามารถตรวจพิสูจน์บุคคล วัตถุและสถานที่เกิดเหตุได้อย่างแม่นยำ น่าเชื่อถือ โดยนิติวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural forensic)

เป็นสาขาหลักที่ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ในการพิสูจน์หลักฐาน การตรวจสถานที่เกิดเหตุ และการเก็บรวบรวมวัตถุพยานหลักฐานในสถานที่เกิดเหตุ ตัวอย่างเช่น วิชาพิสูจน์หลักฐาน ลักษณะเด่นของนิติวิทยาศาสตร์ประเภทนี้ คือ การยึดหลักวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่สามารถทดสอบซ้ำและวัดผลได้อย่างเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการยุติธรรมได้อย่างน่าเชื่อถือ

2. นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Apply forensic)

เป็นการนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์แห่งกฎหมายไม่ว่าจะเป็น เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา ตลอดจนศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตร์ การแพทย์และทันตกรรมมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบและแปลความหมายของหลักฐานในที่เกิดเหตุ หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคดี นิติวิทยาศาสตร์ประยุกต์มีบทบาทสำคัญในการตรวจวิเคราะห์หลักฐานจากสถานที่เกิดเหตุ เช่น โครงกระดูก คราบเลือด เส้นผม ลายนิ้วมือ อาวุธ และสารเคมีต่าง ๆ เพื่อหาความเชื่อมโยงระหว่างผู้กระทำความผิด เหตุการณ์ และผู้เสียหาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล โดยอาศัยเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ เช่น การตรวจสอบสารพันธุกรรม การตรวจทางทันตกรรม และการวิเคราะห์โครง

กระตุก ทำให้สามารถใช้ระบุตัวบุคคลในกรณีที่ไม่สามารถระบุตัวลักษณะได้จากลักษณะภายนอก นอกจากนี้ ผลการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ประยุกต์ยังสามารถนำมาใช้เป็นพยานหลักฐานในกระบวนการพิจารณาคดีในศาล เพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล ลดความคลาดเคลื่อนจากการใช้พยานบุคคลเพียงอย่างเดียว

นิติวิทยาศาสตร์ประยุกต์สามารถแบ่งย่อยได้ ดังนี้

1. นิติวิศวกรรมศาสตร์ (Forensic engineering) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมวัสดุมาใช้ในการสืบสวน วิเคราะห์อุบัติเหตุและความล้มเหลวของโครงสร้างอาคาร เพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านกฎหมาย ส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ทางด้านการพิจารณาข้อพิพาททางแพ่ง เช่น การตรวจสอบอุบัติเหตุทางยานยนต์ การวิเคราะห์การพังทลายของโครงสร้าง การตรวจสอบความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครื่องจักร การประเมินความเสียหายในกรณีอัคคีภัยและการระเบิด เป็นต้น

2. นิติทันตวิทยา (Forensic odontology) เป็นการนำเอาความรู้ทางด้านทันตกรรมมาใช้ในการระบุเอกลักษณ์ของบุคคลและช่วยในงานสอบสวนคดีทางอาชญากรรม โดยการตรวจสอบฟันและโครงสร้างทางทันตกรรม เช่น การใช้โครงสร้างฟันที่พบในสถานที่เกิดเหตุเปรียบเทียบกับฟิล์มเอกซเรย์ หรือประวัติการรักษาฟันของบุคคลที่สูญหาย เพื่อช่วยในการระบุเอกลักษณ์บุคคล การวิเคราะห์รอยกัด (Bite mark analysis) การตรวจสอบอายุจากฟัน

3. นิติพิษวิทยา (Forensic toxicology) เป็นสาขาที่ศึกษาเกี่ยวกับสารเคมี สารพิษ แอลกอฮอล์ และยาเสพติดที่อาจมีผลต่อร่างกายของมนุษย์ โดยนักพิษวิทยาจะทำการตรวจสอบสารพิษในเลือด บัสสาวะ น้ำลาย เส้นผม หรือเนื้อเยื่อจากร่างกายของบุคคล เพื่อระบุว่าบุคคลได้รับสารชนิดใด ปริมาณเท่าใด และมีผลต่อร่างกายอย่างไร โดยเฉพาะในกรณีการเสียชีวิตที่สงสัยว่าเกี่ยวข้องกับสารพิษ การใช้ยาเกินขนาด หรือการวางยาพิษ ซึ่งผลการตรวจสามารถช่วยระบุสาเหตุและลักษณะของการเสียชีวิตในทางนิติเวช (Levine, 2013)

4. นิติพยาธิวิทยา (Forensic pathology) เป็นการศึกษาสาเหตุและกลไกของการเสียชีวิตโดยการชันสูตรศพ แพทย์นิติเวชจะตรวจสอบสภาพศพทั้งภายในและภายนอกเพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของร่างกายและระบุสาเหตุการเสียชีวิต (Matsches et al., 2019) เพื่อระบุสาเหตุการเสียชีวิต เช่น การถูกฆาตกรรม อุบัติเหตุ หรือการเสียชีวิตจากโรค นอกจากนี้ยังช่วยประมาณระยะเวลาการเสียชีวิตและตรวจหาหลักฐานของการบาดเจ็บ การถูกทำร้าย หรือการใช้สารพิษร่วมกับข้อมูลจากสาขาอื่น เช่น นิติพิษวิทยา เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ถูกต้องและครอบคลุม

5. นิติกีฏวิทยา (Forensic entomology) เป็นการศึกษาการใช้แมลงและสัตว์ขาข้อในการสืบสวนคดีทางกฎหมาย ซึ่งอาศัยความรู้ในด้านกีฏวิทยามาประยุกต์ใช้ในการสืบสวน โดยเฉพาะในกรณีการเสียชีวิตที่มีการเน่าเปื่อยและการหาข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาการเสียชีวิตของศพ (Joseph et al., 2011) เช่น การใช้ข้อมูลเกี่ยวกับระยะการเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลงในการประมาณระยะเวลาหลังการตายของศพ นอกจากนี้ชนิดของแมลงที่พบยังสามารถบ่งบอกสภาพแวดล้อม หรือสถานที่ที่ศพเคยอยู่ได้ เช่น ศพถูกเคลื่อนย้ายหรือไม่

6. นิติมานุษยวิทยา (Forensic anthropology) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านมานุษยวิทยาในการวิเคราะห์โครงกระดูกมนุษย์ หรือชิ้นส่วนกระดูกมนุษย์ เพื่อช่วยในการสืบสวนคดีอาชญากรรมและช่วยในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล ในทางนิติวิทยาศาสตร์จะนำมาใช้ในการพิสูจน์ อายุ เพศ ความสูง เชื้อชาติ โดยอาศัยลักษณะทางกายวิภาคของกระดูก เช่น การใช้กระดูกเชิงกรานและกะโหลกศีรษะในการจำแนกเพศ การใช้กระดูกและฟันในการประมาณอายุ (Du et al., 2025) การใช้กระดูกยาวในการประมาณความสูง (Radoinova et al., 2002) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ระบุร่องรอยการบาดเจ็บที่อาจเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตได้ เช่น รอยแตก รอยกระดูกหัก หรือร่องรอยจากอาวุธ รวมถึงการแยกแยะกระดูกที่พบว่าเป็นของสัตว์หรือของมนุษย์ ซึ่งนิติมานุษยวิทยามักถูกใช้ในการสืบสวนในคดีอาชญากรรม การพิสูจน์ศพนิรนาม การค้นหาผู้สูญหายและมักใช้ในกรณีที่มีเหตุการณ์ที่ทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก เช่น การเกิดภัยทางธรรมชาติ การเกิดสงคราม เหตุการณ์ไฟไหม้ เครื่องบินตก เป็นต้น ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้ต้องมีการระบุตัวผู้เสียชีวิตจำนวนมากและนิติมานุษยวิทยาจะช่วยให้สามารถจำกัดขอบเขตของบุคคลและสนับสนุนการระบุตัวบุคคลร่วมกับวิธีการอื่น เช่น การตรวจสอบสารพันธุกรรม

2. การตรวจพิสูจน์บุคคล (Human identification)

การพิสูจน์บุคคล หรือหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับบุคคล เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์และวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ เพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์ยืนยันตัวบุคคลในกรณีที่บุคคลเสียชีวิต หรือสูญหายและไม่สามารถระบุตัวบุคคลได้จากเอกลักษณ์ภายนอกได้ ซึ่งในบางกรณีอาจไม่เกี่ยวข้องกับการฆาตกรรมก็ได้ โดยการพิสูจน์บุคคลมักอาศัยข้อมูลจากบัตรประจำตัวประชาชน หนังสือเดินทาง หรือจากเศษชิ้นส่วนของศพ โครงกระดูก เศษชิ้นส่วนกระดูก เลือด หรือเนื้อเยื่อ รวมถึงสารคัดหลั่งจากร่างกายมนุษย์ที่หลงเหลืออยู่ เพื่อประเมินเพศ อายุ ความสูงและลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับชาติพันธุ์ หรือประชากรกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (Hall et al., 2012) รวมถึงการพิสูจน์บุคคลจากผู้ที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น การประเมินอายุผู้กระทำความผิด หรือผู้ต้องสงสัย (Wells & Olson, 2003) โดยในปัจจุบันมักมีการพบศพของบุคคลไม่ทราบชื่อในสภาพต่าง ๆ ทำให้เป็นปัญหาในการสืบสวนหาว่าศพที่พบเป็นของผู้ใดหรือแม้แต่กระทั่งการหาสาเหตุการเสียชีวิตของศพ ดังนั้นการตรวจพิสูจน์บุคคล หรือหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับบุคคลนี้จึงถือเป็นกระบวนการพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญในทางนิติวิทยาศาสตร์และสามารถช่วยในการสืบสวนสอบสวนคดี สามารถแบ่งประเภทได้ ดังนี้

2.1 ประเภทของการพิสูจน์บุคคล

2.1.1 การระบุตัวบุคคลแบบทั่วไป (General identification)

เป็นการระบุลักษณะพื้นฐานทางกายภาพของบุคคล หรือโครงกระดูกที่ตรวจพบ โดยอาศัยข้อมูลจากบุคคลรอบข้างหรือผู้ที่เคยพบเห็นผู้ตาย รวมทั้งการพิจารณาลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล เช่น รอยสัก แผลเป็น ข้อมูลทางทันตกรรม ตลอดจนเอกสารประจำตัวต่าง ๆ เช่น ใบขับขี่ บัตรประจำตัวประชาชน และหนังสือเดินทาง เป็นต้น (Krishan et al., 2016) การพิสูจน์บุคคลประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกข้อมูลพื้นฐานของบุคคล เช่น เพศ อายุ เชื้อชาติ และส่วนสูง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยจำกัดขอบเขตของบุคคลที่อาจเป็นเจ้าของร่าง ทำให้สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับบุคคลที่สูญหายได้ง่ายขึ้น การระบุบุคคลประเภทนี้มีความสำคัญอย่างมากโดยเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถระบุตัวตนของบุคคลได้โดยตรง เช่น ศพที่เน่าเปื่อย ถูกเผาไหม้ หรือเหลือเพียงโครงกระดูก นอกจากนี้หลักฐานที่พบในสถานที่เกิดเหตุยังสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางกายภาพเพื่อช่วยอธิบายสาเหตุของการเสียชีวิต อีกทั้งยังเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับข้อมูลบุคคลสูญหาย (Ubelaker, 2018) รวมถึงช่วยในการระบุตัวบุคคลในกระบวนการสืบสวนและกระบวนการยุติธรรม

2.2.2 การระบุตัวบุคคลแบบเปรียบเทียบ (Comparative identification)

เป็นการพิสูจน์บุคคลโดยการเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะของศพ หรือชิ้นส่วนมนุษย์ที่ตรวจพบกับข้อมูลของบุคคลที่คาดว่าจะเป็นผู้เสียชีวิต เพื่อยืนยันว่าเป็นบุคคล

เดียวกันหรือไม่ วิธีการที่นิยมใช้ ได้แก่ การเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือและการตรวจสอบสารพันธุกรรม ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะบุคคลและสามารถยืนยันตัวตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือถือเป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง เนื่องจากลายนิ้วมือมีรูปแบบเฉพาะตัวและคงอยู่ตลอดชีวิตของแต่ละบุคคล (Sumalatha et al., 2024) ส่วนการตรวจสอบสารพันธุกรรมสามารถนำสารพันธุกรรมจากศพ หรือโครงกระดูกที่พบไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลสารพันธุกรรม หรือนำไปเปรียบเทียบกับสารพันธุกรรมกับญาติของบุคคลที่สูญหาย (Butler, 2012) ซึ่งการพิสูจน์บุคคลประเภทนี้มีความแม่นยำและเฉพาะเจาะจงมากกว่าแบบทั่วไป เนื่องจากใช้ข้อมูลเฉพาะของบุคคลมาเปรียบเทียบโดยตรง วิธีการนี้มีบทบาทสำคัญในการระบุตัวผู้เสียชีวิตในคดีอาชญากรรม อุบัติเหตุ หรือเหตุการณ์ภัยพิบัติ รวมทั้งช่วยสนับสนุนกระบวนการยุติธรรมให้มีความถูกต้องและเป็นธรรมมากยิ่งขึ้น

2.2 การพิสูจน์บุคคลจากโครงกระดูก

ในปัจจุบันมีการพบศพ หรือโครงกระดูกของบุคคลที่ไม่ทราบชื่อในสภาพต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะในกรณีที่เกิดภัยพิบัติรุนแรง เช่น ในเหตุการณ์แผ่นดินไหว เหตุการณ์ระเบิด อุบัติเหตุทางเครื่องบิน หรือคดีอาญาที่ไม่สามารถระบุตัวบุคคลได้ด้วยวิธีทั่วไป ทำให้เป็นปัญหาในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งการพิสูจน์บุคคลในกรณีเช่นนี้จะต้องอาศัยข้อมูลทางชีวภาพ หรือโครงสร้างกายภาพจากร่างกายที่หลงเหลืออยู่ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของซากศพ โครงกระดูก หรือแม้แต่เศษชิ้นส่วนของกระดูก ในทางปฏิบัติการพิสูจน์บุคคลอาศัยองค์ประกอบหลัก 4 ประการ ได้แก่ การประเมินเพศ การประเมินอายุ การประเมินความสูงและการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะหรือชาติพันธุ์ โดยเฉพาะในการวิเคราะห์โครงกระดูกนั้นการจำแนกเพศและการประเมินความสูงถือเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่ช่วยจำกัดขอบเขตของการค้นหาบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น หากสามารถระบุได้ว่าโครงกระดูกที่พบเป็นชายไทย อายุประมาณ 30 ปี สูงประมาณ 170 เซนติเมตร ก็จะสามารถใช้ร่วมกับฐานข้อมูลบุคคลสูญหายในการตรวจสอบเอกลักษณ์ได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น (Christensen et al., 2014)

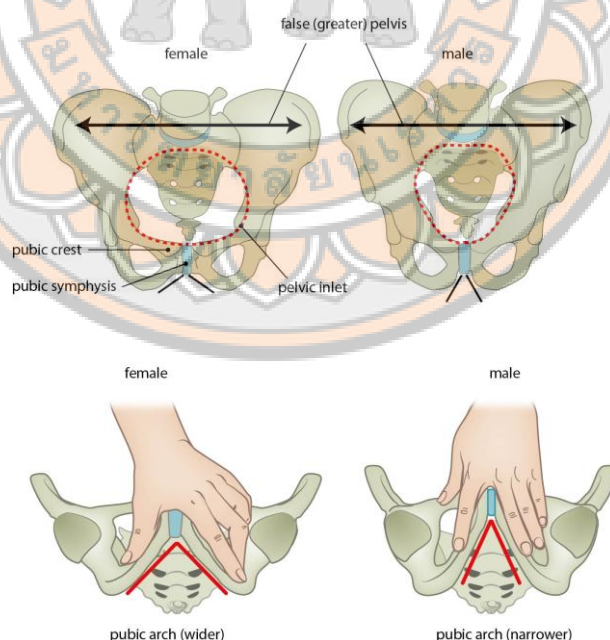
2.2.1 กระดูกที่นิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพศ

กระดูกสามารถนำมาใช้ในการจำแนกเพศได้เกือบทุกชิ้นในร่างกาย แต่ความแม่นยำจะแตกต่างกันออกไป ซึ่งกระดูกที่นิยมนำมาใช้ในการจำแนกเพศและมีความแม่นยำมากที่สุด คือ กระดูกเชิงกราน เนื่องจากในเพศหญิงมีหน้าที่หลักในการคลอดบุตรส่งผลให้ pelvic inlet ของกระดูกเชิงกรานในเพศหญิงมีรูปร่างเป็นวงกลมและมีลักษณะกว้างกว่าในเพศชาย ในขณะที่เพศชายมีรูปร่างคล้ายหัวใจและแคบกว่า โดย pelvic inlet มีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 79.7% (Etli et al., 2025) ส่วน subpubic angle ในเพศหญิงมีลักษณะที่กว้างกว่าในเพศชาย ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U-shaped) ในขณะที่เพศชายจะแคบกว่าในเพศหญิงและมีลักษณะเป็นรูปตัววี (V-shaped) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศมาเลเซียพบว่าค่าเฉลี่ย

ของ subpubic angle ในเพศหญิงมีค่าเฉลี่ย 87.4 องศา ในเพศชายมีค่าเฉลี่ย 68.6 องศา ซึ่งมีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 94% (Mohd Ali et al., 2020) รวมถึงรูปร่างของ greater sciatic notch ในเพศหญิงจะมีลักษณะที่กว้างกว่าในเพศชาย (Intasuwan et al., 2022) (ภาพที่ 1)

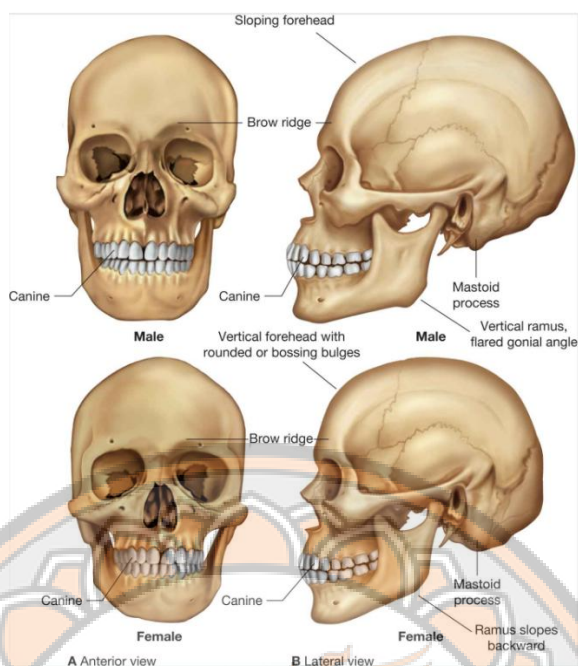
ส่วนกระดูกกะโหลกศีรษะก็สามารถนำมาใช้ในการแยกเพศได้และให้ความแม่นยำสูงไม่ต่างจากกระดูกเชิงกราน โดยมีความแม่นยำในการจำแนกเพศสูงถึง 94.0% – 96.7% (Nikita, 2019; Nikita & Michopoulou, 2018; Yang et al., 2019) ถ้าสังเกตลักษณะภายนอกด้วยตาเปล่าสามารถสังเกตได้ 5 จุดหลัก ๆ คือ (ภาพที่ 2)

1. กระดูกสันคิ้ว (Supraorbital ridge) หรือ brow ridge ในเพศชายจะมีลักษณะโหนกนูนมากกว่าในเพศหญิง
2. กระดูกขมับ (Temporal bone) บริเวณกระดูกทัดดอกไม้ (Mastoid process) ในเพศชายจะมีลักษณะใหญ่กว่าในเพศหญิง
3. กระดูกท้ายทอย (Occipital bone) บริเวณ external occipital protuberance ในเพศชายจะมีลักษณะเด่นนูนมากกว่าในเพศหญิง
4. กระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) บริเวณ ramus ในเพศชายจะมีลักษณะกว้างและเป็นมุมแหลม ส่วนในเพศหญิงจะแคบและมีมุมป้านกว่า
5. บริเวณคางในเพศชายจะมีรูปร่างเป็นเหลี่ยม ส่วนในเพศหญิงมีรูปร่างกลมมน



ภาพที่ 1 แสดงภาพความแตกต่างของกระดูกเชิงกรานระหว่างเพศชายและเพศหญิง

ที่มา: Steegers et al., 2019



ภาพที่ 2 แสดงภาพความแตกต่างของกระดูกกะโหลกศีรษะระหว่างเพศชายและเพศหญิง
ที่มา: Chegg, n.d.

2.2.2 กระดูกที่นิยมนำมาใช้ในการประมาณความสูง

กระดูกที่นิยมใช้ในการประมาณความสูงมากที่สุด ได้แก่ กระดูกยาว (Long bones) เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของร่างกาย โดยเฉพาะกระดูกต้นขา (Femur) (Chatterjee et al., 2020) ซึ่งถือเป็นกระดูกที่ให้ค่าประมาณความสูงที่แม่นยำที่สุด รองลงมา คือ กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) และกระดูกน่อง (Fibula) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของร่างกายและยังสามารถนำไปใช้ในกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์เพื่อช่วยในการระบุตัวบุคคลได้ (Mahakkanukrauh et al., 2011) นอกจากนี้กระดูกต้นแขน (Humerus) และกระดูกปลายแขน เช่น radius และ ulna ก็สามารถนำมาใช้ในการประมาณความสูงได้ (Boonthai et al., 2024; Phetnui et al., 2026; Radoinova et al., 2002) โดยเฉพาะในกรณีที่กระดูกต้นขา กระดูกหน้าแข้งและกระดูกน่องไม่สมบูรณ์ ในทางปฏิบัติการเลือกใช้กระดูกเพื่อประมาณความสูงขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของโครงกระดูกที่พบ หากมีกระดูกหลายชิ้น นักนิติมานุษยวิทยามักใช้หลายกระดูกร่วมกันเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการประมาณส่วนสูง (Ubelaker, 2018) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สมการควรคำนึงถึงปัจจัยด้านเพศ อายุ และกลุ่มประชากร เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกระดูกกับความสูงอาจแตกต่างกันในแต่ละประชากร การใช้สมการที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้ค่าประมาณมีความคลาดเคลื่อนได้

3. ระบบโครงร่างมนุษย์ (Human skeletal)

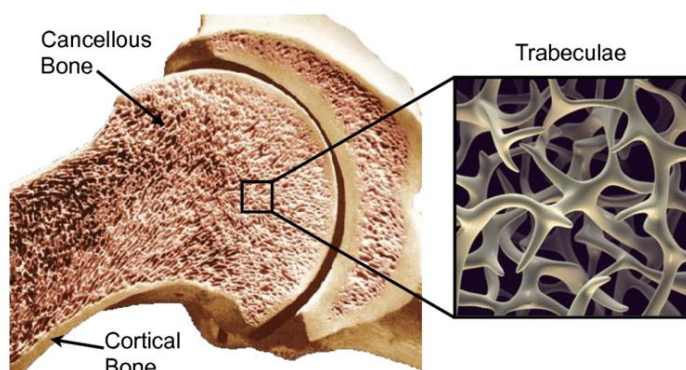
เป็นระบบโครงสร้างของกระดูกในร่างกายที่ยึดกันด้วยข้อต่อ ซึ่งข้อต่อจะประกอบด้วยกระดูก (Bone) กระดูกอ่อน (Cartilage) เอ็นยึดกระดูก (Ligament) และกล้ามเนื้อ (Muscle) ซึ่งกระดูกมีหน้าที่สำคัญ คือ ค้ำจุนโครงสร้างของร่างกาย ทำให้ร่างกายคงรูปร่างอยู่ได้ รองรับอวัยวะต่าง ๆ ให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ป้องกันอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย โดยเฉพาะอวัยวะภายใน (Internal organ) จากการกระทบกระเทือน เช่น กระโหลกศีรษะป้องกันอันตรายให้กับสมอง กระดูกซี่โครงและกระดูกอกช่วยป้องกันอันตรายให้กับปอดและหัวใจ เป็นต้น รวมถึงเป็นจุดยึดเกาะของกล้ามเนื้อทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและยังทำหน้าที่เป็นแหล่งสร้างเม็ดเลือด (Hemopoiesis) ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เกร็ดเลือด ซึ่งเซลล์เหล่านี้สร้างจากไขกระดูกแดง (Red bone marrow) รวมถึงเป็นแหล่งสำรอง หรือสะสมแคลเซียม ฟอสฟอรัส นอกจากนี้ยังมีไขกระดูกเหลืองที่เป็นแหล่งสะสมเซลล์ไขมันไว้ใช้เมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงาน หรือสามารถเปลี่ยนกลับมาสร้างเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดงและเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ในภาวะที่ร่างกายเสียเลือดมาก ซึ่งกระดูกประกอบด้วยเซลล์กระดูก ฝักรวมแคลเซียม และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (คอลลาเจนชนิดที่ 1) ทำให้กระดูกมีความยืดหยุ่น ทนต่อแรงดึงและให้ความแข็งแรง โดยเนื้อกระดูกมีการสะสมแคลเซียมไว้มากทำให้กระดูกมีคุณสมบัติที่แข็งและมีการจัดเรียงตัวอยู่ 2 แบบ ดังนี้ (ภาพที่ 3)

1. กระดูกแข็ง (Cortical bone)

เป็นกระดูกที่มีเนื้อแน่นคิดเป็น 80% ของกระดูกทั้งหมด (Almeida et al., 2017) พบได้ที่บริเวณชั้นนอกของกระดูกยาวและกระดูกแบน ประกอบด้วย Periosteum เป็นโครงสร้างที่หุ้มอยู่ด้านนอกสุดของกระดูก มีเส้นใยคอลลาเจนที่ยึดให้เยื่อหุ้มกระดูกติดกับกระดูก เรียกว่า Sharpey's fiber ถัดเข้ามาด้านในจะพบเยื่อหุ้มกระดูกชั้นใน เรียกว่า Endosteum และด้านในมีโครงสร้างสำคัญที่เรียกว่า Osteon หรือ Haversian system (ภาพที่ 4) แต่ละ Osteon ประกอบด้วย Haversian canal เป็นท่ออยู่ตรงกลางและรอบท่อจะมีการจัดเรียงตัวเป็นชั้น ๆ เรียกว่า Concentric lamellae และแต่ละชั้นจะมีแอ่ง เรียกว่า Lacuna ภายในแอ่งเป็นที่อยู่ของเซลล์กระดูกที่แก่แล้ว (Osteocyte) และมีท่อสำหรับส่งหลอดเลือดเข้าไปเลี้ยงภายในกระดูกและเชื่อมต่อแต่ละ Haversian canal เรียกว่า Volkman's canal หรือ Perforating canal

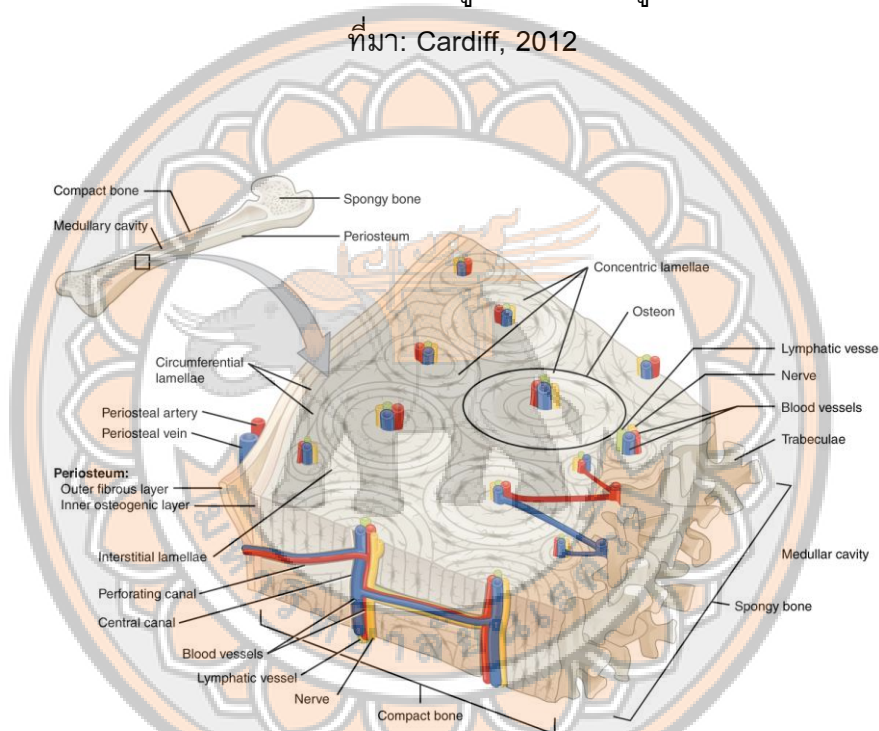
2. กระดูกฟองน้ำ (Spongy bone หรือ Cancellous bone หรือ Trabecular bone)

เป็นกระดูกที่มีลักษณะเหมือนฟองน้ำคิดเป็น 20% ของกระดูกทั้งหมด พบที่บริเวณชั้นในของกระดูกยาวและกระดูกแบน ประกอบด้วยแผ่นกระดูกบาง ๆ ที่เรียกว่า Trabeculae ระหว่าง trabeculae จะมีช่องว่าง เรียกว่า Marrow cavity ซึ่งเป็นที่อยู่ของไขกระดูก



ภาพที่ 3 แสดงภาพกระดูกแข็งและกระดูกฟองน้ำ

ที่มา: Cardiff, 2012



ภาพที่ 4 แสดงภาพ Haversian system

ที่มา: LibreTexts, n.d.

ส่วนเซลล์กระดูกมี 4 ชนิด ได้แก่

1. Osteoprogenitor หรือ Mesenchymal stem cell เป็นเซลล์ต้นกำเนิดของกระดูก มักพบบริเวณกระดูกแข็งใกล้กับเยื่อหุ้มกระดูก เมื่อเซลล์นี้ถูกกระตุ้นจะเปลี่ยนไปเป็นเซลล์สร้างกระดูก

2. Osteoblast เป็นเซลล์สร้างกระดูกและตัวเซลล์มีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่สร้าง Osteoid ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของเนื้อกระดูก แต่ยังไม่มีการเชื่อมเข้ามาสะสม

3. Osteocyte เป็นเซลล์ที่เจริญและเปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์กระดูก พบได้บริเวณ Lacuna ทำหน้าที่ให้สารอาหาร บำรุงและรักษาเนื้อกระดูก รวมถึงช่วยควบคุมปริมาณ แคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด

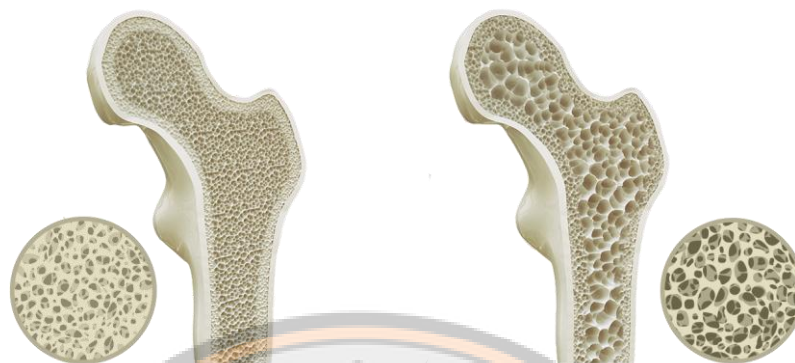
4. Osteoclast เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ หลายนิวเคลียส พบที่บริเวณผิวกระดูก ทำหน้าที่สลายและปรับแต่งกระดูกและทำลายเนื้อกระดูกที่เสื่อมสภาพแล้ว รวมถึงช่วยควบคุมปริมาณ แคลเซียมและฟอสฟอรัสในเลือด

เซลล์ทั้งสี่เซลล์นี้จะทำงานร่วมกัน โดยเฉพาะ osteoclasts และ osteoblasts ทำให้เกิดการสร้างและสลายกระดูก เพื่อให้กระดูกตอบสนองต่อแรงกดทับและสรีรวิทยาของร่างกายที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุ เรียกกระบวนการนี้ว่ากระบวนการปรับโครงสร้างกระดูก (Bone remodeling) ซึ่งเกิดขึ้นต่อเนื่องตลอดช่วงชีวิต (Rowe et al., 2023) โดยฮอร์โมนหลักที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและการคงสภาพของกระดูก ได้แก่ พาราไทรอยด์ฮอร์โมน (Parathyroid hormone: PTH) แคลซิโทนิน (Calcitonin) โกรทฮอร์โมน (Growth hormone: GH) เอสโตรเจนฮอร์โมน (Estrogen) และเทสโทสเตอโรนฮอร์โมน (Testosterone) โดยกระบวนการปรับโครงสร้างกระดูก หรือ Bone remodeling จะเกิดมากสุดในช่วงวัยเด็กจนถึงวัยรุ่นและจะเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์

อย่างไรก็ตามเมื่ออายุมากขึ้น หรือเข้าสู่วัยชรามวลกระดูกจะลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียว โดยอัตราการสูญเสียมวลกระดูก 70% เป็นกระดูกแข็งและ 30% เป็นกระดูกฟองน้ำ (Seeman, 2013) เนื่องจากเมื่อเพศหญิงเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน (Menopause) การทำงานของรังไข่จะลดลง ส่งผลให้ฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนในเพศชายเมื่ออายุมากขึ้นจะส่งผลให้กลุ่มฮอร์โมนเพศชาย (Androgen hormone) ค่อย ๆ ลดลงตามอายุ เนื่องจากเอสโตรเจนและแอนโดรเจนมีบทบาทสำคัญในการรักษามวลกระดูกและชะลออัตราการเกิด Bone remodeling ดังนั้นเมื่อระดับฮอร์โมนเหล่านี้ลดลง จึงส่งผลให้จำนวน Osteoclasts เพิ่มขึ้น ขณะที่ Osteoblasts ลดลง ทำให้อัตราการสลายกระดูกสูงกว่าการสร้างกระดูก ส่งผลให้มวลกระดูกลดลงอย่างรวดเร็วและเกิดการเพิ่มขึ้นของความพรุนในกระดูกชั้นนอก (Cortical porosity) รวมถึงการสูญเสียมวลกระดูกในส่วนของกระดูกฟองน้ำ ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกพรุน (Osteoporosis) โดยเฉพาะในเพศหญิงที่อยู่ในช่วงวัยหมดประจำเดือน (Almeida et al., 2017) (ภาพที่ 5) ซึ่งมีรายงานว่า 20% ของผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 50 ปี และประมาณ 30% ของผู้หญิงที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป มีภาวะเป็นโรคกระดูกพรุน อีกทั้งยังมีผู้หญิงประมาณ 40% ในวัยหมดประจำเดือนที่พบว่ามวลกระดูกที่ลดลง (Walker & Shane, 2023) และมีการคาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ.2030 จะมีผู้ป่วยที่กระดูกหักจากโรคกระดูกพรุนเพิ่มขึ้นอีก 50% (Subarajan et al., 2024)

NORAML

OSTEOPOROSIS



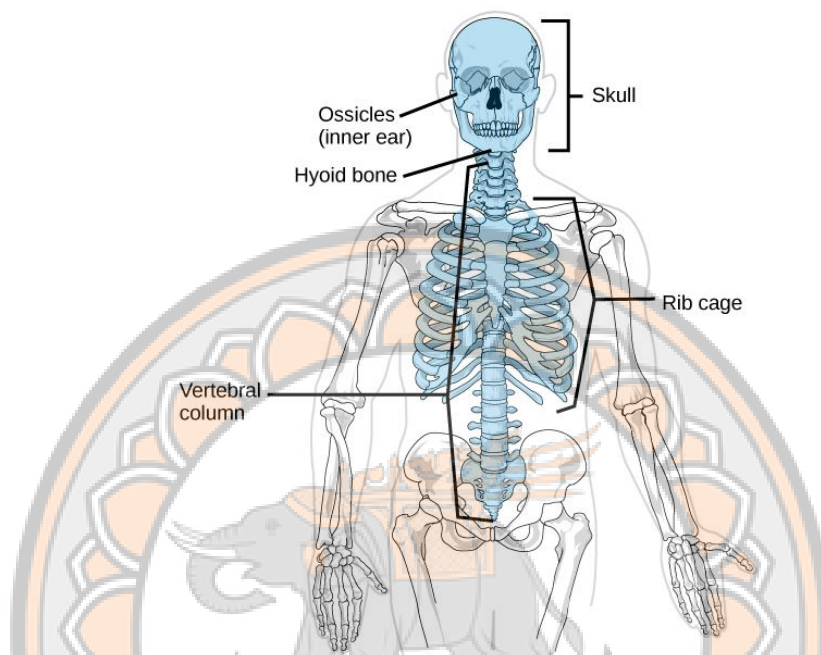
ภาพที่ 5 แสดงภาพกระดูกพรุน

ที่มา: Monica Amin, 2022

โดยในร่างกายมนุษย์เมื่อแรกเกิดจะมีกระดูกประมาณ 270 ชิ้น เมื่อร่างกายโตขึ้นกระดูกบางส่วนจะรวมเป็นชิ้นเดียวกัน เช่น กระดูกก้นกบ (Sacrum) ที่ในตอนเด็กจะมี 5 ชิ้น เมื่อโตขึ้นกระดูกจะเชื่อมต่อกันเป็น 1 ชิ้น และเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่จะมีกระดูกทั้งหมด 206 ชิ้น คิดเป็น 20% ของน้ำหนักร่างกาย ซึ่งการเจริญเติบโตของกระดูกในเพศหญิงนั้นจะเจริญตั้งแต่วัยเด็กจนถึงอายุประมาณ 18 ปี ส่วนในเพศชายจะเจริญตั้งแต่วัยเด็กจนถึงอายุประมาณ 21 ปี โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระดูกในแต่ละเพศ หรือในแต่ละบุคคลให้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป คือ พันธุกรรม โภชนาการ ฮอร์โมน การออกกำลังกาย กิจกรรมประจำวัน การนอนหลับ เป็นต้น โดยกระดูกในร่างกายของมนุษย์สามารถจำแนกตามตำแหน่งของกระดูกได้ดังนี้

3.1 ประเภทของกระดูกที่จำแนกตามตำแหน่งที่อยู่

3.1.1 กระดูกแกนกลาง (Axial skeleton) เป็นกระดูกแกนกลางลำตัวในผู้ใหญ่จะมีจำนวน 80 ชิ้น ซึ่งวางตัวในแนวแกนกลางของลำตัว ได้แก่ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แสดงกระดูกแกนกลาง

ที่มา: Lumen Learning, n.d.

1. กะโหลกศีรษะ (Skull) มีทั้งหมด 22 ชิ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.1 กระดูกหุ้มสมอง (Cranial bones) ทำหน้าที่ห่อหุ้มและป้องกัน
อันตรายแก่สมอง ประกอบด้วย

- กระดูกหน้าผาก (Frontal bone) 1 ชิ้น
- กระดูกข้างขม่อม (Parietal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกขมับ (Temporal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกท้ายทอย (Occipital bone) 1 ชิ้น
- กระดูกรูปผีเสื้อ (Sphenoid bone) 1 ชิ้น
- กระดูกเอทมอยด์ (Ethmoid bone) 1 ชิ้น

1.2 กะโหลกใบหน้า (Facial bones) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างกระดูก
ใบหน้า ประกอบด้วย

- กระดูกขากรรไกรบน (Maxilla) 2 ชิ้น
- กระดูกขากรรไกรล่าง (Mandible) 1 ชิ้น

- กระดูกโหนกแก้ม (Zygomatic bone) 2 ชิ้น
- กระดูกจมูก (Nasal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกแอ่งน้ำตา (Lacrimal bone) 2 ชิ้น
- กระดูกเพดานปาก (Palatine bone) 2 ชิ้น
- กระดูกแผ่นกั้นกลางจมูก (Vomer) 1 ชิ้น
- กระดูกจมูกส่วนล่าง (Inferior nasal concha) 2 ชิ้น

2. กระดูกหู (Ear ossicles) จำนวน 6 ชิ้น เป็นกระดูกที่มีขนาดเล็กที่สุดในร่างกายมนุษย์ ทำหน้าที่นำเสียงจากแก้วหูเข้าไปยังหูชั้นใน ประกอบด้วย

- กระดูกค้อน (Malleus) 2 ชิ้น
- กระดูกทั่ง (Incus) 2 ชิ้น
- กระดูกโกลน (Stapes) 2 ชิ้น

3. กระดูกโคนลิ้น หรือกระดูกไฮอยด์ (Hyoid bone) จำนวน 1 ชิ้น เป็นกระดูกขนาดเล็กที่มีลักษณะเฉพาะรูปตัว U หรือเกือกม้า อยู่บริเวณคอส่วนหน้า ระหว่างขากรรไกรล่างกับกระดูกกล่องเสียง

4. กระดูกอก (Sternum) จำนวน 1 ชิ้น อยู่บริเวณกึ่งกลางด้านหน้าของทรวงอก โครงสร้างกระดูกอกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนบน (Manubrium) ส่วนลำตัว (Body) และส่วนปลายหรือกระดูกลิ้นปี (Xiphoid process)

5. กระดูกซี่โครง (Rib) จำนวน 24 ชิ้น หรือ 12 คู่ ทำหน้าที่เป็นจุดยึดเกาะของกล้ามเนื้อและทำงานร่วมกับกระดูกอก เพื่อช่วยในการหายใจ ปกป้องหัวใจและปอด เชื่อมต่อกับกระดูกสันหลังด้านหลังและบางส่วนเชื่อมต่อกับกระดูกอกด้านหน้าผ่านกระดูกอ่อนซี่โครง (Costal cartilage) กระดูกซี่โครงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

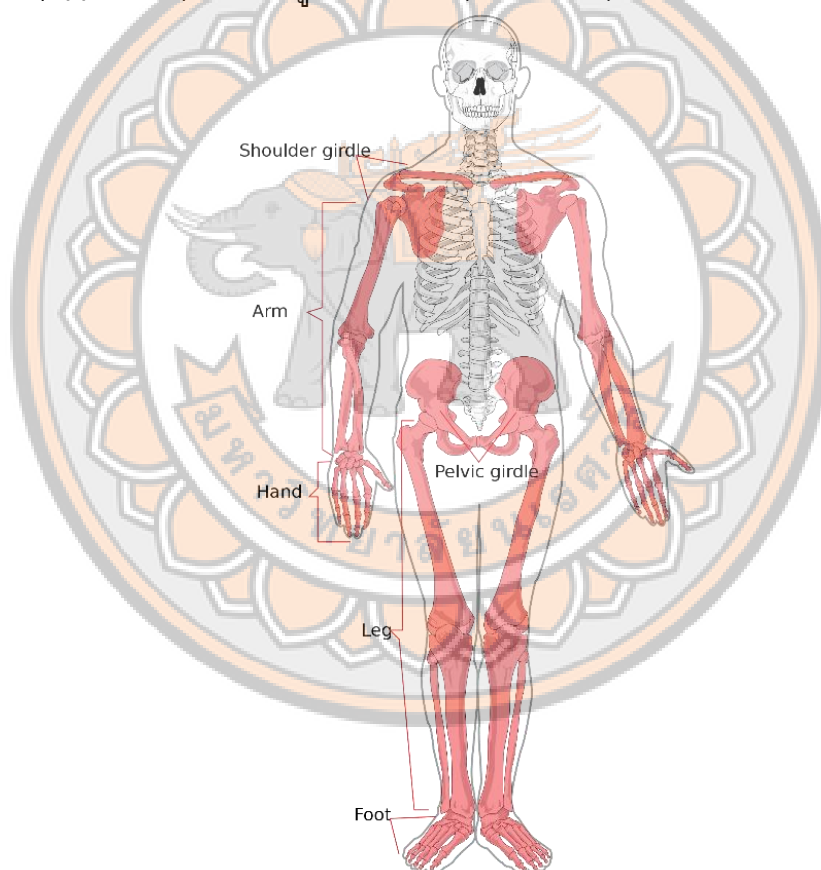
- ซี่โครงแท้ (True ribs) จำนวน 7 คู่
- ซี่โครงเทียม (False ribs) จำนวน 3 คู่
- ซี่โครงลอย (Floating ribs) จำนวน 2 คู่

6. กระดูกสันหลัง (Vertebral column) จำนวน 26 ชิ้น ทำหน้าที่ค้ำจุนและรองรับน้ำหนักของร่างกาย รวมถึงเป็นที่อยู่ของไขสันหลัง (Spinal cord) ประกอบด้วย

- กระดูกสันหลังส่วนคอ (Cervical) จำนวน 7 ชิ้น
- ส่วนอก (Thoracic) จำนวน 12 ชิ้น

- ส่วนเอว (Lumbar) จำนวน 5 ชั้น
- กระดูกกระเบนเหน็บ (Sacrum) 1 ชั้น ซึ่งเกิดจากการเชื่อมรวมกันของกระดูก 5 ชั้น
- กระดูกก้นกบ (Coccyx) 1 ชั้น ซึ่งเกิดจากการเชื่อมรวมกันของกระดูก 3 - 5 ชั้น

3.1.2 กระดูกกรยางค์ (Appendicular skeleton) เป็นกระดูกที่ยื่นออกมาจากกระดูกแกนกลาง ในผู้ใหญ่จะมีทั้งหมด 126 ชิ้น (ภาพที่ 7) ทำหน้าที่ยึดต่อกับกระดูกแกนกลาง และช่วยในการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งกระดูกกรยางค์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ กระดูกกรยางค์บน (Upper limb) และกระดูกกรยางค์ล่าง (Lower limb)



ภาพที่ 7 แสดงกระดูกกรยางค์
ที่มา: Wikipedia contributors, n.d.

1. กระดูกกรยางค์บน (Upper limb) มี 64 ชิ้น แบ่งได้ดังนี้

1.1 กระดูกไหปลาร้า (Pectoral girdle) มี 4 ชิ้น ประกอบด้วย

- กระดูกไหปลาร้า (Clavicle) 2 ชิ้น

- กระดูกสะบัก (Scapula) 2 ชิ้น

1.2 กระดูกแขนและมือ มี 6 ชิ้น ประกอบด้วย

- กระดูกต้นแขน (Humerus) 2 ชิ้น

- กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) 2 ชิ้น

- กระดูกปลายแขนท่อนนอก (radius) 2 ชิ้น

1.3 กระดูกข้อมือ (Carpal bone) มีข้างละ 8 ชิ้น รวมเป็น 16 ชิ้น กระดูกข้อมือ ประกอบด้วยกระดูกเล็ก ๆ ที่มีรูปทรงแตกต่างกัน 8 ชิ้น เรียงตัวกันเป็นแถวแนวนอน 2 แถว โดยแถวบน (Proximal row) เชื่อมต่อกับกระดูกปลายแขนท่อนในและท่อนนอกเกิดเป็นข้อต่อที่เรียกว่า ข้อมือ (Wrist joint) ส่วนแถวล่าง (Distal row) เชื่อมต่อกับกระดูกฝ่ามือ

- กระดูกรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่ขนานหรือด้านไม่เท่า (Trapezium)

- กระดูกรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoid)

- กระดูกศูนย์กลาง (Capitate)

- กระดูกรูปขอ (Hamate)

- กระดูกรูปเรือ (Scaphoid)

- กระดูกรูปจันทร์เสี้ยว (Lunate)

- กระดูกรูปสามเหลี่ยม (Triquetrum)

- กระดูกรูปเมล็ดถั่ว (Pisiform)

1.4 กระดูกฝ่ามือ (Metacarpal bone) มีข้างละ 5 ชิ้น รวมเป็น 10 ชิ้น กระดูกฝ่ามือเป็นกระดูกยาว 5 ชิ้น โดยด้านบน (Proximal end) เชื่อมต่อกับกระดูกข้อมือแถวล่าง ส่วนด้านล่าง (Distal end) เชื่อมต่อกับกระดูกนิ้วมือ

1.5 กระดูกนิ้วมือ (Phalange) มีข้างละ 14 ชิ้น รวม 28 ชิ้น แต่ละนิ้วประกอบด้วยกระดูกนิ้วมือ 3 ชิ้น ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือที่มีเพียง 2 ชิ้น

- กระดูกนิ้วมือท่อนต้น (Proximal phalange)

- กระดูกนิ้วมือท่อนกลาง (Middle phalange) โดยนิ้วหัวแม่มือไม่มีกระดูกชิ้นนี้

- กระดูกนิ้วมือท่อนปลาย (Distal phalange)

2. กระดูกขาค้างล่าง (Lower limb) มีทั้งหมด 62 ชิ้น แบ่งได้ดังนี้

2.1 กระดูกโอบเชิงกราน (Pelvic girdle) 2 ชิ้น ประกอบด้วย

- กระดูกสะโพก (Hip bone) 2 ชิ้น

2.2 กระดูกขาค้างล่าง (Lower limb) มี 60 ชิ้น ประกอบด้วย

- กระดูกต้นขา (Femur) 2 ชิ้น เป็นกระดูกที่ยาวที่สุดในร่างกายมนุษย์

- กระดูกสะบ้า (Patella) 2 ชิ้น กระดูกสะบ้าเป็นส่วนหนึ่งของข้อเข่า (Knee joint) โดยเชื่อมกับปลายล่างของกระดูกต้นขา มีหน้าที่หลักในการป้องกันการกระแทกที่หัวเข่าและช่วยในการเหยียดขาและงอขา

- กระดูกแข้ง (Tibia) 2 ชิ้น

- กระดูกน่อง (Fibula) 2 ชิ้น

- กระดูกข้อเท้า (Tarsal bone) มีข้างละ 7 ชิ้น รวม 14 ชิ้น กระดูกข้อเท้าอยู่ในส่วนหลังของเท้า ประกอบด้วยกระดูกที่มีรูปทรงแตกต่างกัน 7 ชิ้นยึดกันด้วยพังผืด โดยมีกระดูกเพียง 1 ชิ้น คือ กระดูกข้อเท้าหรือกระดูกข้อต่อตาตุ่ม (Talus) เชื่อมต่อกับกระดูกแข้งและกระดูกน่องเกิดเป็นข้อต่อที่เรียกว่าข้อเท้า (Ankle joint) และมีกระดูกสันเท้า (Calcaneus) เป็นส่วนที่ลงน้ำหนัก หรือสัมผัสกับพื้นในท่ายืนและมีกระดูกบางชิ้นเชื่อมต่อกับกระดูกฝ่าเท้า กระดูกข้อเท้าทั้ง 7 ชิ้นมีชื่อดังนี้

- กระดูกสันเท้า (Calcaneus)

- กระดูกข้อเท้าหรือกระดูกข้อต่อตาตุ่ม (Talus)

- กระดูกรูปเรือ (Navicular)

- กระดูกคิวบอยด์ (Cuboid)

- กระดูกคิวนิฟอร์มด้านใน (First cuneiform)

- กระดูกคิวนิฟอร์มชั้นกลาง (Second cuneiform)

- กระดูกคิวนิฟอร์มด้านนอก (Third cuneiform)

- กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal bone) มีข้างละ 5 ชิ้น รวมเป็น 10 ชิ้น กระดูกฝ่าเท้าประกอบด้วยกระดูกยาว 5 ชิ้น โดยด้านบน หรือด้านใกล้ตัวเชื่อมต่อกับกระดูกข้อเท้า ส่วนด้านล่าง หรือด้านไกลตัวเชื่อมต่อกับกระดูกนิ้วเท้า

- กระดูกนิ้วเท้า (Phalange) มีข้างละ 14 ชิ้น รวมเป็น 28 ชิ้น นิ้วเท้าแต่ละนิ้วประกอบด้วยกระดูกนิ้วเท้า 3 ชิ้น ยกเว้นนิ้วโป้งเท้าที่มีเพียง 2 ชิ้น กระดูกนิ้วเท้ามีชื่อเรียกตามตำแหน่ง ดังนี้

- กระดูกนิ้วเท้าท่อนต้น (Proximal phalange)

- กระดูกนิ้วเท้าท่อนกลาง (Middle phange) โดยนี้ได้เป็นทักไม่มี

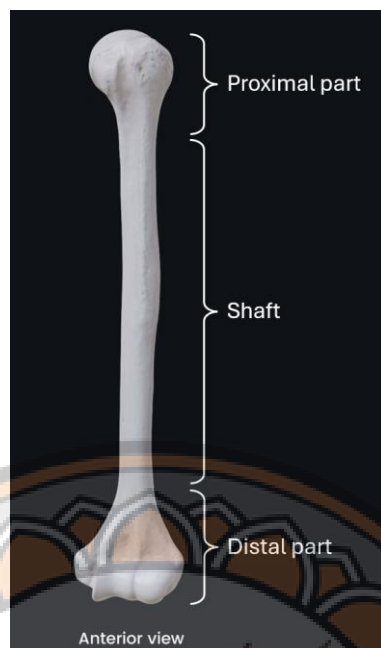
กระดูกชิ้นนี้

- กระดูกนิ้วเท้าท่อนปลาย (Distal phalange)

4. ลักษณะทางกายวิภาคของกระดูกต้นแขน (Humerus)

กระดูกต้นแขน (Humerus) เป็นกระดูกที่ยาวและใหญ่ที่สุดของกระดูกยางค์บน (Upper limb) มีบทบาทเป็นกระดูกหลักของแขนท่อนบน โดยวางตัวอยู่ระหว่างข้อไหล่และข้อศอก ทำหน้าที่เชื่อมต่อและรองรับกล้ามเนื้อจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของแขน บริเวณส่วนหัวของกระดูกต้นแขนจะเชื่อมต่อกับกระดูกสะบัก (Scapular) ผ่านทางข้อต่อไหล่ที่มีเอ็นหุ้มข้อ (Joint capsule) และมีเอ็นยึด (Glenohumeral ligaments) ซึ่งเป็นข้อต่อชนิดบอลล์แอนด์ซ็อกเก็ต (Ball-and-socket joint) ที่มีความยืดหยุ่นสูง รวมถึงมีกล้ามเนื้อกลุ่ม rotator cuff ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 4 มัด ได้แก่ supraspinatus, infraspinatus, teres minor และ subscapularis ทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความมั่นคงของข้อไหล่ พร้อมทั้งส่งเสริมการเคลื่อนไหวของแขนให้กว้างและทำให้เคลื่อนไหวได้หลากหลายทิศทาง ส่วนบริเวณด้านปลายของกระดูกต้นแขนจะเชื่อมต่อกับกระดูกปลายแขน ได้แก่ กระดูกปลายแขนท่อนใน (Ulna) และกระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radius) ผ่านทางข้อต่อข้อศอก ซึ่งเป็นข้อต่อชนิดบานพับ (Hinge joint) ที่สามารถทำการงอและเหยียด (Flexion–extension) ของข้อศอกได้ รวมถึงข้อต่อเรดิโออัลนา (Radioulnar joints) ในการคว่ำและหงายปลายแขน (Pronation–supination) นอกจากนี้พื้นผิวด้านต่าง ๆ ของกระดูกต้นแขนยังเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ จากหลายบริเวณ เช่น กล้ามเนื้อหัวไหล่ แขนท่อนบน และปลายแขน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวแขนในลักษณะต่าง ๆ เช่น การยก หมุน งอ เหยียด รวมถึงการควบคุมข้อมือและมือ โดยกระดูกต้นแขนเป็นกระดูกยาวชิ้นหนึ่งในร่างกายที่มีความยาวมากในทางกายวิภาคศาสตร์จึงแบ่งส่วนของกระดูกต้นแขนออกเป็น 3 ส่วน (ภาพที่ 8) ซึ่งได้แก่

1. ส่วนหัวกระดูก (Head of humerus หรือ Proximal part)
2. ส่วนกลางกระดูก (Shaft หรือ Body)
3. ส่วนปลายกระดูก (Distal part)



ภาพที่ 8 แสดงการแบ่งส่วนของกระดูกต้นแขน
ดัดแปลงจาก: Anatomy.app, n.d.

1. ส่วนหัวกระดูก (Head of humerus หรือ Proximal part) (ภาพที่ 9) เป็นบริเวณส่วนต้นของกระดูกต้นแขน มีลักษณะกลมมน หรือมีรูปร่างคล้ายครึ่งวงกลม มีพื้นผิวเรียบและถูกปกคลุมด้วยกระดูกอ่อนไฮยาลิน (Hyaline cartilage) ที่ทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างกระดูก ซึ่งออกแบบมาเพื่อให้เชื่อมต่อกับกระดูกสะบัก (Scapula) ที่บริเวณเบ้ากระดูกสะบัก (Glenoid fossa) ด้วยข้อต่อที่เรียกว่า ข้อต่อไหล่ (Glenohumeral joint หรือ Shoulder joint) ซึ่งเป็นข้อต่อชนิดบอลล์แอนด์ซ็อกเก็ต (Ball-and-socket joint) ทำให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระและสามารถเคลื่อนไหวได้กว้างที่สุดในร่างกาย เช่น การงอแขน (Flexion) การเหยียดแขน (Extension) การกางแขน (Abduction) การหุบแขน (Adduction) รวมถึงการหมุนแขน (Rotation) ถัดลงมาจากส่วนหัวกระดูกต้นแขนจะมีลักษณะคอดและบวมลงเล็กน้อย เรียกแนวคอดนี้ว่า คอกระดูกเชิงกายวิภาค (Anatomical neck) ซึ่งทำหน้าที่เป็นขอบเขตของข้อต่อไหล่ โดยแยกส่วนหัวของกระดูกออกจากส่วนลำตัวของกระดูกต้นแขนและเป็นตำแหน่งที่เชื่อมต่อกับเยื่อหุ้มข้อไหล่ (Articular capsule)

ส่วนหัวของกระดูกต้นแขนนี้ยังมีปุ่มที่ยื่นออกมาอีกสองปุ่ม ได้แก่ ปุ่มใหญ่และปุ่มเล็ก โดยปุ่มใหญ่ของกระดูกต้นแขน (Greater tubercle) อยู่ด้านนอกของกระดูกต้นแขน ทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อหลายมัด เช่น supraspinatus, infraspinatus และ teres minor ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกล้ามเนื้อ rotator cuff ส่วนปุ่มเล็กของกระดูกต้นแขน (Lesser tubercle) อยู่ด้านหน้าของกระดูกต้นแขน ทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ subscapularis และเป็นทางผ่านของ transverse humeral ligament ระหว่างปุ่มทั้งสองนี้จะมีร่องลึกเรียกว่า ร่องระหว่าง

ปุ่ม (Intertubercular sulcus หรือ Bicipital groove) โดยร่องนี้เกิดจากขอบสองด้าน ได้แก่ ขอบด้านข้าง (Lateral lip) ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ pectoralis major และขอบด้านใน (Medial lip) ทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ teres major และร่องระหว่างปุ่มนี้ยังเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ latissimus dorsi และเป็นทางผ่านของเส้นเอ็นของกล้ามเนื้อ biceps brachii (Long head) และ anterior circumflex humeral artery ถัดลงมาจาก tubercles นี้จะมีแนวคอดที่เรียกว่า คอกระดูกเชิงศัลยกรรม (Surgical neck) ซึ่งเป็นบริเวณที่พบการแตกหักบ่อยที่สุดของกระดูกต้นแขน โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ และยังเป็นบริเวณใกล้กับเส้นเลือดและเส้นประสาทสำคัญ เช่น axillary nerve และ posterior circumflex humeral artery



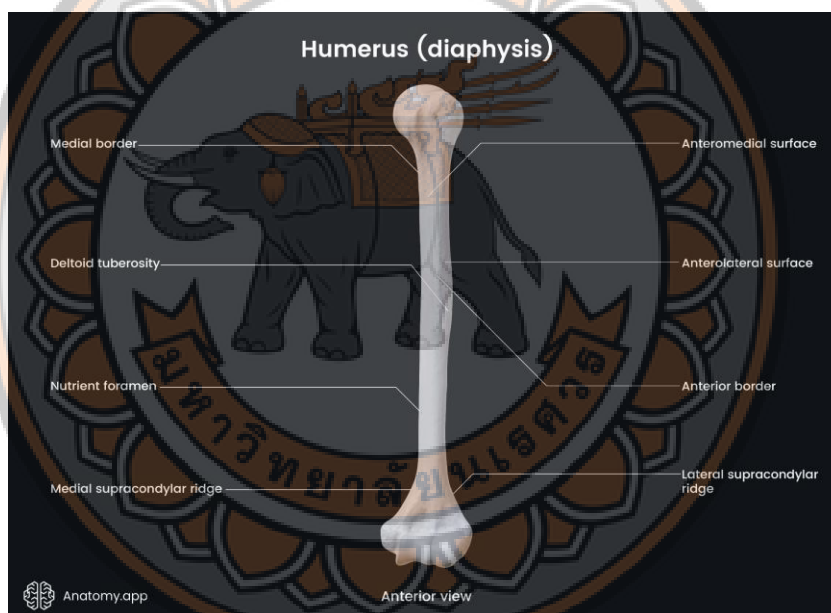
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะพื้นฐานส่วนหัวของกระดูกต้นแขน
ที่มา: Anatomy.app, n.d.

2. ส่วนกลางกระดูก (Shaft หรือ Body) เป็นส่วนกลางของกระดูกต้นแขนมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกในส่วนต้น และจะเริ่มแบนลงคล้ายรูปสามเหลี่ยมในส่วนล่าง หน้าที่ของส่วนนี้เป็นโครงสร้างหลักในการรับแรงและส่งแรงจากหัวไหล่ไปยังข้อศอก เมื่อตัดส่วนกลางของกระดูกต้นแขนตามแนวขวางจะพบว่ากระดูกต้นแขนส่วนนี้จะมีลักษณะคล้ายสามเหลี่ยม โดยจะมีพื้นผิว 3 ด้าน คือ

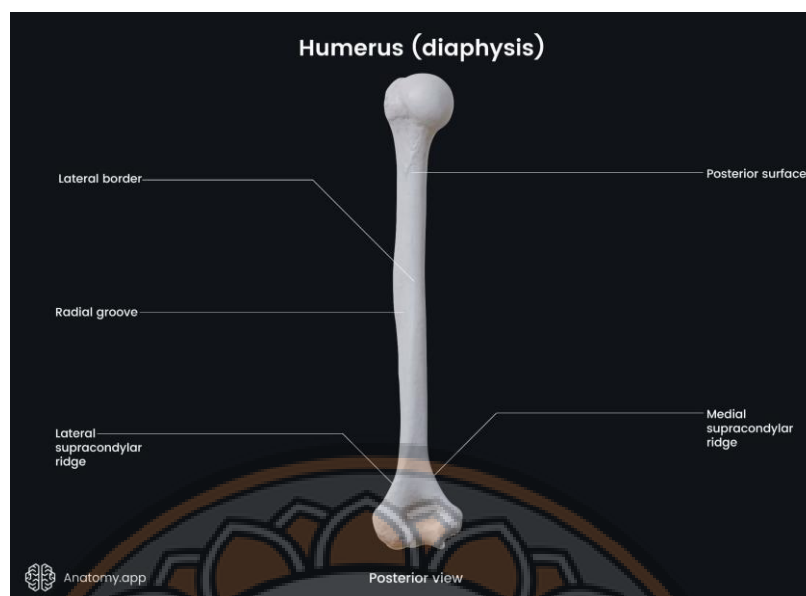
1. พื้นผิวด้านหน้าเฉียงออกด้านนอก (Anterolateral surface) บริเวณนี้มีพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบในช่วงบนและจะหยาบขึ้นที่บริเวณส่วนตรงกลางของกระดูก มีปุ่มนูนทางด้านนอก เรียกว่า deltoid tuberosity ซึ่งเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ deltoid รวมถึงเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ brachialis ในส่วนล่างของพื้นผิวนี

2. พื้นผิวด้านหน้าเฉียงเข้าด้านใน (Anteromedial surface) บริเวณนี้มีพื้นผิวก่อนข้างเรียบและมีกัพพรูเปิดของหลอดเลือด (Nutrient foramen) ที่บริเวณกลางกระดูก ซึ่งบริเวณตรงกลางทางด้านในจะเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ coracobrachialis และบริเวณส่วนล่างของพื้นผิวนี้จะเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ brachialis (ภาพที่ 10)

3. พื้นผิวด้านหลัง (Posterior surface) บริเวณนี้จะมีร่องลึก เรียกว่า radial (spiral) groove ซึ่งเป็นร่องลึกเฉียงจากบริเวณด้านในไปทางด้านนอกของกระดูกต้นแขนและเป็นทางผ่านของเส้นประสาทเรเดียล (Radial nerve) และหลอดเลือด profunda brachii artery พาดผ่าน รวมถึงเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ triceps brachii บริเวณนี้มีความสำคัญทางคลินิก เพราะหากกระดูกหักในแนวส่วนกลางของกระดูกต้นแขนอาจเกิดการบาดเจ็บต่อเส้นประสาทเรเดียล ทำให้เกิดอาการ drop wrist (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะสัณฐานส่วนกลางและพื้นผิวทางด้านหน้าเฉียงออกด้านนอกและพื้นผิวด้านหน้าเฉียงเข้าด้านในของกระดูกต้นแขน
ที่มา: Anatomy.app, n.d.



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะพื้นฐานส่วนกลางและพื้นผิวด้านหลังของกระดูกต้นแขน
ที่มา: Anatomy.app, n.d.

3. ส่วนปลายกระดูก (Distal part) เป็นส่วนปลายของกระดูกต้นแขนจะมีลักษณะแบน ออกทางด้านข้าง ประกอบด้วยส่วนที่เป็นพื้นผิวข้อต่อ (Articular part) และส่วนที่ไม่ใช่พื้นผิวข้อต่อ (Non – articular part) ซึ่งส่วนที่เป็นพื้นผิวข้อต่อประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเรียกว่า trochlea อยู่ทางด้านในลำตัวมีลักษณะคล้ายรอกและเชื่อมต่อกับกระดูกปลายแขนด้านใน (Ulna) ตรงบริเวณ trochlear notch ส่วนที่สองเรียกว่า capitulum อยู่ทางด้านนอกลำตัวมีลักษณะกลมมนและเชื่อมต่อกับกระดูกปลายแขนด้านนอก (Radius) ตรงบริเวณ head of radius โดยทั้งสองส่วนนี้จะประกอบกันเป็นข้อศอก (Elbow joint) ซึ่งเป็นข้อต่อชนิดแบบบานพับ (Hinge joint) ทำให้เคลื่อนไหวได้เพียง 1 ระนาบ คือ สามารถงอและเหยียดได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น

ส่วนปลายของกระดูกต้นแขนยังมีแอ่งอีก 3 จุด โดยแอ่งที่อยู่ทางพื้นผิวด้านหน้าของปลายกระดูกต้นแขนจะเป็นบริเวณที่รองรับการเคลื่อนที่ของกระดูกปลายแขน (Ulna และ Radius) ขณะที่มีการเคลื่อนไหวของปลายแขนที่ข้อศอก ซึ่งได้แก่ coronoid fossa เป็นแอ่งตื้น ๆ อยู่เหนือต่อ trochlea แอ่งนี้จะรองรับส่วนของ coronoid process ของกระดูกอัลนา ส่วนอีกแอ่ง คือ radial fossa เป็นแอ่ง หรือร่องเว้าเล็ก ๆ ที่อยู่เหนือต่อ capitulum ซึ่งจะรับกับส่วนของ head of radius และแอ่งสุดท้ายอยู่ทางด้านหลังของกระดูกต้นแขน คือ olecranon fossa เป็นแอ่งลึกที่อยู่เหนือต่อ trochlea แอ่งนี้จะรับกับกระดูกอัลนาตรงบริเวณ olecranon process ส่วนนี้มีหน้าที่ดึงแขนไปด้านหลัง เพื่อกันไม่ให้ส่วนปลายแขนงอไปทางด้านหลังมากเกินไป

เมื่อสังเกตตรงบริเวณด้านข้างจะพบปุ่มกระดูกที่นูนออกมาสองปุ่ม โดยปุ่มทางด้านในลำตัว เรียกว่า medial epicondyle ปุ่มนี้จะมีขนาดใหญ่และยื่นออกมาอย่างชัดเจน บริเวณด้านหลังมีร่องให้เส้นประสาทอัลนา (Ulnar nerve) พาดผ่านและปุ่มนูนนี้ยังเป็นจุดเกาะของ

กล้ามเนื้อชั้นตื้น (Superficial muscle) ในกลุ่มของ anterior compartment ได้แก่ flexor carpi ulnaris, palmaris longus, flexor carpi radialis, pronator teres และ flexor digitorum superficialis ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการงอแขน (Flexor group) ถัดขึ้นไปบนต่อ medial epicondyle จะมีสันนูนที่เรียกว่า medial supracondylar ridge ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ pronator teres ส่วนอีกปุ่มเป็นปุ่มนูนที่อยู่ทางด้านนอกลำตัว เรียกว่า lateral epicondyle ซึ่งเป็นปุ่มที่เล็กกว่าและเป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อชั้นตื้น (Superficial muscle) ในกลุ่มของ posterior compartment ได้แก่ extensor carpi radialis brevis, extensor digitorum, extensor digiti minimi, extensor carpi ulnaris และ anconeus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเหยียดแขน (Extensor group) ถัดขึ้นไปบนต่อ lateral epicondyle จะมีสันนูนที่เรียกว่า lateral supracondylar ridge ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดเกาะของกล้ามเนื้อ extensor carpi radialis longus และ brachioradialis (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แสดงลักษณะพื้นฐานส่วนปลายของกระดูกต้นแขน
ที่มา: Anatomy.app, n.d.

จากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า การจำแนกเพศจากกระดูกสามารถทำได้ในกระดูกเกือบทุกชิ้นในร่างกาย แต่ความแม่นยำจะแตกต่างกันออกไป โดยจากการศึกษาการจำแนกเพศจากลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกต้นแขนในช่วงที่ผ่านมาพบว่ามีความแตกต่างทางเพศ (Sexual dimorphism) ในระดับที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งความแตกต่างของกระดูกระหว่างเพศชายและเพศหญิงนั้นเป็นผลมาจากปัจจัยด้านฮอร์โมน โดยในเพศชายมีฮอร์โมนหลัก คือ เทสโทสเตอโรน (Testosterone) ซึ่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนจะไปกระตุ้นให้กระดูกมีการเจริญเติบโต (Vanderschueren et al., 2014) รวมถึงปัจจัยทางด้านการเคลื่อนไหว เช่น ในเพศชายมีการเล่นกีฬาบางประเภทที่ส่งผลให้กระดูกได้รับแรงกระแทกบ่อย ๆ หรือเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลังกำลังเยอะ เช่น การเล่นฟุตบอล ยกน้ำหนัก บาสเกตบอล และการกระโดด เป็นต้น (Nikander et al., 2010) ส่งผลให้กระดูกในเพศชายมีความใหญ่และแข็งแรงมากกว่าในเพศหญิง (Trotter & Gleser, 1952) และเนื่องจากเหตุผลเหล่านี้กระดูกจึงสามารถนำไปใช้ในการจำแนกเพศได้

โดยจากการศึกษาของ Ahmed (2013) เรื่องการจำแนกเพศจากกระดูกข้อมือในประชากรชูดานพบว่าความยาวของกระดูกต้นแขนมีความสามารถในการจำแนกเพศได้ 77.5% – 78.5% (Ahmed, 2013) และจากการศึกษาของ Ogedengbe และคณะ (2017) ในประเทศแอฟริกาใต้ที่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง พบว่าพารามิเตอร์ Vertical head diameter (VHD) หรือความกว้างส่วนหัวของกระดูกต้นแขน มีความแม่นยำในการจำแนกเพศมากที่สุด 82.5% ในสมการแบบตัวแปรเดียวและสมการแบบหลายตัวแปรมีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 87.7% (Ogedengbe et al., 2017) รวมถึงในประเทศเกาหลีมีการศึกษาของ Shim และคณะ (2025) เรื่องการจำแนกเพศจากการวัดปริมาตรของกระดูกต้นแขนบริเวณต่าง ๆ ด้วยการสร้างภาพสามมิติ (3D reconstruction) จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (CT images) ผลการศึกษาพบว่าบริเวณส่วนหัวของกระดูกต้นแขน (Head region) ข้างขวามีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 93% ข้างซ้าย 91% และบริเวณกึ่งกลางของกระดูกต้นแขน (Mid shaft region) ข้างขวามีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 93% ข้างซ้าย 92% และบริเวณส่วนปลายของกระดูกต้นแขน (Distal region) ทั้งสองข้างมีความแม่นยำในการจำแนกเพศ 92% (Shim et al., 2025) นอกจากนี้ในประเทศไทยเคยมีการศึกษาการจำแนกเพศด้วยกระดูกแขนของ Duangto และ Mahakkanukrauh (2020) โดยทำการศึกษาในประชากรภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าความกว้างสูงสุดตรงบริเวณ epicondylar ของกระดูกต้นแขนข้างซ้ายให้ค่าความแม่นยำในการจำแนกเพศ 89.5% และข้างขวาให้ค่าความแม่นยำ 91.2% แต่มีการแนะนำว่าสมการแบบหลายตัวแปรที่มีพารามิเตอร์ของกระดูกอัลนาและกระดูกเรเดียสเพิ่มเข้ามาจะให้ค่าความแม่นยำที่เพิ่มสูงขึ้น (Duangto & Mahakkanukrauh, 2020)

นอกจากนี้การประมาณความสูง (Stature Estimation) ยังเป็นอีกหนึ่งกระบวนการสำคัญในการพิสูจน์บุคคล ซึ่งความสูงเป็นลักษณะทางกายภาพที่มีความสัมพันธ์กับขนาดของ

กระดุกยาว เช่น กระดุกต้นแขน กระดุกปลายแขน กระดุกต้นขา กระดุกหน้าแข้งและกระดุกน่อง โดยเฉพาะกระดุกต้นขามักถูกนำมาใช้ในการประมาณความสูงมากที่สุด เนื่องจากกระดุกต้นขามีความสัมพันธ์กับความสูงมากที่สุด (Steele & McKern, 1969) แต่อย่างไรก็ตามในบางเหตุการณ์มักพบกระดุกต้นขาที่มีความเสียหาย หรือไม่สมบูรณ์ ดังนั้นกระดุกต้นแขนจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกเพื่อช่วยในการประมาณส่วนสูง โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Hasegawa และคณะ (2009) ได้ศึกษาเรื่องการประมาณความสูงจากกระดุกยาวในประชากรญี่ปุ่นด้วยวิธีการวัดจากภาพถ่ายรังสี ผลพบว่ากระดุกต้นแขนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) อยู่ระหว่าง 0.670 – 0.708 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในเพศชาย 4.36 เซนติเมตร และในเพศหญิง 3.75 เซนติเมตร (Hasegawa et al., 2009) และจากการศึกษาในประชากรเม็กซิกันของ Menendez และคณะ (2018) พบว่าในเพศชายมีค่าความคลาดเคลื่อน 4.10 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.829 ส่วนในเพศหญิงมีค่าความคลาดเคลื่อน 5.42 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.760 (Menéndez Garmendia et al., 2018) ส่วนในประเทศไทยพบว่าการศึกษาของ Mahakkanukrauh และคณะ (2011) พบว่าในกลุ่มไม่ระบุเพศให้ค่าความคลาดเคลื่อน 5.91 เซนติเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.763 (Mahakkanukrauh et al., 2011) อย่างไรก็ตามลักษณะสัณฐานของกระดุกอาจแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มประชากร (Trotter & Gleser, 1952) เนื่องจากปัจจัยด้านพันธุกรรมที่มีการแปรผันตามกลุ่มชาติพันธุ์ สิ่งแวดล้อมความเป็นอยู่และการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่แตกต่างกัน (Stulp & Barrett, 2016)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้ได้รับการพิจารณาและรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ หมายเลขโครงการ P1-0100/2568 โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. การเก็บตัวอย่าง

เก็บข้อมูลประชากรจากกลุ่มตัวอย่างจากกระดูกต้นแขนแห้ง จำนวนทั้งหมด 300 ชิ้น เป็นเพศชายและเพศหญิงอย่างละ 150 ชิ้น โดยจะแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม พัฒนาศักยภาพ (training group) จำนวน 200 ชิ้น (เป็นเพศชายและเพศหญิงอย่างละ 100 ชิ้น) และกลุ่มตรวจสอบสมการ (validation group) จำนวน 100 ชิ้น (เป็นเพศชายและเพศหญิงอย่างละ 50 ชิ้น) ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดเป็นกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จาก หน่วยคลังกระดูกและการวิจัย (Unit of Human Bone Warehouse for Research: UHBWR) ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.1 เกณฑ์การคัดเลือกและเกณฑ์การคัดออก

เกณฑ์การคัดเลือกของตัวอย่าง (inclusion criteria)

1. กระดูกต้นแขนต้องเป็นของบุคคลเพศชายและเพศหญิงในวัยผู้ใหญ่ หรือมีอายุ 20 ปีขึ้นไป
2. กระดูกต้องอยู่ในสภาพสมบูรณ์ไม่เป็นโรค หรือพยาธิสภาพที่ส่งผล ต่อขนาดและน้ำหนักของกระดูกเช่น โรคกระดูกพรุน โรคกระดูกเปราะ โรคกระดูกเป็นต้น
3. เป็นกระดูกต้นแขนจากร่างอาจารย์ใหญ่ที่มีข้อมูลเพศ อายุ และ ส่วนสูงครบถ้วน
4. เป็นกระดูกต้นแขนที่ได้มาจากหน่วยคลังกระดูกและการวิจัย (Unit of Human Bone Warehouse for Research: UHBWR) ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะ แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งมีการเก็บรักษาและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ เพื่อ ความถูกต้องและตรวจสอบย้อนกลับได้

เกณฑ์การคัดตัวอย่างวิจัยออก (Exclusion criteria)

1. กระดูกต้นแขนที่มีการชำรุด เสียหาย หรือมีรูปร่างผิดปกติ
2. กระดูกต้นแขนที่ไม่ครบทั้งสองข้าง

3. กระดูกต้นแขนที่ไม่มีข้อมูล หรือไม่สามารถระบุเพศ อายุ และส่วนสูงของเจ้าของร่างได้อย่างแน่ชัด

4. กระดูกต้นแขนที่มีร่องรอยของการผ่าตัด การดัดแปลง หรือมีร่องรอยของวัสดุทางการแพทย์ เช่น กรณีที่ใส่เหล็กตามกระดูก

5. กระดูกต้นแขนที่มีร่องรอยของพยาธิสภาพ หรือรอยโรคที่ส่งผลต่อโครงสร้างของกระดูก เช่น โรคกระดูกพรุนรุนแรง โรคกระดูกเปราะ โรคมะเร็งกระดูก เป็นต้น

1.2 การคำนวณจำนวนตัวอย่าง

การคำนวณจำนวนตัวอย่าง หรือ n ที่ใช้ในงานวิจัย โดยใช้ Power analysis

$$n = \left[\frac{(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2}{d^2} \right] \times 2$$

โดยที่ n = จำนวนตัวอย่างที่ต้องใช้

$Z_{\alpha/2}$ = ค่า Z ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

Z_{β} = ค่า Z ที่สัมพันธ์กับค่า power

d = effect size หรือขนาดความแตกต่างที่คาดว่าจะพบ

กำหนดให้ $d = 0.50$, $\alpha = 0.05$, power = 0.842

แทนค่าลงในสูตร $n = \left[\frac{(1.96 + 0.842)^2}{0.5^2} \right] \times 2$

$$n = \left[\frac{(2.802)^2}{0.25} \right] \times 2$$

$$n = 62.8$$

ดังนั้น จำนวนตัวอย่างในเพศชายและเพศหญิงอย่างละ 63 รวมเป็น 126 คน

2. พารามิเตอร์

วัดตำแหน่งตามพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ตามลักษณะสัณฐานวิทยาของกระดูกต้นแขนในเพศชายและเพศหญิงทั้งข้างซ้ายและข้างขวา โดยทุกพารามิเตอร์จะทำการวัดด้วยผู้วิจัยสองคน (Inter-observer agreement) และวัดซ้ำคนละ 2 รอบ เพื่อประเมินความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่วัดได้ ซึ่งพารามิเตอร์ที่ทำการวัดมีทั้งหมด 5 พารามิเตอร์ ดังนี้

2.1 พารามิเตอร์ Maximum length of humerus (MaxH) เป็นการวัดความยาวของกระดูกต้นแขน ซึ่งจะทำการวัดตั้งแต่ความยาวปลายสุดของ Trochlea ถึงความยาวปลายสุดของ Head โดยพารามิเตอร์นี้จะทำการวัดด้วย Osteometric board

2.2 พารามิเตอร์ Midshaft circumference of humerus (MCH) เป็นการวัดเส้นรอบวงตรงจุดกึ่งกลางของกระดูกต้นแขน ซึ่งจะนำความยาวของกระดูกต้นแขน (จากพารามิเตอร์ MaxH) มาหารสองเพื่อหาจุดกึ่งกลางของกระดูกต้นแขน จากนั้นนำเชือกมาพันรอบกระดูกตรงจุดกึ่งกลางนั้นและนำความยาวที่ได้บนเชือกไปวัดด้วยไม้บรรทัด

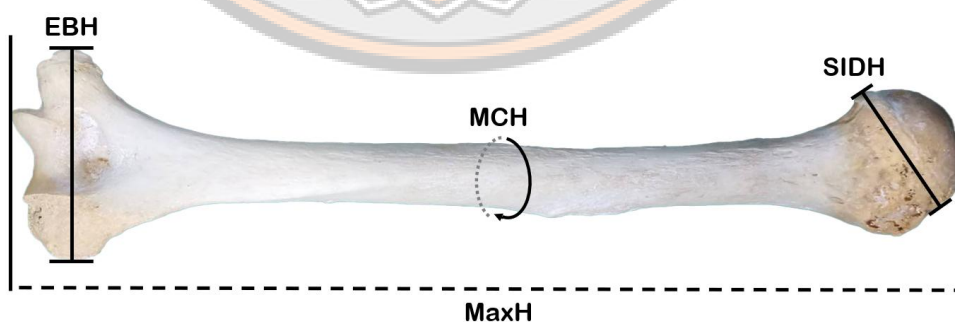
2.3 พารามิเตอร์ Epicondylar breadth of humerus (EBH) เป็นการวัดความกว้างสูงสุดบริเวณ epicondylar ซึ่งจะทำให้การวัดตั้งแต่ medial epicondylar ถึง lateral epicondylar โดยพารามิเตอร์นี้จะทำการวัดด้วยดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (digital vernier caliper)

2.4 พารามิเตอร์ Superior inferior diameter of head of humerus (SIDH) เป็นการวัดความกว้างสูงสุดของ head โดยพารามิเตอร์นี้จะทำการวัดด้วยดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

2.5 พารามิเตอร์ Weight of humerus (WH) เป็นการชั่งน้ำหนักของกระดูกต้นแขน โดยพารามิเตอร์นี้จะชั่งด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

ตารางที่ 1 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้วัดในการวิจัย

ลำดับ	พารามิเตอร์ที่ใช้วัด
1	Maximum Length of Humerus (MaxH)
2	Midshaft Circumference of Humerus (MCH)
3	Epicondylar Breadth of Humerus (EBH)
4	Superior Inferior Diameter of Head of Humerus (SIDH)
5	Weight of Humerus (WH)



ภาพที่ 13 แสดงจุดวัด หรือพารามิเตอร์

ที่มา: ดัดแปลงจาก ชนสรณ์, 2567

3. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

นำข้อมูลที่วัดได้ทั้งหมดทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชัน 25.0 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างเพศ สร้างสมการจำแนกเพศและสมการคำนวณความสูงในประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หรือภาคอีสานของประเทศไทย โดยสถิติที่ใช้ในการวิจัยมีทั้งหมด ดังนี้

3.1 การประเมินความน่าเชื่อถือของการวัด

เพื่อตรวจสอบว่าผลการวัดภายในบุคคลและภายนอกบุคคล (Intra and inter observer) มีความแม่นยำและความเที่ยงหรือไม่

3.1.1 ค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ Technical error of measurement (TEM) ผลที่ได้ขึ้นอยู่กับค่า rTEM มีสูตร ดังนี้

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum D^2}{2N}}$$

โดยที่ D = ผลต่างระหว่างการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

N = จำนวนตัวอย่างที่วัดซ้ำ

3.1.2 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ Relative technical error of measurement (rTEM) มีสูตรและเกณฑ์การยอมรับ ดังนี้

$$rTEM = \left(\frac{TEM}{Mean} \right) \times 100$$

โดยที่ TEM = Technical Error of Measurement

Mean = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทั้งหมด

การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับ

rTEM < 1.5 ดีมาก

rTEM 1–1.5 ยอมรับได้/พอใช้

rTEM > 3 ความคลาดเคลื่อนสูง ควรปรับวิธีวัด

3.1.3 Correlation coefficient (R) หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ใช้เพื่อประเมินความสัมพันธ์ของการวัดและมีเกณฑ์การยอมรับ ดังนี้

$R > 0.95$ ดีมาก

$R 0.90-0.95$ ดี

3.2 การประเมินความแตกต่างระหว่างเพศและการสร้างสมการจำแนกเพศ

3.2.1 Descriptive statistics เป็นสถิติที่ใช้หาค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และค่า T-score เพื่อดูค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ ทั้งในเพศชายและเพศหญิง

3.2.2 Independent sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกระดูกต้นแขนระหว่างเพศชายและเพศหญิง เพื่อตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยของกระดูกต้นแขนในประชากรแต่ละเพศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

3.3.3 Logistic regression เป็นสถิติที่ใช้ในสร้างแบบจำลอง หรือสมการการจำแนกเพศแบบตัวแปรเดียว (Univariate logistic regression) และสมการการจำแนกเพศแบบหลายตัวแปร (Multivariate logistic regression) เพื่อใช้ประเมินว่ากระดูกต้นแขนที่พบในสถานที่เกิดเหตุเป็นของเพศชาย หรือเพศหญิง

3.3 การสร้างสมการประมาณความสูง

3.3.1 Linear regression เป็นสถิติที่ใช้สร้างแบบจำลอง หรือสร้างสมการการประมาณความสูงแบบตัวแปรเดียว (Univariate linear regression) และสมการประมาณความสูงแบบหลายตัวแปร (Stepwise linear regression) เพื่อใช้ประเมินว่ากระดูกต้นแขนที่พบในสถานที่เกิดเหตุเป็นของบุคคลที่มีความสูงเท่าไร

3.3.2 Pearson correlation เป็นสถิติที่ใช้เพื่อประเมินความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความสูงกับตัวแปร หรือพารามิเตอร์ของกระดูกต้นแขน

3.4 การประเมินประสิทธิภาพของสมการจำแนกเพศและสมการประมาณความสูงที่ได้ในงานวิจัย

นำสมการที่ดีที่สุดของสมการจำแนกเพศและสมการประมาณความสูงมาทดสอบในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง (Validation group) เพื่อประเมินว่าสมการที่ได้มีความสามารถ หรือมีประสิทธิภาพพอที่จะนำไปใช้ในสถานการณ์จริงหรือไม่

ค่าที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของสมการจำแนกเพศ ได้แก่

3.4.1 Positive predictive value (PPV) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าสมการจำแนกเพศทำนายว่าเป็นเพศชายและเป็นเพศชายจริง มีสูตร ดังนี้

$$PPV = \frac{\text{True positive}}{\text{True positive} + \text{false positive}} \times 100$$

3.4.2 Negative predictive value (NPV) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าสมการจำแนกเพศทำนายว่าเป็นเพศหญิงและเป็นเพศหญิงจริง มีสูตร ดังนี้

$$NPV = \frac{\text{True negative}}{\text{True negative} + \text{false negative}} \times 100$$

การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับของ PPV และ NPV ดังนี้

> 0.90 (มากกว่า 90%)	ดีมาก / น่าเชื่อถือสูง
0.80 – 0.89 (80% - 89%)	ดี
0.70 – 0.79 (70% - 79%)	พอใช้
< 0.70 (น้อยกว่า 70%)	ค่อนข้างต่ำ

3.4.3 Positive Likelihood Ratio (LR+) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าคนที่เป็เพศชายจริงมีโอกาสทำนายว่าเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิงเท่าใด ดังนั้น ถ้าค่ายิ่งสูงแสดงว่าผลยังมีความเชื่อมั่นมาก การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

LR+ >10	ดีมาก ผลน่าเชื่อถือสูง
LR+ 5 – 10	ดี
LR+ 2 - 5	พอใช้
LR+ <2	ควรปรับปรุง

3.4.4 Negative Likelihood Ratio (LR-) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าคนที่ทำนายว่าไม่ใช่เพศชายและโอกาสที่จะเป็นเพศชายน้อยมาก ดังนั้นถ้าค่ายิ่งต่ำแสดงว่าผลยังมีความเชื่อมั่นมาก การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

LR- <0.1	ดีมาก ผลน่าเชื่อถือสูง
LR- 0.1 – 0.2	ดี
LR- 0.2 – 0.5	พอใช้
LR- >0.5	ควรปรับปรุง

3.4.5 Kappa coefficient (K) หรือ Cohen's Kappa เป็นสถิติที่ใช้วัดความสอดคล้องระหว่างกลุ่มพัฒนาสมการและกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องการแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

$K > 0.80$	มีความสอดคล้องกันมาก
$K 0.41 - 0.80$	มีความสอดคล้องกันพอสมควร
$K < 0.40$	ไม่มีความสอดคล้องกัน

3.4.6 Area Under the Curve (AUC) คือ พื้นที่ใต้กราฟ ROC curve ใช้ประเมินว่า

สมการหรือโมเดลสามารถแยกกลุ่มได้ดี หรือไม่ การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

$AUC = 1.0$	การจำแนกดีเยี่ยม/สมบูรณ์แบบ
$AUC \geq 0.90$	การจำแนกดี (พื้นฐานในงานนิเทศนิเทศวิทยา)
$AUC 0.80 - 0.90$	ไม่ขึ้นอยู่กับค่าเกณฑ์และความชุกของกลุ่ม
$AUC = 0.5$	ไม่มีความสามารถในการจำแนก

ดังนั้น AUC with 95% CI หมายถึง ค่า AUC พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% Confidence Interval)

ค่าที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของสมการประมาณความสูง ได้แก่

3.4.7 Mean Absolute Error (MAE) เป็นค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดระหว่างค่าที่ทำนายกับค่าจริง

3.4.8 Mean Absolute Error Percentage (MAEP) เป็นค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดระหว่างค่าที่ทำนายกับค่าจริงในรูปของค่าเฉลี่ย การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

$MAEP < 5\%$	ดีมาก
$MAEP 5-10\%$	ดี
$MAEP 10-20\%$	พอใช้
$MAEP > 20\%$	ไม่ดี

3.4.9 Intraclass Correlation Coefficient (ICC) เป็นค่าสถิติที่ใช้ประเมินความสอดคล้อง หรือความน่าเชื่อถือของการวัด การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

ICC > 0.90 ดีมาก
 ICC 0.75–0.90 ดี
 ICC 0.50–0.75 ปานกลาง
 ICC < 0.50 ต่ำ

3.4.10 R-squared หรือ Coefficient of Determination (R^2) เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดว่าสมการหรือโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้มากแค่ไหน การแปลผล หรือเกณฑ์การยอมรับมี ดังนี้

$R^2 > 0.75$ ดีมาก
 $R^2 0.50–0.75$ ดี
 $R^2 0.25–0.50$ พอใช้
 $R^2 < 0.25$ ต่ำ



บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการวัดในแต่ละพารามิเตอร์

จากผลการวิเคราะห์ประเมินความเที่ยงและความแม่นยำในการวัด (Inter-observer agreement) ของการวัดแต่ละพารามิเตอร์ ได้แก่ Maximum Length of Humerus (MaxH), Midshaft Circumference of Humerus (MCH), Epicondylar Breadth of Humerus (EBH), Superior Inferior Diameter of Head of Humerus (SIDH) และ Weight of Humerus (WH) โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ Technical Error of Measurement (TEM) ค่าร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ relative TEM (rTEM%) และค่าสหสัมพันธ์ (R) พบว่าการวัดมีความเที่ยงอยู่ในระดับสูงมากทั้งในกรณีการวัดซ้ำโดยผู้วัดคนเดียว (intra-observer) และการวัดระหว่างผู้วัดต่างคน (inter-observer)

การวัดซ้ำโดยผู้วัดคนเดียวมีค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด (TEM) อยู่ในช่วง 0.03 – 0.60 และค่าร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด (rTEM) อยู่ในช่วง 0.03 – 0.98 โดยพารามิเตอร์ WH มีค่า TEM และ rTEM ต่ำที่สุด คือ 0.03 และ 0.03% แสดงถึงความแม่นยำสูงมาก ในขณะที่พารามิเตอร์ MCH มีค่า TEM และ rTEM สูงที่สุด คือ 0.60 และ 0.98 % ส่วนค่าสหสัมพันธ์ (R) อยู่ระหว่าง 0.990 – 0.999 ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอในการวัด

การวัดระหว่างผู้วัดต่างคน (inter-observer) มีค่า TEM อยู่ในช่วง 0.05 – 0.92 และค่า rTEM อยู่ในช่วง 0.05 – 1.05% โดยพารามิเตอร์ WH มีค่า TEM และ rTEM ต่ำที่สุด คือ 0.05 และ 0.05% แสดงถึงความแม่นยำที่สูงมาก ในขณะที่พารามิเตอร์ MCH มีค่า TEM คือ 0.63 และมีค่า rTEM สูงที่สุด คือ 1.05% ส่วนค่าสหสัมพันธ์ (R) อยู่ในช่วง 0.988 – 0.999 แสดงว่าการวัดมีความสอดคล้องกันระหว่างผู้วัดและความแตกต่างระหว่างผู้วัดมีน้อย

ตารางที่ 2 แสดงการประเมินความแตกต่างระหว่างผู้วัดคนเดียวกันและระหว่างผู้วัดต่างกัน

Parameter	Intra-observer			Inter-observer		
	TEM	rTEM (%)	R	TEM	rTEM (%)	R
MaxH	0.59	0.20	0.998	0.92	0.31	0.998
MCH	0.60	0.98	0.990	0.63	1.05	0.988
EBH	0.19	0.33	0.998	0.22	0.38	0.998
SIDH	0.27	0.65	0.995	0.41	0.98	0.988
WH	0.03	0.03	0.999	0.05	0.05	0.999

2. การประเมินความแตกต่างระหว่างเพศ

จากผลการศึกษาพบว่าทุกพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยในเพศชายมากกว่าในเพศหญิงและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีค่า t-score ตั้งแต่ 11.98 - 18.84 โดยพารามิเตอร์ SIDH มีค่า t-score สูงที่สุด รองลงมา คือ พารามิเตอร์ MCH, EBH, WH ตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ที่มีค่า t-score ต่ำที่สุด คือ พารามิเตอร์ MaxH

ตารางที่ 3 แสดงสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์ความแตกต่างทางเพศ

Parameter	Total (N=200)	Male (N=100)	Female (N=100)	t-score	p-value
MaxH (mm)	302.61 ± 18.51	314.58 ± 13.75	290.64 ± 14.50	11.98	< 0.01
MCH (mm)	60.18 ± 5.88	64.86 ± 3.41	55.49 ± 3.68	18.66	< 0.01
EBH (mm)	58.56 ± 4.83	62.25 ± 2.82	54.87 ± 3.36	16.82	< 0.01
SIDH (mm)	42.14 ± 3.67	45.07 ± 2.06	39.20 ± 2.34	18.84	< 0.01
WH (g)	96.64 ± 30.84	119.42 ± 23.19	73.86 ± 18.04	15.51	< 0.01

3. สมการจำแนกเพศ

3.1 สมการจำแนกเพศแบบตัวแปรเดียว

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบตัวแปรเดียว (univariate logistic regression analysis) ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินความสามารถในการจำแนกเพศของแต่ละพารามิเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่าทุกพารามิเตอร์ ได้แก่ MaxH, MCH, EBH, SIDH และ WH มีความสัมพันธ์กับเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยพิจารณาจากค่า Wald และช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Exp(B) ที่ไม่ครอบคลุม 1

พารามิเตอร์ MaxH มีค่าสัมประสิทธิ์ (B) เท่ากับ 0.129 (Wald = 50.032) โดยมีค่า Exp(B) เท่ากับ 1.137 (95% CI: 1.098 – 1.179) แสดงว่าเมื่อค่า MaxH เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้น 1.1 เท่าและมีค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 0.564

พารามิเตอร์ MCH มีค่า B เท่ากับ 0.650 (Wald = 46.906) และค่า Exp(B) เท่ากับ 1.916 (95% CI: 1.591 – 2.308) หมายความว่า เมื่อค่า MCH เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้นประมาณ 1.9 เท่า และมีค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 0.785

พารามิเตอร์ EBH มีค่า B เท่ากับ 0.685 (Wald = 55.499) และค่า Exp(B) เท่ากับ 1.984 (95% CI: 1.657 – 2.376) แสดงว่าเมื่อค่า EBH เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้นประมาณ 1.9 เท่า และมีค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 0.740

พารามิเตอร์ SIDH มีค่า B สูงที่สุด คือ 0.999 (Wald = 51.443) และมีค่า Exp(B) เท่ากับ 2.716 (95% CI: 2.067 – 3.569) แสดงว่าเมื่อค่า SIDH เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้นประมาณ 2.7 เท่า ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีค่า Odds Ratio สูงที่สุด และมีค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 0.784 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจำแนกเพศในระดับสูงมาก

พารามิเตอร์ WH มีค่า B เท่ากับ 0.100 (Wald = 54.899) และค่า Exp(B) เท่ากับ 1.105 (95% CI: 1.076 – 1.134) แสดงว่าเมื่อค่า WH เพิ่มขึ้น 1 กรัม โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้น 1.105 เท่า โดยมีค่า Nagelkerke R² เท่ากับ 0.702

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบตัวแปรเดียวในการจำแนกเพศ

Parameter	B	Wald	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	Nagelkerke R Square
MaxH	0.129	50.032	< 0.01	1.137	1.098 – 1.179	0.564
MCH	0.650	46.906	< 0.01	1.916	1.591 – 2.308	0.785
EBH	0.685	55.499	< 0.01	1.984	1.657 – 2.376	0.740
SIDH	0.999	51.443	< 0.01	2.716	2.067 – 3.569	0.784
WH	0.100	54.899	< 0.01	1.105	1.076 – 1.134	0.702

จากผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการจำแนกเพศ พบว่าพารามิเตอร์ SIDH เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสามารถในการจำแนกเพศสูงที่สุด โดยให้ค่าความแม่นยำมากที่สุด คือ 91.0% รองลงมา คือ พารามิเตอร์ EBH 89.5% และพารามิเตอร์ MCH 89.0% ในขณะที่พารามิเตอร์ WH มีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 85.5% และพารามิเตอร์ MaxH มีค่าความแม่นยำต่ำที่สุด คือ 82.0%

ตารางที่ 5 แสดงสมการการถดถอยโลจิสติกแบบตัวแปรเดียวและความแม่นยำในการจำแนกเพศ

Parameter	Logistic regression equation	Accuracy rate (%)
MaxH	Sex = 0.129(MaxH) – 38.968	82.0
MCH	Sex = 0.650(MCH) – 39.135	89.0
EBH	Sex = 0.685(EBH) – 40.111	89.5
SIDH	Sex = 0.999(SIDH) – 42.106	91.0
WH	Sex = 0.100(WH) – 9.504	85.5

3.2 สมการจำแนกเพศแบบหลายตัวแปร

จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบหลายตัวแปร (multivariate logistic regression analysis) โดยใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรแบบเป็นขั้นตอน (stepwise analysis) เพื่อพัฒนาสมการที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการจำแนกเพศจากพารามิเตอร์ของกระดูกต้นแขน พบว่าผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญต่อการจำแนกเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ได้แก่ พารามิเตอร์ SIDH, MCH และ WH

ในขั้นตอนที่ 1 พารามิเตอร์ SIDH ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการเป็นพารามิเตอร์แรก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ (B) เท่ากับ 0.999 (Wald = 51.443) และมีค่า Exp(B) เท่ากับ 2.716 (95% CI: 2.067 – 3.569) แสดงว่าเมื่อค่า SIDH เพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร โอกาสที่จะเป็นเพศชายเพิ่มขึ้นประมาณ 2.7 เท่า สมการในขั้นตอนนี้มีค่า Nagelkerke R^2 เท่ากับ 0.784 แสดงว่าสามารถอธิบายความแปรปรวนของเพศได้ร้อยละ 78.4 ซึ่งมีค่าความแม่นยำในการจำแนกเพศอยู่ที่ 91.0 % ดังตารางที่ 7

ในขั้นตอนที่ 2 เมื่อเพิ่มพารามิเตอร์ MCH เข้าสู่สมการร่วมกับพารามิเตอร์ SIDH โดยพารามิเตอร์ MCH มีค่า B เท่ากับ 0.374 และค่า Exp(B) เท่ากับ 1.454 (95% CI: 1.182 – 1.789) ส่วน SIDH มีค่า B เท่ากับ 0.520 และค่า Exp(B) เท่ากับ 1.682 (95% CI: 1.249 – 2.265) ค่า Nagelkerke R^2 เพิ่มขึ้นเป็น 0.830 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มพารามิเตอร์ MCH จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสมการในการอธิบายความแปรปรวนของเพศเป็นร้อยละ 83.0 ซึ่งมีค่าความแม่นยำในการจำแนกเพศเพิ่มขึ้นจากขั้นตอนที่ 1 เป็น 92.5 % ดังตารางที่ 7

ในขั้นตอนที่ 3 มีการเพิ่มพารามิเตอร์ WH เข้าสู่สมการ ทำให้สมการประกอบด้วยพารามิเตอร์ MCH, SIDH และพารามิเตอร์ WH โดยพารามิเตอร์ทั้งสามยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ได้แก่พารามิเตอร์ MCH (B = 0.315, Exp(B) = 1.370; 95% CI: 1.107 – 1.694), พารามิเตอร์ SIDH (B = 0.400, Exp(B) = 1.492; 95% CI: 1.089 – 2.044) และพารามิเตอร์ WH (B = 0.048, Exp(B) = 1.049; 95% CI: 1.012 – 1.088) ค่า Nagelkerke R^2

เพิ่มขึ้นเป็น 0.850 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของเพศได้ร้อยละ 85.0 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับทุกขั้นตอน ซึ่งมีค่าความแม่นยำในการจำแนกเพศสูงที่สุด คือ 93.5 % ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบหลายตัวแปรเพื่อจำแนกเพศจากกระดูกต้นแขน

Step	Parameter	B	Wald	Sig.	Exp(B)	95% C.I. for EXP(B)	Nagelkerke R Square
1	SIDH	0.999	51.443	< 0.01	2.716	2.067 – 3.569	0.784
	constant	-42.106	51.478	-	-	-	
2	MCH	0.374	12.501	< 0.01	1.454	1.182 – 1.789	0.830
	SIDH	0.520	11.738	< 0.01	1.682	1.249 – 2.265	
	constant	- 44.507	50.924	-	-	-	
3	MCH	0.315	8.406	< 0.01	1.370	1.107 – 1.694	0.850
	SIDH	0.400	6.190	< 0.01	1.492	1.089 – 2.044	
	WH	0.048	6.818	< 0.01	1.049	1.012 – 1.088	
	constant	-40.479	36.974	-	-	-	

ตารางที่ 7 แสดงสมการถดถอยโลจิสติกแบบหลายตัวแปรและความแม่นยำในการจำแนกเพศ

Step	Logistic regression equation	Accuracy rate (%)
1	Sex = 0.999(SIDH) – 42.106	91.0
2	Sex = 0.374(MCH) + 0.520(SIDH) – 44.507	92.5
3	Sex = 0.048(WH) + 0.315 (MCH) + 0.400(SIDH) – 40.479	93.5

4. สมการประมาณความสูง

จากผลการวิเคราะห์ได้พัฒนาสมการถดถอยเชิงเส้น (linear regression) และสมการถดถอยแบบขั้นตอน (stepwise regression) เพื่อใช้ในการประมาณความสูงจากพารามิเตอร์กระดูกต้นแขน โดยทำการวิเคราะห์แยกตามกลุ่มเพศชาย เพศหญิงและกลุ่มรวมเพศ พบว่า

ในกลุ่มเพศชายสมการถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรเดียวพบว่าพารามิเตอร์ MaxH เป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับความสูงเป็นอย่างมาก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) = 0.700 ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) = 0.490 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SEE) เท่ากับ 4.546 เซนติเมตร รองลงมา คือ พารามิเตอร์ MCH มีค่า R = 0.593 และ R^2 = 0.351 และค่า SEE = 5.125 เซนติเมตร และพารามิเตอร์ที่ให้ความสัมพันธ์กับความสูงต่ำที่สุด คือ

พารามิเตอร์ EBH โดยมีค่า $R = 0.398$ และ $R^2 = 0.159$ และค่า $SEE = 5.838$ เซนติเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อใช้สมการถดถอยแบบขั้นตอนพบว่าสมการที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ MCH, SIDH และพารามิเตอร์ MaxH ให้ความสัมพันธ์กับความสูงดีที่สุด โดยมีค่า $R = 0.753$ และ $R^2 = 0.566$ และค่า SEE ลดลงเหลือ 4.234 เซนติเมตร ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสูงได้ถึงร้อยละ 56.6

ในกลุ่มเพศหญิงสมการถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรเดียวพบว่าพารามิเตอร์ SIDH เป็นพารามิเตอร์ที่ให้ความสัมพันธ์กับความสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) = 0.485, $R^2 = 0.235$, $SEE = 5.691$ เซนติเมตร รองลงมา คือ พารามิเตอร์ MaxH มีค่า $R = 0.418$ และ $R^2 = 0.175$ และค่า $SEE = 5.910$ เซนติเมตร และพารามิเตอร์ที่ให้ความสัมพันธ์กับความสูงต่ำที่สุด คือ พารามิเตอร์ EBH โดยมีค่า $R = 0.375$ และ $R^2 = 0.141$ และค่า $SEE = 6.031$ เซนติเมตร และเมื่อใช้การวิเคราะห์แบบขั้นตอนพบว่าสมการที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ MCH, MaxH และพารามิเตอร์ SIDH พบว่าให้ความสัมพันธ์กับความสูงดีที่สุด ซึ่งมีค่า R เพิ่มขึ้นเป็น 0.572 และ R^2 เท่ากับ 0.327 โดยมีค่า SEE เท่ากับ 5.393 เซนติเมตร ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสูงได้ถึงร้อยละ 32.7

สำหรับกลุ่มรวมทั้งหมดสมการถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรเดียวที่ให้ค่า R สูงที่สุด คือ พารามิเตอร์ MCH ($R = 0.738$, $R^2 = 0.544$, $SEE = 5.579$ เซนติเมตร) รองลงมาคือ MaxH ($R = 0.737$, $R^2 = 0.543$) และพารามิเตอร์ที่ให้ความสัมพันธ์กับความสูงต่ำที่สุด คือ พารามิเตอร์ EBH โดยมีค่า $R = 0.676$ และ $R^2 = 0.457$ และค่า $SEE = 6.090$ เซนติเมตร อย่างไรก็ตามสมการแบบขั้นตอนซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์ MCH, MaxH และพารามิเตอร์ SIDH ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด โดยมีค่า $R = 0.811$ และ $R^2 = 0.657$ และมีค่า SEE ต่ำที่สุด คือ 4.864 เซนติเมตร ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสูงได้ถึงร้อยละ 65.7 ซึ่งสูงกว่าสมการตัวแปรเดียวทั้งหมด

ตารางที่ 8 แสดงสมการการถดถอยเชิงเส้นและแบบขั้นบันไดในการประมาณความสูง

Group	Parameter	Equation	SEE	R	R^2
Male	MaxH	$0.322(\text{MaxH}) + 63.538$	4.546	0.700	0.490
	MCH	$1.101(\text{MCH}) + 93.463$	5.125	0.593	0.351
	EBH	$0.893(\text{EBH}) + 109.325$	5.838	0.398	0.159
	SIDH	$1.430(\text{SIDH}) + 100.463$	5.632	0.466	0.217
	WH	$0.116(\text{WH}) + 151.080$	5.764	0.424	0.180
	Stepwise	$0.412(\text{MCH}) + 0.632(\text{SIDH}) + 0.223(\text{MaxH}) + 39.519$	4.234	0.753	0.566

Group	Parameter	Equation	SEE	R	R ²
Female	MaxH	0.187(MaxH) + 100.212	5.910	0.418	0.175
	MCH	0.731(MCH) + 113.947	5.919	0.415	0.173
	EBH	0.723(EBH) + 114.856	6.031	0.375	0.141
	SIDH	1.343(WH) + 101.866	5.691	0.485	0.235
	WH	0.140(WH) + 144.166	5.992	0.390	0.152
	Stepwise	0.434MCH) + 0.122(MaxH) + 0.632(SIDH) + 70.265	5.393	0.572	0.327
Overall	MaxH	0.328(MaxH) + 60.443	5.590	0.737	0.543
	MCH	1.035 (MCH) + 97.429	5.579	0.738	0.544
	EBH	1.155(EBH) + 92.068	6.090	0.676	0.457
	SIDH	1.631(SIDH) + 90.957	5.676	0.727	0.528
	WH	0.182(WH) + 142.154	6.067	0.679	0.461
	Stepwise	0.432(MCH) + 0.164(MaxH) + 0.489(SIDH) + 63.439	4.864	0.811	0.657

5. การประเมินประสิทธิภาพของสมการจำแนกเพศ

จากผลการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพของสมการจำแนกเพศเพื่อทดสอบความสามารถในการนำไปใช้จริงของสมการ ในกลุ่มพัฒนาสมการ (training group) พบว่าสมการมีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ร้อยละ 93.5 โดยมีความสามารถในการจำแนกเพศชาย (sensitivity) ร้อยละ 94.0 และมีความสามารถในการจำแนกเพศหญิง (specificity) ร้อยละ 93.0 ค่า positive predictive value (PPV) หรือเป็นค่าที่ทำนายว่าเป็นเพศชายจริง เท่ากับร้อยละ 93.07 และค่า negative predictive value (NPV) หรือค่าที่ทำนายว่าเป็นเพศหญิงจริง เท่ากับร้อยละ 93.94 ค่า positive likelihood ratio (LR+) เท่ากับ 13.43 แสดงว่าเมื่อทำนายว่าเป็นเพศชาย โอกาสที่จะเป็นเพศชายจริงเพิ่มขึ้นมากกว่า 13 เท่า ขณะที่ค่า negative likelihood ratio (LR-) เท่ากับ 0.07 ซึ่งมีค่าต่ำมาก ซึ่งหมายความว่าเมื่อผลทำนายเป็นเพศหญิงโอกาสที่จะเป็นเพศหญิงสูงมากและความน่าจะเป็นที่จะเป็นเพศชายจริงมีน้อยมาก นอกจากนี้ค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.87 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงระดับความสอดคล้องที่ดีมากระหว่างผลการทำนายกับเพศจริง

เมื่อนำสมการจำแนกเพศในขั้นตอนที่ 3 (จากตารางที่ 7) ซึ่งเป็นสมการที่มีค่าความแม่นยำสูงที่สุดมาทดสอบในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องสมการยังคงให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับ

กลุ่มพัฒนาสมการ โดยมีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 93.0 มีความสามารถในการจำแนกเพศชายร้อยละ 90.0 และมีความสามารถในการจำแนกเพศหญิงร้อยละ 96.0 ค่า PPV เท่ากับร้อยละ 95.74 และ NPV เท่ากับร้อยละ 90.57 ค่า LR+ เพิ่มขึ้นเป็น 22.50 แสดงถึงความสามารถในการทำนายเพศชายสูงมาก ขณะที่ค่า LR- เท่ากับ 0.10 ซึ่งยังคงอยู่ในระดับต่ำ แสดงถึงความสามารถที่ดีในการตัดความเป็นไปได้ของเพศชายเมื่อผลทำนายเป็นเพศหญิงหรือมีค่าเป็นลบ ส่วนค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.86 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 เช่นกัน หมายความว่าในการทำนายเพศมีความสอดคล้องกับเพศจริงมาก และเมื่อพิจารณาความสามารถในการจำแนกโดยรวมจากพื้นที่ใต้โค้ง ROC (AUC) พบว่าในกลุ่มพัฒนาสมการมีค่า AUC เท่ากับ 0.978 (SE = 0.009; 95% CI: 0.959 – 0.996) และในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องมีค่า AUC เท่ากับ 0.977 (SE = 0.012; 95% CI: 0.954 – 1.00) ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีค่า AUC ใกล้เคียง 1.0 แสดงถึงประสิทธิภาพในการจำแนกที่ดีมาก

ตารางที่ 9 แสดงการประเมินประสิทธิภาพการทำนายของสมการจำแนกเพศ

Parameters	Training group (n=200)	Validation group (n=100)
Overall accuracy (%)	93.5	93.0
Male accuracy (Sensitivity) (%)	94.0	90.0
Female accuracy (Specificity) (%)	93.0	96.0
Positive predictive value (PPV) (%)	93.07	95.74
Negative predictive value (NPV) (%)	93.94	90.57
Positive likelihood ratio (LR+)	13.43	22.50
Negative likelihood ratio (LR-)	0.07	0.10
Kappa coefficient	0.87	0.86
AUC (SE), (95%CI)	AUC (SE)= 0.978(0.009), 95%CI = 0.959-0.996	AUC (SE)= 0.977(0.012), 95%CI = 0.954-1.00

6. การประเมินประสิทธิภาพของสมการประมาณความสูง

ผลการวิเคราะห์การประเมินประสิทธิภาพของสมการประมาณความสูง โดยเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพัฒนาสมการ (training group) และกลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง (validation group) พบว่าค่า Mean Absolute Error (MAE) หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบค่าสัมบูรณ์ในกลุ่มพัฒนาสมการเท่ากับ 3.87 ± 3.29 เซนติเมตร ขณะที่ในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องเท่ากับ 4.36 ± 3.46 เซนติเมตร แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการประมาณความสูงในสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกัน ในส่วนของ Mean Absolute Error Percentage

(MAEP) หรือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยแบบร้อยละ พบว่ากลุ่มพัฒนาสมการมีค่าเท่ากับ $2.44 \pm 2.08\%$ และกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องมีค่า $2.74 \pm 2.17\%$ หมายความว่าความคลาดเคลื่อนความสูงที่ประมาณได้กับความสูงจริงอยู่ในระดับต่ำและมีความสม่ำเสมอระหว่างสองกลุ่ม ค่า R^2 (coefficient of determination) หรือค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดในกลุ่มพัฒนาสมการเท่ากับ 0.601 หมายความว่าสมการสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสูงได้ร้อยละ 60.1 ขณะที่ในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องมีค่า 0.485 หรือร้อยละ 48.5 สำหรับค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) หรือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น เป็นค่าที่ใช้วัดความสอดคล้อง ความน่าเชื่อถือของสมการ พบว่าในกลุ่มพัฒนาสมการมีค่าเท่ากับ 0.761 และในกลุ่มตรวจสอบความถูกต้องมีค่า 0.689 ซึ่งอยู่ในระดับดีถึงปานกลาง แสดงว่าความสูงที่ประมาณได้กับความสูงจริงมีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 10 แสดงการประเมินประสิทธิภาพการทำนายของสมการประมาณความสูง

Parameters	Training group (n=200)	Validation group (n=100)
MAE $\pm$ SD	3.87 ± 3.29	4.36 ± 3.46
MAEP $\pm$ SD	2.44 ± 2.08	2.74 ± 2.17
R^2	0.601	0.485
ICC	0.761	0.689

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลองและสรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา น้ำหนักของกระดูกต้นแขน และนำผลที่ได้ไปพัฒนาเป็นสมการจำแนกเพศและสมการประมาณความสูง รวมถึงการนำสมการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในงานทางด้านนิติมานุษยวิทยา เพื่อใช้ในการพิสูจน์บุคคลในกรณีพบโครงกระดูก หรือเศษซากกระดูก อย่างไรก็ตามการวัดในแต่ละพารามิเตอร์และในแต่ละสมการที่ได้ อาจมีความคลาดเคลื่อน จึงได้มีการประเมินความน่าเชื่อถือของการวัดพารามิเตอร์กระดูกต้นแขน พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพของสมการในกลุ่มพัฒนาและกลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง

จากผลการศึกษาการประเมินความน่าเชื่อถือของการวัดในทุกพารามิเตอร์ ได้แก่ พารามิเตอร์ Maximum Length of Humerus (MaxH) พารามิเตอร์ Midshaft Circumference of Humerus (MCH) พารามิเตอร์ Epicondylar Breadth of Humerus (EBH) พารามิเตอร์ Superior Inferior Diameter of Head of Humerus (SIDH) และพารามิเตอร์ Weight of Humerus (WH) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ Technical Error of Measurement (TEM) อยู่ในระดับที่ต่ำ คือ อยู่ในช่วง 0.03 – 0.92 และค่าร้อยละของค่าความคลาดเคลื่อนทางเทคนิคของการวัด หรือ relative TEM (rTEM%) อยู่ในช่วงระดับต่ำเช่นกัน เท่ากับ 0.03 – 1.05% และมีค่าสหสัมพันธ์ (R) สูงมาก ซึ่งอยู่ในช่วง 0.988 – 0.999 ทั้ง intra- และ inter-observer agreement โดยค่าที่วัดได้นั้นมีค่ามากกว่า 0.95 แสดงถึงความเที่ยงและความแม่นยำของข้อมูลที่วัดได้ (Arroyo et al., 2010) เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำไปสร้างเป็นสมการจำแนกเพศและสมการประมาณความสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ulijaszek และ Kerr (1999) ที่ระบุว่าค่า rTEM ต่ำกว่า 2% ถือว่าอยู่ในระดับดีและเป็นมาตรฐานที่ยอมรับในงานมานุษยวิทยา นอกจากนี้ White, Black และ Folkens (2012) ยังเน้นย้ำว่าการควบคุมความคลาดเคลื่อนจากการวัดเป็นขั้นตอนสำคัญก่อนนำข้อมูลที่ได้ไปใช้วิเคราะห์ผล

ในด้านความแตกต่างระหว่างเพศ ผลการศึกษพบว่าพารามิเตอร์กระดูกต้นแขนทุกพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยในเพศชายสูงกว่าเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) สะท้อนให้เห็นลักษณะความแตกต่างทางเพศของกระดูกต้นแขน โดยเฉพาะพารามิเตอร์ SIDH และพารามิเตอร์ MCH ซึ่งมีค่า t-score เท่ากับ 18.84 และ 18.66 ตามลำดับ หมายความว่านำไปใช้ในการจำแนกเพศได้ดี เนื่องจากในเพศชายมักมีกระดูกที่มีขนาดใหญ่ หนา และแข็งแรงกว่าเพศหญิง เนื่องจากอิทธิพลของเทสโทสเตอโรนฮอร์โมน การเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมประจำวันที่แตกต่างกัน (Franklin, 2010; White et al., 2012) เช่น เพศชายมีการเล่นกีฬาบางประเภท

ที่ส่งผลให้กระดูกได้รับแรงกระแทกบ่อย ๆ หรือเป็นกีฬาที่ต้องใช้พลกำลังเยอะ เช่น การเล่นฟุตบอล ยกน้ำหนัก บาสเกตบอล และการกระโดด เป็นต้น โดยความแตกต่างดังกล่าวทำให้กระดูกต้นแขนเป็นกระดูกที่มีความสามารถนำมาใช้ในการจำแนกเพศทางนิติมานุษยวิทยาได้

สำหรับสมการจำแนกเพศแบบตัวแปรเดียวพบว่าทุกพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กับเพศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยค่าสัมประสิทธิ์ (B) ของพารามิเตอร์ SIDH สูงที่สุดและมีค่าความแม่นยำสูงที่สุดในสมการแบบตัวแปรเดียวอยู่ที่ 91.0% ส่วนสมการแบบหลายตัวแปรเมื่อใช้การวิเคราะห์แบบ stepwise พบว่าสมการประกอบด้วยพารามิเตอร์ SIDH, MCH และพารามิเตอร์ WH ให้ค่า Nagelkerke R^2 สูงสุดเท่ากับ 0.850 และมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นเป็น 93.5% สูงกว่าสมการตัวแปรเดียวทั้งหมด ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Maijanen และคณะ (2023) เรื่องการจำแนกเพศจากกระดูกต้นแขนในประชากรประเทศฟินแลนด์ที่ให้ค่าความแม่นยำในการจำแนกเพศ 92% (Maijanen et al., 2023) แสดงให้เห็นว่าสมการแบบหลายตัวแปรช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกเพศได้อย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนสมการประมาณความสูงแบบหลายตัวแปรให้ประสิทธิภาพสูงกว่าสมการแบบตัวแปรเดียวในทุกกลุ่ม โดยในเพศชายสมการแบบหลายตัวแปรสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสูงได้ 0.566 หรือ 56.6% ในเพศหญิงอธิบายได้ 0.327 หรือ 32.7% ซึ่งต่ำกว่าเพศชาย ส่วนในกลุ่มรวมเพศสมการแบบหลายตัวแปรให้ค่า R^2 สูงสุดถึง 0.657 หรือ 65.7% และมีค่า SEE ต่ำที่สุด เท่ากับ 4.864 เซนติเมตร ซึ่งให้ค่าใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Singhal และ Rao (2011) เรื่องการประมาณความสูงจากกระดูกต้นแขนในประชากรประเทศอินเดียที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณความสูง เท่ากับ 2 เซนติเมตรและสามารถนำสมการไปใช้ได้จริงในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Singhal & Rao, 2011) ซึ่งหมายความว่าสมการแบบหลายตัวแปรในกลุ่มรวมเพศจากการศึกษานี้มีความแม่นยำในการประมาณความสูงและสามารถนำไปใช้ได้จริงในงานนิติมานุษยวิทยา เนื่องจากกระดูกยาวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของร่างกาย (Mahakkanukrauh et al., 2011)

ในประเทศไทยงานวิจัยด้านมานุษยวิทยาชี้ให้เห็นว่าประชากรแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างด้านรูปร่างและสัดส่วนร่างกาย ซึ่งเป็นผลจากความหลากหลายทางชาติพันธุ์ โภชนาการ กิจกรรมในชีวิตประจำวัน สภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงของความสูงที่เปลี่ยนไปตามยุคสมัย ซึ่งประชากรในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีพื้นฐานทางชาติพันธุ์ไท-ลาว หรือกลุ่มชาติพันธุ์บนพื้นที่สูง อาจมีสัดส่วนร่างกายแตกต่างจากประชากรในภาคกลางหรือภาคใต้ที่มีความหลากหลายทางเชื้อสายมากกว่า ความแตกต่างดังกล่าวอาจส่งผลต่อขนาดของกระดูก (Larsen, 2015; Tayles, 1999) ซึ่งการที่สมการประมาณความสูงและสมการจำแนกเพศในงานวิจัยนี้ให้ค่าความแม่นยำอยู่ในระดับสูง แสดงถึงความเหมาะสมของสมการต่อประชากรในกลุ่มที่ศึกษา อย่างไรก็ตามสมการที่พัฒนาจากประชากรกลุ่มหนึ่งอาจไม่เหมาะสมเมื่อนำไปใช้กับอีกกลุ่มประชากรหนึ่งได้โดยตรง เนื่องจากความแตกต่างด้านสัดส่วน

ร่างกายและโภชนาการ (Trotter & Gleser, 1952, 1958; Steyerberg, 2009) รวมถึงลักษณะ
สัณฐานวิทยาของโครงกระดูกยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และชาติ
พันธุ์ (Ruff, 2002; Larsen, 2015) ทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าปกติ ดังนั้น การสร้าง
สมการเฉพาะกลุ่มประชากรจึงเป็นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการศึกษาต่อไป





บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บรรณานุกรม

- Ahmed, A. A. (2013). Estimation of sex from the upper limb measurements of Sudanese adults. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(8), 1041–1047.
- Almeida, M., Laurent, M. R., Dubois, V., Claessens, F., O'Brien, C. A., Bouillon, R., Vanderschueren, D., & Manolagas, S. C. (2017). Estrogens and androgens in skeletal physiology and pathophysiology. *Physiological Reviews*, 97(1), 135–187.
- Anatomy.app. (n.d.). Humerus. Anatomy.app. April 20, 2026, Retrieved from <https://anatomy.app/encyclopedia/humerus>
- Arroyo, M., Freire, M., Ansotegui, L., & Rocandio, A. M. (2010). Intraobserver error associated with anthropometric measurements made by dietitians. *Nutrición Hospitalaria*, 25(6), 1053–1056.
- Boonthai, W., Poodendaen, C., Kamwong, J., Sangchang, P., Duangchit, S., & Iamsaard, S. (2025). Sex and stature estimations from dry femurs of Northeastern Thais: Using a logistic and linear regression approach. *Translational Research in Anatomy*, 38, 100376.
- Boonthai, W., Srisen, K., Poodendaen, C., Phetnui, P., Unsri, S., Iamsaard, S., Hazarika, M., & Duangchit, S. (2024). Population-specific equations for stature estimation using forearm bones: Insights from Northeastern Thailand's diverse ethnic landscape. *Anthropologischer Anzeiger*, 81(2), 225–232.
- Butler, J. M. (2012). Missing persons and disaster victim identification efforts. In J. M. Butler (Ed.), *Advanced topics in forensic DNA typing: Methodology* (pp. 271–292). *Academic Press*.
- Cardiff, P. (2012). Development of the finite volume method for hip joint stress analysis.
- Chatterjee, P. M., Krishan, K., Singh, R. K., & Kanchan, T. (2020). Sex estimation from the femur using discriminant function analysis in a Central Indian population. *Medicine, Science and the Law*, 60(2), 112–121.
- Chegg. (n.d.). Exercise 4 sexing. April 20, 2026, Retrieved from <https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/exercise-4-sexing-work-small-group-alone-complete-exercise-review-traits-used-estimating-b-q51258656>

- Dayal, M. R., Billings, B. K., Brits, D., Abdallah, A., Spocter, M. A., & Bidmos, M. A. (2022). Sex estimation from dimensions of the base of the skull in Black South Africans. *Anthropologischer Anzeiger*, 79(4), 411–421.
- Du, Z., Navic, P., & Mahakkanukrauh, P. (2025). Sex, stature, and age estimation from skull using computed tomography images: Current status, challenges, and future perspectives. *Medicine, Science and the Law*, 65(4), 321–338.
- Duangto, P., & Mahakkanukrauh, P. (2020). Sex estimation from upper limb bones in a Thai population. *Anatomy & Cell Biology*, 53(1), 36–43.
- Etli, Y., Kartal, E., Demir, U., Etli, E., Hekimoğlu, Y., & Aşirdizer, M. (2025). Sex determination using image processing reveals elliptical features of the female pelvic inlet. *Scientific Reports*, 15(1), 33800.
- Franklin, D. (2010). Forensic age estimation in human skeletal remains: Current concepts and future directions. *Legal Medicine*, 12(1), 1–7.
- Galante, N., Cotroneo, R., Furci, D., Lodetti, G., & Casali, M. B. (2023). Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *International Journal of Legal Medicine*, 137(2), 445–458.
- Hall, C. A., McHale, A. M. D., Kader, A. S., Stewart, L. C., MacCarthy, C. S., & Fick, G. H. (2012). Incidence and outcome of prone positioning following police use of force in a prospective, consecutive cohort of subjects. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 19(2), 83–89.
- Hasegawa, I., Uenishi, K., Fukunaga, T., Kimura, R., & Osawa, M. (2009). Stature estimation formulae from radiographically determined limb bone length in a modern Japanese population. *Legal Medicine*, 11(6), 260–266.
- Intasuwan, P., Palee, P., Sinthubua, A., & Mahakkanukrauh, P. (2022). Comparison of sex determination using three methods applied to the greater sciatic notch of os coxae in a Thai population: Dry bone morphology, 2-dimensional photograph morphometry, and deep learning artificial neural network. *Medicine, Science and the Law*, 62(4), 261–268.
- Jeffreys, A. J., Brookfield, J. F., & Semeonoff, R. (1985). Positive identification of an immigration test-case using human DNA fingerprints. *Nature*, 317(6040), 818–819.
- Jeffreys, A. J., Wilson, V., & Thein, S. L. (1985). Individual-specific “fingerprints” of human DNA. *Nature*, 316(6023), 76–79.

- Joseph, I., Mathew, D. G., Sathyan, P., & Vargheese, G. (2011). The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Forensic Dental Sciences*, 3(2), 89–91.
- Keereewan, W., Monum, T., Prasitwattanaseree, S., & Mahakkanukrauh, P. (2023). Stature estimation using the sacrum in a Thai population. *Anatomy & Cell Biology*, 56(2), 259–267.
- Kim, D. H., Lee, S. H., Lee, S. S., Kim, Y. S., Park, D. K., Han, S. H., & Lee, U. Y. (2018). Comprehensive evaluation of the greater sciatic notch for sexual estimation through three-dimensional metric analysis using computed tomography-based models. *Legal Medicine*, 35, 1–8.
- Krishan, K., Chatterjee, P. M., Kanchan, T., Kaur, S., Baryah, N., & Singh, R. K. (2016). A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework. *Forensic Science International*, 261, 165.e1–165.e8.
- Larsen, C. S. (2015). Bioarchaeology: Interpreting behavior from the human skeleton (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Lee, H., Podaras, N., Nikita, E., Chovalopoulou, M. E., & Garoufi, N. (2024). Stature estimation equations from fragmentary long bones based on a modern Eastern Mediterranean assemblage. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht über die biologisch-anthropologische Literatur*, 81(2), 185–198.
- Levine, B. (2013). Principles of forensic toxicology (4th ed.). AACCC Press.
- LibreTexts. (n.d.). LibreTexts Medicine. April 20, 2026, Retrieved from <https://med.libretexts.org/>
- Lumen Learning. (n.d.). Human axial skeleton. Biology for Majors II. May 10, 2026, Retrieved from <https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/humanaxial-skeleton/>
- Mahakkanukrauh, P., Khanpetch, P., Prasitwattanseree, S., Vichairat, K., & Case, D. T. (2011). Stature estimation from long bone lengths in a Thai population. *Forensic Science International*, 210(1–3), 279.e1–279.e7.
- Maijanen, H., Lynch, J., Junno, J. A., & Niinimäki, J. (2023). Sex estimation from humeral and femoral head diameters using CT-scans of living Finns. *Legal Medicine*, 69, 102341.
- Matshes, E., Dolinak, D., & Lew, E. O. (2019). Forensic pathology: Principles and practice. Elsevier Science.

- Menéndez Garmendia, A., Sánchez-Mejorada, G., & Gómez-Valdés, J. A. (2018). Stature estimation formulae for Mexican contemporary population: A sample based study of long bones. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 54, 87–90.
- Mohd Ali, S. H., Omar, N., Shafie, M. S., Nik Ismail, N. A., Hadi, H., & Nor, F. M. (2020). Sex estimation using subpubic angle from reconstructed three-dimensional computed tomography pelvic model in a contemporary Malaysian population. *Anatomy & Cell Biology*, 53(1), 27–35.
- Monica Amin. (2022, December 16). Osteoporosis. Marley Drug. April 20, 2026, Retrieved from <https://www.marleydrug.com/blog/osteoporosis>
- Nikander, R., Kannus, P., Rantalainen, T., Uusi-Rasi, K., Heinonen, A., & Sievänen, H. (2010). Cross-sectional geometry of weight-bearing tibia in female athletes subjected to different exercise loadings. *Osteoporosis International*, 21(10), 1687–1694.
- Nikita, E. (2019). Quantitative sex estimation based on cranial traits using R functions. *Journal of Forensic Sciences*, 64(1), 175–180.
- Nikita, E., & Michopoulou, E. (2018). A quantitative approach for sex estimation based on cranial morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 165(3), 507–517.
- Ogedengbe, O. O., Ajayi, S. A., Komolafe, O. A., Zaw, A. K., Naidu, E. C. S., & Okpara Azu, O. (2017). Sex determination using humeral dimensions in a sample from KwaZulu-Natal: An osteometric study. *Anatomy & Cell Biology*, 50(3), 180–186.
- Panneerchelvam, S., & Norazmi, M. N. (2023). DNA profiling in human identification: From past to present. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 30(6), 5–21.
- Pereira, J. G. D., Santos, J. B. S., Sousa, S. P., Franco, A., & Silva, R. H. A. (2021). Frontal sinuses as tools for human identification: A systematic review of imaging methods. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(5), 20200599.
- Phetnui, P., Poodendaen, C., Choompoo, N., Srisen, K., Iamsaard, S., Chaiyamoon, A., Arun, S., Berkban, T., & Duangchit, S. (2026). Independent validation of population-specific equations for sex and stature estimation from the humerus in Northeastern Thailand. *Forensic Sciences*, 6(1), 1.
- Poodendaen, C., (2024). Fundamental forensic anthropology. (1st ed.). (p.96). KhonKaen. *KhonKaen University printing house*.

- Radoinova, D., Tenekedjiev, K., & Yordanov, Y. (2002). Stature estimation from long bone lengths in Bulgarians. *Homo*, 52(3), 221–232.
- Rowe, P., Koller, A., & Sharma, S. (2026). Physiology, bone remodeling. In StatPearls. StatPearls Publishing. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499863/>
- Ruff, C. B. (2002). Variation in human body size and shape. *Annual Review of Anthropology*, 31, 211–232.
- Seeman, E. (2013). Age- and menopause-related bone loss compromise cortical and trabecular microstructure. *Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences*, 68(10), 1218–1225.
- Shim, Y. T., Kim, W. K., Hyun, J. Y., & Choi, S. (2025). Sex estimation using humerus volume in a Korean population with varying bone preservation. *Scientific Reports*, 15(1), 29485.
- Singhal, S., & Rao, V. (2011). Estimation of total length of humerus from its segments. *Medicine, Science and the Law*, 51(1), 18–20.
- Spradley, M. K., & Jantz, R. L. (2011). Sex estimation in forensic anthropology: Skull versus postcranial elements. *Journal of Forensic Sciences*, 56(2), 289–296.
- Steele, D. G., & McKern, T. W. (1969). A method for assessment of maximum long bone length and living stature from fragmentary long bones. *American Journal of Physical Anthropology*, 31(2), 215–227.
- Steegers, E. A. P., Fauser, B. C. J. M., Hilders, C. G. J. M., Jaddoe, V. W. V., Massuger, L. F. A. G., van der Post, J. A. M., & Schoenmakers, S. (Eds.). (2019). Textbook of obstetrics and gynaecology. Bohn Stafleu van Loghum.
- Steyerberg, E. W. (2009). Clinical prediction models: A practical approach to development, validation, and updating. *Springer*.
- Subarajan, P., Arceo-Mendoza, R. M., & Camacho, P. M. (2024). Postmenopausal osteoporosis: A review of latest guidelines. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 53(4), 497–512.
- Sumalatha, U., Prakasha, K. K., Prabhu, S., & Nayak, V. C. (2024). A comprehensive review of unimodal and multimodal fingerprint biometric authentication systems. *IEEE Access*, 12, 64300–64334.
- Tayles, N. (1999). The excavation and analysis of skeletal material from Ban Lum Khao, northeast Thailand. *Asian Perspectives*, 38(1), 94–119.

- Trotter, M., & Gleser, G. C. (1952). Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *American Journal of Physical Anthropology*, 10(4), 463–514.
- Trotter, M., & Gleser, G. C. (1958). A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *American Journal of Physical Anthropology*, 16(1), 79–123.
- Ubelaker, D. H. (2018). Forensic anthropology. In *Biological anthropology of the human skeleton* (pp. 43–71).
- Ulijaszek, S. J., & Kerr, D. A. (1999). Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *British Journal of Nutrition*, 82(3), 165–177.
- Vanderschueren, D., Laurent, M. R., Claessens, F., Gielen, E., Lagerquist, M. K., Vandenput, L., Börjesson, A. E., & Ohlsson, C. (2014). Sex steroid actions in male bone. *Endocrine Reviews*, 35(6), 906–960.
- Walker, M. D., & Shane, E. (2023). Postmenopausal osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, 389(21), 1979–1991.
- Wells, G. L., & Olson, E. A. (2003). Eyewitness testimony. *Annual Review of Psychology*, 54, 277–295.
- White, T. D., Black, M. T., & Folkens, P. A. (2012). *Human osteology* (3rd ed.). Academic Press.
- Wikipedia contributors. (n.d.). Appendicular skeleton. In Wikipedia. 10 May 2026, Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Appendicular_skeleton
- Yang, W., Liu, X., Wang, K., Hu, J., Geng, G., & Feng, J. (2019). Sex determination of three-dimensional skull based on improved backpropagation neural network. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 19, 9163547.
- Zhang, K., Yang, M., Cui, J. H., Zhan, M. J., Qiu, L. R., & Deng, Z. H. (2019). Stature estimation from the combination of clavicle, scapula, and sternum from 3D-VRT images in Chinese population. *Anthropologischer Anzeiger*, 76(1), 69–78.



ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แสดงข้อมูลการวัดในกลุ่มพัฒนาสมการ

Box code	Sex	Age	Heigh	MaxH		MCH		EBH		SIDH		WH	
				Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2
A2R5N1	1	64	171	335.00	334.00	68.00	66.00	62.98	62.96	45.54	45.44	128.14	128.09
A2R2N3	1	68	178	350.00	349.00	67.00	68.00	64.79	64.82	47.80	47.28	187.07	187.02
G2R2N1	1	44	160	300.00	297.00	61.00	61.00	58.70	58.97	41.56	41.47	121.55	121.52
F2R8N2	1	49	170	315.00	316.00	65.50	69.50	61.71	62.07	45.84	44.78	128.66	128.60
A2R4N3	1	72	160	317.00	317.00	66.50	64.50	59.99	60.17	45.37	44.41	123.34	123.26
D2R7N2	1	63	163	305.50	306.50	65.50	63.50	59.17	59.26	44.45	43.69	132.88	132.85
D2R7N1	1	48	176	339.50	340.05	69.00	66.50	59.46	59.57	45.58	45.59	120.13	120.11
A2R1N1	1	70	150	293.00	292.00	60.00	58.00	58.13	58.19	42.02	40.79	87.60	87.55
D2R6N2	1	75	165	310.00	310.00	64.00	62.50	62.18	62.25	41.96	42.15	103.82	103.78
D2R3N1	1	59	162	305.00	305.00	67.00	66.00	62.81	63.04	44.80	44.25	138.64	138.63
C2R8N3	1	58	165	324.50	325.00	68.00	69.50	65.69	65.81	47.86	47.28	166.44	166.44
B2R8N3	1	58	163	310.00	311.00	60.50	61.00	58.49	58.20	45.56	44.72	121.53	121.53
B2R6N2	1	42	160	301.00	300.50	60.00	61.00	59.85	60.01	46.95	46.86	123.02	123.02
C1N1R2	1	80	172	315.50	316.50	66.00	66.50	64.78	64.88	47.60	47.51	113.52	113.52
D1N2R7	1	79	150	308.00	306.00	64.50	65.00	65.26	65.40	47.00	46.79	109.88	109.88
E1N2R4	1	69	167	315.50	314.50	68.00	68.50	61.58	62.63	45.07	45.31	146.53	146.53
A2R7N3	1	62	175	310.50	311.50	66.50	66.00	65.31	65.31	48.57	48.69	146.58	146.58
D2R1N3	1	85	167	314.00	313.50	65.50	66.50	63.78	63.92	45.05	45.46	128.61	128.61
C2R7N1	1	82	163	306.00	308.00	64.50	64.00	63.25	63.34	46.33	46.19	131.49	131.49
A2R6N1	1	87	165	320.50	319.50	61.00	61.50	64.93	65.12	46.83	45.87	128.67	128.67
A2R7N2	1	75	170	321.50	322.50	71.50	71.00	70.96	71.25	43.92	43.21	83.67	83.51
B2R1N3	1	83	169	321.50	323.50	66.50	67.00	61.26	61.32	49.45	49.18	146.32	146.31
B2R7N3	1	85	163	313.00	312.50	63.00	63.00	60.40	60.90	45.04	45.34	89.11	89.11
B2R6N1	1	55	170	327.50	327.50	65.50	66.00	65.54	65.64	42.97	43.43	136.39	136.39
B2R8N1	1	73	167	316.50	315.50	60.00	61.00	63.80	63.87	46.53	46.51	125.28	125.27
C1N1R1	1	66	157	312.00	312.50	60.50	60.50	57.23	57.60	43.92	43.45	87.25	87.24
B1N2R2	1	78	170	346.50	347.50	68.50	69.00	64.92	65.27	44.24	44.44	67.46	67.45
B1N3R3	1	77	154	287.50	288.50	61.00	61.00	59.00	59.11	42.20	42.57	95.77	95.77
B1N3R2	1	67	166	322.00	323.00	63.50	67.00	61.51	61.46	46.86	46.59	142.82	142.83
D1N1R5	1	65	162	327.00	327.00	61.00	62.00	64.08	64.19	46.95	46.73	115.97	115.97
E1N1R2	1	42	170	313.00	314.00	69.00	71.00	62.51	62.56	45.19	44.45	112.45	112.52
A2R1N2	1	59	160	303.00	304.00	65.00	62.50	58.16	58.97	42.19	42.38	119.37	119.43

E2R3N3	1	41	170	334.50	334.00	67.50	66.50	63.53	63.57	43.16	42.87	150.80	150.88
E2R4N3	1	39	167	295.50	296.00	62.00	61.50	63.58	63.60	46.38	45.33	136.04	136.10
A2R3N3	1	85	162	305.00	304.50	61.50	60.00	59.69	59.51	43.04	42.08	64.73	64.88
D2R4N1	1	75	149	300.00	300.00	62.00	60.00	63.74	63.77	43.90	42.95	84.82	84.85
D2R5N2	1	53	160	301.00	300.00	61.00	58.50	59.55	59.66	40.55	40.91	99.96	99.97
D2R8N3	1	70	162	305.00	305.00	64.00	63.00	61.40	61.45	45.42	45.61	104.32	104.36
D2R3N2	1	59	165	308.00	309.00	65.50	61.00	65.27	65.38	48.04	48.36	127.22	127.23
D2R5N1	1	78	165	300.00	300.00	60.50	58.00	58.38	58.40	45.38	45.35	99.97	100.01
D1N2R8	1	56	177	327.00	327.00	67.00	68.50	64.38	64.76	46.76	45.69	118.30	118.30
D2R2N3	1	76	170	320.50	322.50	64.50	66.00	60.41	60.32	46.50	45.54	132.53	132.53
D2R6N3	1	56	160	304.50	303.50	59.50	59.00	58.50	58.65	41.34	41.34	116.00	115.99
C2R5N3	1	75	167	328.00	327.50	63.00	64.00	64.05	64.28	46.18	44.53	118.92	118.91
D2R2N1	1	62	168	328.00	327.50	64.50	64.00	60.46	60.53	47.16	47.60	117.69	117.69
C2R7N2	1	58	168	309.00	308.50	61.00	61.50	61.33	61.64	48.98	48.31	99.09	99.09
C2R8N2	1	77	165	315.00	317.50	66.50	67.50	60.03	60.10	43.23	43.01	120.78	120.78
A2R6N2	1	60	162	309.00	310.50	60.00	60.00	62.20	62.43	43.86	43.43	99.54	99.53
C2R3N3	1	50	160	290.50	290.50	59.50	60.00	55.49	55.87	43.77	43.05	121.30	121.30
A2R6N3	1	46	168	316.00	317.50	68.00	68.50	62.24	62.36	46.30	46.36	128.27	128.27
A2R5N1	1	64	171	335.00	334.00	68.50	66.00	62.14	62.33	46.10	46.04	125.95	125.94
A2R2N3	1	68	178	355.00	349.00	65.50	65.50	62.67	62.10	47.55	46.25	178.84	178.79
G2R2N1	1	44	160	297.00	297.00	62.00	62.00	58.97	58.29	41.55	41.26	116.27	116.23
F2R8N2	1	49	170	326.00	322.50	68.50	69.00	62.76	62.71	45.27	45.01	150.57	150.51
A2R4N3	1	72	160	316.00	316.00	69.50	67.00	61.78	61.85	45.48	44.45	114.74	114.64
D2R7N2	1	63	163	308.00	308.00	70.00	68.50	59.20	59.40	43.19	44.16	139.66	139.62
D2R7N1	1	48	176	340.00	339.00	72.00	70.00	61.04	61.03	45.61	45.61	125.04	125.01
A2R1N1	1	70	150	296.00	298.00	61.50	58.00	57.73	57.92	42.07	41.44	97.54	97.50
D2R6N2	1	75	165	313.00	312.50	65.50	65.50	62.52	62.43	42.98	42.87	107.60	107.55
D2R3N1	1	59	162	305.00	304.00	66.00	66.00	63.39	63.29	44.89	44.79	131.62	131.60
C2R8N3	1	58	165	325.50	323.50	73.50	72.00	67.39	67.65	48.54	48.50	171.23	171.23
B2R8N3	1	58	163	305.50	305.00	62.00	61.00	58.38	58.49	44.72	43.68	121.56	121.55
B2R6N2	1	42	160	300.50	300.00	62.50	61.00	59.68	59.34	45.73	45.79	123.23	123.23
C1N1R2	1	80	172	315.00	313.50	68.50	69.00	66.66	66.61	47.78	47.17	112.67	112.67
D1N2R7	1	79	150	305.50	303.00	63.00	64.00	62.44	62.50	45.11	45.29	106.14	106.14
E1N2R4	1	69	167	319.00	316.00	68.50	70.00	61.00	61.13	45.27	45.53	154.37	154.37
A2R7N3	1	62	175	315.50	315.00	67.50	69.00	63.80	63.82	47.89	47.92	111.77	111.77
D2R1N3	1	85	167	314.50	312.00	65.00	65.50	64.30	66.06	45.42	45.15	129.32	129.32
C2R7N1	1	82	163	317.00	317.00	67.00	67.00	64.32	64.67	45.72	45.22	134.12	134.12
A2R6N1	1	87	165	322.50	322.00	64.00	64.00	66.64	66.88	46.58	46.29	122.55	122.55

A2R7N2	1	75	170	323.50	323.00	70.00	70.00	69.14	69.06	44.91	44.60	86.93	86.93
B2R1N3	1	83	169	326.50	325.50	68.50	69.00	64.35	64.29	49.58	49.23	159.82	159.82
B2R7N3	1	85	163	309.00	307.00	64.50	63.00	61.63	61.68	45.97	46.00	91.98	91.98
B2R6N1	1	55	170	331.50	329.00	65.00	66.00	63.50	63.55	43.16	42.87	138.53	138.53
B2R8N1	1	73	167	316.50	315.00	60.50	61.50	64.44	64.53	45.81	45.85	126.83	126.82
C1N1R1	1	66	157	312.00	309.00	63.00	64.00	58.19	58.03	43.26	44.06	91.46	91.45
B1N2R2	1	78	170	351.00	350.50	72.50	72.00	64.72	64.92	44.49	45.06	72.58	72.58
B1N3R3	1	77	154	287.50	286.00	63.50	64.00	60.59	61.07	42.67	42.47	100.26	100.25
B1N3R2	1	67	166	323.50	322.00	66.50	67.00	63.42	63.30	47.03	47.13	150.79	150.79
D1N1R5	1	65	162	330.00	330.00	62.00	63.00	64.98	65.09	46.50	46.67	116.43	116.43
E1N1R2	1	42	170	315.00	315.00	72.00	67.00	62.56	62.66	46.16	44.44	119.44	119.52
A2R1N2	1	59	160	304.00	305.00	64.50	62.50	59.38	59.45	42.27	40.43	117.08	117.16
E2R3N3	1	41	170	333.00	333.00	70.50	67.50	63.58	63.57	43.35	42.48	152.50	152.58
E2R4N3	1	39	167	289.50	290.00	64.00	61.00	64.21	64.17	45.94	45.03	135.07	135.14
A2R3N3	1	85	162	305.00	305.50	62.50	60.00	61.36	61.39	42.75	42.56	67.91	67.94
D2R4N1	1	75	149	303.00	303.00	63.50	61.50	63.94	64.16	45.03	43.59	86.63	86.66
D2R5N2	1	53	160	302.00	301.00	63.00	60.00	59.59	59.71	40.81	40.20	101.68	101.69
D2R8N3	1	70	162	305.00	303.00	66.50	65.00	63.95	64.00	46.77	45.53	105.52	105.56
D2R3N2	1	59	165	310.00	310.00	66.50	64.50	65.00	65.14	49.45	48.39	130.88	130.89
D2R5N1	1	78	165	301.50	302.00	63.00	62.00	57.74	58.01	47.47	45.75	92.48	92.51
D1N2R8	1	56	177	329.50	328.00	68.00	69.00	64.03	63.84	46.13	45.73	112.95	112.94
D2R2N3	1	76	170	325.50	324.50	67.50	68.50	61.17	61.20	46.04	45.78	138.06	138.06
D2R6N3	1	56	160	309.00	307.50	59.50	60.00	56.69	56.82	41.83	41.06	118.61	118.62
C2R5N3	1	75	167	324.50	324.00	66.00	66.00	66.07	66.06	45.51	44.53	132.47	132.47
D2R2N1	1	62	168	324.50	324.00	65.50	66.50	63.19	63.29	47.95	47.16	110.55	110.56
C2R7N2	1	58	168	311.00	310.00	63.00	63.50	62.18	62.02	47.93	48.05	103.72	103.72
C2R8N2	1	77	165	316.00	316.00	71.00	71.00	62.60	62.74	44.35	43.13	123.28	123.27
A2R6N2	1	60	162	315.50	313.50	60.50	61.50	63.16	63.40	46.28	44.22	88.70	88.69
C2R3N3	1	50	160	288.50	288.00	60.50	61.50	56.70	56.68	42.47	42.87	118.39	118.39
A2R6N3	1	46	168	319.50	319.50	67.50	68.50	64.22	64.25	46.16	45.99	125.72	125.72
J1N1R7	0	72	154	266.50	267.50	51.50	51.00	54.41	54.22	39.63	40.35	52.03	52.03
J1N1R2	0	66	162	310.50	311.50	56.50	57.00	55.29	55.59	40.04	39.91	87.80	87.81
K1N3R5	0	44	167	277.50	277.00	56.00	56.50	52.05	52.31	39.82	40.35	98.92	98.91
J1N3R5	0	48	165	285.00	285.00	58.00	58.00	53.99	54.05	40.75	39.85	86.93	86.92
K1N1R6	0	65	153	269.50	266.50	55.50	55.00	53.94	54.15	37.12	37.20	62.38	62.37
L1N3R8	0	66	150	290.00	290.00	53.50	54.50	54.40	54.49	38.96	39.12	70.81	70.81
I1N3R4	0	65	145	284.50	284.00	56.00	57.00	56.15	56.34	37.67	38.07	63.96	63.95
K1N2R3	0	60	158	304.50	304.00	57.00	57.00	56.93	56.90	39.17	38.80	103.24	103.23

J1N2R5	0	78	170	297.50	298.00	55.00	56.50	54.15	54.27	35.32	35.31	55.07	55.07
J1N2R6	0	78	150	295.50	295.00	55.50	55.50	56.74	56.88	39.41	39.51	62.62	62.62
O2R3N1	0	59	150	294.50	295.00	56.00	56.50	59.39	59.35	41.36	41.08	87.81	87.82
P2R4N1	0	60	146	275.50	275.00	49.50	49.50	48.86	51.53	35.45	35.87	56.88	56.88
305.00	0	65	150	289.00	288.50	52.00	51.50	52.99	52.46	37.56	37.31	70.34	70.33
P2R7N2	0	53	153	276.50	278.00	60.50	60.00	54.61	54.47	37.13	36.97	96.95	96.94
I1N2R5	0	72	160	320.50	317.50	60.50	60.00	60.53	60.25	45.40	46.31	121.39	121.38
L2R7N2	0	40	150	295.00	295.00	53.50	52.50	51.93	51.74	39.05	39.95	95.92	95.93
I1N3R1	0	61	156	282.50	283.50	55.50	56.00	54.61	54.27	39.73	39.67	64.89	64.88
I1N3R5	0	71	140	269.50	269.50	56.00	55.50	55.28	55.10	38.82	38.78	56.47	56.47
O2R1N1	0	56	160	299.50	300.50	54.00	53.50	57.56	57.48	37.69	37.69	57.66	57.66
N2R7N3	0	53	146	275.50	277.00	56.50	54.50	56.90	56.56	36.53	36.70	79.47	79.46
I1N3R2	0	53	158	286.50	287.50	51.50	51.00	53.48	53.44	41.19	41.11	86.46	86.46
O2R5N2	0	50	150	290.00	291.50	54.50	54.00	54.80	54.67	37.20	37.40	80.81	80.81
O2R8N2	0	51	165	296.50	295.50	68.50	66.50	64.78	64.50	43.53	44.22	104.27	104.27
N2R6N3	0	52	155	280.00	280.50	63.50	62.50	54.70	54.62	40.45	40.16	84.44	84.43
O2R3N2	0	81	150	309.50	310.00	51.50	50.50	55.29	55.14	36.95	37.06	57.86	57.86
273.00	0	59	154	290.00	290.50	56.50	57.00	55.10	55.22	37.44	37.12	79.86	79.89
408.00	0	80	155	289.00	290.00	52.00	52.00	51.81	51.97	36.29	36.60	78.91	78.92
393.00	0	54	150	292.50	293.50	53.00	53.50	52.49	52.60	35.98	36.49	71.63	71.63
137.00	0	71	150	302.50	302.50	54.50	55.00	57.74	57.79	39.03	39.71	76.51	76.50
416.00	0	66	158	302.00	302.50	54.00	55.00	52.43	52.55	41.19	41.38	82.29	82.27
205.00	0	42	160	305.00	305.50	53.50	53.00	53.62	53.67	39.82	40.36	55.67	55.68
334.00	0	65	155	302.50	304.50	52.00	52.50	56.04	56.42	40.46	40.49	39.38	39.37
276.00	0	73	150	301.50	302.50	54.00	55.00	51.47	51.51	40.23	40.47	73.58	73.59
314.00	0	78	145	285.50	287.50	52.00	52.50	52.21	52.25	36.34	36.29	39.01	39.03
P2R6N2	0	75	150	264.50	265.50	59.00	58.50	58.12	57.73	40.08	39.27	60.84	60.84
P2R1N2	0	57	155	300.50	300.00	52.00	51.50	52.03	51.74	37.10	36.73	53.40	53.40
P2R2N2	0	67	145	275.50	277.50	51.50	51.00	47.61	47.21	37.12	36.51	53.67	53.66
P2R7N1	0	69	150	277.50	277.00	53.50	53.00	53.58	53.03	39.49	39.01	71.21	71.21
P2R8N1	0	55	163	317.50	318.50	55.50	55.00	54.95	54.58	42.81	43.00	104.94	104.97
P2R2N1	0	58	161	292.50	293.50	63.50	64.00	60.58	60.31	42.58	42.84	81.96	81.96
M1N2R1	0	58	150	285.00	283.50	53.00	54.00	52.40	52.63	36.02	36.07	54.78	54.78
L1N1R1	0	77	158	297.50	296.50	50.50	50.50	56.08	56.27	37.89	37.94	62.41	62.41
A1N1R3	0	77	148	267.50	266.00	55.00	56.50	53.61	53.66	38.31	38.59	52.01	52.00
L1N1R4	0	71	156	257.50	256.50	52.00	52.00	55.52	55.81	38.05	37.44	66.68	66.68
L1N2R3	0	37	150	281.50	281.50	57.00	57.00	47.69	47.91	38.52	39.45	86.64	86.64
N1N3R1	0	55	160	304.00	304.00	51.50	53.00	55.14	55.47	41.70	41.63	91.02	91.02

P1N3R1	0	83	165	321.50	320.50	61.50	62.50	63.91	64.19	42.99	43.31	68.48	68.48
S1N3R1	0	72	156	276.50	277.00	53.00	54.00	52.97	53.21	38.73	38.98	49.63	49.62
Q1N1R4	0	64	158	292.50	293.00	56.00	56.00	55.23	55.43	39.91	40.03	84.83	84.83
M1N2R2	0	64	160	282.50	282.50	55.50	56.00	51.46	51.65	38.96	38.04	53.77	53.77
J1N1R7	0	72	154	277.00	276.00	54.00	54.00	54.53	54.58	40.27	40.46	55.27	55.27
J1N1R2	0	66	162	311.50	313.50	58.50	58.00	55.25	55.48	40.66	40.48	84.19	84.20
K1N3R5	0	44	167	280.00	278.50	56.50	56.50	51.41	51.75	40.77	40.89	101.99	101.99
J1N3R5	0	48	165	285.00	284.50	58.50	58.00	54.06	54.41	41.01	40.70	94.96	94.97
K1N1R6	0	65	153	267.00	265.00	58.00	58.00	55.64	55.77	36.65	38.20	65.50	65.50
L1N3R8	0	66	150	290.50	290.50	53.50	54.00	55.49	55.75	39.47	39.26	67.36	67.38
I1N3R4	0	65	145	285.00	285.00	57.50	57.00	54.87	55.03	36.50	36.62	64.04	64.04
K1N2R3	0	60	158	303.50	301.50	58.00	58.00	58.00	57.80	39.53	40.12	102.03	102.03
J1N2R5	0	78	170	294.50	295.00	59.50	60.00	57.02	57.10	35.39	35.34	56.55	56.55
J1N2R6	0	78	150	296.50	298.00	55.50	54.00	56.61	56.65	39.06	39.62	62.47	62.46
O2R3N1	0	59	150	299.00	298.50	62.00	60.00	59.69	59.71	41.49	41.25	88.09	88.09
P2R4N1	0	60	146	273.50	275.00	52.00	51.00	47.78	47.01	36.97	38.33	50.44	50.44
305.00	0	65	150	290.00	291.00	53.00	52.00	52.11	52.01	37.78	37.53	70.34	70.33
P2R7N2	0	53	153	279.50	280.00	61.00	61.50	56.82	56.61	36.03	36.79	98.52	98.52
I1N2R5	0	72	160	325.00	324.50	62.50	62.00	61.36	61.05	47.96	47.38	123.28	123.29
L2R7N2	0	40	150	292.50	294.50	52.50	53.00	51.54	50.89	39.17	39.32	92.38	92.37
I1N3R1	0	61	156	284.50	285.50	53.50	53.00	54.75	54.61	38.77	39.57	68.58	68.58
I1N3R5	0	71	140	274.00	275.00	57.50	56.50	55.71	55.53	37.74	37.82	58.60	58.60
O2R1N1	0	56	160	302.00	303.00	52.50	53.00	56.95	56.64	36.02	38.19	60.39	60.40
N2R7N3	0	53	146	274.50	275.00	56.00	55.50	57.97	57.67	36.40	36.67	73.96	73.97
I1N3R2	0	53	158	288.50	290.00	54.00	52.50	55.73	55.72	41.92	41.81	90.25	90.25
O2R5N2	0	50	150	284.50	286.00	54.00	53.50	51.92	52.26	37.30	38.08	81.82	81.82
O2R8N2	0	51	165	299.50	300.00	68.50	67.00	65.06	64.90	44.73	45.09	105.50	105.50
N2R6N3	0	52	155	297.50	299.00	63.00	61.00	53.74	53.42	40.59	41.02	97.71	97.71
O2R3N2	0	81	150	313.50	313.50	51.00	51.00	54.91	54.73	36.58	37.42	59.58	59.56
273.00	0	59	154	292.50	289.50	56.00	56.50	55.02	55.06	37.44	38.02	80.34	80.33
408.00	0	80	155	295.00	292.50	53.00	53.00	51.37	51.47	37.03	37.02	82.95	82.95
393.00	0	54	150	297.00	297.00	54.00	53.50	52.77	53.00	36.71	36.50	77.49	77.50
137.00	0	71	150	307.50	308.00	54.50	55.50	57.00	57.24	39.58	40.06	75.84	75.84
416.00	0	66	158	305.50	304.50	55.50	55.00	52.61	52.94	40.45	41.38	87.67	87.68
205.00	0	42	160	304.00	302.50	56.00	55.00	55.10	55.14	41.12	41.04	65.70	65.68
334.00	0	65	155	301.50	301.50	53.50	54.00	57.18	57.18	40.79	40.88	67.53	67.53
276.00	0	73	150	295.00	297.00	53.00	53.00	52.43	52.64	39.58	39.93	73.12	73.11
314.00	0	78	145	290.50	291.00	51.50	52.00	53.86	54.11	36.27	36.42	52.00	52.01

P2R6N2	0	75	150	262.50	263.00	59.00	58.00	56.20	55.66	39.15	38.71	59.38	59.38
P2R1N2	0	57	155	300.50	301.00	52.00	52.00	52.52	52.31	38.30	38.09	51.74	51.73
P2R2N2	0	67	145	278.50	280.00	53.50	52.50	47.07	46.95	36.81	36.13	54.17	54.16
P2R7N1	0	69	150	286.50	288.50	56.00	55.50	52.42	52.34	39.40	40.34	74.07	74.04
P2R8N1	0	55	163	317.50	318.50	57.00	56.50	57.34	56.66	42.25	41.59	109.17	109.16
P2R2N1	0	58	161	292.00	294.00	63.00	62.50	60.07	59.87	44.70	44.30	82.76	82.77
M1N2R1	0	58	150	287.00	285.00	53.00	54.00	53.57	53.78	36.45	36.33	58.21	58.21
L1N1R1	0	77	158	303.50	302.00	51.00	51.50	55.93	56.15	38.78	38.31	62.29	62.29
A1N1R3	0	77	148	267.00	265.50	57.00	57.00	54.70	54.25	38.02	38.36	52.65	52.65
L1N1R4	0	71	156	264.50	262.00	51.00	51.50	55.59	55.59	38.27	37.62	67.58	67.59
L1N2R3	0	37	150	285.50	284.00	56.50	57.00	47.65	47.74	39.86	38.82	88.50	88.50
N1N3R1	0	55	160	304.00	303.00	55.00	53.50	55.06	55.23	41.54	41.62	93.12	93.12
P1N3R1	0	83	165	320.00	318.50	60.00	60.50	63.38	63.35	42.37	41.71	69.39	69.38
S1N3R1	0	72	156	275.50	274.50	52.50	54.00	53.19	53.50	39.34	40.20	54.37	54.37
Q1N1R4	0	64	158	300.50	300.00	60.50	60.50	56.60	56.91	40.71	40.28	84.11	84.11
M1N2R2	0	64	160	278.00	275.00	55.50	56.00	51.14	51.41	38.77	38.64	49.88	49.88

ภาคผนวก ข แสดงข้อมูลการวัดในกลุ่มตรวจสอบสมการ

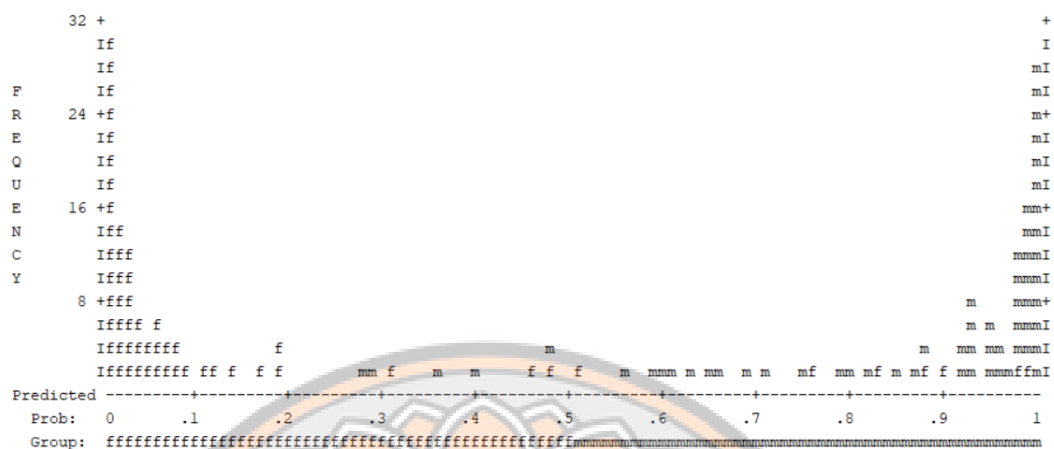
Box code	Sex	Age	Heigh	MaxH		MCH		EBH		SIDH		WH	
				Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2	Mean 1	Mean 2
B2R4N3	1	71	174	320.50	318.50	61.50	62.50	62.31	62.64	45.20	44.82	141.55	141.55
B2R5N3	1	56	160	300.50	300.50	61.00	61.00	60.42	60.53	44.41	44.59	114.69	114.69
B2R4N1	1	64	170	315.00	315.50	65.50	65.50	62.41	62.47	49.15	48.36	133.03	133.04
B2R3N2	1	61	155	262.00	261.50	55.00	55.50	56.46	56.63	41.59	40.75	85.75	85.75
B1N3R4	1	53	160	313.50	315.00	64.50	65.50	61.90	61.91	45.63	45.86	142.52	142.52
B1N3R8	1	77	165	312.00	313.00	63.00	64.00	57.81	57.90	43.36	42.89	101.79	101.78
B1N2R6	1	57	171	313.50	315.00	62.00	62.00	59.77	59.69	44.57	44.20	127.35	127.35
B1N3R1	1	86	160	292.50	293.50	60.50	57.00	60.50	60.69	44.83	45.40	79.91	79.91
C1N2R2	1	43	168	302.50	301.50	60.00	60.50	54.94	54.92	43.62	43.24	119.44	119.43
C1N3R5	1	81	170	306.00	307.00	64.50	66.00	61.94	62.12	48.79	48.75	104.16	104.15
A1N1R8	1	54	157	335.00	334.50	67.00	66.50	63.31	63.44	47.59	47.66	128.08	128.09
A1N2R7	1	58	165	334.00	332.50	66.50	66.00	63.79	63.79	44.93	44.11	111.21	111.20
E1N1R7	1	61	176	335.00	335.50	67.00	66.50	61.39	61.62	48.26	48.24	123.08	123.09
D1N1R6	1	78	175	333.50	333.50	66.00	69.00	63.00	63.65	44.62	44.97	130.68	130.68
E1N1R5	1	42	170	336.00	335.50	62.50	63.00	59.86	60.43	46.70	46.76	111.35	111.36
E1N1R3	1	43	165	309.50	307.50	68.00	68.50	54.31	54.26	40.95	41.18	111.67	111.66
E1N2R2	1	66	153	298.50	297.50	64.00	66.00	60.02	60.51	46.74	47.21	139.02	139.01

C1N3R2	1	57	155	284.50	286.00	66.00	67.00	61.63	61.55	43.98	44.60	130.54	130.54
C1N3R7	1	43	162	295.50	296.50	66.00	66.00	56.59	56.76	42.57	42.30	128.13	128.13
36/41 (300)	1	62	156	285.00	285.00	65.00	65.00	58.68	58.69	40.80	40.58	110.80	110.80
43/220 (381)	1	65	160	291.00	291.00	56.00	56.00	55.30	55.39	41.73	41.90	99.30	99.30
1123/43 (398)	1	87	155	311.00	311.00	64.00	64.00	62.78	62.71	45.20	45.35	108.50	108.50
1322/43 (396)	1	74	155	293.00	293.00	65.00	65.00	56.42	56.34	40.95	41.14	104.10	104.10
43/725 (387)	1	60	162	286.00	286.00	73.00	73.00	63.75	63.75	45.83	45.80	117.10	117.10
C1N3R4	1	65	172	323.00	323.00	70.00	70.00	63.34	63.29	51.36	51.28	140.80	140.80
B2R4N3	1	71	174	323.00	321.50	62.50	62.00	63.27	62.86	46.13	45.81	147.49	147.49
B2R5N3	1	56	160	302.00	299.50	59.50	59.50	58.97	59.04	45.00	43.98	111.55	111.55
B2R4N1	1	64	170	321.50	318.00	66.50	68.00	64.15	64.12	48.57	47.84	137.18	137.17
B2R3N2	1	61	155	264.00	262.50	56.50	55.00	57.32	56.92	40.50	40.06	87.17	87.17
B1N3R4	1	53	160	313.00	311.00	66.00	67.00	61.65	61.69	46.73	45.41	137.74	137.74
B1N3R8	1	77	165	320.50	320.50	65.00	65.50	57.81	57.84	43.95	44.11	116.08	116.08
B1N2R6	1	57	171	316.00	315.50	66.00	66.00	61.57	61.59	47.12	46.32	143.92	143.92
B1N3R1	1	86	160	295.00	295.00	57.50	57.00	59.81	59.58	46.57	46.34	88.09	88.10
C1N2R2	1	43	168	306.00	304.50	61.50	62.50	53.45	53.92	42.18	42.59	123.49	123.48
C1N3R5	1	81	170	306.00	305.50	70.50	69.50	62.43	62.37	48.12	48.51	101.50	101.51
A1N1R8	1	54	157	338.50	337.50	69.00	69.00	64.19	64.28	49.39	49.00	132.70	132.83
A1N2R7	1	58	165	332.50	331.50	68.50	68.50	65.51	65.73	47.52	48.54	107.45	107.45
E1N1R7	1	61	176	337.50	336.50	67.00	66.00	62.33	62.57	48.54	49.08	128.22	128.23
D1N1R6	1	78	175	331.50	330.00	65.50	67.00	63.39	63.28	45.45	45.45	127.27	127.27
E1N1R5	1	42	170	336.50	335.00	66.50	66.00	61.94	61.10	48.17	48.07	119.19	119.18
E1N1R3	1	43	165	304.50	304.50	68.00	68.50	53.80	54.00	40.25	40.51	103.90	103.90
E1N2R2	1	66	153	298.00	299.00	65.00	65.50	60.87	60.94	48.02	48.02	120.63	120.61
C1N3R2	1	57	155	281.00	282.50	66.00	66.00	60.48	60.57	42.59	43.16	121.17	121.16
C1N3R7	1	43	162	298.00	297.00	68.50	67.50	56.94	57.27	42.76	43.19	131.42	131.42
36/41 (300)	1	62	156	289.00	289.00	68.00	68.00	58.09	58.08	41.51	41.61	115.10	115.10
43/220 (381)	1	65	160	291.00	291.00	57.00	57.00	57.49	57.42	43.20	43.16	93.60	93.60
1123/43 (398)	1	87	155	309.00	309.00	66.00	66.00	62.21	62.29	44.97	45.06	108.10	108.10
1322/43 (396)	1	74	155	293.00	293.00	67.00	67.00	58.23	58.13	41.48	41.57	111.80	111.80

43/725 (387)	1	60	162	289.00	289.00	77.00	77.00	65.85	65.78	45.78	45.63	114.70	114.70
C1N3R4	1	65	172	327.00	327.00	67.00	67.00	58.96	58.94	45.25	45.25	128.80	128.80
L1N3R4	0	54	162	309.50	308.00	62.50	61.50	53.94	54.09	39.84	40.66	87.72	87.72
L1N2R4	0	79	150	267.50	265.50	52.00	52.00	49.76	49.93	34.12	33.78	67.86	67.86
P1N3R3	0	63	160	297.50	295.00	53.50	54.50	54.88	55.24	37.70	38.03	89.43	89.43
P1N3R2	0	57	160	302.00	300.00	52.00	52.00	51.41	51.59	37.15	37.00	80.94	80.94
L1N1R2	0	78	150	279.50	277.50	55.50	56.00	54.37	54.56	38.58	38.70	65.21	65.21
W1R6N3	0	55	164	284.50	283.00	57.00	57.00	51.25	51.09	39.48	39.76	85.95	85.95
O2R4N3	0	64	150	294.50	294.00	55.50	55.00	51.90	52.01	37.66	37.20	67.43	67.42
V1R6N1	0	60	165	304.00	302.00	57.00	57.50	56.39	56.61	37.83	37.07	72.87	72.87
X1R1N1	0	81	157	303.50	300.50	60.00	59.00	53.94	54.41	41.71	42.02	71.79	71.78
O2R6N3	0	60	161	311.50	310.00	60.00	59.50	55.16	55.31	41.23	40.56	77.28	77.29
N1N1R2	0	55	152	302.00	300.50	52.00	53.00	53.31	53.47	39.01	39.55	64.65	64.50
O2R1N2	0	75	158	294.00	293.50	57.50	58.50	56.52	56.43	40.93	39.98	63.13	63.14
O2R6N1	0	70	145	275.00	273.00	55.50	56.00	57.21	57.56	39.15	39.37	70.27	70.27
N2R5N3	0	52	155	282.00	282.50	60.50	61.00	52.34	52.47	38.52	38.28	72.24	72.28
O2R2N1	0	58	159	286.50	287.00	60.00	61.00	58.02	57.99	38.61	39.10	82.56	82.70
X1R3N2	0	75	152	286.00	286.00	51.00	51.00	52.64	53.04	38.58	38.89	70.08	70.07
O2R3N3	0	61	156	279.50	278.00	56.50	56.50	50.30	50.55	38.35	38.39	77.17	77.17
O2R7N1	0	72	150	266.50	265.50	55.00	55.00	52.94	52.98	37.74	37.77	75.16	75.19
K1N1R7	0	89	165	280.00	278.00	57.00	57.50	53.78	53.95	40.12	39.61	35.04	35.06
K1N1R8	0	86	150	297.00	296.50	55.50	55.00	54.71	54.69	39.94	39.95	74.77	74.76
L1N3R6	0	56	150	296.50	294.50	53.00	53.50	58.88	58.75	40.63	40.89	78.43	78.43
D1N3R1	0	55	150	286.50	284.50	52.00	51.50	51.12	51.26	36.57	37.46	58.92	58.92
L1N1R7	0	62	150	302.00	300.00	61.00	62.00	53.89	54.94	41.81	41.90	72.67	72.67
R1N1R5	0	70	160	298.50	297.50	63.50	64.50	59.48	59.46	41.11	40.92	79.07	79.06
M1N1R3	0	52	157	292.50	292.00	56.50	57.00	55.13	55.17	40.13	40.23	75.29	75.29
L1N3R4	0	54	162	311.50	310.00	59.00	59.00	52.98	53.16	40.66	40.66	79.70	79.70
L1N2R4	0	79	150	269.00	267.50	51.00	51.50	48.85	48.95	34.19	33.46	61.05	61.03
P1N3R3	0	63	160	292.00	291.50	54.00	54.00	54.92	55.03	38.19	38.00	87.47	87.47
P1N3R2	0	57	160	297.00	296.00	52.00	52.50	50.84	51.06	37.26	37.90	75.11	75.12
L1N1R2	0	78	150	277.50	277.50	55.00	55.00	53.37	53.64	39.41	38.93	61.24	61.24
W1R6N3	0	55	164	273.50	275.00	54.00	54.50	51.28	51.36	39.16	39.44	76.56	76.55
O2R4N3	0	64	150	302.00	299.50	57.00	57.00	53.34	53.52	38.46	37.94	74.38	74.38
V1R6N1	0	60	165	301.00	301.00	58.50	59.50	56.58	56.69	37.33	37.90	79.62	79.62
X1R1N1	0	81	157	298.50	297.50	59.00	58.00	55.00	55.13	42.72	42.14	74.03	74.02
O2R6N3	0	60	161	312.50	311.50	60.50	60.00	55.63	56.32	41.55	41.61	90.75	90.75

Step number: 2

Observed Groups and Predicted Probabilities

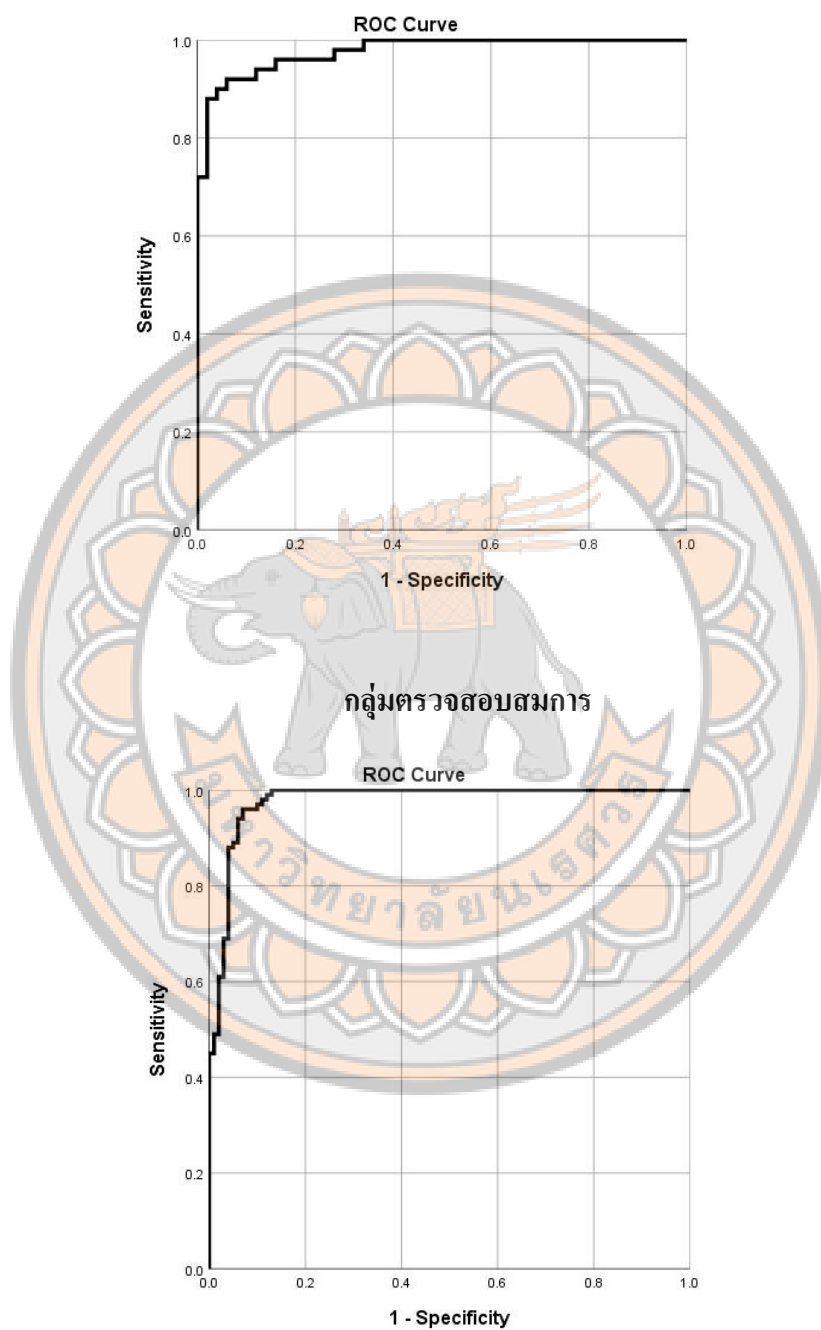


Step number: 3

Observed Groups and Predicted Probabilities



ภาคผนวก ง แสดงกราฟประเมินสมการจำแนกเพศในกลุ่มพัฒนาสมการและ
กลุ่มตรวจสอบความถูกต้อง

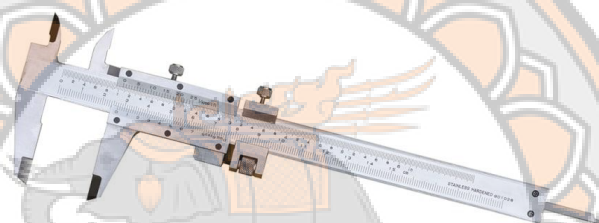


กลุ่มพัฒนาสมการ

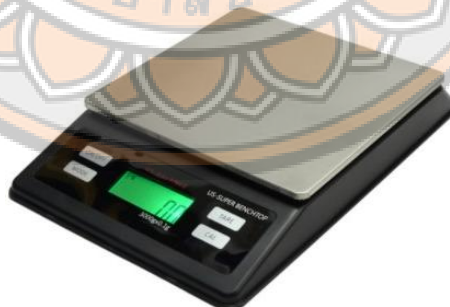
ภาคผนวก จ แสดงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



บอร์ดวัดกระดูก (Osteometric board)



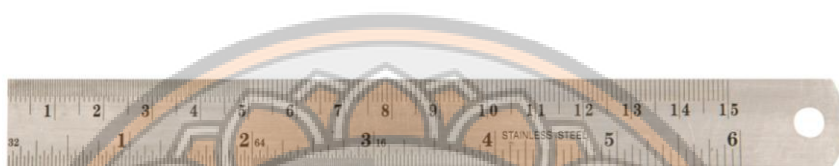
เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Digital vernier caliper)



เครื่องชั่งดิจิตอล



เชือก



ไม้บรรทัด



ภาคผนวก ฉ แสดงการรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักงานอธิการบดี กองการวิจัยและนวัตกรรม งานจัดการมาตรฐานและเครือข่าย โทร. 8752

ที่ อว 0603.01.13(1)/NU-IRB 1465 วันที่ 18 มิถุนายน 2568

เรื่อง แจ้งผลการประเมินโครงการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ขนสรณ์ ภูเด่นแดน สังกัด : คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตามที่ ท่านได้เสนอโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาและการตรวจสอบสมการเทศและความสูง โดยใช้กระดุมกรรจกและระยะลำกล้องในกลุ่มประชากรภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย หมายเลขโครงการ: P1-0100/2568 เพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ นั้น

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยนเรศวรกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าวแล้ว และมีมติ ไม่เข้าข่ายการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เนื่องจากตาม วิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs) เวอร์ชัน 6.0 ลงวันที่ 9 มกราคม 2567 เกณฑ์การพิจารณาโครงการแบบยกเว้น (AF 07) ในหัวข้อ “หมายเหตุ” ระบุ “โครงการวิจัยที่เข้าข่ายดังต่อไปนี้ไม่ต้องขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร”

1. การศึกษาวิจัยกับร่างอาจารย์ใหญ่ที่มีเอกสารมอบร่างกายเพื่อการศึกษาวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

(นายแพทย์สมบูรณ์ ตันสุกสวัสดิกุล)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยนเรศวร