

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ศึกษาโดยการวัดกะโหลกจากประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เก็บรวบรวมไว้ ณ ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จำนวน 54 กะโหลก ประกอบด้วย กะโหลกเพศชาย 32 กะโหลก และกะโหลกเพศหญิง 22 กะโหลก โดยที่กะโหลกทั้งหมดนี้เป็นกะโหลกของคนไทยที่เก็บรวบรวมไว้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กะโหลกที่ใช้ในการศึกษาเป็นกะโหลกผู้ใหญ่ ซึ่งมีช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่มีสภาพค่อนข้างดี และมีรูปร่างลักษณะปกติ แต่มีกะโหลกรุ่นเก่าบางส่วนที่ชำรุด เนื่องจากการนำมาใช้ประกอบการเรียนเป็นเวลาหลายปี จึงมีผลทำให้ไม่สามารถวัดค่าบางค่า หรือบางจุดอ้างอิงได้

3.1 การวัดกะโหลก

การศึกษานี้เป็นการวัดค่าพิสัยจากจุดอ้างอิงต่าง ๆ บนกะโหลก ซึ่งถือเป็นค่าพิสัยสามมิติตามแกน X, Y, Z แล้วนำค่าที่วัดได้ทั้งหมดมาคำนวณ และวิเคราะห์ตามหลักการสามมิติที่เขียนโดย Associate Professor Dr. B.F. Leach เพื่อหาค่าพิสัยสามมิติมาตรฐาน ความกว้าง ความยาว ความสูง และค่ามุมต่าง ๆ ซึ่งจะได้นำมาใช้ในรายละเอียดต่อไป สำหรับวิธีการศึกษาวิจัยนั้นเริ่มต้นจากการกำหนดจุดอ้างอิงบนกะโหลก โดยการใช้ดินสอดำจุดไปบนกะโหลก และจุดอ้างอิงที่นำมาใช้ในการวัดกะโหลกครั้งนี้ทั้งสิ้น 95 จุด ซึ่งได้นำวิธีการมาจากการศึกษาของ Malee Buranarugsa (1979) และ Malee Buranarugsa and Leach (1993) โดยเหมือนกับที่ Jorgen B. Jorgensen แห่งเดนมาร์กได้เรียบเรียงไว้ใน Anthropometric and Anthroposcopic Technique และนำวิธีการหาจุดอ้างอิงมาจากการศึกษาด้วยการวัดเช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (เช่น Howells, 1951, 1957, 1973; Landaue, 1962; Brown, 1965, 1973; Benfer, 1975) อ้างอิงจาก Malee Buranarugsa (1979) ในที่นี้จะเลือกจุดอ้างอิงเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการวัดที่ใช้ครั้งนี้เท่านั้น (ภาพที่ 1-8) ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงที่ครอบคลุมส่วนสำคัญบริเวณต่าง ๆ ของกะโหลกทั้งหมด และสามารถวัดค่าพิสัยสามมิติเพื่อที่จะนำไปหาค่าต่าง ๆ ของตัวแปร เพื่อที่จะบอกถึงรูปร่างลักษณะของกะโหลกได้มากที่สุด

จุดอ้างอิงต่าง ๆ บนกะโหลก (Cranio-metric landmarks) :

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะจุดอ้างอิงที่ใช้วัดสำหรับงานวิจัยครั้งนี้เท่านั้น ดังต่อไปนี้

- Opisthion (OPS) คือจุดที่แนวกลางลำตัวระหว่างผิวด้านในและผิวด้านนอกของกระดูกท้ายทอย (Occipital bone) ซึ่งตัดกับขอบหลังของ Foramen magnum
- Basion (BA) คือจุดต่ำสุดที่แนวกลางตัวบนผิวด้านนอกของขอบหน้าของ Foramen magnum
- Bolton (BO) คือจุดสูงสุดของส่วนโคงระหว่าง Occipital condyle กับขอบล่างของกระดูกท้ายทอย
- Hormion (HOR) คือจุดที่แนวกลางลำตัวในรอยประสานระหว่างกระดูกรูปคันไถ (Vomer) กับกระดูกรูปผีเสื้อ (Sphenoid) เมื่อส่วนของกระดูกรูปคันไถซ้อนทับกับส่วนของกระดูกรูปผีเสื้อ
- Staphylion (STA) คือจุดที่แนวกลางลำตัวตัดผ่านเส้นสัมผัสของ Notch ทั้งสองที่ขอบหลังของเพดานแข็ง (Hard palate)
- Posterior Nasal Spine (PNS) คือจุดหลังสุดของปลายกระดูกที่ยื่นออกมาจากฐานของโพรงจมูก
- Endomolare (ENM) คือจุดในสุดบนผิวด้านในของขอบ Alveolar ตรงข้ามกับจุดกึ่งกลางของฟันกรามบนซี่ที่สอง (Upper second molar)
- Orale (OR) คือจุดซึ่งแนวกลางลำตัวตัดกับเส้นสัมผัสของขอบหลังเบ้าฟันสำหรับฟันคั่นบนซี่กลาง (Upper central incisors) ทั้งสอง
- Greater Palatine Foramen (PAL) คือจุดที่ขอบหน้าสุดของ Greater palatine foramen
- Ectomolare (ECM) คือจุดนอกสุดบนผิวด้านนอกของขอบ Alveolar ตรงข้ามกับจุดกึ่งกลางของฟันกรามบนซี่ที่สอง
- Mastoidale (MS) คือจุดที่ปลายยอดแหลมของ Mastoid process
- Porion (PO) คือจุดสูงสุดบน Superior margin ของรูหูชั้นนอก (External auditory meatus)
- Zygion (ZG) คือจุดนอกสุดบน Zygomatic arch
- Jugal (JU) คือจุดที่มุมยอดที่เกิดจากส่วนของเบ้าตา (Orbit) และ Zygoma ที่ขอบบนกระดูกแก้ม (Malar)
- Frontotemporale (FT) คือจุดบนสันขอบกระดูกขมับ (Temporal crest) ทำให้เกิด minimum frontal breadth
- Staphanion (ST) คือจุดซึ่งรอยประสาน Coronal ตัดกับสัน Temporal
- Euryon (EU) คือจุดที่ทำให้เกิดค่าความกว้างมากที่สุดของกะโหลก (Maximum breadth of the skull)

- Lambda (L) คือจุดแนวกลางลำตัวบนรอยประสาน Lambdoid ตัดกับรอยประสาน Sagittal
- Pterygomaxillary Articulare (PTA) คือจุดที่อยู่ต่ำที่สุดของแอ่ง Pterygopalatine ติดกับส่วนด้านหลังของกระดูก Maxilla
- Vertex (V) คือจุดสูงสุดของกะโหลกเมื่อเทียบในระนาบ Frankfort horizontal
- Inion (IN) คือจุดที่อยู่แนวกลางลำตัวบน External occipital protuberance ซึ่งอยู่ตรงข้ามกับ Internal occipital protuberance
- Opisthocranium (OPC) คือจุดที่ต่ำที่สุดในแนวกลางลำตัวบนกระดูกท้ายทอย แต่ไม่ใช่ Inion ทำให้เกิดความยาวมากที่สุดของกะโหลกโดยวัดจาก Glabella
- Bregma (BR) คือจุดซึ่งรอยประสาน Sagittal จดกับรอยประสาน Coronal
- Ectoconchion (EC) คือจุดที่อยู่บนขอบนอกสุดของเบ้าตา ทำให้เกิดความกว้างมากที่สุดของเบ้าตาเมื่อวัดจาก Maxillofrontale
- Orbitale (ORB) คือจุดต่ำสุดของขอบล่างของเบ้าตา
- Supraorbitale (SOR) คือจุดสูงสุดของขอบบนของเบ้าตา (Supraorbital margin) ที่ทำให้เกิด Maximum Orbital Height โดยวัดจาก Orbitale
- Maxillofrontale (MF) คือจุดซึ่ง Anterior lacrimal crest จดกับรอยประสาน Frontomaxillary
- Nasion (NA) คือจุดซึ่งรอยประสาน Naso-frontalis ติดกับแนวกลางลำตัว
- Glabella (GL) คือจุดที่ต่ำที่สุดในแนวระหว่าง Supraorbital ridges ในแนวกลางลำตัว
- Prosthion (PR) คือจุดต่ำสุดของกระดูกระหว่างฟันตัดบนซึ่งกลางในแนวกลางลำตัว
- Subspinale (SS) คือจุดเล็กสุดบนความโค้งระหว่าง Anterior Nasal Spine กับ Prosthion
- Nasospinale (NAS) คือจุดต่ำสุดของขอบล่างของช่องจมูกทั้งสองข้างในแนวกลางลำตัว
- Nasale (N) คือจุดที่อยู่ขอบนอกสุดของช่องจมูก ด้านหน้ากะโหลก
- Coronion (CO) คือจุดที่ปลายสุดของปุ่ม Coronoid
- Lateral Condylion (LCD) คือจุดนอกสุดของปุ่ม Condylion ของกระดูกขากรรไกรล่าง
- Posterior Ramal Point (PRP) คือจุดหลังสุดของ Ramus ของกระดูกขากรรไกรล่าง
- Gonion (GO) คือจุดที่อยู่ infero-postero-lateral ของ Mandibular ramus ทำให้ได้ระยะที่กว้างที่สุดของกระดูกขากรรไกรล่าง
- Anterior Ramal Point (ARP) คือจุดหน้าสุดของ Ramus ของกระดูกขากรรไกรล่าง
- Infradentale (ID) คือจุดสูงสุดของกระดูกระหว่างฟันตัดล่างซึ่งกลาง ในแนวกลางลำตัว
- Submentale (SM) คือจุดเล็กสุดบนความโค้งด้านหน้าของ Lower alveolus ระหว่างฟันตัดซึ่งกลางกับ Pogonion

- Pogonion (PG) คือจุดที่นูนที่สุดของคางในแนวกลางลำตัว
- Gnathion (GN) คือจุดที่อยู่ขอบล่างของ Symphysis ในแนวกลางลำตัว
- Anterior Nasal Spine (ANS) คือจุดหน้าสุดของฐานโพรงจมูกในแนวกลางลำตัว
- Frontale (F) คือจุดยอดของความโค้งของกะโหลกด้านนอกส่วนกระดูกหน้าผาก
- Parietale (P) คือจุดยอดของความโค้งของกะโหลกด้านนอกส่วนกระดูกข้างขม่อม (Parietal)
- Occipitale (OC) คือจุดยอดของความโค้งของกะโหลกด้านนอกส่วนกระดูกท้ายทอย
- Sella (S) คือจุดกึ่งกลางของแอ่ง Sella turcica
- Parietal Boss (PB) คือจุดที่อยู่ Posterolateral บนผิวนอกของกระดูกข้างขม่อม
- Anterolateral ArticularTubercle (ALA) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้าน Anterolateral end
- Anteromedial Articular Tubercle (AMA) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้าน Anteromedial end
- Posterolateral ArticularTubercle (PLA) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้าน Posterolateral end
- Posteromedial Articular Tubercle (PMA) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้าน Posteromedial end
- AnteriorArticular Tubercle (AAT) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้านหน้าสุด
- Posterior Articular Tubercle (PAT) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ด้านหลังสุด
- Articular Tubercle (AT) คือจุดบน Articular eminence of temporomandibular joint ที่นูนที่สุด
- Articular Fossa (AF) คือจุดลึกสุดในแอ่ง Articular of temporomandibular joint
- Anterior Temporale (TA) คือจุดหน้าสุดของกระดูกขมับ
- Superior Temporale (TS) คือจุดสูงสุดของกระดูกขมับ
- Posterior Temporale (TP) คือจุดหลังสุดของกระดูกขมับ

3.2 เทคนิควิธีการวัดกะโหลก (The cranial coordinate measuring technique) :

อุปกรณ์การวัดแบบสามมิติ ประกอบด้วย

ก) แผ่นกระดานไม้ผิวเรียบ ขนาด 2x70x70 เซนติเมตร (ภาพที่ 9)

ข) กระดาษกราฟขนาด 1x300x400 มิลลิเมตร กำหนดแกน X อยู่ในแนวนอน และแกน Y อยู่ในแนวตั้ง ยึดกระดาษกราฟติดไว้กับแผ่นกระดานไม้ผิวเรียบให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันตลอดการวัดทุกแผ่น

ค) Standard Laboratory Retort Stand and C-clamp (ภาพที่ 9) เพื่อยึดกะโหลกให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ทุกทิศทาง

ง) Diagraph (ภาพที่ 10) มีสเกลในแนวตั้ง สูง 270 มิลลิเมตร ประกอบด้วย

- ฐาน (Base) สี่เหลี่ยมที่มั่นคงเพื่อให้สเกลอยู่ในแนวตั้งตลอดเวลา
- Marker ซึ่งเป็นปลายไส้ดินสอดำ ยื่นจากแกนตั้งด้านหน้าของฐาน
- Moveable pointer เป็นปลายเหล็กแหลมติดกับแกนตั้ง สามารถเลื่อนขึ้นลง และปรับหมุนได้ ติดตั้งสูงกว่าตำแหน่ง Marker และขนานกัน การอ่านค่าจากสเกลตามแกนตั้งดูตามระดับความสูงของ Moveable pointer ที่อยู่สูงต่อกระดาษกราฟ ซึ่งเป็นค่าตามแกน Z

การวัดกะโหลกด้วยเครื่องมือเหล่านี้ ขั้นแรกจะต้องยึดกะโหลกให้อยู่ในท่าที่สามารถวัดได้สะดวก และง่ายต่อการให้เครื่องมือวัด (semi-arbitrary position) ภาพประกอบดังแสดงในภาพที่ 9 ซึ่งสามารถให้ปลาย Moveable pointer สัมผัสจุดอ้างอิงได้ง่าย การยึดกะโหลกต้องยึดให้แน่นไม่ให้ขยับเป็นอันตราย โดยเฉพาะขณะที่อยู่ระหว่างการวัดพิกัดสามมิติ ต้องยึดกระดูกขากรรไกรล่างให้ติดแน่นกับกะโหลกควรยึดด้วยกระดาษขาว โดยให้พื้นบน และพื้นล่างสบกันพอดี ซึ่งพื้นบน และพื้นล่างจะอยู่ในตำแหน่งปกติขณะพัก

ค่าพิกัดของแต่ละจุดอ้างอิงได้จากการวัดด้วย Diagraph ที่นำมาวางบนแผ่นกระดานไม้ผิวเรียบที่มีกระดาษกราฟติดไว้ จากนั้นเคลื่อนปลายของ Moveable pointer ให้สัมผัสกับตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกะโหลก ส่วนปลายของ marker นั้นให้กดดินสอดำลงบนกระดาษกราฟ และเขียนรหัสย่อของจุดอ้างอิงที่วัดไว้เหนือต่อตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษกราฟด้วย จากนั้นให้อ่านค่าจากสเกลในแนวตั้งของ Diagraph เพื่อบันทึกค่าตามแกน Z และทำการวัดจุดอ้างอิงต่าง ๆ จนครบทุกจุดที่กำหนด สุดท้ายจึงอ่านค่าพิกัดจากแกน X และ Y บนกระดาษกราฟที่วัดทั้งหมด และทำการวัดซ้ำอีกครั้งในทุก ๆ จุดอ้างอิงที่กำหนดไว้

การหาจุดอ้างอิงและอุปกรณ์การวัดแบบสองมิติ ประกอบด้วย :

ก) Spreading Calipers (ภาพที่ 11) มีลักษณะคล้ายเครื่องมือวัดเชิงกรานปลายทั้งสองข้างมน รูปร่างคล้ายเขาควาง เครื่องมือชนิดนี้จะใช้วัดในกรณีที่ต้องวัดระยะจากจุด ซึ่งต้องอ้อมส่วนโค้งของกะโหลก

ข) Sliding Calipers (ภาพที่ 12) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระยะระหว่างจุดสองจุดโดยตรง

ค) มาตรวัดระดับน้ำ สำหรับจัดระดับแผ่นกระดานไม้ผิวเรียบให้อยู่ในแนวระนาบ

ง) ห่วงยาง เพื่อใช้วางกะโหลกให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

จ) หมอนทราย เพื่อใช้กันกะโหลกให้อยู่กับที่

ฉ) กระดาษขาว เพื่อใช้ติดบางส่วนของกะโหลก

สำหรับวิธีการศึกษานั้นเริ่มจากการกำหนดจุดอ้างอิงบนกะโหลก โดยใช้คินสอคำจุดไปบนกะโหลก จุดอ้างอิงเหล่านี้จะนำมาใช้ในการวัดแบบสามมิติ และยังสามารถนำมาใช้วัดแบบสองมิติได้เช่นกัน

3.3 การแปลงเป็นค่าพิกัดสามมิติมาตรฐาน (Conversion to standard coordinates)

โดยการคำนวณดังรายละเอียดในภาคผนวก ข เขียนโดย Associate Professor Dr.B.F. Leach ในการแปลงค่าข้อมูลดิบ (Raw-coordinates) ที่ได้จากการวัดแบบสามมิตินำมาปรับสู่แนวแกนมาตรฐาน (Standard axes) ในทุกกะโหลกที่ศึกษาโดยอาศัยหลักการของเรขาคณิตวิเคราะห์ และตรีโกณมิติ ค่าพิกัดที่ได้สามารถนำมาเทียบกันได้ตามแนวแกน X,Y และ Z ในทุก ๆ กะโหลก

ก) แกน X : นิยามของแกนนี้ คือแนวเส้นตรงที่ลากผ่านทะลุจาก Porion ข้างซ้ายไปยัง Porion ข้างขวา ค่า X เป็นศูนย์เมื่อแกน X ถูกตัดด้วยแกน Y และ/หรือแกน Z ในแนวตั้งฉาก และค่า X เป็นบวกเมื่อจุดอ้างอิงอยู่ด้านเดียวกับ Right Porion (ภาพที่ 13)

ข) แกน Y : นิยามของแกนนี้ คือแนวเส้นตรงที่ลากผ่านทะลุจาก Nasion ไปตั้งฉากกับแกน X ค่า Y เป็นศูนย์ เมื่อแกน Y ถูกตัดด้วยแกน X และ/หรือแกน Z ในแนวตั้งฉาก และค่า Y เป็นบวก เมื่อจุดอ้างอิงอยู่ด้านเดียวกับ Nasion (ภาพที่ 14)

ค) แกน Z : นิยาม คือแนวเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับแกน X และแกน Y ค่า Z เป็นศูนย์เมื่อแกน Z ถูกตัดด้วยแกน X และ/หรือแกน Y และค่า Z เป็นบวกเมื่อจุดอ้างอิงอยู่ด้านเดียวกับ Bregma แต่ผ่านหลังต่อ Bregma (ภาพที่ 15)

วิธีการหาค่าพิกัดสามมิติมาตรฐาน

- 1.หาค่าพิกัด X1,Y1,Z1 สำหรับจุดเริ่มต้นจริง (True origin)
- 2.เปลี่ยนจุดเริ่มต้นโดยการหักลบ X1,Y1,Z1 ออกจากค่าพิกัดที่บันทึกตามจุดอ้างอิงทั้งหมด
- 3.หาทิศทางของโคซายน์ในระบบของแกนสมมุติ (False axes) สำหรับแกนจริง (True axis)

4.หมุน (Rotate) กระโหลกตามทิศทางของโคซายน์ ดังนั้นจะได้ค่าพิกัดใหม่ (new coordinates) สำหรับแต่ละจุดอ้างอิงเทียบได้กับแกนจริง

3.4 การแปลงค่าพิกัดสามมิติมาตรฐานไปเป็นค่าตัวแปรต่าง ๆ (Conversion of standard coordinates into variables)

สำหรับการวิเคราะห์พิกัดสามมิติมาตรฐานเพื่อให้ได้ค่าตัวแปรต่าง ๆ นั้น กระทำโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรมวิเคราะห์โดยตรง ซึ่งมีหลักการในการทำงานที่ต้องอาศัยพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

การหากระยะทาง

จุดอ้างอิงบนกระโหลกมีตำแหน่งพิกัดมาตรฐานที่แน่นอน ซึ่งถ้าเป็นระยะระหว่างจุดอ้างอิงสองจุด สามารถคำนวณได้จากทฤษฎี Pythagoras ที่อาศัยหลักการของโคออร์ดิเนตพิกัดฉาก (Rectangular Coordinates) ตามทฤษฎีสามเหลี่ยมมุมฉากจะได้ :

$$|\vec{A}| = M \text{ (linear measure)} = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

- เมื่อ $|\vec{A}| = M$: เป็นขนาดของด้านตรงข้ามมุมฉาก (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

- สำหรับจุดอ้างอิงสองจุด : จุดที่ 1 (x_1, y_1, z_1) และจุดที่ 2 (x_2, y_2, z_2)

และ $a_1 = (x_2 - x_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน X ที่ใช้ในการคำนวณ

$a_2 = (y_2 - y_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน Y ที่ใช้ในการคำนวณ

$a_3 = (z_2 - z_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน Z ที่ใช้ในการคำนวณ

การหาค่ามุม

ในการคำนวณหาค่าของมุม โดยอาศัยจุดอ้างอิงสามจุด สามารถหาได้จากกฎของโคซายน์ (Cosine Rule) :

$$\text{จาก } a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$\therefore \cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

$$\text{หรือ } \cos \alpha = \frac{a_1}{|\vec{A}|}, \cos \beta = \frac{a_2}{|\vec{A}|}, \cos \delta = \frac{a_3}{|\vec{A}|}$$

- เมื่อ $|\vec{A}|$: เป็นขนาดของด้านตรงข้ามมุมฉาก (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)
- เมื่อ a, b, c : เป็นค่าความแตกต่างระหว่างพิกัดฉาก X, Y, Z ในแต่ละคู่ของจุดอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณ
- และ $a_1 = (x_2 - x_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน X ที่ใช้ในการคำนวณ
- $a_2 = (y_2 - y_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน Y ที่ใช้ในการคำนวณ
- $a_3 = (z_2 - z_1)$: เป็นค่าความแตกต่างระหว่างจุดอ้างอิงสองจุดบนแกน Z ที่ใช้ในการคำนวณ