



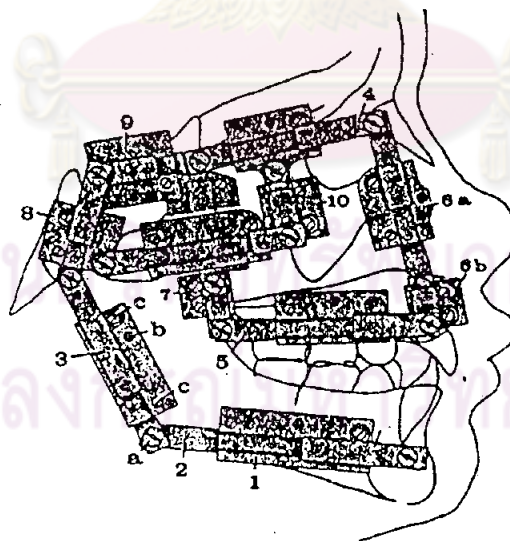
บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

การเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้า

การเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้า เป็นการเจริญเติบโตที่สลับซับซ้อน เนื่องจากประกอบด้วยกระดูกหลายชิ้น ซึ่งแต่ละชิ้นมีกำเนิดและรูปแบบการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เช่น ขากรรไกรบนมีการเจริญเติบโตส่วนใหญ่เป็นแบบ sutural growth นอกจากนี้ยังมีการเจริญเติบโตในลักษณะอื่น ๆ อีก เช่น remodeling, endochondral bone growth, deposition and resorption เป็นต้น

การเจริญเติบโตของกระดูกแต่ละชิ้นมีได้เป็นอิสระ แต่มีผลสะท้อนไปยังกระดูกชิ้นอื่น ๆ อีกด้วย Enlow กับคณะ (1) ได้ประดิษฐ์เครื่องมือเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้าที่สลับซับซ้อน และมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ดังรูป



รูปที่ 2 Diagram แสดง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบของการเจริญเติบโตของกระดูกแต่ละชิ้น

(From Enlow et.al., Angle Ortho 1969)

Björk⁽²⁾, Scott⁽³⁾ และ Müller⁽⁴⁾ กล่าวถึงสภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ลึน , ระบบทางเดินหายใจ, metabolic rate ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้าด้วย

โครงสร้างใบหน้า (Facial skeleton) แบ่งเป็น 3 ส่วน

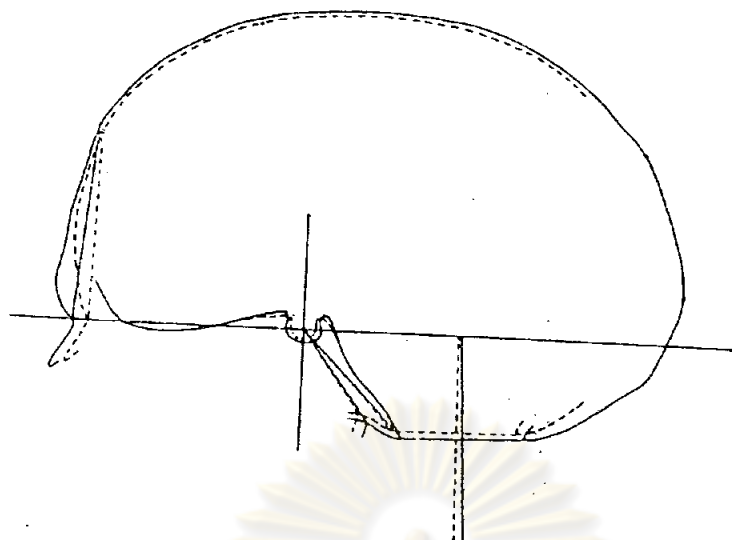
1. ฐานกะโหลก (Cranial base)
2. ขากรรไกรบน (Maxillary complex)
3. ขากรรไกรล่าง (Mandible)

ฐานของกะโหลก (Cranial base)

ในช่วงหลังของระยะในครรภ์มารดา (prenatal stage) ฐานกะโหลกส่วนใหญ่ ซึ่งมีการเจริญเปลี่ยนแปลงมาจาก chondrocranium ประกอบด้วยกระดูกหลายชิ้น ซึ่งเคลื่อนที่เป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากรอยต่อของกระดูกเหล่านี้ยังไม่เชื่อมติดกัน รูปร่างของฐานกะโหลกจึงมีการเปลี่ยนแปลงไปได้มากจนกระทั่งเกิด โดยมีแนวโน้มที่จะตรงขึ้น

ในช่วงอายุ 1 ปีหลังคลอด ฐานกะโหลกจะงอตัว (bending) มากขึ้น และการเปลี่ยนแปลงนี้ดำเนินต่อไปจนกระทั่งอายุประมาณ 10 ปีหรือมากกว่านั้น ในช่วงเวลานั้นฐานกะโหลก จะมีความงอเกือบเต็มที่ และการเปลี่ยนแปลงเกือบสิ้นสุดแล้ว แต่อย่างไรก็ดีในช่วงต่อมาการเจริญเติบโตของฐานกะโหลกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย กระทั่งถึงวัยรุ่น (Adolescence)

Björk⁽²⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของฐานกะโหลกในเด็ก 273 คน อายุระหว่าง 12 - 20 ปี โดยใช้ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะ พบว่าในวัยเด็ก ระหว่าง 1 - 10 ปี (childhood) ส่วนหน้าของฐานกะโหลก (Anterior cranial base) มีการเจริญออกไปทางด้านหน้าโดยวิธี Intracartilagenous บริเวณ Sphenoidal synchondrosis ซึ่งเป็นการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสมอง และการขยายตัวของ Anterior cranial fossa หลังจากนั้นใบหน้าส่วนบนยังคงมีการเจริญเติบโตบริเวณกระดูก Frontal ทางด้านนอก โดยวิธี deposition and resorption ทำให้ใบหน้าส่วนบนขยายออกไปทางด้านหน้า



รูปที่ 3 แสดงรูปแบบของการเจริญเติบโตของฐานกะโหลกศีรษะ

(From Björk, Amer. J. Orthod. 1955)

ในช่วงอายุ 10-12 ปี ระยะระหว่าง S กับ N จะเพิ่มขึ้นโดยขบวนการ Appositional and resorption ทำให้มี Glabella ที่โป่งนูนขึ้นและเกิดการขยายของ Frontal sinus ส่วนหลังของฐานกะโหลก (Posterior cranial base) การเจริญเติบโตของ cartilage บริเวณ Sphenoccipital synchondrosis ทำให้ Basilar part ของกระดูก Occipital ถูกดันเคลื่อนที่ไปทางด้านบน (Dorsal) ระยะระหว่าง S และ Ba เพิ่มมากขึ้น แสดงว่า sphenoccipital synchondrosis จะทำให้ Clivus ยาวขึ้นเท่านั้น ส่วน dorsal elongation ของ Lateral portion ของฐานกะโหลก เกิดจากการเจริญเติบโตโดยบริเวณ suture ในที่ต่าง ๆ ซึ่งยังคงมีอยู่ คราบเท่าที่กระดูกโครงสร้างใบหน้า ยังคงมีการเจริญเติบโตอยู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sicher⁽⁵⁾ กล่าวว่า การเจริญเติบโตของกะโหลกศีรษะจะเพิ่มขึ้น เป็น 90-95% ที่อายุประมาณ 6 ปี

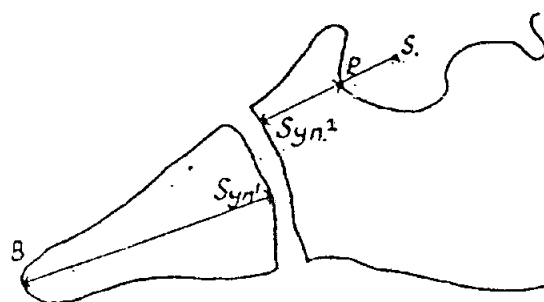
Moss และ Salentijn⁽⁶⁾ แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของกระดูกโครงสร้างใบหน้า เป็นผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงใน functional matrix กล่าวคือ กะโหลกศีรษะ เป็นโครงสร้างที่สลับซับซ้อน การทำงานของระบบต่าง ๆ จะเป็นอิสระต่อกัน ได้แก่ การค้มก้ม การหายใจ การมองเห็น ระบบย่อยอาหาร การพูด การฟัง การทรงตัว และการทำงานของระบบประสาท แต่ละระบบมีการทำงานร่วมกันของ soft tissue กลุ่มหนึ่งซึ่งประกอบด้วยกระดูกโครงสร้างนั้น ๆ (skeleton element) soft tissue และ skeleton element ที่ทำงานร่วมกัน เรียกว่า functional cranial component ถ้า soft tissue กลุ่มหนึ่งทำงานร่วมกันเพียงอย่างเดียว เรียกว่า functional matrix ซึ่งจะแสดงว่าจุดกำเนิด การเจริญเติบโต และการคงสภาพ ของ skeleton element มีความสัมพันธ์กับ functional matrix กล่าวคือ ถ้ามีการทำงานของ functional matrix แล้ว skeleton tissue จะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพไปตามการทำงานของ functional matrix นั้น ๆ

Moss เชื่อว่าพันธุกรรมมีส่วนควบคุม การเจริญเติบโตของกระดูกโครงสร้างทั้ง cartilage และ bone โดย gene มีผลโดยตรงต่อ functional matrix และมีผลโดยอ้อมต่อกระดูกโครงสร้าง ที่เกี่ยวข้องกับ functional matrix นั้น ๆ

Moss และ Salentijn⁽⁷⁾ ได้ใช้ทฤษฎี functional matrix stimulus อธิบายการเจริญเติบโตของฐานกะโหลก โดยสรุปว่า เนื้อสมองส่วนหน้ามีการเจริญเติบโตเต็มที่เมื่ออายุ 3 ขวบ ทำให้ความยาวของฐานกะโหลกส่วนหน้า หยุดการเจริญเติบโตที่อายุประมาณ 3 ขวบ

De Coster⁽⁸⁾ กล่าวว่า Cribriform plate และ planum sphenoidal จะเจริญเติบโตสมบูรณ์ที่อายุ 7 ปี

Latham⁽⁹⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของฐานกะโหลก จากลักษณะทาง histology ในศพ



รูปที่ 4 แสดงรูปร่างของฐานกะโหลกศีรษะทางด้านหลังจากภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ของ
กะโหลกศีรษะด้านข้าง S คือ Sella คือ ขอบค้ำหลังของ Pituitary
fossa, Syn¹ และ Syn² คือ ขอบหลังและขอบหน้าของ Sphenooccipital
Synchondrosis, B คือ Basion

(From Latham, Amer. J. Orthod 1972)

พบว่าระยะระหว่าง Sphenooccipital synchondrosis กับ Posterior
wall ของ Sella point มีค่า คงที่ ตั้งแต่ อายุ 6 ขวบ โดย มีการละลายของกระดูก
บริเวณ posterior wall ของ Pituitary fossa และการสร้างของกระดูกบริเวณ
Basioccipital การละลายตัวของกระดูกบริเวณ Pituitary fossa ยังคงอยู่จน
กระทั่งอายุ 10 ปี Sella point มีการเจริญเติบโตในทิศทาง upward และ
backward

ผลของการเจริญเติบโตของฐานกะโหลก ต่อการเปลี่ยนแปลงของขากรรไกรบน
และขากรรไกรล่าง พบว่า การเจริญเติบโตของฐานกะโหลกส่วนหน้าทำให้ขากรรไกรบน
เจริญไปทางด้านหน้า ส่วนการเจริญเติบโตของฐานกะโหลกส่วนหลัง ทำให้ขากรรไกรบนเจริญ
เติบโตลงล่าง Glenoid fossa เจริญเติบโตไปทางด้านหลังและลงล่าง

การเจริญเติบโตของฐานกะโหลก เริ่มต้นจากการเจริญเติบโตของ cartilage
บริเวณ synchondrosis ดังต่อไปนี้

1. Intersphenoidal synchondrosis จะหยุดเจริญตั้งแต่แรกเกิด
2. Interoccipital synchondrosis หยุดเจริญเมื่ออายุ 3-5 ขวบ
3. Sphenoethmoidal synchondrosis หยุดเจริญเติบโตที่อายุ 8-7 ขวบ
4. Sphenooccipital synchondrosis จะเจริญจนกระทั่งอายุประมาณ

18-20 ปี



รูปที่ 5 แสดงจุดศูนย์กลางของการเจริญเติบโต (growth site) บนฐานกะโหลกศีรษะ

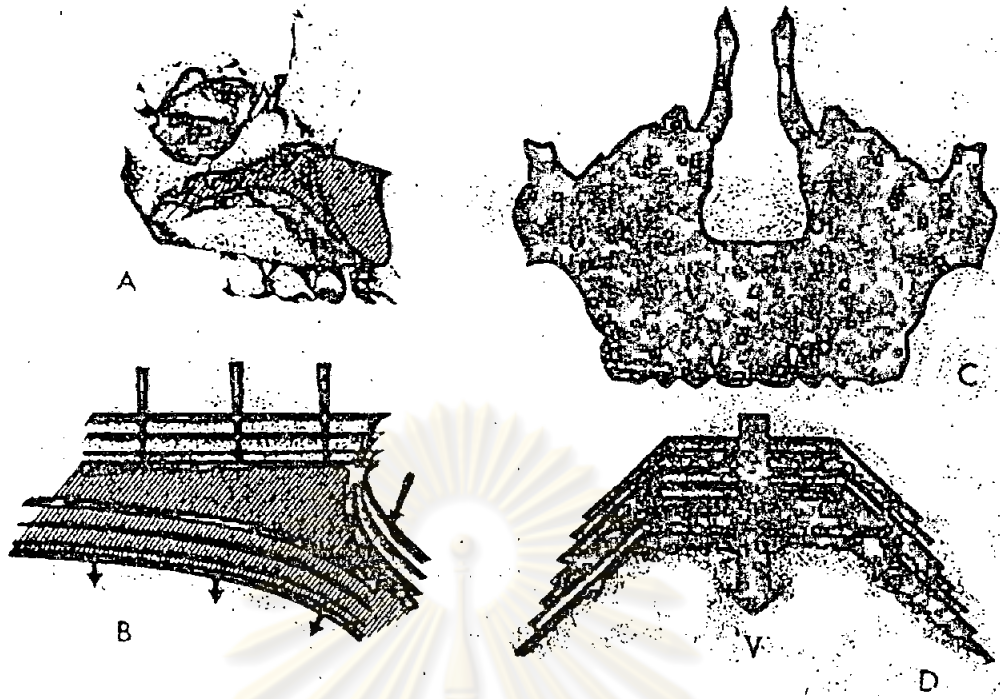
ขากรรไกรบน (Maxillary Complex)

การเจริญเติบโตของขากรรไกรบน มี 3 วิธี คือ

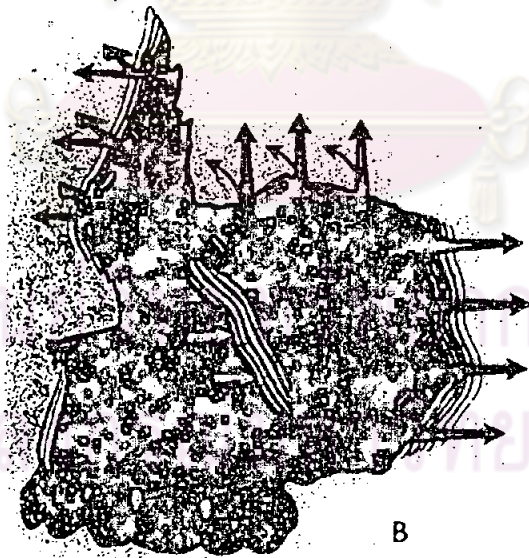
1. Sutural growth เป็นการเจริญเติบโตระหว่าง suture ต่าง ๆ
2. Deposition และ resorption ของกระดูกโดยการทำงานของ osteoblast และ osteoclast
3. Endochondral bone formation เป็นการเจริญเติบโตของ cartilage บริเวณ Nasal septum เพียงแห่งเดียว

เนื่องจากขากรรไกรบนมีขอบเขตติดต่อกับฐานกะโหลก ดังนั้นการเจริญเติบโตของฐานกะโหลก ย่อมมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตของขากรรไกรบนด้วย

การศึกษาทาง histology ของ Enlow และ Bang⁽¹⁰⁾ พบว่าขากรรไกรบนมีทิศทางการเจริญเติบโตไปทางด้านหลังขึ้นไปพบกับฐานกะโหลก จึงทำให้ขากรรไกรบนทั้งชิ้น เคลื่อนที่ลงมาทางด้านหน้า



รูปที่ 6 แสดงการเคลื่อนที่ลงล่าง ของ Palate และ Nasal spine (A, B) การเจริญเติบโตลักษณะเป็นรูปตัว V (C, D) "Principle of the V" (From Enlow, Amer. J. Orthod. 1965)

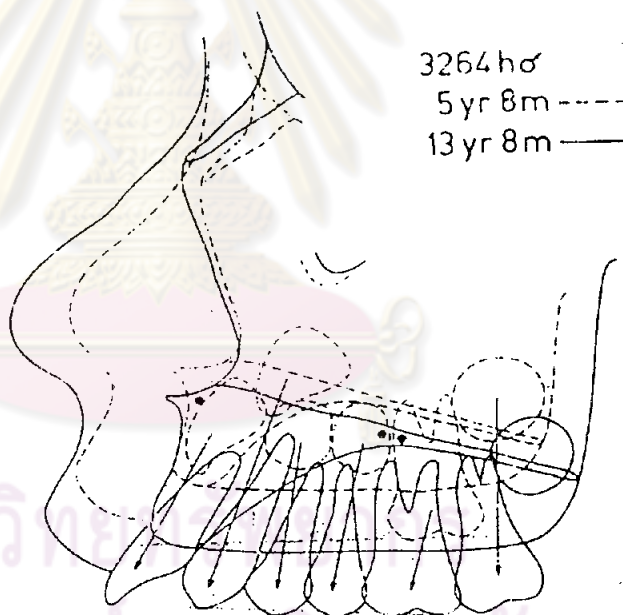


รูปที่ 7 Diagram แสดงการเจริญเติบโตแบบ remodeling ของขากรรไกรบน (From Enlow and Bang, Amer. J. Orthod. 1965)

การพอกพูนของกระดูก พบได้บริเวณขอบด้านหลังของ Maxillary tuberosity สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของ Zygomatic process ไปทางด้านหลัง ทำให้ Maxillary arch ยาวขึ้น ขณะเดียวกันมีการละลายของกระดูกทางด้านหน้าของกระดูก Zygoma

การเปลี่ยนแปลงบริเวณกระดูกขากรรไกรบน มีการละลายของกระดูกบริเวณด้านข้างของกระดูกขากรรไกรบน ขณะเดียวกันมีการสร้างกระดูกบริเวณด้าน inferior และ medial ทำให้เบ้าตา เคลื่อนที่ออกไปทางด้านข้างและเฉียงขึ้นบนมากขึ้น ขณะเดียวกัน Nasal area มีการเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง ด้านหน้า และด้านบนมากขึ้น การสร้างและละลายของกระดูก ทำให้ Nasal cavity ใหญ่ขึ้น Palatine process เจริญในทิศทางลงล่าง โดยมีการสร้างกระดูกทางด้าน oral และการละลายของกระดูกด้าน nasal

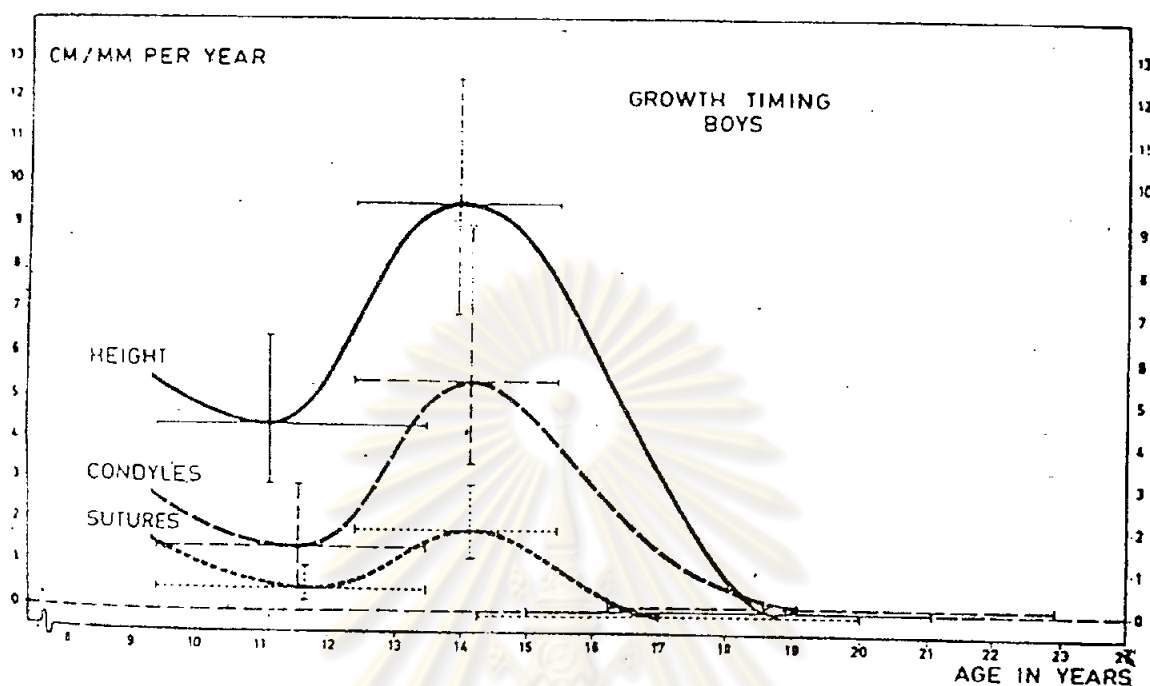
Björk (11) ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรบน โดยวิธีการฝังโลหะ (metallic implantation)



รูปที่ ๑ แสดงลักษณะของขากรรไกรบนในคนเดียวกันที่อายุ 5 ปี 8 เดือน และ 13 ปี 8 เดือน

พบว่า การเจริญเติบโตของกระดูกบริเวณ Tuberosity เป็นแบบ Apposition เพื่อเพิ่มความยาวของขากรรไกรบน แต่ไม่มีการสร้างกระดูกทางด้านหน้า การเพิ่มความสูงของกระดูกขากรรไกรบนเกิดจากการเจริญเติบโตบริเวณ Frontal process, Zygomatic process และกระดูก alveolar

(From Björk, Acta. Odont. Scand. 1966)



รูปที่ ๑ แสดงอัตราการเจริญเติบโตบริเวณ suture เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของ Condyle และความสูงของร่างกาย พบว่า การเจริญเติบโตบริเวณ suture สิ้นสุด อายุประมาณ 17 ปีก่อน Condyle ประมาณ 2 ปี

(From Björk, Acta, Odont. Scand. 1963)

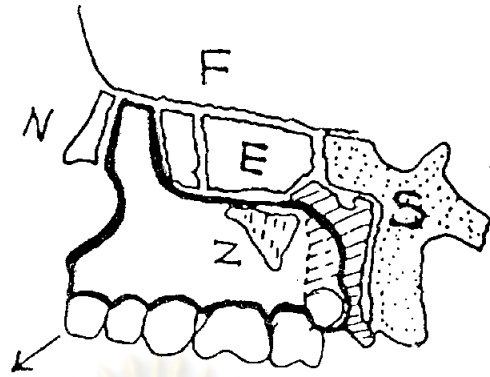
Sarnat⁽¹²⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของ suture ต่าง ๆ บริเวณ Maxillary complex โดยวิธี metallic implantation ในลิง Macaca พบว่า suture แต่ละอัน มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน กล่าวคือ Zygomatico temporal suture เจริญเติบโตมากที่สุด รองลงมาได้แก่ Zygomatico maxillary suture

Diamond⁽¹³⁾ ศึกษาลักษณะกะโหลกแห้ง (dry skull) ที่อายุต่าง ๆ กัน เพื่อสังเกตรูปแบบการเจริญเติบโตบริเวณ Tuberosity เปรียบเทียบกับ Pterygoid process ของกระดูก Sphenoid พบว่า Tuberosity จะเจริญไปในทิศทาง postero - lateral ก่อน Pterygoid process หลังจากนั้น Pterygoid process ของ กระดูก Sphenoid จะเจริญไปทาง lateral พบกับส่วนของ Tuberosity

013166

17501180

Scott (3) ศึกษาการเจริญเติบโตของ suture ต่าง ๆ ของกระดูกใบหน้า



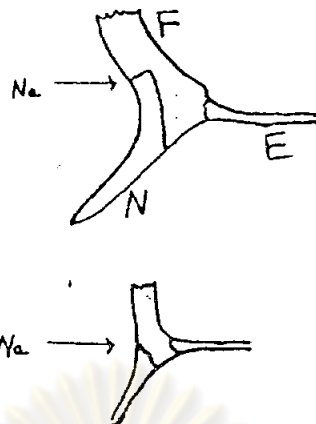
รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งของ Maxillary และ Craniofacial suture

N = Nasal bone, E = Ethmoid bone, S = Sphenoid bone
(รวมทั้ง Pterygoid plate), Z = Zygomatic process ของ Maxilla,
F = frontal bone

(From Scott, Amer. J. Orthod. 1956)

โดยแบ่ง Suture ของใบหน้า เป็น

1. Sagittal suture system ได้แก่ mid palatal, intermaxillary, internasal และ Symphysis ของขากรรไกรล่าง พบว่า suture เหล่านี้จะปิดลงหลังจากคลอดประมาณ 1 ปี
2. Maxillary suture system เป็น suture ที่แยกกระดูกขากรรไกรบน ออกจากกระดูก Nasal, Frontal, Lacrimal, Ethmoid, Palatine zygoma, และ Vomer
3. Cranio - facial suture system เป็น suture ที่อยู่ทางด้านหลังเหนือกระดูกขากรรไกรบน



รูปที่ 11 แสดงลักษณะทางด้านข้างของการเคลื่อนที่ของจุด N เทียบกับ roof ของ nasal cavity Na = Nasion, N = Nasal bone, F = Frontal bone, E = Ethmoid (From Scott, Amer. J. Orthod. 1956)

1. พบว่า Fronto-nasal suture จะสูงกว่า Fronto - maxillary suture ในผู้ใหญ่ ส่วนในเด็ก suture ทั้งสองมีระดับใกล้เคียงกัน
2. Fronto-nasal suture มีทิศทางขึ้นบนและออกข้างนอก (upward and outward) ในผู้ใหญ่ Nasion จะอยู่เหนือ roof of orbit (cribriform plate) ในเด็กจะอยู่ที่ระดับเดียวกัน

O' Reilly⁽¹⁴⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรบนในหญิงอายุประมาณ 8-20 ปี แบบต่อเนื่อง สรุปได้ดังนี้

1. การเจริญเติบโตสูงสุดของ ANS และ PNS มีช่วงเวลาที่แตกต่างกันแต่ละบุคคล
2. เวลาที่เกิดการเจริญเติบโตสูงสุดของกระดูกขากรรไกรบน อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาต่อไปนี้
 - 2.1 ก่อนมีประจำเดือน
 - 2.2 หลังมีประจำเดือน
 - 2.3 ระยะเวลาที่มีการเชื่อมของ epiphyseal กับ diaphyseal
 - 2.4 ร่างกายมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มมากที่สุด

อนึ่ง เวลาของการเจริญเติบโตสูงสุดของกระดูกขากรรไกรบน มีความสัมพันธ์กับการเริ่มมีประจำเดือนและการเชื่อมของกระดูก epiphyseal และ diaphyseal น้อยมาก

3. หลังจากเกิดการเจริญเติบโตสูงสุดของกระดูกขากรรไกรบน (ในกรณีที่เกิดก่อนมีประจำเดือนและการเชื่อมของกระดูก) การมีประจำเดือนครั้งแรกและการเชื่อมต่อของกระดูก epiphyseal และ diaphyseal จะเกิดตามมาอย่างรวดเร็ว

4. ปริมาณและระยะเวลาของการเจริญเติบโต ไม่ได้เป็นตัวกำหนดอัตราการเจริญสูงสุดของขากรรไกรบน

5. ไม่มีความแตกต่างของปริมาณการเจริญเติบโตของขากรรไกรบนก่อนและหลังการมีประจำเดือน

ขากรรไกรล่าง (Mandible)

การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง อธิบายได้ตามทฤษฎีต่อไปนี้

1. Condylar mechanism
2. Functional matrix stimulus

Condylar mechanism ทฤษฎีนี้เชื่อว่า condyle เป็นจุดศูนย์กลางการเจริญเติบโตที่สำคัญของขากรรไกรล่าง โดยพิจารณาลักษณะและทิศทางการเจริญของ condyle ขากรรไกรล่างและลักษณะของ condyle Cartilage ซึ่งแตกต่างจาก cartilage ของข้อต่ออื่น ๆ กล่าวคือ การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในลักษณะลงล่างมาทางด้านหน้า (downward and forward movement) เป็นผลเนื่องจากแรงผลักดัน (displacing force) ที่เกิดจากการเจริญของ Condylar cartilage ซึ่งมีทิศทางเฉียงขึ้นไปทางด้านหลัง (upward and backward movement) ไปพบกับฐานกะโหลกศีรษะ เกิดแรงสะท้อนกลับทำให้ขากรรไกรล่างเจริญลงล่างมาทางด้านหน้า ตรงข้ามกับทิศทางการเจริญของ condyle

Sicher⁽⁵⁾ สนับสนุนทฤษฎีนี้ โดยเชื่อว่า Condylar cartilage มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญของขากรรไกรล่าง 2 ทางคือ

1. การเจริญของ Condylar cartilage แบบ Interstitial และการแทนที่ของ cartilage ด้วย bone โดยวิธี endochondral bone formation

2. การเจริญของ Condylar cartilage แบบ appositional และการแทนที่ของ hyaline cartilage ได้ชั้น dense fibrous connective tissue ที่คลุมหัว condyle

Functional matrix stimulus ทฤษฎีนี้เชื่อว่า องค์ประกอบที่ทำให้ขากรรไกรล่าง เจริญลงมาด้านหน้า ได้แก่ การกระตุ้นของ functional matrix

ลักษณะการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง ได้แก่

1. การแทนที่ cartilage ด้วย bone เป็นการเจริญเติบโตที่ condyle ซึ่งมีลักษณะเป็น hyaline cartilage คลุมด้วย dense fibrous connective tissue ทำให้ condylar cartilage มีการเจริญได้ 2 แบบ คือ

- Interstitial growth เป็นการเจริญของ cartilage แบบเดียวกับที่พบในส่วน Epiphyseal และ articular disc

- Appositional growth เป็นการเจริญของ cartilage ได้ชั้น dense fibrous connective tissue ที่คลุม condyle เท่านั้น

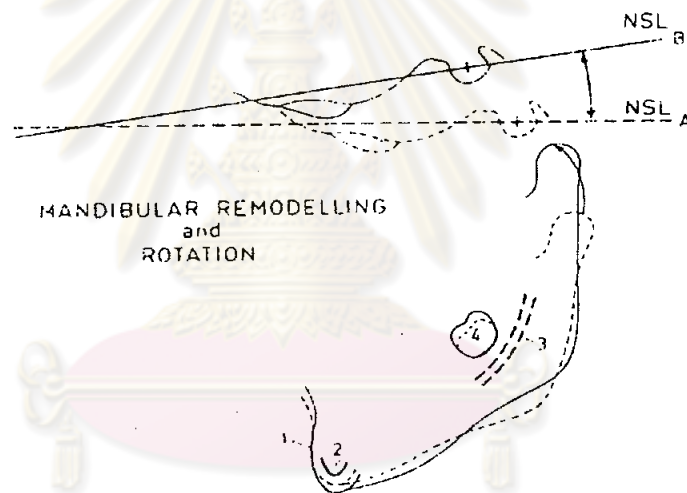
2. การสร้างและการละลายของกระดูก (Surface deposition and resorption)

3. นอกจากนี้ยังพบลักษณะที่เป็น synchondrosis ระหว่าง symphysis ของขากรรไกรล่าง ทั้ง 2 ข้าง ซึ่งจะเจริญเข้าหากัน Scott กล่าวว่า Synchondrosis นี้จะเชื่อมติดกันภายในหลังคลอด

Enlow⁽¹⁵⁾ กล่าวว่า Mandibular condyle จะเจริญไปในแนวเฉียงขึ้นบนไปทางด้านหลัง โดยขบวนการ Endochondral bone formation ในขณะที่เดียวกันของด้านหลังของ ramus ก็ จะเจริญไปทางด้านหลัง โดยการสร้างกระดูกแบบ sub-periosteal additional ร่วมกับการเคลื่อนที่ของ coronoid process ซึ่งน้อยกว่าการเคลื่อนที่ของขอมด้านหลังของ Ramus จึงทำให้ Ramus อยู่ค่อนข้างทางด้านหลังมากขึ้นและยาวขึ้นด้วย

Björk⁽¹⁶⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง โดยวิธี metallic implantation ในเด็กอายุ 4-24 ปี พบตำแหน่งคงที่ของขากรรไกรล่าง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นจุดอ้างอิง ได้ดังนี้

1. จุด Pogonion
2. ขอบล่างด้านในของ symphysis
3. แนวของ mandibular canal
4. ขอบล่างของหน่อ ฟันกรามล่างซึ่งสุดท้ายตั้งแต่ระยะที่มี mineralization ของตัวฟัน จนกระทั่ง เริ่มสร้างรากฟัน



รูปที่ 12 แสดงการใช้จุดอ้างอิงทั้ง 4 จุด เพื่อศึกษาการ rotate ของกระดูกขากรรไกรล่าง

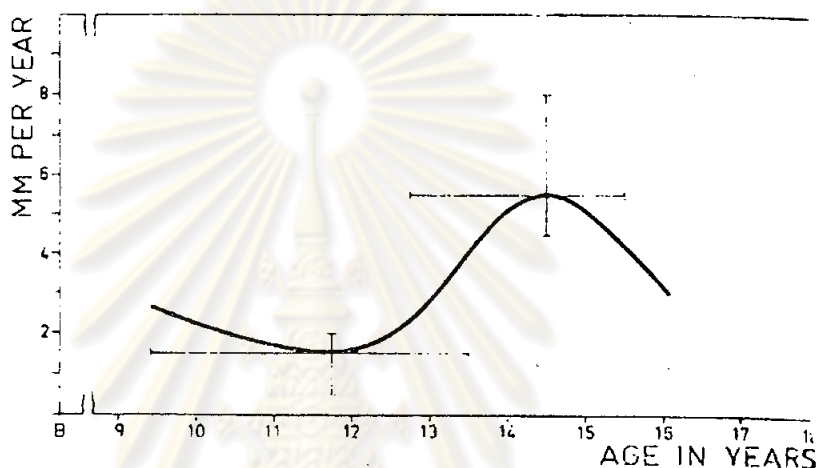
(From Björk , Amer. J. Orthod. 1969)

นอกจากนี้ยังพบว่า การเจริญของ condyle ทำให้ขากรรไกรล่าง rotate ได้ 2 ลักษณะ คือ

1. Forward rotation ขากรรไกรล่าง rotate ทวนเข็มนาฬิกามาทางด้านหน้า ทำให้เกิดลักษณะ deep bite การเจริญของ condyle มีลักษณะขึ้นบนและเฉียงทางด้านหน้า

2. Backward rotation ขากรรไกรล่าง rotate ตามเข็มนาฬิกา การเจริญของ condyle มีลักษณะตรงกันข้าม คือ ขึ้นบน และเฉียงไปทางด้านหลัง

Björk⁽¹⁷⁾ ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของ condyle



รูปที่ 13 แสดงการเจริญเติบโตเฉลี่ยของ Condyle

(From Björk, J. Dent. Res. 1965)

พบว่า condyle มีการเจริญเติบโตสูงสุดที่อายุ 15 ปี ประมาณ 5 มม.

Meikle⁽¹⁸⁾ ศึกษาการเจริญเติบโต โดยวิธี transplantation และสังเกตผลทาง histology ในสัตว์ทดลอง สรุปได้ว่า

1. การแบ่งตัวของเซลล์ใน zone of proliferation ของ condyle ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการไหลเวียนของเลือด
2. เซลล์ ใน proliferation zone จะเจริญเป็น bone หรือ cartilage ทั้งขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม
3. การทำงานของข้อต่อขากรรไกรล่าง ทำให้เซลล์เปลี่ยนแปลงไปเป็น chondroblast

4. การเจริญเติบโตของ condyle ไม่ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมโดยตรง

5. condyle ไม่ใช่ตัวกำหนดการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างทั้งหมด
ขากรรไกรล่างส่วนอื่นมีการเจริญเติบโตเป็นอิสระด้วย

การวิเคราะห์และทำนายการเจริญเติบโตของใบหน้า

(Facial growth analysis and prediction)

Sarnat และ Gans (19) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของใบหน้าสามารถศึกษาได้หลายวิธี ได้แก่

1. Direct Methods
 - 1.1 Anthropometry
 - 1.2 Implants
 - 1.3 Vital Staining
 - 1.4 Histology
2. Indirect Methods
 - 2.1 Impression and casts
 - 2.2 Photographs
 - 2.3 Roentgenograms
 - 2.4 Radioautographs

3. Combined Methods

1. Direct Methods

1.1 Anthropometry หรือ Osteometry เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูก ซึ่งทำได้ทั้งในตัวอย่างที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต ในตัวอย่างที่มีชีวิตจะวัดระยะระหว่างจุดต่าง ๆ บน soft tissue ที่ปกคลุมกระดูกนั้น ซึ่งสามารถศึกษาแบบต่อเนื่อง ส่วนการศึกษาในกระดูกแห้ง สามารถวัดได้โดยตรงบนกระดูกชิ้นนั้น แต่จะเป็นการศึกษาแบบข้ามกลุ่ม

1.2 Implants เป็นการศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูกโดยการฝังโลหะลงไปกระดูก วิธีการนี้ทำมากกว่า 200 ปีแล้ว เช่น

Hunter ฝังโลหะกลม 2 ชิ้นลงบนกระดูก tibia ของลูกหมูที่กำลังเจริญเติบโต พบว่า ระยะระหว่างกระดูกกลม 2 ชิ้นคงที่

Humphry ใช้ลวดผูกเป็นห่วงรอบ ๆ Ramus ของหมู เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการละลายตัวของกระดูกด้านหน้าของ Ramus และมีการสร้างกระดูกทางด้านหลังของ ramus

1.3 Vital staining

1.3.1 Madder feeding ศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูก โดยให้สัตว์ทดลองกินสีย้อมสีแดงที่ได้จากต้นเข้ม สีจะไปปรากฏที่กระดูก เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 1736 โดย Belchier ทดลองเลี้ยงหมูโดยให้ต้นเข้มเป็นอาหาร ปรากฏว่ากระดูกหมูเป็นสีแดง ในปี 1771 Hunter ทดลองให้หมูกินต้นเข้มเป็นระยะ ๆ พบว่า กระดูกหมูมีสีแดงสลับขาว

1.3.2 Alizarine ศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูก โดยทดลองฉีดสาร Alizarine ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์จากต้นเข้ม (Madder) เข้าช่องท้องหรือเข้าเส้นเลือด เพื่อศึกษาอัตราการ calcified ของกระดูก

1.4 Histology เป็นการศึกษาการเจริญเติบโต โดยศึกษาจากเซลล์วิทยา (Cytology)

2. Indirect Methods

2.1 Impressions and casts เป็นการศึกษาจำลองแบบจากส่วนของร่างกาย ที่ต้องการศึกษา เช่น ฟัน, รูปร่างของขากรรไกร และใบหน้า โดยการพิมพ์ และหล่อแบบ อวัยวะเหล่านั้น เป็นการบันทึกข้อมูลได้ถาวร

2.2 Photographs เป็นการศึกษา โดยใช้ภาพถ่ายในสภาพต่าง ๆ ที่ถูกควบคุม และมีมาตราส่วนวัด (grids) ซึ่งจะอ่านค่าได้จากภาพถ่ายนั้น

2.3 Roentgenograms เป็นการศึกษาจากภาพถ่ายรังสี ในปี 1912 Tandler เป็นบุคคลแรกที่แนะนำให้ใช้ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของ

กระดูก ในปี 1931 Broadbent แนะนำให้ใช้ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ด้านข้างของกระดูก
ศีรษะ เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของใบหน้าและกระดูกศีรษะแบบต่อเนื่อง

2.4 Radioautographs เป็นการฝังสารกัมมันตภาพรังสีลงในเนื้อเยื่อที่ต้องการ
การศึกษา เช่น radioactive calcium ฝังในกระดูก แล้วใช้ฟิล์มรับภาพจากรังสีที่แพร่
ออกมา เพื่อนำมาศึกษา



Information obtained from various methods used to study growth of bones

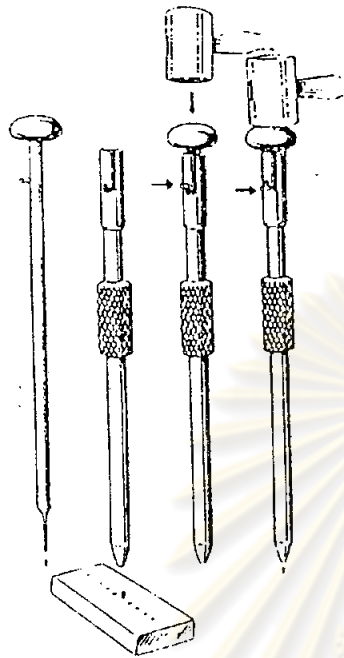
Methods	Site of Growth	Amount of Growth	Rate of Growth	Direction of Growth	Type of Study	Limitations
Direct Measurements						
Osteometry						
a. Skeletal Remains	0	+	+	+	Cross-sectional	Material of unknown history, posthumous distortion
b. Living	0	+	+	+	Longitudinal*	Soft tissues restrict accurate measurement
Implant Markers	++	+++	+	+	Longitudinal*	Local reaction, requires re-operation
Vital Staining ⁶	+++	+++	++	+	Longitudinal*	Toxicity, method requires refinement
Histologic and Histochemical Methods	++++	0	0	0	Cross-sectional	Sections show conditions at time of sacrifice only
Indirect Measurements						
Impressions and Casts	0	++	++	++	Longitudinal*	Soft tissues restrict accuracy of measurements
Photographs	0	+	+	+	Longitudinal*	Two dimensional study
Roentgenographs	0	+++	++	++	Longitudinal*	Must obtain stable base, three dimensional information not entirely accurate
Measurements in Combination and Separately						
Roentgenography and Implantation	+++	+++	+++	+++	Longitudinal*	Local reaction to implants, three dimensional information not entirely accurate
Roentgenography and Metaphyseal Bands ⁷	+++	+++	+++	+++	Longitudinal*	Record of a toxic process, rate of growth not normal
Radioautographs ⁸	+++	0	0	0	Cross-sectional	At present primarily of qualitative value

++++ Microscopically accurate.
 +++ Grossly accurate.
 ++ Relatively accurate.
 + Shows trends.
 0 Gives no information.
 * The cross-sectional method of study can be applied to longitudinal studies.

ตารางที่ 1 แสดงวิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของร่างกาย การศึกษาแต่ละวิธีมีข้อจำกัด
 จำเป็นต้องใช้หลายวิธีร่วมกัน เช่น การถ่ายภาพทางรังสีร่วมกับการทำ
 metal implantation

(Form Sarnat and Gans; plast. and Reconst. Surg. 1952)

Björk⁽²⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของกระดูกกะโหลกศีรษะ โดยวิธี metallic implantation ในเด็กจำนวน 243 คน ตั้งแต่อายุ 12-20 ปี



รูปที่ 14 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการ

ฝังโลหะ

(From Bjork, Amer. J. Orthod 1955)

พบว่าระยะจาก S-N เปลี่ยนไปจาก 68.8 มม. เป็น 73.7 มม. เนื่องจากการ apposition ของกระดูก Frontal

ระยะระหว่าง S-Ba ยาวขึ้นจาก 45.2 มม. เป็น 48.9 มม. เนื่องจากการเจริญของ Spheno-occipital synchondrosis

ศูนย์วิทยุทันตวิทยา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MEAN VALUES FOR CRANIAL BASE AND BRAIN CASE MEASUREMENTS AT THE 12-YEAR (M_{12}) AND 20-YEAR LEVELS (M_{20}) IN THE SAME INDIVIDUALS, THE MEAN OF THE AGE DIFFERENCES (M_n), AND THE STANDARD DEVIATIONS (S)

VARIABLES:	M_{12}	S_{12}	N	M_{20}	S_{20}	N	$M_n \pm s (M)$	S_n	N	S_n/S_{12}
<i>Cranial base angles (in degrees):</i>										
n-s-ba	130.8	4.2	223	131.0	4.5	234	0.7 ± 0.13	1.9	223	0.45
n-s-ar	123.1	4.6	243	124.2	5.1	243	1.2 ± 0.14	2.2	243	0.48
<i>Forehead angle (in degrees):</i>										
f-n-s	88.1	3.1	137	84.5	3.2	243	-3.6 ± 0.11	1.3	137	0.42
<i>Foramen angle (in degrees):</i>										
head-balance axis to n-s line)	90.4	4.7	171	91.8	5.1	224	1.2 ± 0.17	2.2	171	0.47
<i>Cranial base dimensions (in millimeters):</i>										
n-s	68.8	2.8	243	73.7	3.3	243	4.9 ± 0.09	1.4	243	0.50
s-ba	45.2	2.6	219	48.0	3.0	234	3.8 ± 0.12	1.8	219	0.60
n-ba	103.0	3.8	219	112.0	4.4	234	8.1 ± 0.15	2.3	219	0.61
s-ar	34.4	2.9	243	37.0	3.1	243	3.2 ± 0.10	1.6	243	0.55
n-ar	92.0	3.8	243	99.5	4.4	243	7.5 ± 0.13	2.0	243	0.53
<i>Brain case dimensions (in millimeters):</i>										
f-s	92.3	3.8	137	94.9	4.3	243	1.5 ± 0.10	1.2	137	0.32
br-s	103.8	2.8	134	106.5	4.0	243	1.3 ± 0.12	1.4	134	0.50
l-s				125.0	5.6	243				
br-ba	143.7	4.0	121	149.5	5.4	234	4.0 ± 0.20	2.2	121	0.55
n-br	115.4	5.0	138	121.0	5.6	243	4.3 ± 0.15	1.8	138	0.36
n-op				196.2	7.2	242				
br-l				128.4	7.4	243				

N—Number of cases

ตารางที่ 2 แสดงระยะเฉลี่ยที่วัดได้จากฐานของกะโหลกศีรษะในกลุ่มตัวอย่างที่มี

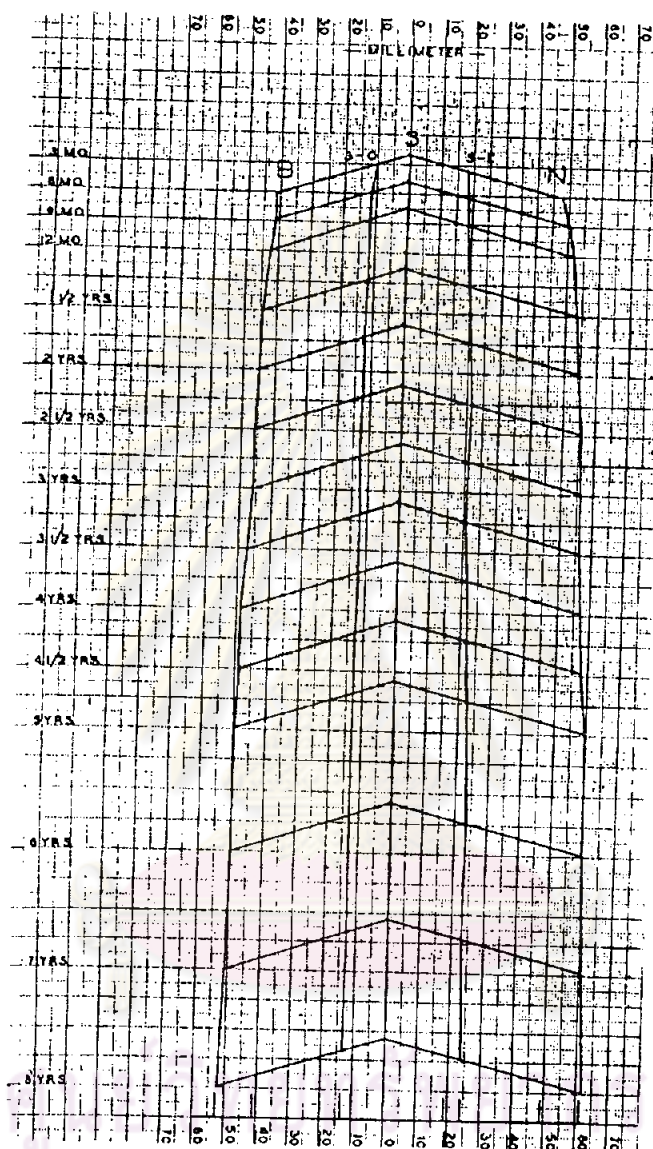
อายุ 12 และ 20 ปี

(From Björk, Amer. J. Orthod. 1955)

ศูนย์วิทยุทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

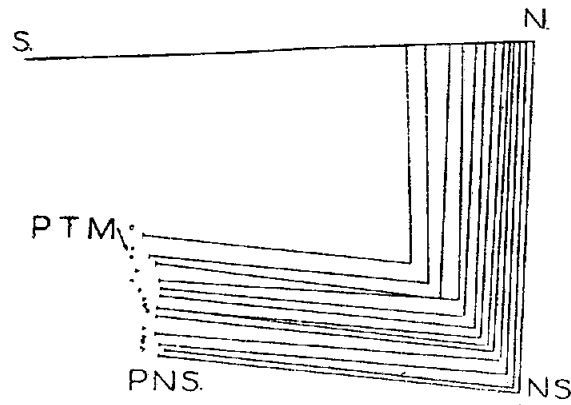
Brodie (20) ศึกษาการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้าในเด็กอายุ 3 เดือน

จนถึง 8 ปี



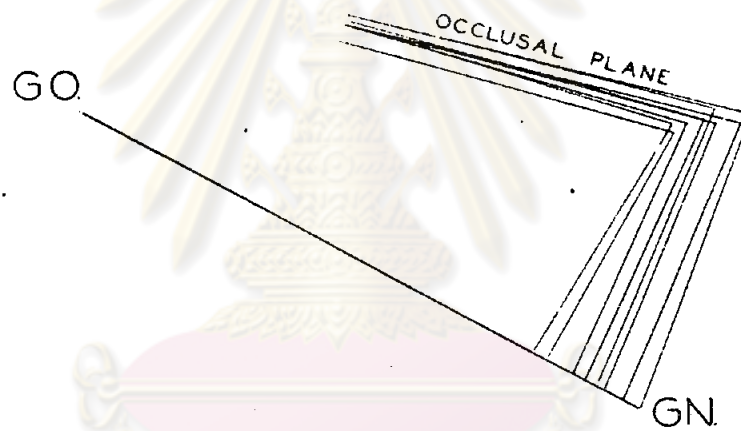
รูปที่ 15 แสดงระยะระหว่าง S-B, S-N S-O และ S-E มีการเปลี่ยนแปลง
เป็นเส้นตรงระหว่างอายุ 3 เดือนถึง 8 ปี (B = Basion)
(From Brodie, Amer. J. Orthod. and Oral Surg. 1940)

พบว่า N และ B มีการเจริญเติบโตค่อนข้างเป็นเส้นตรง



รูปที่ 16 แสดงการเจริญเติบโตบริเวณจมูกในชายอายุระหว่าง 3 เดือน ถึง 8 ปี

(From Brodie Amer. J. Orthod and Oral Surg 1940)



รูปที่ 17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Occlusal plane ในชายอายุ 2-8 ปี

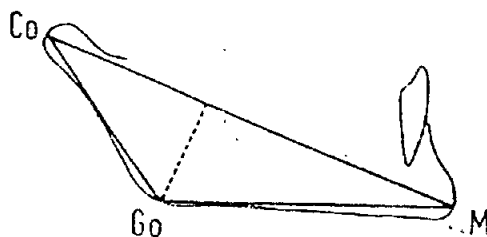
(From Brodie, Amer. J. Orthod and Oral Surg 1940)

การเจริญเติบโตบริเวณ ANS ในระยะแรกมีทิศทางลงล่างมาทางด้านหลัง แต่ในระยะต่อมาจะมีทิศทางลงล่างเพียงอย่างเดียว การเคลื่อนที่มาทางด้านหน้าเป็นผลจากการเจริญของกะโหลก

Occlusal plane มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะสูงชันขนานกับระนาบเดิม เนื่องจากการสร้างของกระดูก alveolar

Maj และ Luzi⁽²¹⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในเด็ก

ระหว่างอายุ 9-13 ปี



รูปที่ 18 แสดงจุดกำหนดที่ใช้วัดในการศึกษาของ Maj และ Lyzi

Co-M = total mandibular length

Co-Go = height of ramus

Go-M = body length of mandible

(From Maj and Luzi, Angle Orthod. 1964)

สรุปได้ว่า

1. การเพิ่มขนาดของขากรรไกรล่าง ระหว่างช่วงอายุ 9-13 ปี ในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยเฉพาะการเพิ่มความสูงของ ramus ในหญิงมากกว่าชายประมาณ 1/3 เท่า

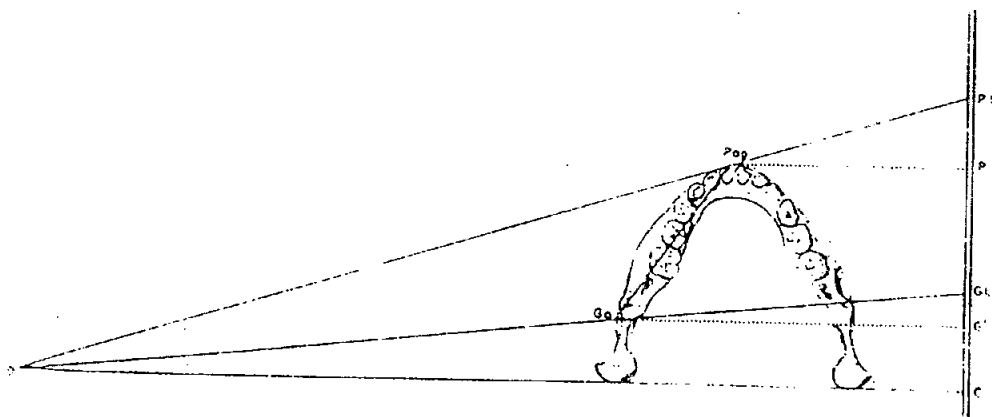
2. อัตราการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างไม่สม่ำเสมอ แต่มี Spurt of growth

3. การเพิ่มความยาว ของ Mandibular body และความสูงของ Ramus ไม่สัมพันธ์กัน

4. การเจริญเติบโตของ condyle ไม่ได้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง แต่มีทิศทางต่าง ๆ กัน

5. การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างไม่สัมพันธ์กับความสูงของร่างกาย

Savara⁽²²⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง โดยใช้ภาพถ่ายรังสีเอกซ์ และศึกษาเป็น 3 มิติ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและกำจัดค่าความคลาดเคลื่อนของภาพถ่ายจากรังสีเอกซ์

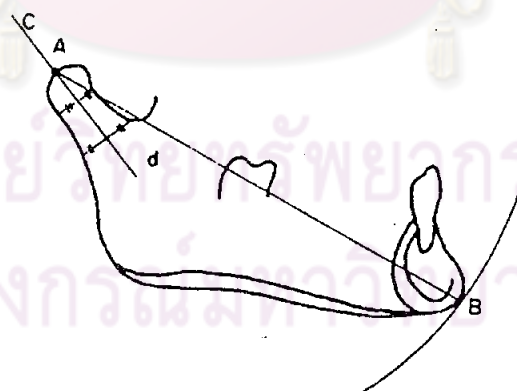


รูปที่ 19 แสดงความคลาดเคลื่อนของขนาดจากภาพถ่ายรังสีเอกซ์ของกะโหลกศีรษะด้านข้าง

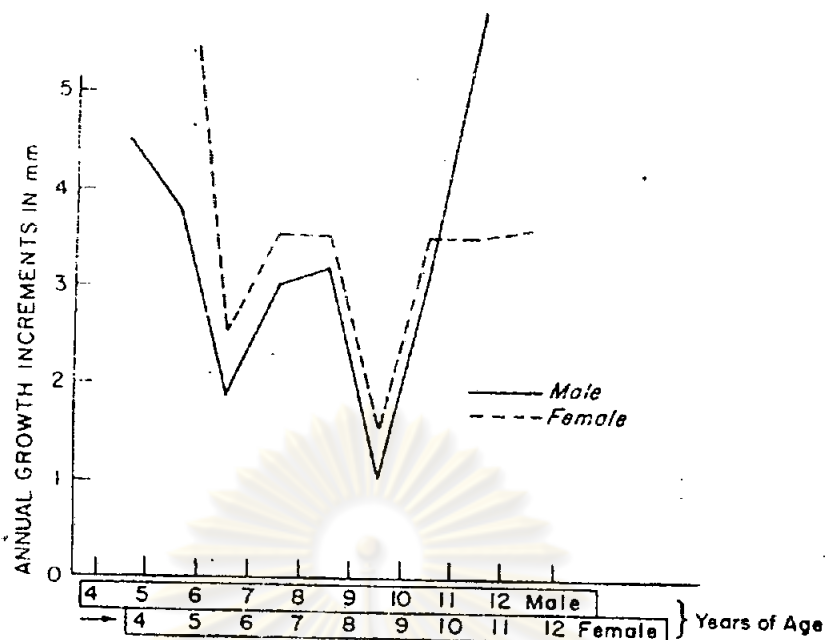
(From Savara, Amer. J. Orthod. 1972)

สรุปได้ดังนี้ การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง แต่ละส่วนไม่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงอายุ โดยมีการเจริญทางด้านความยาวมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ความกว้าง และความสูง ตามลำดับ ในระยะวัยหนุ่มสาว อัตราการเจริญเติบโตของ bicondylar width จะมากกว่า body length และ bigonial width

Harris (23) ศึกษาความยาวของขากรรไกรล่างจากภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้าง กะโหลกศีรษะในเด็กอายุ 4-12 ปี โดยความยาวของขากรรไกรล่างวัดจากจุด A ถึง B ดังรูป



รูปที่ 20 แสดงวิธีการวัดความยาวของขากรรไกรล่าง ตามวิธีการของ Harris
(From Harris, Amer. J. Orthod. 1962)



รูปที่ 21 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในเด็กหญิง และ เด็กชาย

(From Harris , Amer. J. Orthod. 1962)

ผลปรากฏว่า อัตราการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในเด็กชายมากกว่าเด็กหญิง Periodic growth ในเด็กชายช้ากว่าในเด็กหญิง 12 เดือน การเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตมี 4 ระยะด้วยกันดังรูป คือ

1. อัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ
2. อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นในระยะวัยเด็ก
3. อัตราการเจริญเติบโตลดลงก่อนระยะวัยหนุ่มสาว
4. อัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในระยะวัยหนุ่มสาว (growth spurt)

ขนาดของขากรรไกรล่างไม่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบของการเจริญเติบโต ดังกล่าว

Ricketts⁽²⁴⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างแบบต่อเนื่องจาก

ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะในเด็กอายุ 8-13 ปี เป็นเวลา 5 ปี พบว่า

1. ควรใช้จุดต่อไปนี้ เป็นจุดอ้างอิง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของขากรรไกรล่าง

1.1 Xi-point เป็นจุดกึ่งกลางของ Ramus ตรงกับทางผ่านของเส้น

ประสาทที่สามเลี้ยงขากรรไกรล่าง หาได้จากจุดตัดระหว่างเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม

R_1 R_2 R_3 และ R_4 ตามรูปที่ 22

R_1 = จุดที่ลึกที่สุดบน Subcoronoid incisure

R_2 = จุดตรงข้าม R_1 บนขอบหลังของ ramus

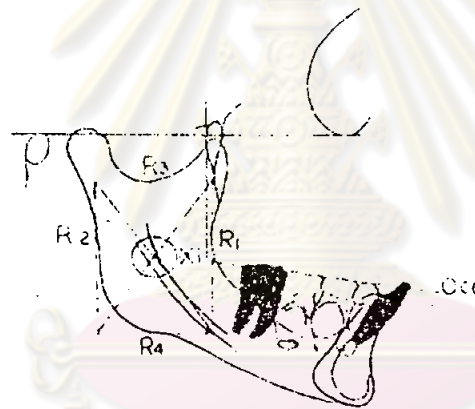
R_3 = จุดลึกที่สุดของ Sigmoid notch

R_4 = จุดตรงข้าม R_3 บนขอบล่างของ Ramus

1.2 Pm = Protuberance menti อยู่เหนือสุดของ symphysis

1.3 DC = จุดกึ่งกลางของ condylar neck

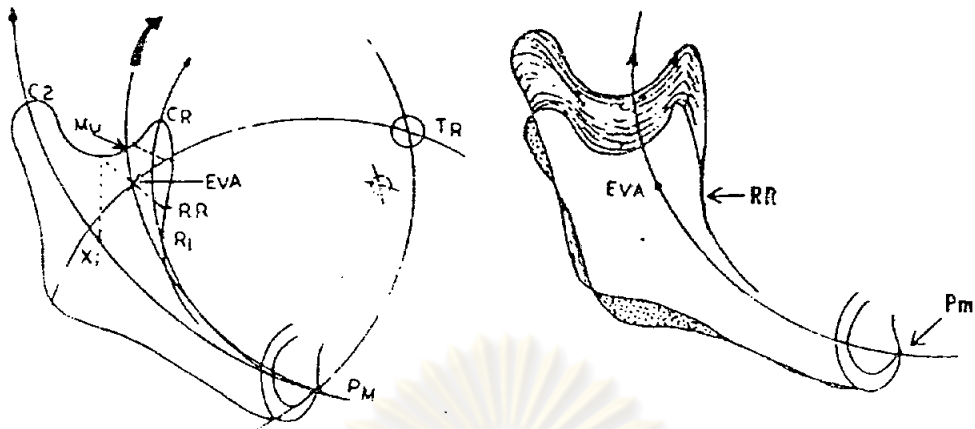
2. การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างมีลักษณะ เป็นเส้นโค้งของวงกลม โดย
เจริญไปถึง 19 ปีในชาย และ 14.5 ปีในหญิงตามรูปที่ 23



รูปที่ 22 แสดงวิธีการหา Xi - Point ซึ่งเป็นเส้นทแยงมุมของสี่เหลี่ยมที่เกิด

จาก R_1 , R_2 , R_3 และ R_4

(From Ricketts , Angle Orthod. 1972)



รูปที่ 23 แสดงการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างเป็นเส้นโค้ง

(From Ricketts, Angle Orthod. 1972)

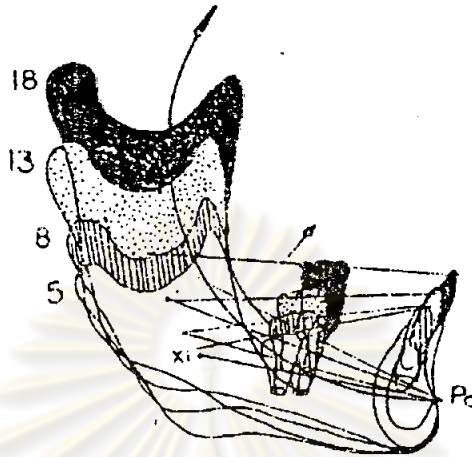
การเจริญเติบโตบริเวณต่าง ๆ มีอัตราดังนี้

1. บริเวณขอบล่างของ Symphysis มีการเจริญเติบโต 1 มม./8 ปี
2. Coronoid process เจริญขึ้นบนและเฉียงออกทางด้านนอก 0.8 มม./ปี
3. Condylar process เจริญขึ้นบนไปทางด้านหลัง 0.2 มม./ปี แต่ผู้ที่มี condyle ยาว อาจเจริญได้ถึง 0.4 มม./ปี ถ้า condyle สั้น อาจไม่เจริญเติบโตเลย
4. บริเวณมุมของขากรรไกรล่าง (Gonial angle) จะเคลื่อนที่ไปทางด้านหลัง 0.2 มม./ปี ในผู้ชาย ส่วนใหญ่ผู้หญิงไม่เปลี่ยนแปลง
5. External oblique ridge มีการเจริญ 0.4 มม./ปี

การเปลี่ยนแปลงของ Occlusal plane มีลักษณะดังนี้

1. Occlusal plane เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับ embrassure ของริมฝีปาก
2. มุมระหว่าง Occlusal plane กับ corpus axis คงที่ ขณะที่ขากรรไกรล่างเจริญขึ้น
3. ฟันกรามล่างซี่แรกมีลักษณะการขึ้นในทิศทางขึ้นบนไปทางข้างหน้า เพื่อให้มีช่องว่างพอสำหรับการขึ้นของฟันกรามล่างซี่ที่สองและซี่สุดท้าย ดังแสดงในรูปที่ 24

4. พื้นหน้าล่างมีลักษณะการขึ้นในทิศทางขึ้นบนไปทางข้างหน้า สัมพันธ์กับแนว APO และมีส่วนเกี่ยวข้องกับความโค้งงอของใบหน้า



รูปที่ 24 รูปแสดงการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในช่วงอายุ 5, 8, 13 และ 18 ปี เมื่อซ้อนทับภาพถ่ายรังสีเอกซ์ที่จุด Pogonion และขอบหน้าของ ramus ที่ Coronoid crest จะพบการเจริญเติบโตในแนวตั้งของขอบบนของ Ramus occlusal plane และ Xi-point จะเคลื่อนขึ้นบน ส่วนพื้นหน้าและหลังจะเจริญขึ้นบนไปข้างหน้า

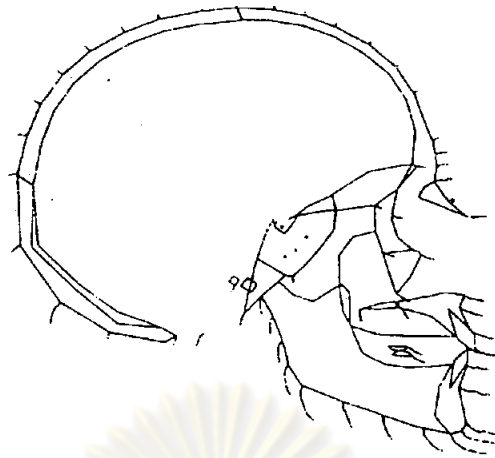
(From Rickett, Angle Orthod. 1972)

Mathew และ Ware⁽²⁵⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง แบบ คอ เนื่องจากภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะและด้านเฉียง (lateral oblique view) โดยวิธีฝังโลหะ (metallic implantation) พบว่า

1. ไม่มีตำแหน่งใดในขากรรไกรล่างที่เป็นจุดอ้างอิงแท้จริงระหว่างการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง
2. Pogonion เป็นจุดซึ่งค่อนข้างคงที่ใช่เป็นจุดอ้างอิงระหว่างการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างได้

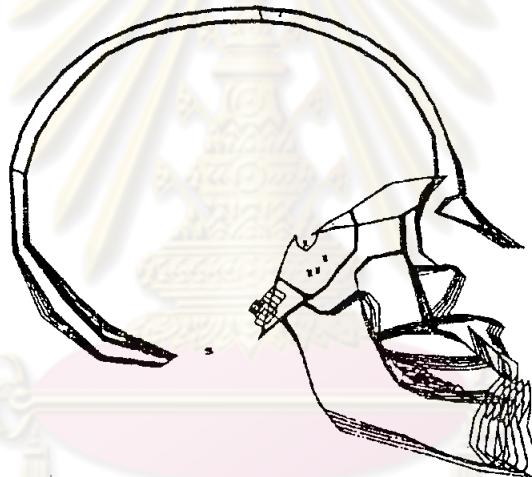
3. ขอบหน้าของ ramus มีการละลายของกระดูกเพื่อรักษาความกว้างของ Ramus ให้คงที่
4. ระหว่างการบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในเด็ก (Prepubertic child) ขอบล่างของขากรรไกรล่างใช้เป็นระนาบอ้างอิงได้
5. ไม่สามารถแยก mandibular canal ช้าย ขวา จากภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะได้
6. ตำแหน่งและทิศทางการขึ้นของฟันหลัง สังเกตจากภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์เฉียง 45° ได้ง่ายกว่า ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะ
7. การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างในแนวหน้าหลัง สังเกตจากการสร้างกระดูก (remodeling) บริเวณ Gonial angle
8. ความหนาของ symphysis ในแนวหน้าหลังเพิ่มขึ้นทางด้าน Lingual plate
9. การเพิ่มของกระดูกบริเวณ Menton ไม่แน่นอน
10. ขนาดของ Condylar neck ลดลงในระยะ 10 ปีแรก ขณะที่ condyle เจริญขึ้นบนและเฉียงไปด้านหลัง
11. การเจริญเติบโตของ Ramus ไม่แน่นอน

Walker⁽²⁶⁾ ศึกษาการเจริญเติบโตของกะโหลกศีรษะ โดยใช้จุดโคออร์ดิเนต 177 จุด และใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย เป็น Vectorgrams แสดงทิศทางการเจริญเติบโตของใบหน้า โดยใช้ฐานกะโหลกเป็นระนาบอ้างอิง อัตราการเจริญเติบโตในทุกรูปแบบของแต่ละจุดตั้งตัวอย่างในรูป แสดงการเจริญเติบโตใน Class III malocclusion



รูปที่ 25 แสดงทิศทางการเจริญเติบโตใน (Vectorgrams) ของ Co-ordinate point

(From Walker, Amer. J. Orthod. 1972)



รูปที่ 26 แสดงการเจริญเติบโตใน Class. III malocclusion.

(From Walker, Amer. J. Orthod. 1972)

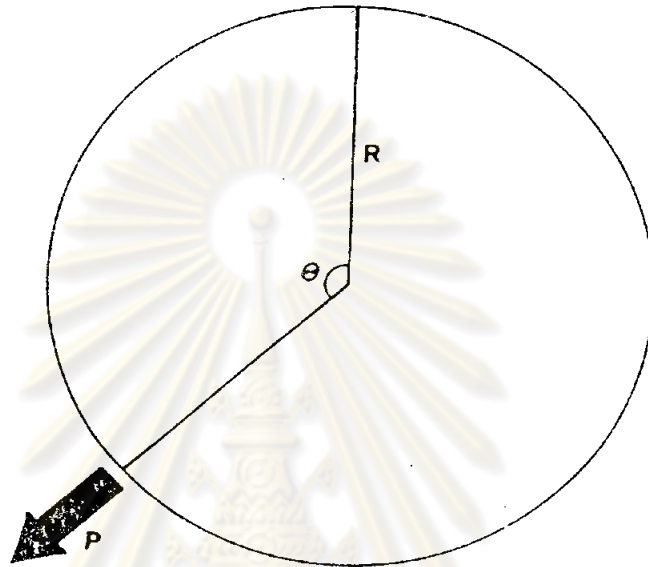
Todd และ Mark⁽²⁷⁾ ได้ยึดหลักของ D'Arcy Thompson ที่ว่า การเจริญเติบโตของใบหน้าและกะโหลกศีรษะถูกควบคุมโดย Biomechanic จึงสนใจเฉพาะแรงดึงและแรงดันที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และได้สร้างสมการทำนายการเจริญเติบโตดังนี้

$$P = aR (1 - \cos\theta)$$

$$\theta' = \theta$$

$$R' = R + bP$$

$$b = \text{เงื่อนไขของเวลา}$$



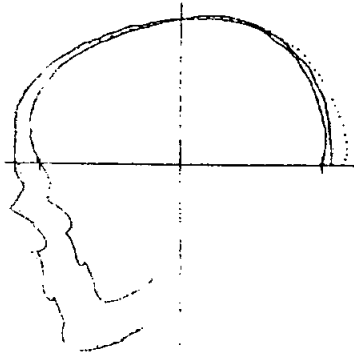
รูปที่ 27 แสดงความดันของของเหลวที่อยู่ในที่จำกัด P คือ ความดันในตำแหน่ง (R, θ) ซึ่ง $P = aR (1 - \cos\theta)$, $R =$ รัศมีของวงกลมมีค่าคงที่เทียบกับ ความโน้มถ่วงและความหนาแน่นของของเหลว $R' = R + bP$ เมื่อ b คือ เงื่อนไขของเวลา

(From Todd and Mark, Amer. J. Orthod. 1981)

โดยจะใช้แรงจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ polar co-ordinate ซึ่งให้

ANS ทำมุม 125° และ Gn ทำมุม 160° กับ radial co-ordinate

ขณะที่ด้านหน้าและหลังของ Cranium ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่า ๆ กัน



รูปที่ 28 แสดงการเจริญเติบโต โดยใช้สมการ
ของ Todd และ Mork

(From Todd and Mark , Amer. J. Orthod. 1981)

Fishman (28) ศึกษาการเจริญเติบโตของใบหน้าและกะโหลกศีรษะแบบต่อเนื่องในเด็กชาย 80 คน และเด็กหญิง 88 คน ด้วยภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างกะโหลกศีรษะ และกระดูกมือ เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างอายุปฏิทิน (chronological age) และอายุกระดูก (Skeletal age) พบว่าไม่มีความแตกต่างในอัตราการเจริญเติบโต แต่มีความแตกต่างกันที่ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (timing period)

Jacobson (29) ได้รวบรวมตารางการเปลี่ยนแปลงของฐานกะโหลกศีรษะระหว่างที่ร่างกายมีการเจริญเติบโต ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PERCENTAGE CHANGES OF THE CRANIAL BASE DURING GROWTH

<u>Author</u>	<u>Age Period</u>	<u>Dimension</u>	<u>% Change</u>
Bjork 1947	12 to 20	N to S	6.5 %
Bjork 1955	12 to 20	N to S	7.1 %
Crossmann & Zuckermann 1955	3 to 7	N to S	11.9 %
Coben 1955 *	8 to 16	N to S Ht.	.9 % male .6 % female
Bjork 1955	12 to 20	B to S	8.2 %
Crossmann & Zuckerman 1955	3 to 7	B to S	26.2 %
Coben 1955 *	8 to 16	B to S Depth	2.8 % male 3.0 % female
Bjork 1955	12 to 20	N to S to B	7.5 %
Brodie, Jr. 1955	8 to 18	N to S to B	16.7 %
	12 to 18	N to S to B	11.8 %
Coben 1955 *	8 to 16	N to S to B Depth	9.6 % male 7.4 % female
Bjork 1947	12 to 20	A to S	7.8 %
Bjork 1955	12 to 20	A to S	9.3 %
Coben *	8 to 16	A to S Ht.	5.1 % male 2.8 % female
Bjork 1947	12 to 20	A to N	6.8 %
Bjork 1955	12 to 20	A to N	8.2 %

A = Articulare

B = Basion

N = Nasion

S = Sella

* Depth measured parallel to Fh.
Height measured at Rt. angles to Fh.

ตารางที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของฐานกะโหลกในช่วงอายุต่าง ๆ จากการศึกษาของ
นักวิจัยหลายคน

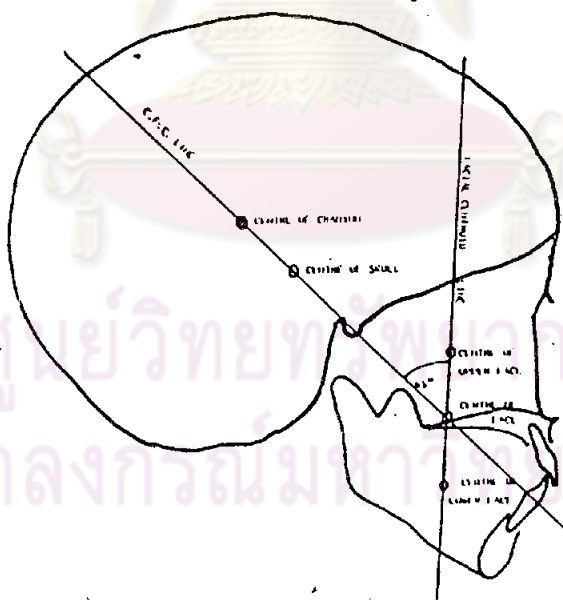
(From Jacobson, Master's thesis, University of Pittsburgh 1970)

ระนาบอ้างอิง (Plane of reference)

การเจริญเติบโตของใบหน้าและกะโหลกศีรษะศึกษาจากภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะ โดยวัด เป็นระยะทางหรือ เป็นมุมจำเป็นต้องมีจุดหรือแนวแกนอ้างอิงเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ

Wei⁽³⁰⁾ , Foster และ คณะ⁽³¹⁾ ศึกษาความคลาดเคลื่อนของระนาบต่าง ๆ ที่นิยมใช้ในการวิจัยได้ผลสรุปตรงกันคือ S-N plane เป็นระนาบอ้างอิง ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งให้ผลดีพอ ๆ กับ F H plane

Johnson และ Hubbard⁽³²⁾ ได้เสนอจุด centroid (center of gravity) เป็นจุดศูนย์กลาง เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของใบหน้าและกะโหลกศีรษะ จากภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะ จะอยู่เหนือและหลังจุด S วิธีหาจุด centroid นำภาพถ่ายรังสีเอกซ์ด้านข้างของกะโหลกศีรษะไปทาบกับกระดาษแข็ง แล้วตัดตามรูป เป็น template นำไปแขวนอย่างน้อย 2 จุด แล้วลากเส้นจากจุดนั้น ๆ ตามแนวตั้งตัดกันที่จุด centroid ซึ่งจากการศึกษาพบว่าจุดนี้เป็นจุดที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

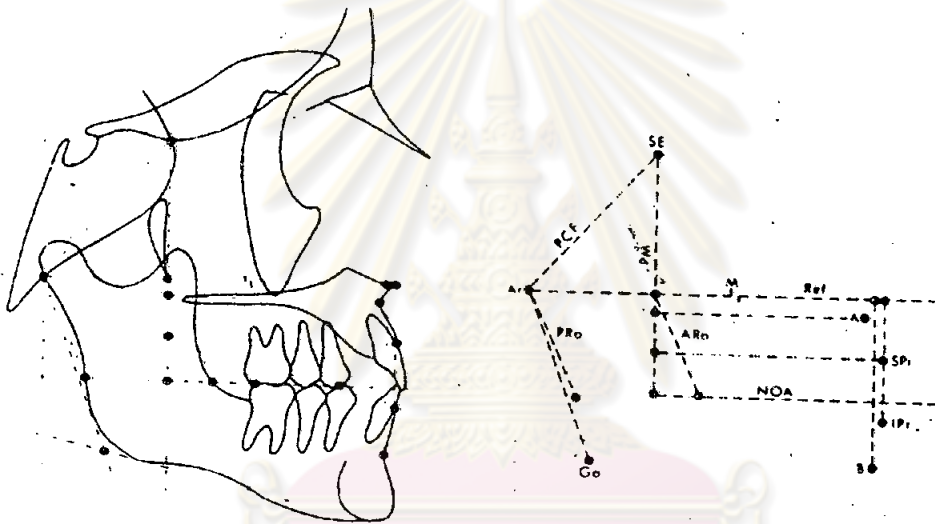


รูปที่ 29 แสดงจุด centroid จะอยู่บนเส้น C.F.C. ที่ผ่านจุด S

(From Johnson and Hubbard, Britizh. J. Orthod 1982)

Steuer⁽³³⁾ แนะนำให้ใช้ฐานกะโหลกเป็นจุดสำหรับการ ขอนทับภาพถ่าย รังสีเอกซ์ บริเวณ sella turcica โดยให้เหตุผลว่าบริเวณดังกล่าว สามารถเห็นได้ ชัดเจนจากภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และภาพถ่ายรังสีเอกซ์ส่วน ใหญ่สามารถซ้อนทับกันได้สนิทในบริเวณนี้

Enlow และคณะ⁽³⁴⁾ ได้ใช้ Pm เป็นแกนอ้างอิงในการศึกษาการ เปลี่ยนแปลงรูปหน้า



รูปที่ 30 แสดงแกนอ้างอิง Pm เป็นเส้นที่ลากผ่านจากจุด SE ซึ่งเป็นจุดตัดระหว่าง greater wing ของ sphenoid bone และ floor ของ anterior cranial fossa มาถึงจุดค่าที่สุดของ Pm

(From Enlow et. al., Angle Orthod. 1971)

Broadbent กับคณะ⁽³⁵⁾ ใช้จุด R ตามรูป เป็นจุดสำหรับการซ้อนทับภาพถ่ายจากรังสีเอกซ์
ด้านข้างของกะโหลกศีรษะ เพื่อใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของใบหน้าและกะโหลกศีรษะ



รูปที่ 31 แสดงการซ้อนทับภาพ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในช่วงเวลา 3 ปี โดยใช้จุด
R ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางระหว่าง S กับ Bolton line เป็นจุดซ้อนทับ

(From Broadbent, Bolton standards of dentofacial developmental
growth, C.V. Mosby 1975)

Sekiguchi และ Savara⁽³⁸⁾ กล่าวว่า การกำหนดจุด Ptm ลงบน
Pterygomaxillary fissure ก่อนข้างยาก เนื่องจาก

1. จุดนี้เป็นจุดที่อยู่บนระนาบในแนวตั้งบริเวณด้านหลังของ Pterygomaxillary
fissure ซึ่งแนวขอบเขตนี้ยาวมาก การกำหนดจุดที่แน่นอนทำได้ยาก

2. บริเวณดังกล่าวอาจถูกบังด้วย Crown ของฟันที่ยังไม่ขึ้นและเงาของ coronoid process

3. แยกได้ยากระหว่างเงาของ Pterygoid fossa ของกระดูก Sphenoid และขอบด้านหลังของ Pterygo maxillary fissure

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้จึงมีผู้ศึกษาการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้า โดยใช้แกนในแนวระนาบ (x axis) และแกนในแนวตั้ง (y axis) ได้แก่

Williams⁽³⁷⁾ ใช้ SN plane เป็นแกนในแนวระนาบ และใช้เส้นตั้งฉาก กับ SN plane ที่จุด S เป็นแกนในแนวตั้ง

Coben⁽³⁸⁾ ใช้ FH plane เป็นแกนในแนวระนาบ และวัดการเจริญเติบโตในแนวตั้ง เป็นระยะตั้งฉากกับ FH plane

Merrow⁽³⁹⁾ ใช้แนวแกนที่ขนานกับ FH plane โดยผ่านจุด "R" (Broadbent) เป็นแกนในแนวระนาบ และเส้นตั้งฉากกับ FH plane ที่จุด "R" เป็นแกนในแนวตั้ง

Jacobson⁽²⁹⁾ ได้รวบรวมผลการศึกษาศึกษาของ Merrow, Sassouni, Williams และ Coben ไว้ดังตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Absolute increment in millimeters

Horizontal Changes

	<u>N</u>	<u>ANS</u>	<u>A</u>	<u>1</u>	<u>B</u>	<u>Pog</u>	<u>Gn</u>
Merrow	5.8	6.9	6.0	7.3	7.1	9.1	9.0
Sassouni	4.3	6.7	5.2	6.2	5.8	7.2	7.0
Williams	6.1	6.4	5.1	6.0	5.6	7.4	7.4
Coben, male	Ba-N 9.6		Ptm-A 5.5			Ba-Pog 13.7	
Coben, female	7.4		4.1			11.5	

Vertical Changes

	<u>Gn</u>	<u>ANS</u>	<u>A</u>	<u>1</u>	<u>B</u>	<u>Pog</u>
Merrow	15.1	7.0	7.9	10.3	11.3	14.8
Sassouni	15.5	5.9	8	8.2	10.5	15.5
Williams	17.0	7.2	8.8	12.2	12.8	16.4
Coben, male	N-M 19.1	N-Ans 9.0				
Coben, female	11.5	5.7				

ตารางที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจุดกำหนดต่าง ๆ ทั้งในแนวดิ่งและแนวระนาบ
ในช่วงอายุ 8-16 ปี

(From Jacobson, Master's thesis, University of Pittsburgh 1970)

	$\frac{G_n}{N}$	Ans	A	1	B	Pog	G_n
Merrow	2.6	1.01	1.32	1.41	1.59	1.63	1.68
Williams	2.79	1.13	1.73	2.03	2.29	2.22	2.30
Sassouni	3.6	.88	1.54	1.32	1.81	2.15	2.21
Coben, Males		1.99	.91			1.34	
Coben, Females		1.55	.70			1.0	

ตารางที่ ๘ แสดงความลาดเอียงของการเจริญเติบโตของจุดกำหนดต่าง ๆ จากการ
ศึกษาของ Merrow, Williams, Sasouni และ Coben (Slope =
 $\frac{\text{แนวตั้ง}}{\text{แนวระนาบ}}$)

(From Jacobson, Master's Thesis, University of Pittsburgh, 1970)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุป

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า

การเจริญเติบโตของฐานกะโหลกศีรษะ เนื่องจากการขยายออกทางด้านหน้าของจุด N ทำให้ระยะ SN ยาวขึ้น

จุดต่าง ๆ บริเวณด้านหน้าของขากรรไกรบนและล่าง มีการเจริญเติบโตในทิศทางไปทางด้านหน้า และลงล่าง ส่วนจุดทางด้านหลังของขากรรไกรบนและล่าง มีการเจริญเติบโตไปทางด้านหลังและลงล่าง

ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในรูปแบบของการเจริญเติบโต แต่มีความแตกต่างกันที่ช่วงเวลา (timing period) โดยในเพศหญิงอัตราของการเจริญเติบโตสูงสุดเกิดก่อนเพศชาย

มีความแตกต่างในอัตราการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย