

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

การสบฟันแบบปกติ (Normal occlusion)

Houston⁽⁶⁾ ได้อธิบายการสบฟันแบบปกติทั้งในระยะฟันน้ำนมและฟันแท้ดังนี้

ระยะฟันน้ำนม

ลักษณะแนวโค้งขากรรไกรและการเรียงตัวของฟันแบบปกติ มีฟันน้ำนมขึ้นทุกซี่ มีช่องว่างอยู่ 2 บริเวณ คือ

1. ระหว่างฟันหน้า
2. primate spacing อยู่ด้านหน้าต่อฟันเขี้ยวบนและอยู่ด้านหลังต่อฟันเขี้ยวล่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโค้งขากรรไกรบนและล่างเป็นปกติ กล่าวคือแนวโค้งของขากรรไกรบนจะกว้างและยาวกว่าแนวโค้งขากรรไกรล่าง โดยฟันกรามบนสบคร่อมฟันกรามล่าง ฟันหน้าบนสบคร่อมฟันหน้าล่าง เกิดโอเวอร์เจท (overjet) ที่ปกติคือประมาณ 2 มม. และโอเวอร์ไบท์ (overbite) ประมาณ $\frac{1}{3}$ ของความสูงของตัวฟันหน้าล่าง (lower incisor crowns) ฟันล่างทุกซี่ ยกเว้นฟันหน้าล่างซี่แรกจะสบกับฟันบนที่เป็นคู่สบ และแนวทางด้านหลังของฟันกรามน้ำนมบนและล่างเป็นแนวเดียวกัน (flush terminal plane)

ระยะฟันแท้


ลักษณะแนวโค้งขากรรไกรและการเรียงตัวของฟันแบบปกติ มีฟันแท้ทุกซี่ขึ้น ฟันอยู่ชิด (contact) กันอย่างถูกต้อง ฟันหน้าเอียงตัวมากกว่าฟันน้ำนมซี่หน้า ความสัมพันธ์ระหว่างแนวโค้งของขากรรไกรบนและล่างเป็นปกติเช่นเดียวกับฟันน้ำนม

นอกจากนี้ Houston ยังได้อธิบายถึงการพัฒนาการของการสบฟันที่ปกติในระยะฟัน
น้ำนมและฟันแท้พอสรุปได้ดังนี้

ในระยะฟันน้ำนม

ขณะแรกเกิดสันเหงือกบน (Upper gum pad) กว้างกว่าสันเหงือกล่าง และคร่อม
สันเหงือกล่างทั้งทางด้านข้างและทางด้านหน้าแต่ไม่สัมผัสกัน ลึนอยู่ระหว่างสันเหงือกบนและ
ล่างโดยที่ลึนแตะกับริมฝีปากและแก้ม ฟันน้ำนมเริ่มขึ้นเมื่ออายุประมาณ 6 เดือน จนถึงอายุ
3 ปี ฟันน้ำนมจึงขึ้นครบสมบูรณ์

ลำดับและเวลาการขึ้นรวมทั้งขนาดความกว้างของฟันในแนวระนาบ (ตาราง
ที่ 1 และ 2)



	<i>Time of eruption in months</i>	<i>Mesiodistal width in mm.</i>
Maxillary Teeth		
Central incisor	8	6.5
Lateral incisor	9	5.0
Canine	18	6.5
First molar	14	7.0
Second molar	24	8.5
Mandibular Teeth		
Central incisor	6	4.0
Lateral incisor	7	4.5
Canine	16	5.5
First molar	12	8.0
Second molar	20	9.5

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของอายุการขึ้นของฟันและขนาดความกว้างของฟันน้ำนม
โดยการศึกษาของ Houston

	<i>Time of eruption in years</i>	<i>Mesiodistal width in mm.</i>
Maxillary Teeth		
Central incisor	7.5	8.5
Lateral incisor	8.5	6.5
Canine	11.5	8.0
First premolar	10.0	7.0
Second premolar	11.0	6.5
First molar	6.0	10.0
Second molar	12.0	9.5
Mandibular Teeth		
Central incisor	6.5	5.5
Lateral incisor	7.5	6.0
Canine	10.0	7.0
First premolar	10.5	7.0
Second premolar	11.0	7.0
First molar	6.0	11.0
Second molar	12.0	10.5

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของอายุการขึ้นของฟันและขนาดความกว้างของฟันแท้
โดยการศึกษาของ Houston

การเปลี่ยนแปลงของการสบของฟันน้ำนม

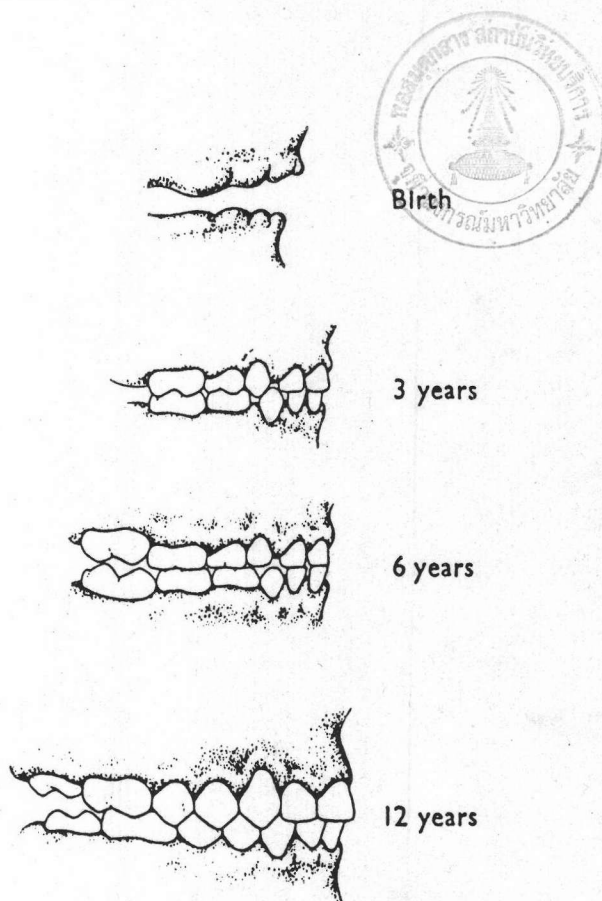
ในระหว่างอายุ 3 - 6 ปี โดยทั่ว ๆ ไป จะมีการเพิ่มความกว้างระหว่างฟันเขี้ยว (intercanine width) เพื่อทำให้เกิดช่องว่างระหว่างฟันน้ำนม ถ้ามีการสีกของฟันน้ำนม ขากรไรกลางจะเคลื่อนไปทางข้างหน้า ทำให้ฟันหน้าสบกันแบบเอจ-ทูเอจ (edge-to-edge) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของการสบฟันในระยะนี้

ในระยะฟันแท้

ฟันแท้ซี่น้ำบนจะเอียงตัวมากกว่าฟันน้ำนมซี่น้ำบน ลักษณะแนวโค้งของขากรไร
ในระยะฟันแท้กว้างกว่าในระยะฟันน้ำนม ฟันแท้ซี่น้ำบนซี่แรกจะขึ้นทางด้านข้างทำให้มีช่อง
ว่างระหว่างกัน เรียกระยะอึกสี่ ดัคคอลลิ่ง (Ugly Duckling stage) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของ
การพัฒนาการการสบฟัน และช่องว่างนี้ควรจะปิดเมื่อฟันเขี้ยวแท้ขึ้น

ผลรวมขนาดความกว้างของฟันเขี้ยวและฟันกรามน้อยแท้จะมีความกว้างน้อยกว่าผลรวมขนาดความกว้างของฟันเขี้ยวและฟันกรามน้ำนม ความแตกต่างของขนาดความกว้างนี้เรียกว่าช่องว่างลีเวย์ (Leeway space) โดยที่ในขากรรไกรล่างจะมีช่องว่างลีเวย์มากกว่าในขากรรไกรบน

ฟันกรามแท้ขึ้นโดยอาศัยแนวทางด้านหลังของฟันกรามน้ำนมบนและล่างที่อยู่ในแนวเดียวกันเป็นหลักแล้วเคลื่อนที่ไปยังช่องว่างลีเวย์ เพื่อให้ได้การสบฟันที่ปกติ คือยอดมีซิโอบัคคอลล (mesio-buccal cusp) ของฟันกรามแท้บนสกับร่องมีซิโอบัคคอลล (mesio-buccal groove) ของฟันกรามแท้ล่าง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ระยะของการพัฒนาการของการสบฟันปกติ
โดยการศึกษาของ Houston

การเปลี่ยนแปลงของการสบของฟันแท้

พบว่าในระยะเวลาอายุ 15 - 20 ปี จะมีการซ้อนเกของฟันหน้าล่างเพิ่มขึ้น เนื่องจาก การเอียงตัวของฟันหน้าล่างไปทางด้านลิ้น และฟันกรามซี่สุดท้ายที่ขึ้นตามปกติไม่ได้จะมีส่วน เสริมให้ฟันหลัง เคลื่อนมาทางด้านหน้า

Henry Beyron⁽⁷⁾ ได้เสนอความคิดเกี่ยวกับการสบฟันแบบออปติมอล (Optimal occlusion) ว่าทำให้เกิดความสมดุลกับการทำงานของระบบการบดเคี้ยว โดยไม่มีการเกร็งของกล้ามเนื้อหรือทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่ออื่น ๆ โดยมีลักษณะการสบ ฟันดังนี้

1. ในขณะที่มีการสบฟัน ฟันต้องสบกันพอดีทั้งด้านซ้ายและขวา ตำแหน่งของการ สบฟันหลังสุด (Retruded contact position) ควรอยู่ในแนว Sagittal line
2. ในตำแหน่งของการสบฟันหลังสุดที่ทำให้เกิดความสมดุล ฟันหลังควรเอียง พอดีเพื่อให้เหมาะกับการสบฟันในตำแหน่งนี้
3. ในขณะที่มีการบดเคี้ยว ทางด้าน working side ควรสบกันแบบเป็นกลุ่ม (group function)

Andrew⁽⁸⁾ ได้ศึกษาการสบฟันจากกะโหลกศีรษะ 120 อัน ที่มีการสบฟันแบบดี เลิศ สรุปเป็นหลัก 6 ข้อ ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ของฟันกรามแท้ (Molar relationship)
 - ก. distal surface ของ distal marginal ridge ของฟันกรามบน แท้ซี่แรก (6) จะสบที่ mesial surface ของ mesial marginal ridge ของฟันกราม ล่างแท้ซี่ที่สอง (7)
 - ข. mesio - buccal cusp ของฟันกรามบนแท้ซี่แรก (6) จะสบใน mesio - buccal groove ของฟันกรามล่างแท้ซี่แรก (6)

ค. mesio - lingual cusp ของฟันกรามบนแท้ซี่แรก (6) จะสบลงใน central fossa ของฟันกรามล่างแท้ซี่แรก (6)

2. มุมของตัวฟัน (Crown angulation หรือ Crown tip)

มุมที่เกิดจาก LACC (Long axis of clinical crown) ทำกับเส้นตั้งฉากกับ occlusal plane จะมีค่าเป็นบวกเสมอ คือมี gingival portion อยู่ทางด้าน distal กว่า occlusal portion (รูปที่ 2 และ 3)

ฟันหน้าบนซี่แรกมีค่าประมาณ	9°	
ฟันหน้าบนซี่ที่สองมีค่าประมาณ	5°	
ฟันเขี้ยวบน มีค่าประมาณ	11°	
ฟันกรามน้อย มีค่าประมาณ	0°	(ตั้งตรง)
ฟันกราม มีค่าประมาณ	5°	

3. การเอียงตัวของตัวฟัน (Crown inclination หรือ Crown torque)

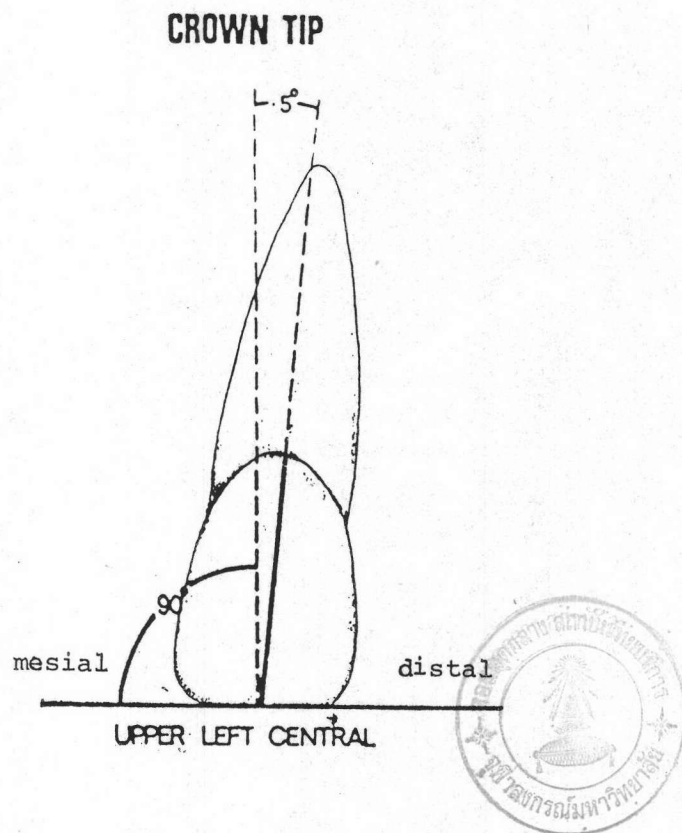
เป็นมุมที่เกิดจากเส้นตั้งฉากกับ occlusal plane ทำกับเส้นสัมผัสที่จุดกึ่งกลางทาง buccal ของ LACC โดยที่ lingual cusp ของฟันหลังบนจะอยู่ทางด้าน occlusal มากกว่า buccal cusp และ buccal cusp ของฟันหลังล่างจะอยู่ทางด้าน occlusal มากกว่า lingual cusp (รูปที่ 4, 5 และ 6)

ฟันหน้าบน gingival portion จะอยู่ทางด้าน lingual ต่อ Incisal portion ส่วนฟันที่เหลือ gingival portion จะอยู่ทาง buccal ต่อ occlusal portion

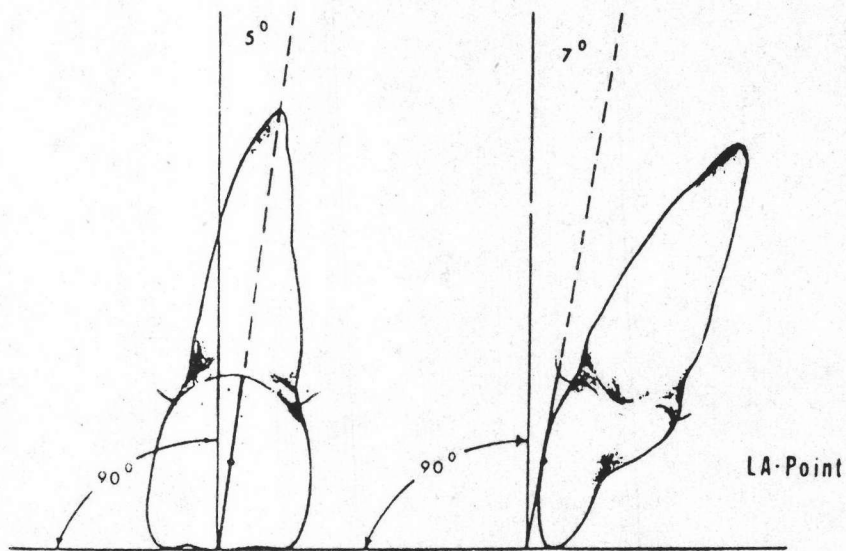
4. ไม่มีอาการหมุนของฟัน (Rotation) เพราะถ้ามีการหมุนของฟันจะทำให้สูญเสียความกว้างแนวโค้งขากรรไกรในฟันหลัง และเกิดช่องว่างในฟันหน้า (รูปที่ 7)

5. มีจุดประชิดของฟัน (Contact point) ที่ติดกันแน่น

6. Curve of spee ต้องมีลักษณะ flat curve หรือ Slightly arc ในคนปกติ ประมาณ 1.5 มม. (รูปที่ 8)

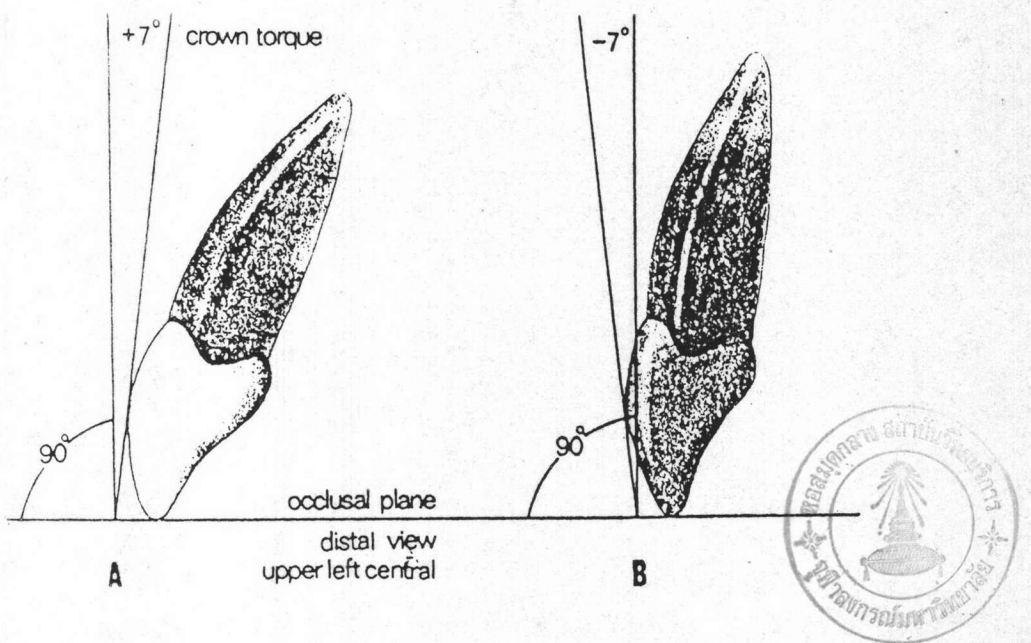


รูปที่ 2 มุมของตัวฟัน (Crown angulation) โดยการศึกษาของ Andrew LACC กับเส้นตั้งฉากกับ occlusal plane



รูปที่ 3 Long axis of the clinical crown(LACC)

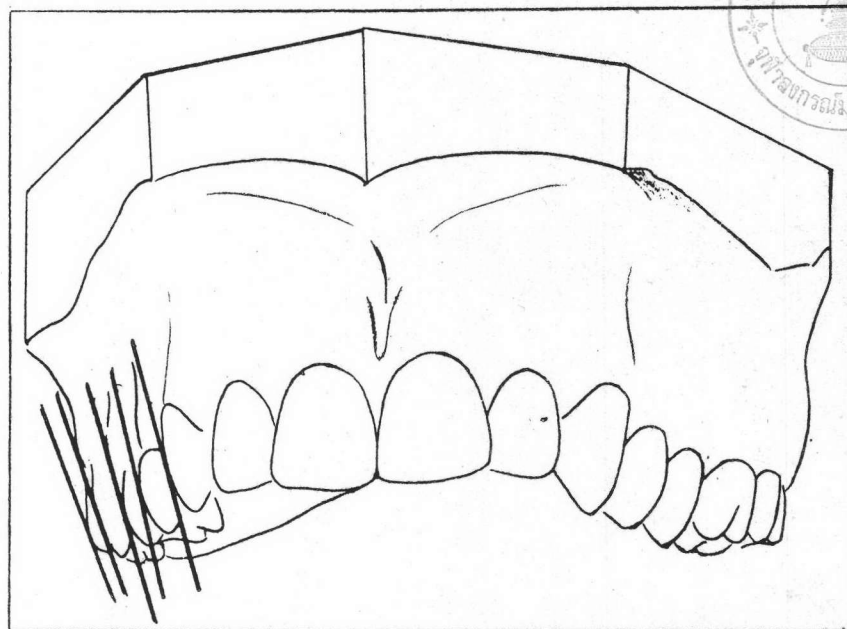
โดยการศึกษาของ Andrew สำหรับฟันทุกซี่ ยกเว้น molars LACC อยู่ที่ vertical mid - development ridge บน labial หรือ buccal surface สำหรับ molars คือ vertical groove ที่ชัดเจนบน buccal surface แทนด้วยเส้นขนานกับ ridge หรือ groove นี้ และสัมผัสกับตรงกลางของ clinical crown บน labial หรือ buccal surface จุด LA คือจุดกึ่งกลางของ LACC



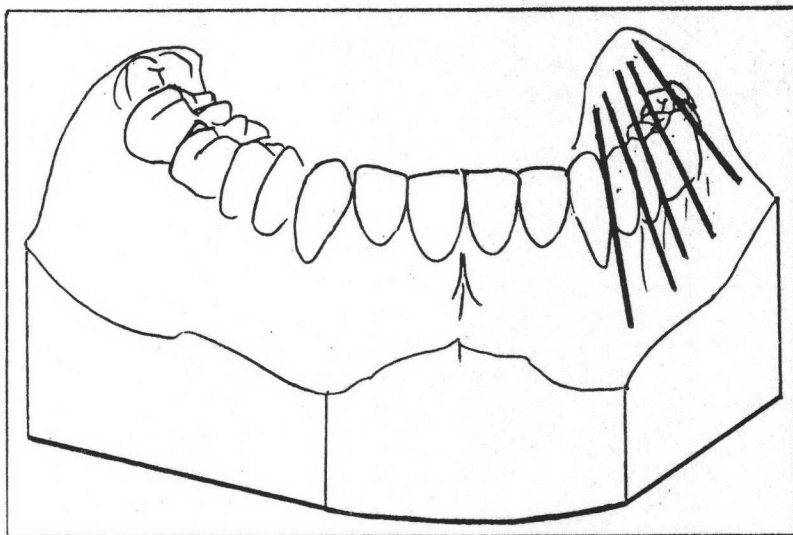
รูปที่ 4 การเอียงตัวของตัวฟัน (Crown inclination) โดยการ
ศึกษาของ Andrew วัดจากมุมระหว่างเส้นตั้งฉากกับ
occlusal plane กับเส้นสัมผัสฟันกับส่วนกลางของ LACC

007825

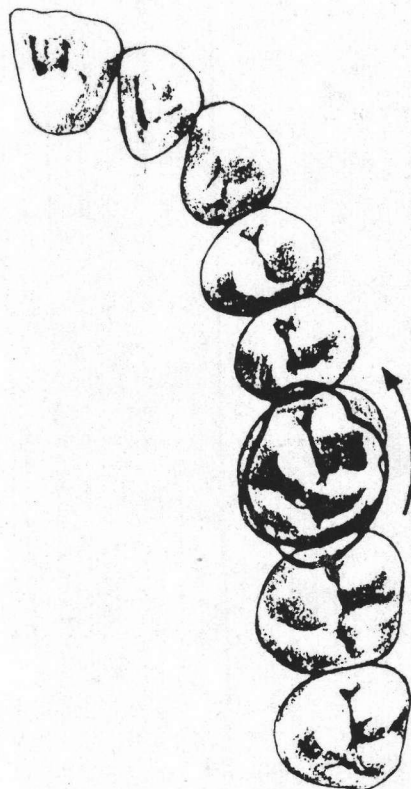
| 1737210x



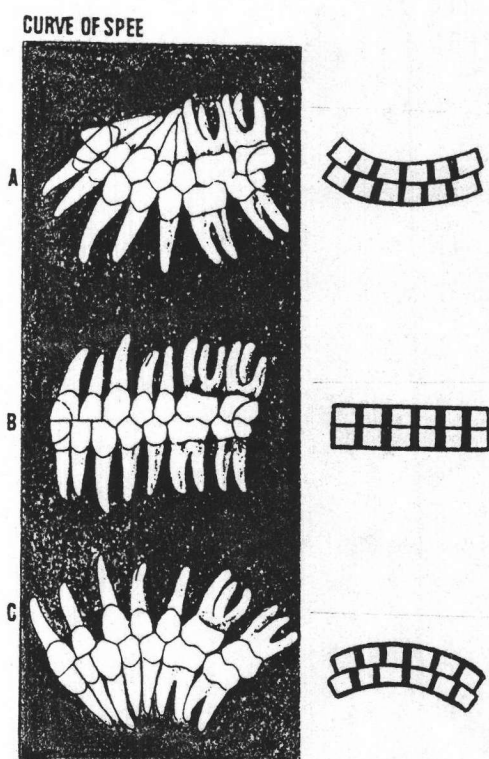
รูปที่ 5 การเอียงตัวของฟันหลังบนจะใกล้เคียงกันตั้งแต่ฟันเขี้ยวแท้ถึงฟันกรามน้อย และจะเอียงมากขึ้นเล็กน้อยที่ฟันกรามบน โดยการศึกษาของ Andrew



รูปที่ 6 การเอียงตัวของฟันหลังล่างจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ฟัน เขี้ยวแท้ จนถึงฟันกรามล่าง โดยการศึกษาของ Andrew



รูปที่ 7 พันธกรามแท้ที่ทึมนจะต้องการพื้นที่บนแนวโค้งขากรรไกรมากกว่าปกติ
โดยการศึกษาของ Andrew



- รูปที่ 8 A. deep curve of spee จะทำให้พื้นที่บนแนวโค้งขากรรไกรสำหรับการเรียงตัวของฟันหน้าบนน้อยกว่าปกติ
- B. flat curve of spee จะทำให้การสบฟันปกติ
- C. reverse curve of spee จะทำให้มีช่องว่างบริเวณฟันหน้าบน
- โดยการศึกษาของ Andrew

Roth⁽⁹⁾ ได้เสนอการสบฟันแบบ ideal functional occlusion ไว้

ดังนี้

1. ฟันควรสบกันแบบ maximal intercuspation ในขณะที่ condyle อยู่บนสุดและหลังสุด
2. ขณะสบฟันแรงที่ลงบนฟันหลัง ควรมีทิศทางลงไปตามแนวแกนของฟันหลัง เพื่อส่งผ่านไปยังเนื้อเยื่อรอบ ๆ ตัวฟัน (periodontal ligament และ lamina dura)
3. ฟันหลังควรสบลงพร้อม ๆ กัน โดยไม่มีการกระทบกันของฟันหน้า (.005" clearance) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงกระทำที่มีทิศทางไปทางด้านข้างต่อฟันหน้าและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้อง
4. ควรมีโอเวอร์เจท โอเวอร์ไบท์น้อย ๆ แต่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ในทุก ๆ ทิศทางของขากรรไกรล่าง โดยมีฟันเขี้ยวเป็นหลัก (main guiding incline) เพื่อให้ฟันหลังไม่สัมผัสกันในขณะที่ขากรรไกรล่างเคลื่อนไปทางด้านข้าง และการเอียงตัวของฟันหน้าต้องสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของขากรรไกรล่างซึ่งถูกควบคุมโดยข้อต่อขากรรไกร (Temporo-mandibular joint)
5. ลักษณะของการสบฟัน ต้องพิจารณา cusp height, fossa depth, ridge และ groove direction รวมทั้ง cusp placement เพื่อให้เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของขากรรไกรล่างในทุกทิศทาง

Roth⁽⁹⁾ เชื่อว่าการสบฟันแบบ ideal functional occlusion มีผลดังต่อไปนี้

1. เฉลี่ยแรงให้กระจายไปยัง periodontium
2. ป้องกันไม่ให้เกิดแรงกระทำไปทางด้านข้างซึ่งเป็นอันตรายต่อฟันและเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้อง
3. ได้การสบฟันที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ของข้อต่อขากรรไกร

4. ป้องกันไม่ให้ข้อต่อขากรรไกรได้รับอันตราย
5. ป้องกันความผิดปกติของกล้ามเนื้อ
6. ทำให้มีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยว
7. ทำให้ฟันชิดกันคงที่
8. ช่วยให้การกลืนเป็นไปตามปกติ

Howes⁽¹⁰⁾ ได้เสนอว่าการสบฟันที่ปกติต้องถูกรองรับโดย apical base ที่ปกติ และผลรวมของขนาดฟันและความกว้างแนวโค้งขากรรไกรต้องมีความสัมพันธ์กันดี

การสบฟันผิดปกติ (Malocclusion)

Salvo⁽¹¹⁾ สรุปว่าการสบฟันเป็นผลลัพธ์ของระบบ 3 ระบบร่วมกัน คือ

1. ระบบของฟัน ประกอบด้วย ฟัน กระดูกรองรับฟัน และเนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้อง
2. ระบบโครงสร้างของร่างกาย ประกอบด้วย กระดูกขากรรไกรบน กระดูกขากรรไกรล่าง รวมทั้งกะโหลกศีรษะ
3. ระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ เส้นประสาท และระบบประสาทส่วนกลางที่มาเลี้ยงกล้ามเนื้อนั้น ๆ

เขาเชื่อว่าการสบฟันผิดปกติเกิดจากความผิดปกติของระบบดังกล่าวข้างต้น ซึ่งอาจเกิดก่อนหรือหลังการพัฒนาของการสบฟัน

ความผิดปกติของการสบฟัน สรุปได้ดังนี้

1. ความผิดปกติของตำแหน่งฟัน อาจเกิดขึ้นหนึ่งซี่หรือหลายซี่ก็ได้ เช่น ฟันหมุนหรือฟันล้ม เป็นต้น
2. ความผิดปกติของลักษณะรูปร่างแนวโค้งขากรรไกร หรือตำแหน่งแนวโค้งขากรรไกร เช่น รูปร่างแนวโค้งขากรรไกรแคบหรือกว้างกว่าปกติ หรือมีตำแหน่งแนวโค้งขากรรไกรอยู่ทางด้านหน้าหรือด้านหลังมากกว่าปกติ

3. ความผิดปกติระหว่างแนวโค้งขากรรไกรบนและล่าง ทำให้การสบฟันคร่อมกันอย่างผิดปกติ

Angle⁽¹²⁾ แยกชนิดของการสบฟัน โดยการศึกษาการสบฟันของฟันกรามแท้ซี่แรกเป็นหลักดังนี้ (รูปที่ 9)

1. Class I หรือ Neutro - occlusion mesio - buccal cusp ของฟันกรามแท้บนซี่แรกสบกับ mesio - buccal groove ของฟันกรามแท้ล่างซี่แรก ความผิดปกติจะเกิดกับฟันซี่เดียวหรือหลายซี่ ส่วนมากจะเกิดบริเวณด้านหน้า เช่น การซ้อนเกของฟัน การหมุนของฟัน และการมีช่องว่างบริเวณฟันด้านหน้า (รูปที่ 10)

2. Class II หรือ Disto - occlusion ฟันกรามล่างแท้ซี่แรกสบทาง distal ต่อตำแหน่งปกติ mesio - buccal cusp ของฟันกรามแท้บนซี่แรกสบทางด้านหน้า ต่อ mesio - buccal groove ของฟันกรามแท้ล่างซี่แรก

Class II แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของฟันหน้าคือ

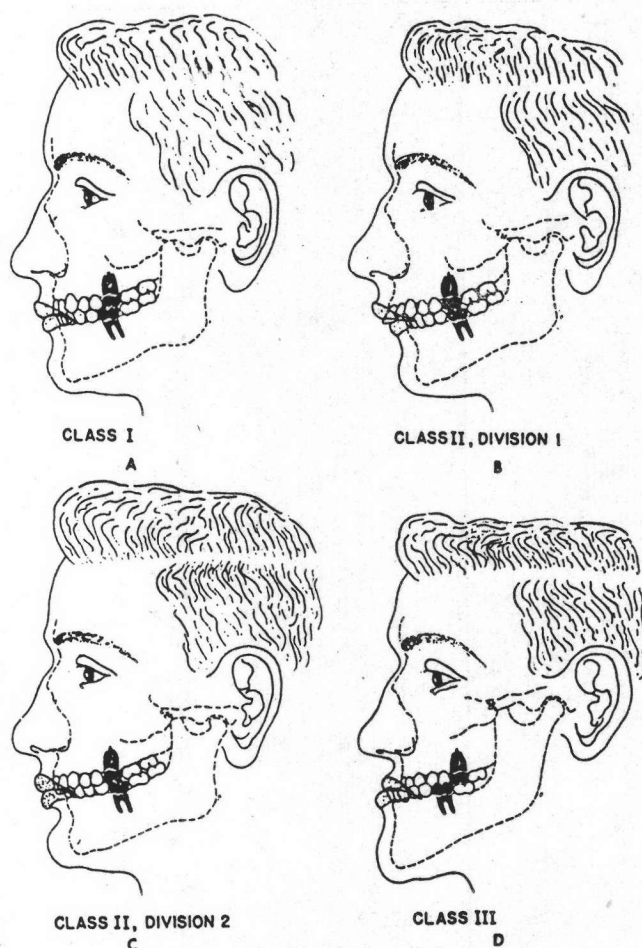
2.1 Class II division 1 ฟันหน้าบนยื่น มีโอเวอร์เจตมาก โอเวอร์ไบท์ อาจมากหรือน้อยก็ได้ (รูปที่ 11)

2.2 Class II division 2 ฟันหน้าบนซี่แรกตั้งตรงหรือเอียงไปทางด้านล้น โอเวอร์เจตจะน้อยหรือไม่มีโอเวอร์เจตเลย มีโอเวอร์ไบท์มาก พบบ่อย ๆ ว่าฟันหน้าบนซี่ที่สองหรือฟันซี่ยาวจะซ้อนเกไปทางด้านหน้า (รูปที่ 12)

3. Class III หรือ Mesio - occlusion ฟันกรามแท้ล่างซี่แรกสบมาทาง mesial ต่อตำแหน่งปกติ mesio - buccal cusp ของฟันกรามแท้บนซี่แรกสบ distal ต่อ mesio - buccal groove ของฟันกรามแท้ล่างซี่แรก ฟันหน้าล่างจะสบคร่อมฟันหน้าบน โดยที่ฟันหน้าล่างเอียงมาทางล้นและฟันหน้าบนเอียงไปทางด้านหน้า (รูปที่ 13)

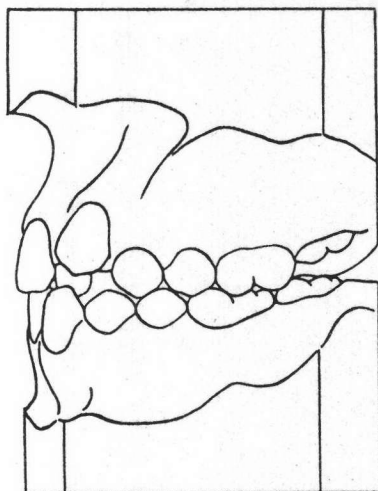
การสบฟันผิดปกติที่มีการสบฟันแบบ Class II หรือ Class III ด้านเดียว เรียกว่า "Subdivision" เช่น Class II division 1 subdivision คือการสบฟันแบบ Class II division 1 โดยที่ฟันกรามแท้ซี่แรกด้านหนึ่งสบกันแบบ Class II อีกด้านหนึ่งสบแบบ Class I

Freer และ Adkins⁽¹³⁾ สนับสนุนการแบ่งชนิดของการสบฟันที่ผิดปกติตามหลักของ Angle เนื่องจากง่ายและสะดวกในการอธิบาย

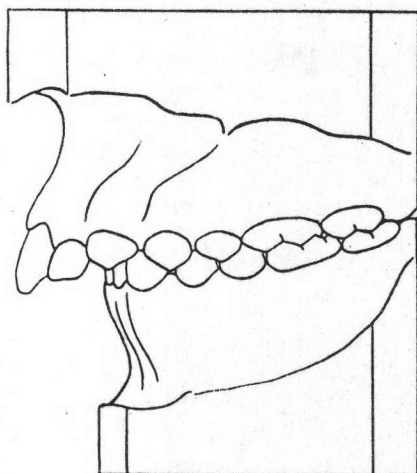


รูปที่ 9 ชนิดของการสบฟันแบบผิดปกติตามหลักของ Angle

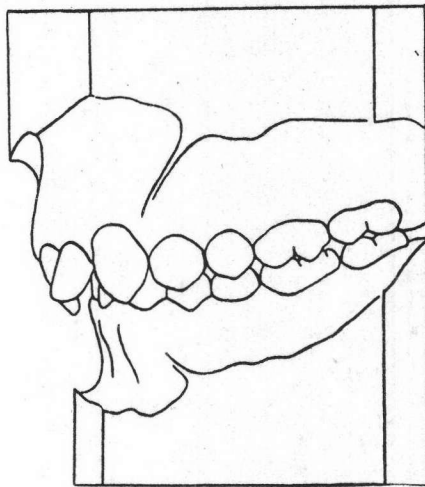
- A Class I : ความสัมพันธ์ของฟันกรามแท้ซี่แรกในแนว mesiodistal เป็นปกติ แต่ฟันอาจซ้อนเกที่ไหนก็ได้
- B Class II Division 1 : ฟันกรามแท้ซี่แรกอยู่ distal ต่อฟันกรามแท้บนซี่แรก คางหลุบ
- C Class II Division 2 : ฟันกรามแท้ซี่แรกอยู่ distal ต่อฟันกรามแท้บนซี่แรก
- D Class III : ฟันกรามแท้ซี่แรกอยู่ mesial ต่อฟันกรามแท้บนซี่แรก คางยื่น



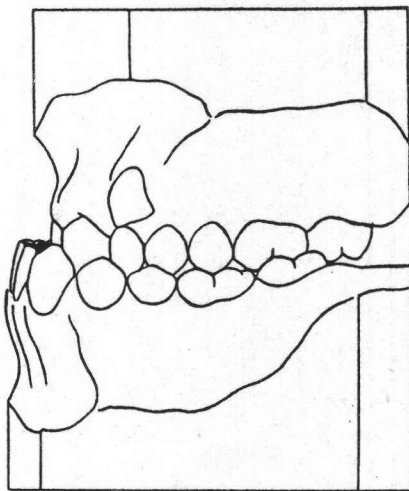
รูปที่ 10 การสบฟันแบบ Class I ตามหลักของ Angle



รูปที่ 11 การสบฟันแบบ Class II Division 1 ตามหลักของ Angle



รูปที่ 12 การสบฟันแบบ Class II Division 2 ตามหลักของ Angle



รูปที่ 13 การสบฟันแบบ Class III ตามหลักของ Angle

Sanin, Savara, Clarkson และ Thomas⁽¹⁴⁾ ได้ศึกษาการทำนายการ
สบฟันจากการวัดขนาดฟันในระยะฟันน้ำนม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นเด็ก 48 คน เก็บ
ข้อมูลมาจากแบบจำลอง ฟันตั้งแต่ฟันน้ำนมขึ้นครบจนถึงระยะฟันแท้ขึ้นครบ สรุปผลเป็น 4
กลุ่มดังนี้ (ตารางที่ 3)

1. acceptable ทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้
2. การสบฟันผิดปกติ ทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้
3. การสบฟันผิดปกติ ในฟันน้ำนม และ acceptable ในฟันแท้
4. acceptable ในฟันน้ำนมและสบฟันผิดปกติในฟันแท้

พบว่าการสบฟันผิดปกติในฟันน้ำนมและฟันแท้ มีแนวโน้มว่าแนวโค้งขากรรไกรน้ำนม
แคบ และ acceptable occlusion ในฟันน้ำนมและฟันแท้มีแนวโน้มว่าฟันน้ำนมมีขนาด
ความกว้างเล็ก



Group	Deciduous dentition	Permanent dentition	n
1	Acceptable	→ Acceptable	14
2	Malocclusion	→ Malocclusion	16
3	Malocclusion	→ Acceptable	12
4	Acceptable	→ Malocclusion	6

ตารางที่ 3 แสดงกลุ่มตัวอย่างเป็นเด็ก 48 คน ถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามการสบฟัน
แบบ acceptable หรือ malocclusion ในระยะฟันน้ำนมและฟันแท้
โดยการศึกษาของ Sanin, Savara, Clarkson และ Thomas

สาเหตุของการสบฟันผิดปกติ

Graber⁽¹⁵⁾ แบ่งสาเหตุของการสบฟันผิดปกติเป็น 2 สาเหตุใหญ่ ๆ คือ

1. สาเหตุโดยทั่วไป
2. สาเหตุเฉพาะตำแหน่ง

1. สาเหตุโดยทั่วไป

1.1 พันธุกรรม (Heredity) มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของลักษณะของฟันและใบหน้า ตำแหน่งและโครงสร้างของกล้ามเนื้อรอบ ๆ ปาก ลักษณะและรูปร่างของลิ้น เนื้อเยื่ออ่อน ขนาด และตำแหน่งของฟรินุม (frenum)

1.2 ความผิดปกติมาแต่กำเนิด (Congenital defects) เป็นความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อของตัวอ่อน (Embryonic tissue) ซึ่งจะปรากฏตอนคลอด เช่น ปากแหว่ง เพดานโหว่ ฟันหายไปบางซี่หรือฟันหายไปทุกซี่ (Anodontia)

1.3 สิ่งแวดล้อม การเจริญเติบโตจะถูกเร่งให้เร็วขึ้นหรือช้าลงโดยอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม เช่น อาหาร ยา ที่แม่รับประทานขณะตั้งครรภ์ จะมีผลต่อเด็กในท้อง หรือการที่เด็กได้รับความกระทบกระเทือนเมื่อแรกเกิด

1.4 โรคที่ทำให้มีอาการไข้ เช่น หัด อีสุกอีใส จะรบกวนการขึ้นของฟัน อาจละลายรากฟัน หรือทำให้ฟันหายไป

1.5 การขาดอาหาร ทำให้เนื้อเยื่อและการเจริญเติบโตผิดปกติ และทำให้สูญเสียฟันไปก่อนกำหนดได้

1.6 นิสัยที่ผิดปกติ จะขัดขวางการเจริญเติบโตของใบหน้า กระดูก ตำแหน่งของฟันรบกวนการหายใจและทำให้เสียความสมดุลของกล้ามเนื้อของใบหน้า เช่น การดูดนิ้วมือ การกลืนที่ผิดปกติ การดูดหรือกัดริมฝีปาก

1.7 การเกร็งของกล้ามเนื้อมากเกินไป การเคี้ยวฟันในขณะนอนหลับ ทำให้ฟันสึกหรือแตกหักได้

1.8 อุบัติเหตุบริเวณใบหน้าและฟัน ทำให้มีการละลายของรากฟัน

2. สาเหตุเฉพาะตำแหน่ง

2.1 ความผิดปกติเกี่ยวกับจำนวนฟัน เช่น ฟันเกิน ฟันหายไปบางซี่ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับช่องทางฟันจุกกรรม

2.2 ความผิดปกติเกี่ยวกับขนาดของฟัน ได้แก่ ขนาดฟันใหญ่กว่าปกติ ฟันที่หลวมรวมกัน ความผิดปกตินี้ อาจเป็นซี่เดียวหรือหลายซี่ก็ได้

2.3 ความผิดปกติเกี่ยวกับรูปร่างของฟัน ที่พบบ่อยคือ ฟันหน้าบนซี่ที่สอง (peg lateral) จะมีรูปร่างเล็ก เรียกว่า ปกติ

2.4 ความผิดปกติของ Labial frenum ที่แทรกอยู่ระหว่างฟันหน้าบนซี่แรกทำให้เกิดช่องว่างระหว่างฟันได้

2.5 การสูญเสียฟันก่อนกำหนด

2.6 การคงอยู่ของฟันน้ำนมนานกว่าปกติ

2.7 การที่ฟันแท้ขึ้นช้ากว่าปกติ อาจมีสาเหตุจากความผิดปกติของต่อมไร้ท่อ การที่มีเนื้อเยื่อหรือกระดูกที่หนาแน่นกว่าปกติขัดขวางการขึ้นของฟัน มีฟันเกินหรือมีรากของฟันน้ำนมค้างอยู่ที่

2.8 การขึ้นของฟันในทิศทางที่ผิดปกติ ทำให้ตำแหน่งของฟันผิดปกติไป

2.9 การยึดติดแน่นของรากฟันน้ำนมกับกระดูกรอบ ๆ รากฟัน ทำให้ขัดขวางต่อการขึ้นของฟันแท้ได้

2.10 ฟันผุ เป็นสาเหตุของการสบฟันที่ผิดปกติได้มากที่สุด

2.11 การอุดฟันที่ไม่ถูกต้อง เช่น อุดเกินกว่าปกติ มีผลให้เกิดการสบฟันที่มีจุดสูงกว่าปกติ เกิด Crossbite หรือมีการละลายของกระดูก

Huckaba⁽¹⁶⁾ ได้สรุปสาเหตุของการสบฟันที่ผิดปกติเพิ่มเติมดังนี้

1. มีการเอียงตัวของฟันหน้าล่างไปทางด้านหน้าหรือไปทางด้านลึนมากกว่าปกติ
2. มีโอเวอร์ไบท์มากกว่าปกติ (deep overbite)
3. มีโอเวอร์เจทมากกว่าปกติ (excessive overjet)

Preis⁽¹⁷⁾ พบว่านิสัยที่ผิดปกติ เช่น การดูดหรือกักริมฝีปาก การดูดนิ้วและการกลืนที่ผิดปกติ รวมทั้งการที่มีแรงกระทำต่อบริเวณขากรรไกรเป็นเวลานาน ๆ เช่น การนั่งท้าวคาง จะทำให้การเจริญเติบโตของใบหน้าและขากรรไกรผิดปกติไป ซึ่งจะมีผลต่อเด็กในระยะที่กำลังมีการเจริญเติบโตมากกว่าผู้ใหญ่

Fleet⁽¹⁸⁾ ศึกษาขนาดของฟัน แนวโค้งขากรรไกร และความสมดุลของใบหน้าในคนที่มีการสบฟันแบบ Class I malocclusion พบว่าขนาดของฟันในกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวจะมีขนาดของฟันใหญ่กว่าขนาดของฟันเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษาของผู้วิจัยรุ่นก่อน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของฟัน ความยาวแนวโค้งขากรรไกร และปริมาณการซ้อนเกของฟันที่เกิดขึ้น

Selmer - Olsen⁽¹⁹⁾, Bergstrom และ Jensen⁽²⁰⁾, Vego⁽²¹⁾ ได้เสนอว่าการขึ้นของฟันกรามล่างแท้ซี่สุดท้ายเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการซ้อนเกของฟันหน้าล่างในระยะวัยรุ่น Shanley⁽²²⁾ และ Fastlich⁽²³⁾ พบว่าในคนที่มีฟันกรามแท้ซี่สุดท้ายมีการซ้อนเกของฟันหน้าล่างไม่มากกว่าในคนที่ไม่มีความผิดปกติของฟันกรามล่างแท้ซี่สุดท้าย อย่างไรก็ตามการขึ้นของฟันกรามล่างแท้ซี่สุดท้ายร่วมกับสาเหตุอื่น ๆ ที่ทำให้มีความผิดปกติของฟันจะมีผลต่อการซ้อนเกของฟันหน้าล่างได้

ขนาดของฟัน (Tooth size)

ในการพัฒนาการของการสบฟัน ขนาดของฟันเป็นตัวกำหนดการสบฟันที่สำคัญมาก ขนาดของฟันบนและฟันล่างต้องสัมพันธ์กันเพื่อให้มีการสบฟันที่ถูกต้อง และขนาดของฟันในแต่ละขากรรไกรต้องมีความสัมพันธ์พอดีกับขนาดของขากรรไกรด้วย เพื่อให้การเรียงตัวของฟันเป็นปกติ ตามข้อสรุปของ Moorees และ Reed (24, 25) และ Moorees (26) ได้พบว่าความสัมพันธ์ของขนาดของฟันน้ำนมและขนาดของฟันแท้ เป็นสิ่งที่ช่วยให้ทันตแพทย์สามารถทำนายการสบของฟันได้ ความผิดปกติของความสัมพันธ์นี้จะมีความสำคัญในการประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงของการสบฟันในระยะฟันชุดผสม (mixed dentition) ตารางข้างล่างจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความกว้างของฟันน้ำนมและฟันแท้ (ตารางที่ 4)

Tooth	I_1	I_2	C	Pm_1	Pm_2	M_1	M_2
maxilla							
di_1	0.63	0.36	0.35	0.33	0.31	0.40	0.28
di_2	0.32	0.31	0.29	0.27	0.22	0.19	0.25
dc	0.27	0.26	0.29	0.42	0.31	0.25	0.35
dm_1	0.34	0.25	0.35	0.34	0.41	0.36	0.45
dm_2	0.32	0.26	0.23	0.39	0.38	0.51	0.39
mandible							
di_1	0.43	0.41	0.32	0.24	0.29	0.28	0.26
di_2	0.42	0.44	0.39	0.15	0.24	0.35	0.32
dc	0.30	0.30	0.26	0.25	0.36	0.25	0.34
dm_1	0.29	0.38	0.44	0.47	0.51	0.45	0.42
dm_2	0.24	0.37	0.35	0.39	0.41	0.53	0.43

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของขนาดความกว้างของฟันน้ำนม และฟันแท้ โดยการศึกษาของ Moorees

(27) Moorees, Fanning และ Hunt พบว่า ขนาดของฟันมีความแตกต่างกัน

ในระหว่างเพศหญิงและเพศชาย เวลาสำหรับการสร้างตัวฟัน (crown formation) และ อายุที่ฟันขึ้นก็มีความแตกต่างกันด้วย

Moorees และ Chadha⁽²⁸⁾ ได้เสนอว่าการเปลี่ยนแปลงของฟันเด็กมี 2 ระยะ คือ ในระยะที่ฟันแท้ขึ้น และในระยะที่ฟันเขี้ยวแท้ ฟันกรามน้อยขึ้น เขาได้ศึกษาผลรวมขนาดของฟันน้ำนมและฟันแท้ในแนวระนาบ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

$d_{i1} + d_{i2}$ (d_{i1}, d_{i2} = ขนาดความกว้างของฟันน้ำนมซี่แรกและซี่ที่สอง ตามลำดับ)

$I_1 + I_2$ (I_1, I_2 = ขนาดความกว้างของฟันหน้าแท้ซี่แรกและซี่ที่สอง ตามลำดับ)

$d_c + dm_1 + dm_2$ (d_c, dm_1, dm_2 = ขนาดความกว้างของฟันเขี้ยวน้ำนม และฟันกรามน้ำนมซี่แรกและซี่ที่สอง ตามลำดับ)

$C + Pm_1 + Pm_2$ (C, Pm_1, Pm_2 = ขนาดความกว้างของฟันเขี้ยวแท้ และฟันกรามน้อยซี่แรกและซี่ที่สอง ตามลำดับ)

พบว่าขนาดของฟันทั้ง 4 กลุ่ม ในเพศชายจะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของฟันในเพศหญิง ช่องว่างสำหรับฟันหน้าแท้ซี่แรกและซี่ที่สอง จะมีความสัมพันธ์กับขนาดของฟันหน้าน้ำนมซี่แรกและซี่ที่สองตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกันในเด็กแต่ละคน และช่องว่างที่เกิดจากการแทนที่ของฟันเขี้ยวแท้และฟันกรามน้อยต่อฟันเขี้ยวและฟันกรามน้ำนม (Leeway space) จะมีส่วนช่วยให้ฟันแท้เรียงตัวกันได้โดยไม่มีการซ้อนเก (ตารางที่ 5 และ 6)

TOOTH GROUPS	SEX	MEAN (Mm.)	S.E.M (Mm.)	S.D. (Mm.)	RANGE (Mm.)	NUM- BER	t	p
Maxilla								
Deciduous incisors....	♂	11.89	0.09	0.72	10.5-14.5	62	1.97	0.050 < p < 0.100
	♀	11.62	0.10	0.78	10.3-13.2	58		
Permanent incisors....	♂	15.54	0.12	0.94	12.7-18.2	62	3.57	p < 0.001
	♀	14.93	0.12	0.94	12.0-17.1	58		
Deciduous canines and molars.....	♂	23.10	0.12	0.97	21.1-25.3	62	3.95	p < 0.001
	♀	22.38	0.12	0.94	21.0-24.9	58		
Permanent canines and premolars.....	♂	21.90	0.11	0.87	19.9-24.1	62	5.63	p < 0.001
	♀	20.92	0.13	1.04	17.9-23.6	58		
Mandible								
Deciduous incisors....	♂	8.82	0.08	0.58	7.8-10.6	58	1.64	0.100 < p < 0.150
	♀	8.63	0.09	0.67	7.1-10.2	61		
Permanent incisors....	♂	11.42	0.09	0.65	10.2-12.9	58	2.64	0.001 < p < 0.010
	♀	11.10	0.09	0.67	9.8-12.9	61		
Deciduous canines and molars.....	♂	23.51	0.13	0.97	22.1-25.9	58	2.98	0.001 < p < 0.010
	♀	23.00	0.12	0.90	20.6-25.6	61		
Permanent canines and premolars.....	♂	21.35	0.13	1.00	19.1-24.3	58	5.22	p < 0.001
	♀	20.41	0.12	0.96	18.1-22.9	61		

ตารางที่ 5 แสดงค่าผลรวมเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน ความคลาดเคลื่อน
มาตรฐาน และช่วงกว้างของขนาดความกว้างของกุ่มฟัน
โดยการศึกษาของ Moorrees และ Chadha

TEETH	SEX	MEAN (Mm.)	S.E.M (Mm.)	S.D. (Mm.)	RANGE (Mm.)	NUM- BER		
Incisors								
Maxillary.....	♂	-3.71	0.13	1.00	-0.2 to -5.8	62	2.32	0.010 < p < 0.05
	♀	-3.33	0.10	0.77	-0.8 to -5.0	58		
Mandibular....	♂	-2.57	0.09	0.69	-1.2 to -4.4	58	0
	♀	-2.57	0.08	0.66	-0.9 to -3.9	61		
Canines and Deciduous Molars (Premolars)								
Maxillary.....	♂	+1.20	0.11	0.90	-1.1 to +3.1	62	1.55	0.100 < p < 0.15
	♀	+1.46	0.12	0.94	-0.5 to +3.6	58		
Mandibular....	♂	+2.16	0.12	0.92	-0.1 to +4.2	58	2.65	0.001 < p < 0.01
	♀	+2.59	0.11	0.85	+0.7 to +4.7	61		

* Permanent teeth < deciduous teeth indicated by a plus (+) sign. Permanent teeth > deciduous teeth indicated by a negative (-) sign.

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคลาดเคลื่อน
มาตรฐาน และช่วงกว้างของความแตกต่างของขนาดความ
กว้างของกลุ่มฟันน้ำนมและฟันแท้ โดยการศึกษาของ
Moorrees และ Chadha

Sanin และ Savara⁽¹⁾ ศึกษานัดของฟันแท้ในแนวระนาบในชาย 51 คน หญิง :
50 คน โดยใช้เครื่องมือในการศึกษาดังนี้

1. Boley gauge ที่มีความถูกต้องแม่นยำถึง 0.1 มม. โดยปลายของ gauge
แหลม เพื่อให้สะดวกในการวัด

2. แบบจำลองฟัน (Study cast) ของกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้วัดขนาดของ ฟันทาง
ซ้ายและขวา

3. ค่าปกติ (norms) ของขนาดของฟันในแนวระนาบ

จากการศึกษาเขาจัดทำเป็นตารางแสดงขนาดของฟันแท้ในชายและหญิง (ตารางที่
7 และ 8)

Tooth	Small			Average					Large		
	Minimum	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Maximum
<i>Maxillary</i>											
Central incisor	7.8	8.2	8.3	8.4	8.5	8.7	8.8	9.1	9.3	9.4	10.1
Lateral incisor	5.8	6.2	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.9	8.8
Canine	6.0	7.3	7.5	7.8	7.9	8.1	8.1	8.2	8.4	8.5	8.8
First premolar	6.1	6.5	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	8.1
Second premolar	5.8	6.2	6.5	6.7	6.8	7.0	7.1	7.2	7.4	7.5	8.0
First molar	9.1	10.0	10.3	10.4	10.6	10.7	11.0	11.2	11.3	11.5	12.0
Second molar	8.4	9.1	9.4	9.8	10.0	10.0	10.1	10.4	10.7	11.1	12.4
Total crown size (excluding second molars)	83.5	89.3	91.3	95.7	96.9	97.3	98.9	99.4	100.8	103.1	106.9
<i>Mandibular</i>											
Central incisor	4.5	5.0	5.0	5.2	5.3	5.4	5.6	5.6	5.8	5.9	7.1
Lateral incisor	5.0	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.2	6.5	6.6	6.7	7.3
Canine	6.2	6.5	6.6	6.8	7.0	7.1	7.2	7.3	7.5	7.5	7.8
First premolar	6.0	6.5	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	7.5	7.7	7.9	8.4
Second premolar	6.1	6.8	6.9	7.1	7.3	7.4	7.4	7.7	7.7	8.1	8.4
First molar	9.4	10.3	10.5	10.7	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.4
Second molar	8.3	9.1	9.4	9.9	10.0	10.1	10.3	10.5	10.6	10.9	12.3
Total crown size (excluding second molars)	79.5	81.9	85.0	86.6	88.5	89.4	90.2	91.6	92.9	94.4	98.0

ตารางที่ 7 แสดงค่า Percentile distribution ของขนาดความกว้าง
ของฟันแต่ละซี่ และผลรวมของฟันทุกซี่ในเด็กผู้ชาย โดยการศึกษา
ของ Sanin และ Savara

Tooth	Small			Average					Large		
	Minimum	10	20	30	40	50	60	70	80	90	Maximum
<i>Maxillary</i>											
Central incisor	7.1	7.5	8.1	8.3	8.4	8.6	8.7	8.7	9.0	9.2	9.9
Lateral incisor	4.9	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	8.4
Canine	6.8	7.1	7.3	7.4	7.5	7.5	7.7	7.9	7.9	8.2	9.2
First premolar	5.7	6.1	6.6	6.7	6.9	6.9	7.1	7.2	7.3	7.5	8.2
Second premolar	5.5	6.0	6.2	6.4	6.6	6.7	6.8	6.9	7.1	7.3	7.6
First molar	8.9	9.6	9.9	10.0	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	11.0	11.8
Second molar	8.0	8.8	9.3	9.5	9.6	9.8	10.0	10.0	10.3	10.5	11.1
Total crown size (excluding second molars)	82.5	86.1	89.4	91.2	92.7	93.6	94.8	95.4	97.3	98.4	104.5
<i>Mandibular</i>											
Central incisor	4.5	4.9	5.0	5.0	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	6.5
Lateral incisor	5.0	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.0	6.1	6.2	6.4	6.9
Canine	5.6	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.7
First premolar	6.1	6.4	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.5	8.0
Second premolar	6.1	6.5	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.5	8.4
First molar	8.7	10.0	10.3	10.4	10.6	10.8	10.9	11.0	11.1	11.6	12.4
Second molar	7.8	8.8	9.0	9.3	9.5	9.7	9.9	10.0	10.4	10.7	11.0
Total crown size (excluding second molars)	75.7	80.5	83.0	83.5	84.4	85.3	86.4	87.6	89.1	90.0	97.0

ตารางที่ 8 แสดงค่า Percentile distribution ของขนาดความกว้างของฟันแต่ละซี่ และผลรวมของฟันทุกซี่ในเด็กผู้หญิง โดยการศึกษาของ Sanin และ Savara

พบว่าขนาดของฟันจะแตกต่างกันมากแม้ว่าจะมีการสบฟันแบบปกติ และพบความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับขนาดของฟันดังนี้

1. การซ้อนเกของฟันหน้าล่าง
2. การเอียงตัวของฟันเขี้ยวไปทางด้านหน้ามากกว่าปกติ
3. มีการสบฟันแบบ end - to - end ของฟันกรามน้อย
4. การเอียงตัวของฟันหน้าไปทางด้านหน้ามากกว่าปกติ

Moore⁽²⁹⁾ Huber และ Reynald⁽³⁰⁾ Barrow และ White⁽³¹⁾

พบว่า การซ้อนเกของฟันจะพบในฟันล่างได้มากกว่าฟันบน Brown และ Daugaard -
Jensen⁽³²⁾ สังเกตว่า เด็กที่มีการเรียงตัวของฟันปกติ อาจเกิดการซ้อนเกของฟันล่าง
ในระยะวัยรุ่น

Norderval, Wisth และ Bbe⁽³³⁾ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการซ้อนเกของฟันหน้า
ล่าง โดยการเปรียบเทียบจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจำนวน 27 คน มีการสบฟัน
ปกติ กลุ่มที่สองจำนวน 29 คน มีการสบฟันค่อนข้างดี ยกเว้นฟันหน้าล่างมีการซ้อนเก
เล็กน้อย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีทั้งเพศชายและหญิง พบว่าขนาดความกว้างของฟัน
หน้าล่าง 4 ซี่ ในกลุ่มที่สองจะมีขนาดใหญ่กว่าในกลุ่มแรก ขณะที่ intercanine width
และการมีฟันกรามแท้ซี่สุดท้ายจะมีลักษณะคล้าย ๆ กันทั้งสองกลุ่ม

Hasund⁽³⁴⁾ เสนอว่า ปัญหาในการมีช่องว่างไม่เพียงพอ เพื่อให้ฟันเรียงตัวดี
และการสบฟันได้ถูกต้องตามปกติ ไม่ได้เกิดจากความไม่สมดุลย์ของขนาดของฟันเพียงอย่าง
เดียว แต่มีความสัมพันธ์กับลักษณะโครงสร้างของกะโหลกศีรษะและใบหน้า (Craniofacial
pattern) Björk⁽³⁵⁾ สนับสนุนความคิดนี้และกล่าวเพิ่มเติมว่า ควรมีความสัมพันธ์ของ
การเปลี่ยนแปลงของทิศทางการเจริญเติบโตของ mandibular condyle ร่วมด้วย

ความสัมพันธ์ของขนาดฟันบนและขนาดฟันล่าง

G.V. Black⁽³⁶⁾ เป็นคนแรกที่ศึกษาเกี่ยวกับขนาดของฟัน ได้วัดขนาดของฟันของคนเป็นจำนวนมาก และแสดงเป็นตารางขนาดของฟัน ซึ่งยังคงใช้อ้างอิงในปัจจุบัน

Lundstrom⁽³⁷⁾ ศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของขนาดฟันบนและล่าง รวมทั้งการเรียงตัวของฟันและการสบฟัน พบว่า Young สนใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของขนาดของฟันบนและขนาดของฟันล่าง โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองฟันที่มีการสบฟันเป็นปกติ แต่มี overbite ต่างกัน 2 ชุด โดยวัดขนาดของฟันตามแนวระนาบจากฟันหน้าแท้ซี่แรกถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สอง ในแบบจำลองฟันที่มีการสบฟันแบบ edge - to - edge จะมีความแตกต่างระหว่างผลรวมความกว้างของฟันบนและฟันล่าง มีค่าเท่ากับ .43 (10.9 มม.) ส่วนแบบจำลองฟันที่มีการสบฟันแบบ deep overbite จะมีความแตกต่างระหว่างผลรวมความกว้างของฟันบนและฟันล่างมีค่าเท่ากับ 0.67" (17.0 มม.)

Schwarz⁽³⁸⁾ พบว่าในระยะฟันน้ำนม ถ้าฟันน้ำนมข้างบนมีขนาดเล็กกว่าฟันน้ำนมข้างล่างจะมีแนวโน้มที่จะทำให้ฟันกรามแท้ซี่แรกอยู่ในตำแหน่งด้านหลังกว่าปกติ (post normal position)

Ritter⁽³⁹⁾ Siepel⁽⁴⁰⁾ และ Selmer - Olsen⁽⁴¹⁾ ได้ศึกษาความกว้างของฟันบนและฟันล่าง พบว่ามีความสัมพันธ์ที่เห็นได้ชัดเจนระหว่างผลรวมของความกว้างของฟันบนและฟันล่างในคนที่มีการสบฟันดี

Siepel⁽⁴⁰⁾ ได้ศึกษาความกว้างของฟันบนและฟันล่างของฟันหน้าแท้ซี่แรกถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สองในคน 365 คน ที่เลือกมาแบบไม่เจาะจง พบว่ามีความสัมพันธ์โดยใช้ค่า r ได้เท่ากับ 0.77 ± 0.021 นอกจากนี้ยังหาอัตราส่วนระหว่างความกว้างของฟันบนต่อฟันล่างในแต่ละกลุ่มของฟันซี่ที่ต่างกัน และผลรวมของฟันกรามแท้ซี่ที่สองด้านหนึ่งถึงฟันกรามแท้ซี่ที่สองอีกด้านหนึ่งได้ค่าดังนี้ $I_{1+2} = 1.35$, $C = 1.14$, $P_{1+2} = 0.97$, $M_{1+2} = 0.95$, $M_2 - M_2 = 1.06$

- I_{1+2} = อัตราส่วนผลรวมความกว้างของพื้นหน้าบนซี่แรกและซี่ที่สองต่อผลรวมความกว้างของพื้นหน้าล่างซี่แรกและซี่ที่สอง
- C = อัตราส่วนผลรวมความกว้างของฟันเขี้ยวบนต่อผลรวมความกว้างของฟันเขี้ยวล่าง
- P_{1+2} = อัตราส่วนผลรวมความกว้างของฟันกรามน้อยบนซี่แรกและซี่ที่สองต่อผลรวมความกว้างของฟันกรามน้อยล่างซี่แรกและซี่ที่สอง
- M_{1+2} = อัตราส่วนผลรวมความกว้างของฟันกรามบนซี่แรกและซี่ที่สองต่อผลรวมความกว้างของฟันกรามล่างซี่แรกและซี่ที่สอง
- $M_2 - M_1$ = อัตราส่วนผลรวมความกว้างของฟันกรามบนซี่ที่สองด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่งต่อผลรวมความกว้างของฟันกรามล่างซี่ที่สองด้านหนึ่งถึงอีกด้านหนึ่ง

(42)
 Korbitz ทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่มีการสับฟันดีจำนวน 100 คน
 พบว่า (ผลรวมของขนาดของฟันหน้าบนซี่แรก ฟันหน้าบนซี่ที่สอง ฟันเขี้ยวบน) - (ผลรวมของ
 ขนาดของฟันหน้าล่างซี่แรก ฟันหน้าล่างซี่ที่สอง ฟันเขี้ยวล่าง และครึ่งหนึ่งของความกว้างของ
 ฟันกรามน้อยซี่แรก) ประมาณ . - 4 มม. โดยที่ $overbite = 0 - 3.5$ มม.

(43)
 Ballard ศึกษาแบบจำลองฟัน 500 ชุด โดยการวัดขนาดของฟันบนและฟัน
 ล่างตามแนวระนาบ พบว่า 90 % ของกลุ่มตัวอย่างมีความไม่สมดุลงของขนาดของฟัน โดยมีความ
 ความแตกต่างของขนาดของฟันทางด้านซ้ายและขวาตั้งแต่ 0.25 มม. หรือมากกว่า นอกจากนี้
 นี้เขายังสนับสนุนการขัดฟันทางด้านข้างออกเพื่อลดขนาดของฟัน (Stripping) ในกรณีที่มีฟันมี
 ขนาดใหญ่กว่าปกติเมื่อเทียบกับขากรรไกรที่รองรับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขัดฟันหน้าจะมีผล
 ดีกว่า ฟันหลัง บริเวณฟันหน้าล่างจะมี 10 บริเวณที่จะขัดฟันได้เพื่อให้ขนาดของฟันหน้าล่างพอ
 เหมาะกับขนาดของฟันบน และการขัดฟันเพื่อให้ขนาดของฟันสมดุลกันนี้ควรจะทำก่อนการ
 รักษาทางทันตกรรมจัดฟัน (ตารางที่ 9)

	Range	Author's Data			Black's Data	
		Mean	σ	C.V.*	Range	Mean
UPPER TEETH						
Central Incisor	5.5-11.0	8.91	0.65	7.30%	8.0-10.0	9.0
Lateral Incisor	3.5- 9.5	7.08	0.64	9.01%	5.0- 7.0	6.4
Cuspid	6.0-11.0	8.00	0.60	7.50%	7.0- 9.0	7.6
First Bicuspid	6.0- 9.5	7.27	0.50	6.88%	7.0- 8.0	7.2
Second Bicuspid	5.5-10.5	7.14	0.60	8.40%	6.0- 8.0	6.8
First Molar	8.5-13.0	10.98	0.68	6.17%	9.0-12.0	10.7
LOWER TEETH						
Central Incisor	4.5-10.0	5.67	0.48	8.46%	5.0- 6.0	5.4
Lateral Incisor	5.0- 8.5	6.28	0.48	7.63%	5.0- 6.5	5.9
Cuspid	5.5- 9.0	7.12	0.55	7.58%	5.0- 9.0	6.9
First Bicuspid	5.5- 9.0	7.36	0.52	7.06%	6.0- 8.0	6.9
Second Bicuspid	5.5-11.5	7.50	0.63	8.40%	6.5- 8.0	7.1
First Molar	7.0-13.0	11.17	0.68	6.09%	12.0-11.0	11.2

* Coefficient of variation.

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ข้างกว้าง และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของขนาดความกว้างของฟันแต่ละซี่ โดยการศึกษาของ Ballard และ Black (44) Neff ทำการวัดขนาดของฟันบนและฟันล่างจากแบบจำลองฟัน 200 ชิ้น เขาเสนอ Anterior coefficient เป็นอัตราส่วนของผลรวมของขนาดของฟันหน้าบน ต่อผลรวมของขนาดของฟันหน้าล่าง 6 ซี่ และหาความสัมพันธ์ของ anterior coefficient กับ degree of overbite ได้ผลสรุปดังนี้

Anterior coefficient	Percent overbite
1.10	0
1.20	20
1.30	35
1.40	55
1.55	100

overbite ถูกหาได้โดย percentage basis โดยการวัดการคร่อมของฟันหน้าบนต่อฟันหน้าล่าง end to end relation = 0 % , complete coverage = 100 % พบว่าการสบฟันที่ปกติจะมี 20 % overbite (ideal) โดยจะมี anterior coefficient = 1.20 - 1.22

Steadman (45) เสนอวิธีสำหรับการกำหนดความสัมพันธ์ของ overbite และ overjet ของฟันหน้า โดยการเปรียบเทียบผลรวมความกว้างของ ฟันหน้าบนและครึ่งหนึ่งของ ความกว้างของฟันเขี้ยว ($I_1 + I_2 + \frac{1}{2} C$) กับผลรวมของความกว้างของขนาดของ ฟันหน้า ล่าง 6 ซี่ เนื่องจากขากรรไกรล่างมีขนาดเล็ก ดังนั้นเขาจึง เสนอให้ใช้ครึ่งหนึ่ง ความหนาของ ฟันหน้าบนซี่แรก (วัดที่ incisal third) ลบออกจากผลรวมของขนาดของฟันบน และให้เพิ่ม ผลรวมขนาดของ ฟันล่างด้วยครึ่งหนึ่ง ความหนาของ ฟันหน้าล่างซี่ที่สอง (วัดที่ incisal third) ถ้าผลรวมของขนาดของ ฟันบนและผลรวมของขนาดของ ฟันล่างดังกล่าวข้างบนเท่ากัน และฟันเขี้ยวอยู่ในตำแหน่ง Ideal Class I relationship จะได้การสบฟันที่มี overbite และ overjet ที่ดี ถ้าผลรวมของขนาดฟันบนและผลรวมของขนาดของ ฟันล่างมีความแตกต่างกัน + 2 มม. แสดงว่ามี excessive overbite และ overjet

Howes (10) วิเคราะห์การสบฟันที่ปกติ พบว่าความกว้างของ maxilla ที่บริเวณ ฟันกรามน้อยซี่แรกต้องไม่น้อยกว่า 43 % ของ maxillary tooth material (maxillary tooth material (MTM) คือผลรวมของความกว้างของขนาดฟันกรามแท่นซี่แรกทางด้านขวาถึง ฟันกรามแท่นซี่แรกทางด้านซ้าย) ความกว้างในบริเวณฟันกรามน้อยซี่แรกวัดจากยอดของ buccal cusp ของฟันกรามน้อยซี่แรกจากด้านหนึ่งมายังอีกด้านหนึ่ง และความกว้างของ apical base จาก canine fossa ทางด้านขวาถึงทางด้านซ้ายเท่ากับ 44 % MTM (canine fossa อยู่เหนือฟันกรามน้อยซี่แรกและอยู่ทางด้านหลังต่อ canine eminence)

เขาใช้กลุ่มตัวอย่าง 125 คน ที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแล้ว พบว่า

1. ถ้าอัตราส่วนระหว่างความกว้างของ canine fossa ต่อผลรวมของ ฟันหน้าบน ฟันเขี้ยวและฟันกรามน้อยบนซี่แรก ($\text{incisors} + \text{canine} + \frac{1}{2} \text{Permolars}$) = 44 % จะแสดงว่าความกว้างของ apical base เพียงพอสำหรับการเรียงตัวของ ฟัน

2. ถ้าอัตราส่วนระหว่าง canine fossa ต่อ maxillary tooth material อยู่ระหว่าง 37 % ถึง 44 % Howes แนะนำว่าจะเป็นการดีที่จะไม่ต้องทำการรักษาทาง ทันตกรรมจัดฟัน หรือต้องยอมรับการซ้อน เกของ ฟันหน้าล่าง หลัง การรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน

(46)
Ree วัตถุประสงค์จำลองฟัน 25 ชุด ซึ่งมีความสัมพันธ์ของขนาดของฟันกับ basal bone ที่ดี ไม่มีช่องว่าง การซ้อนเกและการหมุนของฟัน สรุปเป็นตารางดังนี้

	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
UB - UT	3.5	1.5	5.0
LB - LT	4.5	2.0	7.0
UB - LB	6.5	3.0	9.5
UT - LT	7.5	5.0	10.0

(46)
Ree สรุปจากผลการค้นคว้าดังนี้

1. ถ้าความสัมพันธ์ของ apical base กับ tooth material ของแต่ละขากรรไกรมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย ทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างขนาดของฟันกับ apical base
2. ในกรณีที่ Maxillary base แตกต่างจาก mandibular base มากกว่าค่าเฉลี่ยจะเกิดความไม่สมดุลระหว่างขากรรไกร แก้ไขโดยการถอนฟันในขากรรไกรที่ใหญ่กว่าปกติหรือขยายขากรรไกรที่เล็กกว่า
3. ถ้าขนาดของฟันในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่างมีความแตกต่างกันมากกว่าเฉลี่ย อาจเกิดการซ้อนเกหรือช่องว่างได้ แก้ไขโดยการลดขนาดของฟันในขากรรไกรหนึ่งหรือใส่ crown หรือ inlay ในขากรรไกรที่มีช่องว่างระหว่างฟัน

Kesling⁽⁴⁷⁾ ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ขนาดของฟัน ที่เรียก "diagnostic set up" โดยการเลื่อยฟันจากแบบจำลองฟันด้วยใบเลื่อยขนาดเล็กแล้ว เรียงฟันใหม่ให้ได้การสบฟันที่ดี เพื่อดูว่าต้องการลดขนาดของฟันลงเท่าใด การสบของฟันบนและล่างจึงสมดุลกัน

Nance⁽⁴⁸⁾ ได้เสนอ Leeway space (ได้แก่ ผลต่างของ $\underline{C} + \underline{D} + \underline{E}$ กับ $\underline{3} + \underline{4} + \underline{5}$ เท่ากับ 0.9 มม. ในฟันบน และ $\bar{C} + \bar{D} + \bar{E}$ กับ $\bar{3} + \bar{4} + \bar{5}$ เท่ากับ 1.7 มม. ในฟันล่าง) ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของฟันกรามแท้ล่างซี่แรกไปทางด้านหน้าตามธรรมชาติ การพิจารณา Leeway space จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เมื่อฟันของเด็กอยู่ในระยะฟันชุดผสม (mixed dentition)

Lundstrom⁽³⁶⁾ ได้ศึกษาการแปรผันของอัตราส่วนของขนาดของฟันบนและฟันล่าง จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเด็กอายุ 13 ปี จำนวน 319 คน โดยการเลือกแบบจำลองฟัน 227 ชุด เพื่อหาอัตราส่วนที่เกี่ยวกับขนาดความกว้างของฟันดังนี้

$$1. \frac{I_1 + I_2 + C \quad (\text{ฟันล่าง})}{I_1 + I_2 + C \quad (\text{ฟันบน})} \times 100 = \text{Index 1}$$

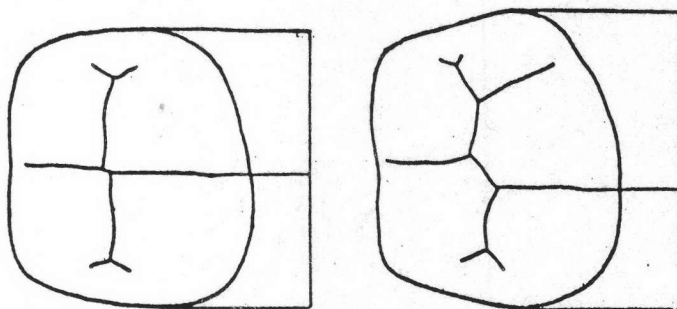
$$2. \frac{P_1 + P_2 + M_1 \quad (\text{ฟันบน})}{P_1 + P_2 + M_1 \quad (\text{ฟันล่าง})} \times 100 = \text{Index 2}$$

$$3. \frac{I_1 + I_2 + C + P_1 + P_2 + M_1 \quad (\text{ฟันล่าง})}{I_1 + I_2 + C + P_1 + P_2 + M_1 \quad (\text{ฟันบน})} \times 100 = \text{Index 3}$$

เขาเชื่อว่าอัตราส่วนของขนาดของฟันบนและฟันล่างจะมีอิทธิพลต่อตำแหน่งของฟัน การเรียงตัวของฟัน และความสัมพันธ์ของ overbite และ overjet

(36)

นอกจากนี้ Lundstrom ยังหาความสัมพันธ์ของจำนวน cusps ของฟันกรามล่าง
 แทะซี่แรกกับการสบฟันบริเวณฟันกรามแท้ซี่แรก โดยการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 152 คน
 ซึ่งฟันกรามแท้ล่างซี่แรกมี 3 และ 2 buccal cusps พบว่าทำให้การสบฟันบริเวณฟันกราม
 แทะซี่แรกแตกต่างกัน (รูปที่ 14 และตารางที่ 10)



รูปที่ 14 ร่อง (fissure) ระหว่าง mesio-buccal และ disto-buccal cusps
 ของฟันกรามแท้ล่างในฟันกรามแท้ล่างที่มี 2 buccal cusps จะอยู่
 ตรงกลางมากกว่าในฟันกรามแท้ล่างที่มี 3 buccal cusps โดยการศึกษา
 ของ Lundström

Cusp-number	Right M ₁		Left M ₁	
	No.	In per cent	No.	In per cent
5 cusps (3 bucc. and 2 ling)	141	80.6 ± 3.0 %	134	78.8 ± 3.1 %
5 " (2 " " 3 ")	1	0.6 ± 0.6 %	—	—
4 " (2 " " 2 ")	31	17.7 ± 2.9 %	31	20.0 ± 3.1 %
6 " (3 " " 3 ")	2	1.1 ± 0.8 %	2	1.2 ± 0.8 %
Total	175	100.0 per cent	170	100.0 per cent

ตารางที่ 10 แสดงกลุ่มของฟันที่มีจำนวน cusps ของฟันกรามแท้ล่าง
 ต่างกัน โดยการศึกษาของ Lundström

และเขายังพบว่าในชากรรไกรที่มีฟันขนาดใหญ่จะทำให้เกิดการซ้อนเกของฟันมากกว่าในชากรรไกรที่มีฟันขนาดเล็กกว่า องค์ประกอบที่มีส่วนช่วยในการกำหนดการสบฟันได้แก่ แรงจากการบดเคี้ยวของกล้ามเนื้อริมฝีปากและลิ้น

Bolton (4, 5) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนของขนาดของฟันล่างต่อฟันบน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 55 คน ที่มีการสบฟันแบบดีเลิศ (Excellent occlusion) โดยที่ 44 คน ได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ส่วนอีก 11 คน ยังไม่เคยได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเลย เขาวัดความกว้างของขนาดของฟันในแนวระนาบ และหา overbite overjet มุมระหว่างฟันหน้าบนและฟันหน้าล่างซี่แรก ความยาวของฟันหน้าซี่แรกและความสูงของยอดฟัน (cusp height) สรุปได้ดังนี้

1. จากการเปรียบเทียบขนาดของฟันที่ได้ศึกษากับการวิจัย Black และ Ballard พบว่า มีความสัมพันธ์กันดี
2. อัตราส่วนของผลรวมของขนาดฟันล่างต่อผลรวมของขนาดฟันบน 12 ซี่ เรียก overall ratio จะมีค่าเฉลี่ย = $91.3 \pm 0.26\%$ SD = 1.91 coefficient of variation = 2.07 %
3. อัตราส่วนของผลรวมของขนาดฟันล่างต่อผลรวมของขนาดฟันบน 6 ซี่ เรียก anterior ratio จะมีค่าเฉลี่ย = $77.2 \pm 0.22\%$ SD = 1.65 coefficient of variation = 2.14 %
4. ถ้า overall ratio มากกว่า 91.3 % แสดงว่าฟันล่างมีขนาดใหญ่กว่าปกติ
น้อยกว่า 91.3 % แสดงว่าฟันบนมีขนาดใหญ่กว่าปกติ
5. ถ้า Anterior ratio มากกว่า 77.2 % แสดงว่าฟันหน้าล่างมีขนาดใหญ่กว่าปกติ
น้อยกว่า 77.2 % แสดงว่าฟันหน้าบนมีขนาดใหญ่กว่าปกติ

6. ขนาดของ overbite จะมีช่วงกว้างในคนที่มีการสบฟันแบบดีเลิศ (11.8 - 53.9 %) ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.3 %

7. ในกรณีที่มีความแตกต่างของขนาดของ ฟันบนและฟันล่างต่างจากค่าเฉลี่ย และจำเป็นต้องมีการถอนฟัน เพื่อให้ผลรวมของขนาดของ ฟันบนและฟันล่างมีความสมดุลกัน เรา จะพิจารณาถอนฟันอย่างไรต่อไปนี้

1. ฟันกรามน้อย 4 ซี่
 2. ฟันเขี้ยวบน 2 ซี่ ฟันกรามน้อยล่าง 2 ซี่ และฟันหน้าล่าง 1 ซี่
 3. ฟันหน้าล่าง 1 ซี่
 4. ฟันหน้าบนซี่ที่สอง 2 ซี่ และฟันกรามน้อยล่างซี่แรก 2 ซี่
 5. ฟันหน้าบนซี่ที่สองและฟันหน้าล่างซี่ที่สอง
8. ลักษณะที่สำคัญ 2 อย่าง ที่มีผลต่ออัตราส่วนของ anterior ratio คือ
1. การยื่นของฟันหน้ามากกว่าปกติ และมุมระหว่างฟันหน้าบนและฟันหน้าล่าง
 2. ฟันหน้าที่มีความหนาของฟันมากกว่าปกติ (Extreme labiolingual thickness)

ความสัมพันธ์ของขนาดความกว้าง ความยาวของแนวโค้งขากรรไกรกับขนาดของฟัน

Sir Charles Tames⁽⁴⁹⁾ ทำการศึกษาความกว้างของ maxilla โดยวัดจากจุดกึ่งกลางของด้านบดเคี้ยวของฟัน สรุปได้ว่าการเพิ่มขนาดความกว้างของ maxilla อยู่ที่ช่วงอายุ 4 - 15 ปี ประมาณ 1 มม.

Friel⁽⁵⁰⁾ สังเกตว่าในระยะหลังการขึ้นของฟันน้ำนมอย่างสมบูรณ์ และระยะก่อนการขึ้นอย่างสมบูรณ์ของฟันแท้ ส่วนหน้าของ maxillary arch ของฟันน้ำนมจะมีการเจริญเติบโตไปทางด้านหน้าเล็กน้อย และส่วนใหญ่การเจริญเติบโตจะเป็นการเจริญทางด้านข้างของ arch เพื่อให้เหมาะกับฟันหน้าแท้

Smyth และ Young⁽⁵¹⁾ ใช้ Calipers เพื่อวัดความกว้างของ dental arch ที่บริเวณคอฟัน molars พบว่า dental arches เพิ่มในแนวระนาบในช่วง 8 - 14 ปี แต่จะไปเพิ่มทางด้านความยาว

J.T. Cohen⁽⁵²⁾ ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของแนวโค้งของขากรรไกรในเด็ก พบว่าปริมาณของการเจริญเติบโตของความกว้างของแนวโค้งของขากรรไกรจะมากที่สุดในขณะที่ฟันแท้ขึ้น การเจริญเติบโตของเพศชายจะเกิดขึ้นแม้ว่าจะเลยอายุ $13\frac{1}{2}$ ปี ยกเว้นบริเวณฟันกรามแท้จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 13 ปี ในเพศหญิงการเพิ่มความกว้างของแนวโค้งของขากรรไกรจะหยุดประมาณ 13 ปี แต่บริเวณฟันกรามแท้จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่ออายุประมาณ $10\frac{1}{2}$ ปี

Strang⁽⁵³⁾ กล่าวว่า การเจริญเติบโตของขากรรไกรทางด้านหน้าต่อฟันกรามแท้จะสมบูรณ์เมื่ออายุประมาณ 5 - 7 ปี และหลังจากนั้นไม่สามารถจะกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตที่บริเวณนี้ได้อีก

Woods⁽⁵⁴⁾ ศึกษาโดยการวัด lateral and frontal headplates ของกลุ่มตัวอย่าง 28 คน พบว่า

1. Upper intercanine width จะเพิ่มขนาดอย่างช้า ๆ ในขณะที่มีการเจริญเติบโต
2. Lower intercanine width คงที่ระหว่าง 3 - 15 ปี
3. Upper intermolar width จะเพิ่มความกว้างอย่างรวดเร็วจนกระทั่งฟันขึ้นมาสบกัน และหลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นของความกว้างจะมีอัตราช้าลง
4. Lower intermolar width จะลดลงช้า ๆ จนกระทั่งฟันขึ้นมาสบกัน หลังจากนั้นความกว้างจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่
5. เพศหญิงจะมีขนาดความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรน้อยกว่าเพศชายในทุก ๆ ขนาดความกว้าง

Barrow และ White⁽⁵⁵⁾ ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของแนวโค้งของขากรรไกรบนและล่างจากกลุ่มตัวอย่าง 51 คน พบว่า

ในช่วงอายุ $3\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$ ปี มีการเพิ่มขึ้นของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบน ประมาณ 0.2 มม.

มีการลดลงของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรล่าง ประมาณ 2.2 มม.

ในช่วงอายุ 7 - 10 ปี มีการเพิ่มขึ้นของ intermolar width ในขากรรไกรบนประมาณ 1.8 มม.

มีการเพิ่มขึ้นของ intermolar width ในขากรรไกรล่างประมาณ 1.2 มม.

ในช่วงอายุ 11 - 15 ปี มีการลดลงของ intermolar width ในขากรรไกรบนประมาณ 0.4 มม.

มีการลดลงของ intermolar width ในขากรรไกรล่างประมาณ 0.9 มม.

การลดลงของ intermolar width หลังอายุ 11 ปี คิดว่าเกิดจากการเคลื่อนที่ของ ฟันกรามแท้ซี่แรกไปทางด้านหน้าหลังการสูญเสีย ฟันกรามน้ำนม

Sillman⁽⁵⁶⁾ ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแนวโค้งขากรรไกร จากกลุ่มตัวอย่าง 65 คน โดยทำการพิมพ์ปากแล้วทำแบบจำลอง ฟันตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุมากกว่า 25 ปี พบว่า

ในเพศชาย

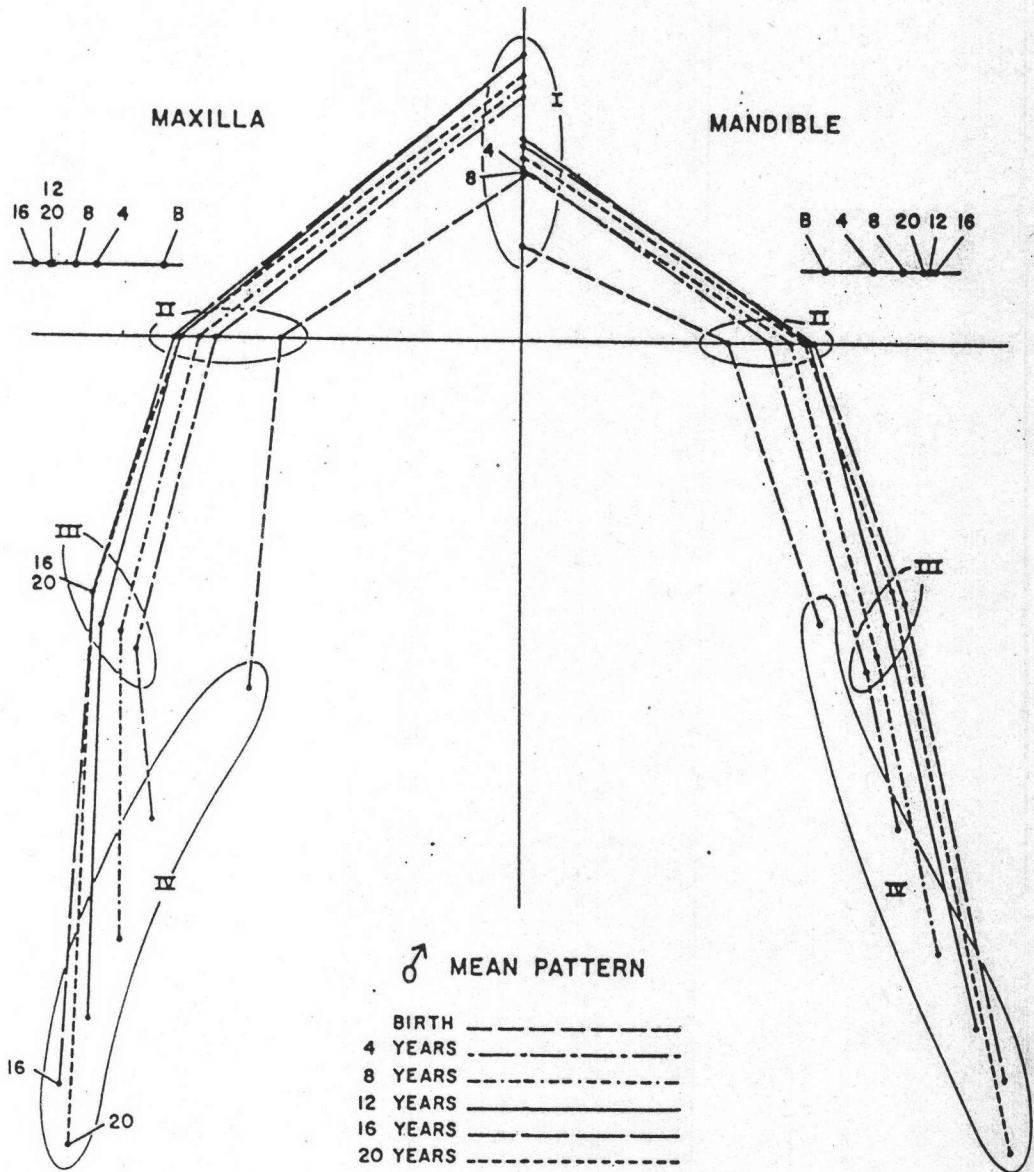
canine width ในขากรรไกรบนจะมีการเพิ่มมากที่สุดตั้งแต่เกิดจนถึงอายุ 4 ปี ช่วงอายุ 4 - 8 ปี และ 8 - 12 ปี จะมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วงอายุ 12 - 16 ปี และ 16 - 20 ปี ไม่ค่อยพบการเปลี่ยนแปลง ในขากรรไกรล่างการเปลี่ยนแปลงจะคล้าย ๆ กับขากรรไกรบน

molar width ในขากรรไกรบน ตั้งแต่อายุ 4 - 8 และ 8 - 12 ปี จะมีความกว้างเพิ่มขึ้นบ้างในช่วงอายุ 12 - 16 ปี การเพิ่มขึ้นจะน้อยกว่าในระยะแรก และจาก 16 - 20 ปี ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ในขากรรไกรล่างจะมีความแตกต่างของการเพิ่มความกว้างในช่วงอายุ 8 - 12 ปี และ 12 - 16 ปี

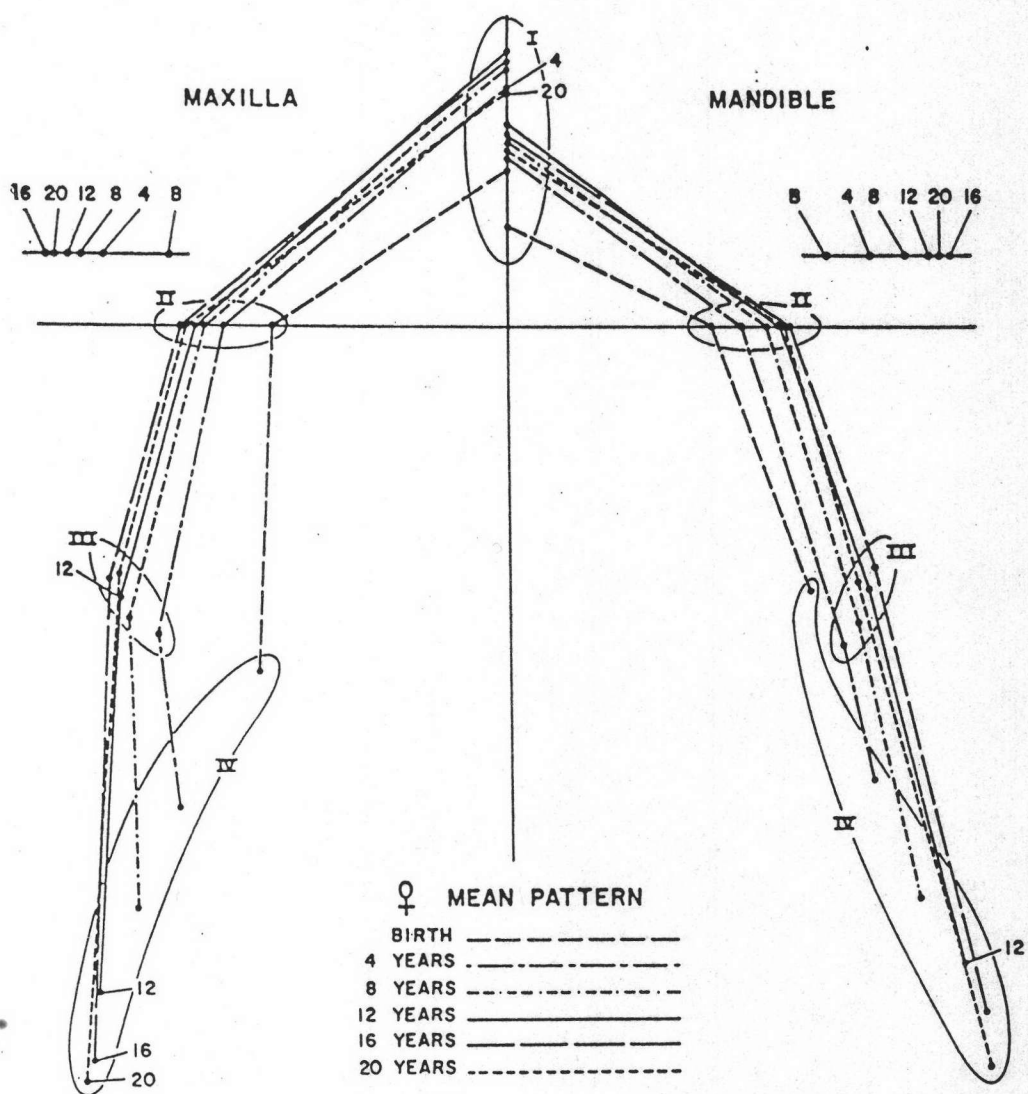
Posterior width ในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง จะมีการเพิ่มมากที่สุด ตั้งแต่เกิดจนถึงอายุ 4 ปี ช่วงอายุ 4 - 8 ปี 8 - 12 ปี และ 12 - 16 ปี ไม่มีความแตกต่างของการเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระยะแรก ในช่วงอายุ 16 - 20 ปี ไม่พบการเปลี่ยนแปลง

ในเพศหญิง

การเพิ่มของความยาวของขากรรไกรจะเกิดขึ้นน้อยที่สุดระหว่างจุด III และ IV ในขากรรไกรบนและล่างในช่วงอายุ 16 - 20 ปี ขณะที่เพศชายจะมีการเพิ่มน้อยที่สุดเฉพาะในขากรรไกรบนเท่านั้น (รูปที่ 15 และ 16)



รูปที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดความกว้างและความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนและล่าง ตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุ 20 ปี ในเพศชาย โดยการศึกษาของ Sillman

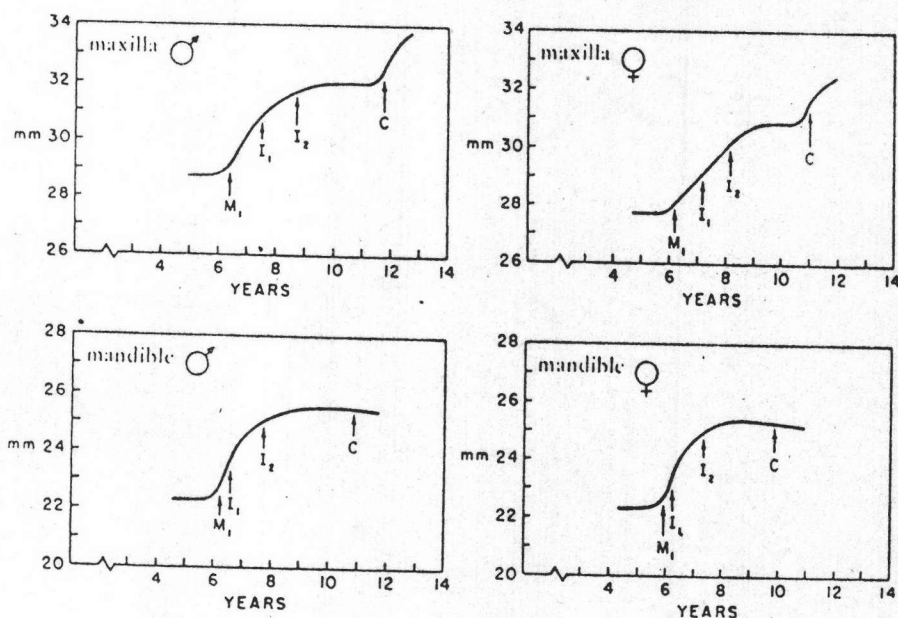


รูปที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยขนาดความกว้างและความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบน และล่าง ตั้งแต่แรกเกิดถึงอายุ 20 ปี ในเพศหญิง โดยการศึกษาของ Sillman

Moorrees และ Reed⁽⁵⁷⁾ ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของแนวโค้งของขากรรไกร จากกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยชาย 84 คน หญิง 100 คน โดยใช้อายุการขึ้นของฟัน (dental age) แทนอายุปฏิทิน (Chronological age) พบว่า

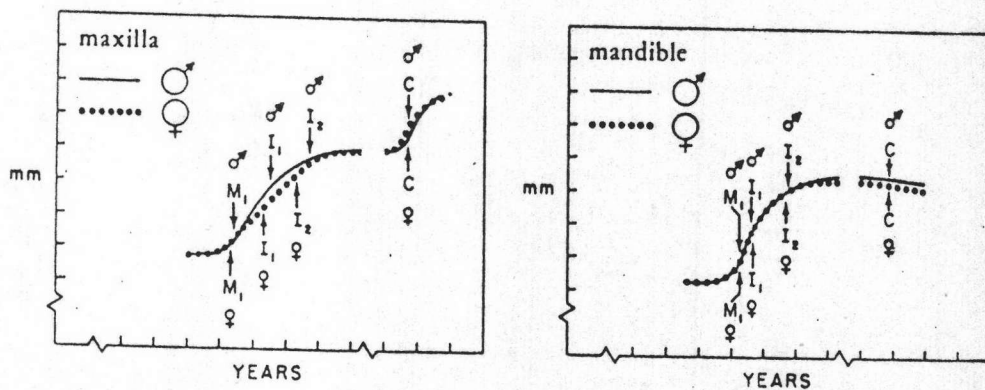
ความกว้างบริเวณฟันเขี้ยว (intercanine width) จะขยายน้อยมากประมาณ 0.2 - 0.3 มม. ในช่วงก่อนการขึ้นของฟันแท้ ในช่วงที่ฟันแท้ขึ้นบริเวณนี้จะขยายมากที่สุดประมาณ 3 มม. ในทั้งสองขากรรไกรทั้งเพศหญิงและเพศชาย หลังจากนั้นการเพิ่มขึ้นจะลดลงเมื่อฟันหน้าแท้ขึ้นที่สองขึ้น ในขากรรไกรบนการเพิ่มขึ้นของความกว้างบริเวณนี้จะเกิดเมื่อฟันเขี้ยวแท้ขึ้นประมาณ 1.5 มม. แต่ในขากรรไกรล่างจะไม่มีการเพิ่มขึ้นของความกว้างบริเวณนี้ (รูปที่ 17 และ 18 ตารางที่ 11, 12, 13 และ 14)

ความยาวของแนวโค้งขากรรไกร ในขณะที่ฟันหน้าแท้ขึ้น จะมีการลดลงของความยาวแนวโค้งของขากรรไกรบน (maxillary arch length) ประมาณ 1.4 มม. ในเพศชาย และ 0.9 มม. ในเพศหญิง ส่วนการเปลี่ยนแปลงในความยาวของแนวโค้งของขากรรไกรล่าง (mandibular arch length) จะน้อยมากในขณะที่มีการพัฒนาการสบฟัน การลดลงของความยาวของแนวโค้งของขากรรไกรในระยะที่ฟันกรามน้ำนมจะหลุดไปเฉลี่ย 1.5 และ 1.9 มม. ในขากรรไกรบน และ 1.8 และ 1.7 มม. ในขากรรไกรล่าง ในเพศชาย และเพศหญิง ตามลำดับ (รูปที่ 19 และ 20 ตารางที่ 15, 16, 17 และ 18)



รูปที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยความกว้างแนวโค้งขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวในขากรรไกรบนและล่างของเพศชายและเพศหญิง ซึ่งถือตามอายุการขึ้นของฟัน (dental age) โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

ลูกศร หมายถึง อายุเฉลี่ยเมื่อฟันแท้เริ่มโผล่



รูปที่ 18 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างแนวโค้งขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวในขากรรไกรบนและล่างของเพศชายและเพศหญิง โดยการซ้อนทับ (Superimposition) ของ curves โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)		Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		♂ ♀	28.8	27.7	1.82 1.68	374 367
M ₁	E _{1/2}	♂ ♀	29.1	28.2	1.79 1.65	47 43
I ₁	E _{1/2} E _c	♂ ♀	30.8	29.1	1.72 1.93	62 60
I ₂	E _{1/2} E _c	♂ ♀	31.7	30.1	2.12 2.05	43 41
C	E _{1/2} E _c	♂ ♀	32.4	31.6	1.38 1.85	13 21
		♂ ♀	33.8	32.4	1.45 1.80	12 21

ตารางที่ 11 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้างแนวโค้ง
ขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวหน้าและฟันเขี้ยวแท้ในขากรรไกรบน
โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)		Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		♂ ♀	22.3	22.3	1.87 1.57	292 292
M ₁	E _{1/2}	♂ ♀	22.6	22.6	1.59 1.50	13 17
I ₁	E _{1/2} E _c	♂ ♀	23.9	23.7	1.75 2.00	51 67
I ₂	E _{1/2} E _c	♂ ♀	25.0	24.8	2.04 1.94	46 48
C	E _{1/2} E _c	♂ ♀	25.5	25.4	2.00 1.66	42 42
		♂ ♀	25.5	25.3	1.20 1.85	19 25
		♂ ♀	25.4	25.2	1.16 1.64	11 18

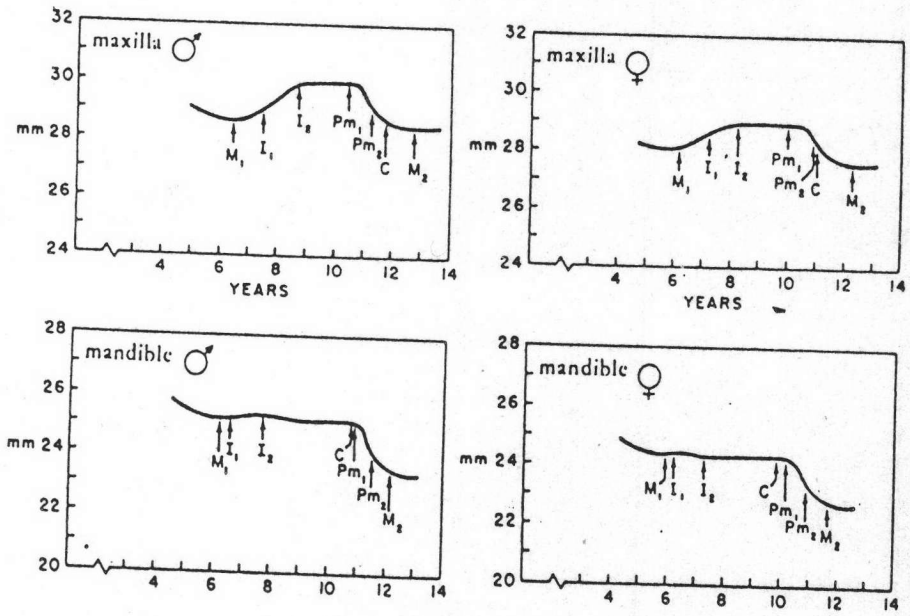
ตารางที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความกว้างแนวโค้ง
ขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวหน้าและฟันเขี้ยวแท้ในขากรรไกรล่าง
โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		{ ♂ ♀	0.29	0.58	275
			0.27	0.58	260
M ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.46	0.61	45
			0.60	0.64	40
I ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	1.51	0.84	57
			1.28	1.16	65
	E _c	{ ♂ ♀	0.85	1.18	44
			0.92	1.75	45
I ₂	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.85	0.92	43
			0.80	1.36	41
	E _c	{ ♂ ♀	0.35	1.00	39
			0.69	1.21	33
C	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.45	1.08	13
			0.78	0.96	21
	E _c	{ ♂ ♀	0.93	0.82	12
			0.86	1.08	21

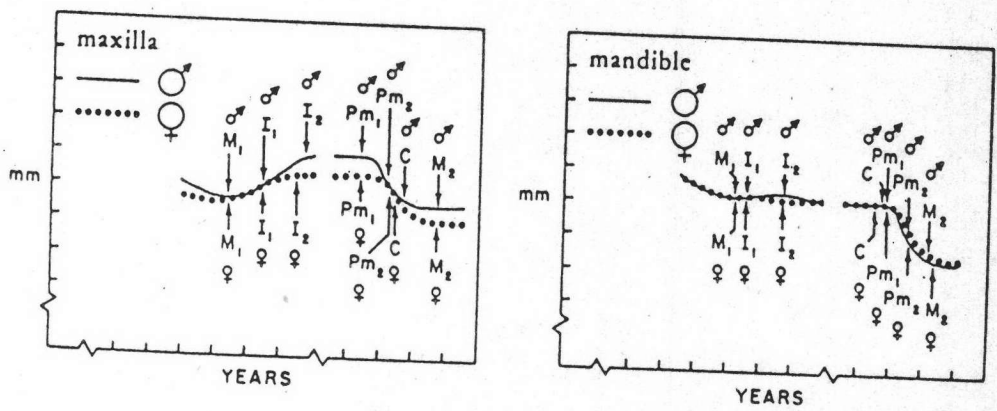
ตารางที่ 13 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการเพิ่มขนาดความกว้างแนวโค้งขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวหน้าและฟันเขี้ยวแท้ในขากรรไกรบน โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		{ ♂ ♀	0.24	0.52	197
			0.22	0.61	188
M ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.45	0.68	12
			0.49	0.73	14
I ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.96	0.71	51
			1.02	0.86	65
	E _c	{ ♂ ♀	1.04	1.21	42
			0.92	1.08	60
I ₂	E _{1/2}	{ ♂ ♀	0.60	0.95	43
			0.60	0.87	47
	E _c	{ ♂ ♀	0.52	1.00	42
			0.47	1.08	42
C	E _{1/2}	{ ♂ ♀	-0.33	1.22	19
			-0.22	1.01	25
	E _c	{ ♂ ♀	0.32	1.15	11
			0.16	0.80	18

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขนาดความกว้างแนวโค้งขากรรไกรที่บริเวณฟันเขี้ยวหน้าและฟันเขี้ยวแท้ในขากรรไกรล่าง โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed



รูปที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวแนวโค้งขากรรไกรในขากรรไกรบนและล่างของเพศชายและหญิง โดยถือตามอายุการขึ้นของฟัน (dental age) โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed ลูกศร หมายถึง อายุเฉลี่ยเมื่อฟันแท้เริ่มโผล่



รูปที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความยาวแนวโค้งขากรรไกรในขากรรไกรบนและล่างของเพศชายและหญิง โดยการซ้อนทับ (Superimposition) ของ curves โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		♂ ♀	29.2	1.76	337
			28.3	1.52	336
M ₁	E _{1/2}	♂ ♀	28.6	1.75	37
			28.1	1.38	37
I ₁	E _{1/2}	♂ ♀	29.0	1.63	50
			28.6	1.63	62
I ₂	E _{1/2}	♂ ♀	29.7	1.70	46
			28.7	1.30	48
	E ₀	♂ ♀	29.9	1.92	34
			28.8	1.63	35
Pm ₁	E _{1/2}	♂ ♀	29.9	1.49	21
			28.9	1.22	27
Pm ₂	E ₀	♂ ♀	28.5	1.30	22
			27.7	1.15	23
C	E ₀	♂ ♀	28.6	1.43	12
			27.7	1.34	17

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบน โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		♂ ♀	25.8	1.56	275
			24.9	1.41	258
M ₁	E _{1/2}	♂ ♀	25.2	1.65	61
			24.4	1.38	59
I ₁	E _{1/2}	♂ ♀	25.2	1.69	50
			24.6	1.42	59
I ₂	E _{1/2}	♂ ♀	25.4	1.77	38
			24.3	1.36	35
	E ₀	♂ ♀	25.3	1.84	38
			24.3	1.47	35
C	E _{1/2}	♂ ♀	25.1	1.36	11
			24.3	1.35	21
Pm ₁	E ₀	♂ ♀	24.0	1.31	12
			23.2	1.50	20
Pm ₂	E ₀	♂ ♀	23.4	0.96	6
			22.8	1.03	6

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรล่าง โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed



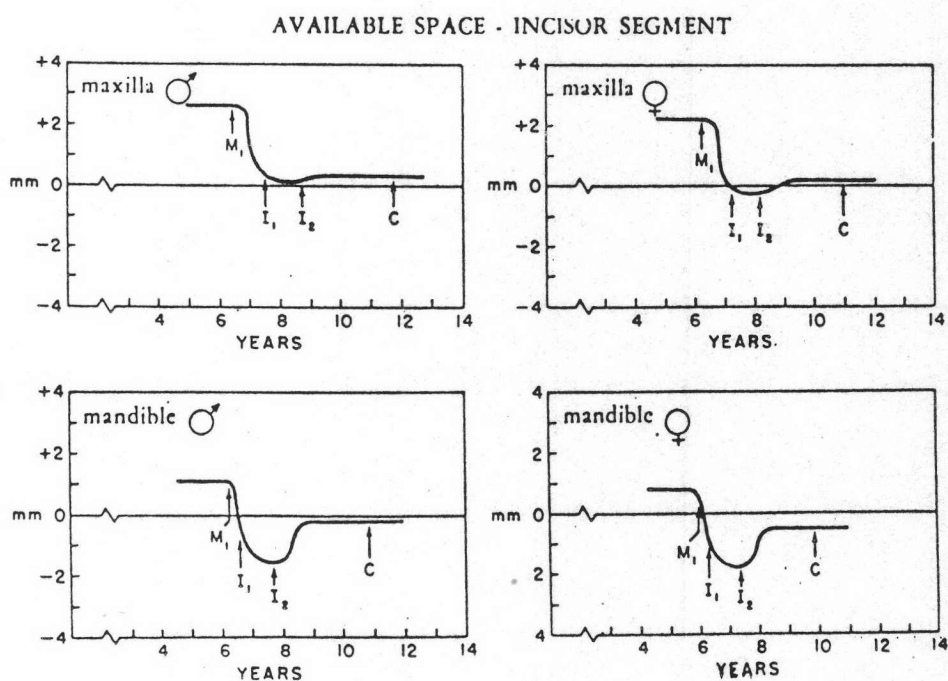
Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		{ ♂ ♀	-0.13	0.61	237
			-0.15	0.61	232
M ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	-.42	0.66	35
			-.26	0.78	34
I ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	.43	0.98	46
			.42	0.97	58
I ₂	E _{1/2}	{ ♂ ♀	.55	0.76	40
			.54	0.54	39
	E _c	{ ♂ ♀	.23	1.30	34
			.05	1.10	34
Pm ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	.05	0.69	21
			.03	0.75	27
Pm ₂	E _c	{ ♂ ♀	-.65	0.87	20
			-.71	0.78	22
C	E _c	{ ♂ ♀	-0.56	0.95	12
			-0.70	0.85	17

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขนาดความยาวแนวโค้งขากรรไกรบน โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Tooth	Eruption Stage	Sex	Mean (mm.)	Standard Deviation (mm.)	Number of Observations
Deciduous		{ ♂ ♀	-0.09	0.52	181
			-0.13	0.50	159
M ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	-.43	0.83	59
			-.41	0.62	55
I ₁	E _{1/2}	{ ♂ ♀	.21	0.75	50
			.17	0.80	56
I ₂	E _{1/2}	{ ♂ ♀	-.46	0.77	43
			-.26	0.78	44
	E _c	{ ♂ ♀	-.31	0.73	35
			-.29	0.91	34
C	E _{1/2}	{ ♂ ♀	-.73	1.07	11
			-.21	0.53	21
Pm ₁	E _c	{ ♂ ♀	-.51	0.82	12
			-.47	0.81	20
Pm ₂	E _c	{ ♂ ♀	-0.40	0.31	6
			-0.90	1.13	6

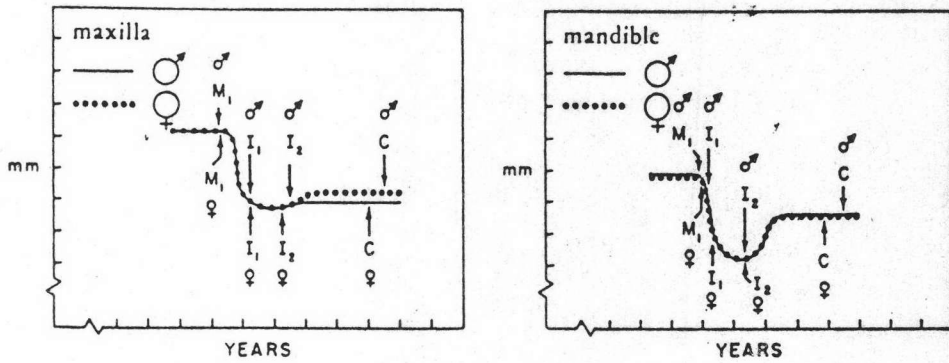
ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเพิ่มขนาดความยาวแนวโค้งขากรรไกรล่าง โดยการศึกษาของ Moorrees และ Reed

Moorrees และ Chadha⁽⁵⁸⁾ ได้ทำการศึกษาช่องว่างของแนวโค้งขากรรไกร ที่เหมาะกับขนาดของฟันหน้า ในระหว่างที่มีการพัฒนาการของการสบฟันโดยยึดหลักตามการขึ้น ของฟัน พบว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อ available space ของฟันหน้าคือขนาดของฟันหน้าแท้ และการเจริญเติบโตของฐานกระดูกที่รองรับฟัน (alveolar process) ส่วนในบริเวณฟัน เขี้ยวและฟันกรามน้อยจะขึ้นกับความสัมพันธ์ของขนาดของความกว้างของฟันน้ำนมและฟันแท้ ในแนวระนาบ การเพิ่มความกว้างของแนวโค้งของขากรรไกรบนจะเกิดเมื่อฟันเขี้ยวเริ่มขึ้น การเพิ่มความยาวของแนวโค้งขากรรไกรจะเกิดเฉพาะขากรรไกรบน จึงทำให้บริเวณฟัน หน้าบนมีช่องว่างเพียงพอสำหรับการเรียงตัวของฟัน (รูปที่ 21 และ 22 ตารางที่ 19, 20, 21 และ 22)



รูปที่ 21 แสดงค่าเฉลี่ยของ available space ในบริเวณฟันหน้าบนและล่าง ของเพศชายและเพศหญิง โดยยึดตามอายุการขึ้นของฟัน (dental age) โดยการศึกษาของ Moorrees และ Chadha ลูกศร หมายถึง อายุเฉลี่ยเมื่อฟันแท้เริ่มโผล่

AVAILABLE SPACE - INCISOR SEGMENT



รูปที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ available space ในบริเวณ
 ฟันหน้าบนและล่างของเพศชายและเพศหญิงโดยการซ้อนทับ
 (Superimposition) ของ curve โดยการศึกษาของ Moorrees
 และ Chadha

Tooth	Eruption stage	Sex	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Number of observations
deciduous	—	M	+2.6	2.32	366
		F	+2.2	2.02	361
M_1	$E_{1/2}$	M	+2.6	2.51	45
		F	+2.2	2.07	44
	$E_{1/2}$	M	+0.3	2.07	51
		F	0	2.61	57
I_1	E_c	M	+0.1	2.07	44
		F	-0.2	2.13	46
	$E_{1/2}$	M	+0.2	2.57	41
		F	-0.3	2.41	42
I_2	E_c	M	+0.3	2.35	37
		F	+0.2	1.63	36
	$E_{1/2}$	M	+0.3	0.91	13
		F	+0.2	1.21	15
C	E_c	M	+0.3	1.21	12
		F	+0.2	1.43	18

Tooth	Eruption stage	Sex	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Number of observations
deciduous	—	M	-0.13	0.89	265
		F	-0.21	0.92	257
M_1	$E_{1/2}$	M	-0.37	1.47	42
		F	-0.44	1.22	40
	$E_{1/2}$	M	-2.08	1.90	47
		F	-2.15	2.51	54
I_1	E_c	M	-0.55	1.57	44
		F	-0.61	1.76	46
	$E_{1/2}$	M	-0.74	2.13	42
		F	-0.62	2.45	42
I_2	E_c	M	+0.53	1.09	36
		F	+0.55	1.37	36
	$E_{1/2}$	M	-0.20	0.78	12
		F	-0.10	0.85	14
C	E_c	M	-0.10	0.54	11
		F	-0.23	0.58	18

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของปริมาณของ
available space ทั้งหมด
ในบริเวณฟันหน้าบน โดยการ
ศึกษาของ Moorrees และ
Chadha

ตารางที่ 20 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของการเพิ่มขนาด
ของ available space
ในบริเวณฟันหน้าบน โดยการ
ศึกษาของ Moorrees และ
Chadha

Tooth	Eruption stage	Sex	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Number of observations
deciduous	—	M	+2.1	1.74	287
		F	+1.8	1.68	287
M_1	$E_{1/2}$	M	+2.1	1.80	13
		F	+1.8	1.69	16
	$E_{1/2}$	M	-0.2	2.15	49
		F	-1.0	2.50	66
I_1	E_C	M	-1.7	2.28	40
		F	-1.5	1.78	57
	$E_{1/2}$	M	-1.6	2.14	43
		F	-1.8	2.26	45
I_2	E_C	M	-0.5	1.70	37
		F	-0.8	1.45	40
	$E_{1/2}$	M	-0.1	0.79	10
		F	-0.6	1.93	22
C	E_C	M	-0.3	0.96	10
		F	-0.5	1.16	15

ตารางที่ 21 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของปริมาณของ
available space ทั้งหมด
ในบริเวณฟันหน้าล่าง โดยการ
ศึกษาของ Moorrees และ

Chadha

Tooth	Eruption stage	Sex	Mean (mm)	Standard deviation (mm)	Number of observations
deciduous	—	M	+0.01	0.64	194
		F	-0.05	0.62	187
M_1	$E_{1/2}$	M	-0.26	1.08	12
		F	-0.27	0.88	13
	$E_{1/2}$	M	-1.76	1.52	49
		F	-1.39	1.40	63
I_1	E_C	M	-0.61	1.66	40
		F	-0.70	1.59	57
	$E_{1/2}$	M	-0.88	1.66	40
		F	-0.90	1.29	43
I_2	E_C	M	+0.68	1.35	37
		F	+0.65	1.27	39
	$E_{1/2}$	M	-0.09	1.06	10
		F	+0.21	0.96	22
C	E_C	M	-0.29	0.49	10
		F	-0.01	0.42	16

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน
มาตรฐานของการเพิ่มขนาด
ของ available space ใน
บริเวณฟันหน้าล่าง โดยการ
ศึกษาของ Moorrees และ

Chadha

(59) Moorrees ได้ศึกษาการพัฒนาการของการขึ้นของฟันตามปกติโดยยึดหลักการขึ้นของฟัน ใช้กลุ่มตัวอย่างจากแบบจำลองฟันบน 78 อัน และแบบจำลองฟันล่าง 70 อัน พบว่ามีความแตกต่างจากการยึดหลักตามอายุปฏิทิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความยาวของแนวโค้งขากรรไกร สรุปได้ดังนี้

การลดลงของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรครั้งแรก เกิดจากการปิดของช่องว่างระหว่างฟัน (interdental space) ระหว่างฟันเขี้ยวและฟันกรามน้ำนม และความยาวของแนวโค้งขากรรไกรในขณะที่ฟันหน้าแท้จะขึ้นกับการเอียงตัวของฟันแท้โดยได้รับอิทธิพลจากแรงของลิ้นและริมฝีปาก

การลดลงของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรในครั้งที่สอง เกิดจากการแทนที่ของฟันกรามน้ำนม โดยเคลื่อนไปทางด้านหน้าเพื่อแทนที่ Leeway space และการเคลื่อนมาทางด้านหน้า (mesial migration) ของฟันกรามแท้ซี่แรกหลังการหลุดของฟันกรามน้ำนมซี่ที่สอง

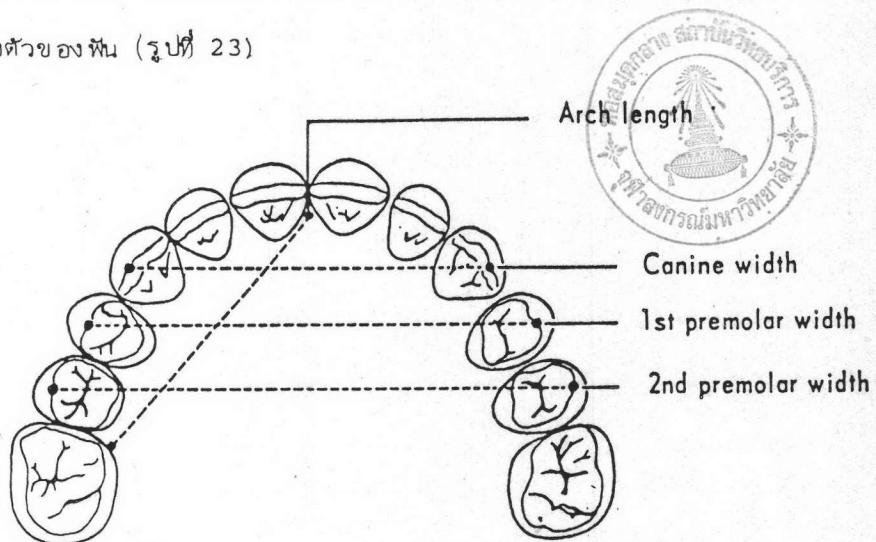
การเพิ่มขึ้นของความกว้างบริเวณฟันเขี้ยว จะคล้ายกันทั้งเพศหญิงและเพศชาย และการเปลี่ยนแปลงของความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรจะไม่สัมพันธ์กับขนาดของฟันหน้า

(60) Lundström แนะนำว่า apical base เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับการสบฟัน ขนาดและลักษณะของ apical base ถูกกำหนดโดยตำแหน่งของฟันและแนวโค้งของขากรรไกร (dental arch)

(10) How กล่าวว่าในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันไม่ควรพิจารณาเฉพาะขนาดของฟันและปริมาณของกระดูกที่รองรับ ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ของขนาดฟันกับ apical base และความสัมพันธ์ระหว่าง apical base ของขากรรไกรบนและล่าง ที่มีผลต่อความสมดุลย์ของใบหน้า และการพัฒนาการของการเจริญเติบโตของ apical base บริเวณฟันกรามน้ำนมทางด้านกว้างจะเกิดขึ้นในระยะก่อนการหลุดของฟันกรามน้ำนม เขาสรุปการค้นพบดังนี้

1. คนที่มีฟันซ้อนเกจะมีขนาดของฟันรวมกัน (tooth material) มากกว่าในคนที่มีการเรียงตัวของฟันเป็นระเบียบ
2. คนที่มีฟันซ้อนเกจะมี arch width บริเวณฟันกรามน้อยน้อยกว่าปกติ
3. คนที่มีฟันซ้อนเกจะมี arch width บริเวณฟันกรามน้อยไม่ได้สัดส่วนกับขนาดของฟันรวมกัน
4. ความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อรอบ ๆ ฟัน จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ arch width บริเวณฟันกรามน้อย
5. คนที่มีระนาบของขอบล่างขากรรไกรล่างชัน (Steep mandibular plane angle) จะมีแนวโค้งของขากรรไกรแคบและสั้นกว่าปกติ

Mills⁽⁶¹⁾ ได้ทำการศึกษาความกว้างของแนวโค้งขากรรไกร ความยาวของแนวโค้งขากรรไกรและขนาดของฟันในเพศชายที่อยู่ในช่วงอายุ 17 - 21 ปี จำนวน 230 คน ที่มีการสบฟันเป็นปกติ (Neutro-occlusion) มีฟันหน้าต่อฟันกรามแท้ซี่ที่สองขึ้นครบในทั้งสองขากรรไกร โดยที่กลุ่มตัวอย่างไม่เคยได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันเลย พบว่าค่าเฉลี่ยของความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรที่บริเวณฟันกรามน้อยซี่ที่สองจะเป็นกรณีสำคัญในการบอกการซ้อนเกของฟัน ซึ่งการศึกษานี้สนับสนุนข้อสรุปของ How แต่ Mills ไม่พบความสัมพันธ์ของขนาดฟัน และความยาวของแนวโค้งขากรรไกรหน้าต่อฟันกรามแท้ซี่ที่สองกับการเรียงตัวของฟัน (รูปที่ 23)



รูปที่ 23 ความกว้างและความยาวของแนวโค้งขากรรไกร

โดยการศึกษาของ Mills

Knott⁽⁶²⁾ ได้ศึกษาขนาดและรูปร่างของแนวโค้งขากรรไกรในเด็กที่มีการสบฟันดี โดยศึกษาระยะยาวจากอายุ 9 ปี ถึงระยะวัยรุ่นช่วงสุดท้ายในเด็กมีขากรรไกร 29 คน เป็นชาย 16 คน และหญิง 13 คน เพื่อหาความกว้าง ความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนและล่าง พบว่าเด็กชายมีการเพิ่มขึ้นของความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรบน 2.4 มม. ขากรรไกรล่าง 2.1 มม. และเด็กหญิงจะมีการเพิ่มขึ้นของความกว้างแนวโค้งขากรรไกรบน 1.4 มม. และขากรรไกรล่าง 1.6 มม. ในช่วงอายุ 9 - 15 ปี

ความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรบนมากกว่าขากรรไกรล่างประมาณ 3.3 - 3.7 มม. ความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรบนในเพศชายมากกว่าเพศหญิง 3.6 มม. เมื่ออายุ 9 ปี และ 4.6 มม. เมื่ออายุ 15 ปี ส่วนในขากรรไกรล่างความกว้างของแนวโค้งขากรรไกรในเพศชายมากกว่าเพศหญิง 3.8 มม. และ 4.3 มม. ตามลำดับ ระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดเมื่ออายุ 9 - 10 ปี ในขากรรไกรบน และ 10 - 11 ปี ในขากรรไกรล่าง และการเปลี่ยนแปลงจะน้อยมากหลังจากอายุ 15 ปี

ในเพศชาย ค่าเฉลี่ยของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 0.4 มม. ระหว่าง 9 - 11 ปี และลดลง 1.9 มม. ระหว่างอายุ 11 - 15 ปี ส่วนความยาวของแนวโค้งขากรรไกรล่างจะลดลงเล็กน้อยประมาณ 0.3 มม. ระหว่าง 9 - 11 ปี และจะลดลง 2.4 มม. ระหว่างอายุ 11 - 15 ปี

ในเพศหญิง ความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4 มม. ระหว่าง 9 - 10 ปี และ 1.9 มม. ระหว่าง 10 - 15 ปี ส่วนในขากรรไกรล่างลดลง 3.2 มม. ในระหว่างอายุ 9 - 15 ปี

ความแตกต่างระหว่างเพศของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนประมาณ 1.4 มม. เมื่ออายุ 10 ปี และ 2.0 มม. เมื่ออายุ 11 ปี ในขากรรไกรล่างประมาณ 0.9 มม. เมื่ออายุ 9 ปี และ 1.6 มม. เมื่ออายุ 11.5 ปี

ความแตกต่างของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรบนและล่างประมาณ 4.1 มม. เมื่ออายุ 9 ปี และ 4.5 มม. เมื่ออายุ 15 ปี ในเพศชาย ส่วนในเพศหญิงประมาณ 3.2 มม. และ 4.9 มม. ตามลำดับ

Richardson และ Broodie⁽⁶³⁾ ได้ทำการศึกษาค่าการเจริญเติบโตของความกว้างขากรรไกรบน สรุปได้ว่า

1. Apical base ของขากรรไกรบนบริเวณหน้าต่อฟันกรามแท้ซี่แรกตามปกติ จะมีรูปร่างสั้น กว้าง และเป็นแนวโค้ง
2. แนวโค้งของการเรียงตัวของฟันจะกว้างมากที่สุดในระยะสุดท้ายของฟันชุดผสม หลังจากนั้นความกว้างจะลดลงจนกระทั่งฟันกรามน้อยขึ้น
3. อาจเกิดช่องว่างและการซ้อนเกในขากรรไกรเดียวกันได้

การเปลี่ยนแปลงของช่องว่างและการซ้อนเกของฟันตามอายุ

ในระยะฟันน้ำนม Moorrees⁽²⁶⁾ ได้รายงานว่า ในขณะอายุ 4 - 6 ปี ช่องว่างจะลดลงในขากรรไกรบน 1.9 มม. ขากรรไกรล่าง 0.5 มม. ในเพศชาย และ 0.2 มม. และ 1.3 มม. ตามลำดับ ในเพศหญิง (ตารางที่ 23)

STUDY	MATERIAL		ARCH WIDTH (c-c)		ARCH WIDTH (c-c)		ARCH LENGTH (c-c to a-a)	
	No. of subjects	Follow-up period	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
Lewis and Lehman (1929)	170*	3-6½	+0.2	+0.3	+0.7	+0.4		
Goldstein and Stanton (1935)	94-69†	3-6	+1.5	+1.2	+1.4	+0.6	-0.5	-0.7
Cohen (1940)	15F 13M	3½-6½	+1.0 +2.0	+1.5 +1.7	+0.9 +0.6	+0.4 +1.2		
Holcomb and Meredith (1956)	50F 50M		+0.8 +0.6	+1.0 +0.8				
Meredith and Hopp (1956)	40F 37M	4-6			+1.1 +0.9	+0.7 +0.6		
Moorrees (1959)	70-78‡	4-6	+0.2 +0.4	+0.7 +0.8	+0.2 +0.3	0.0 +0.7	-0.8 -0.7	-0.3 -0.5
Sillman (1964)	65	3-6	+1½ +1	+1 +1	+2 +2	+1 +1	-1 -1	-0.5 0

*Whole material: at ages 3-6½ years the number varied between 25 and 52 individuals.

†Material of 300 children studied between 1 and 11 years of age.

‡Whole material comprised 184 North-American white children, from whom 78 upper and 70 lower arches were selected as having a full complement of teeth in normal position at the end of the examination (17-19 years). Between ages 4 and 6 years the number varied between 20 and 59 in each age and sex group.

§Approximate figures obtained from growth curves

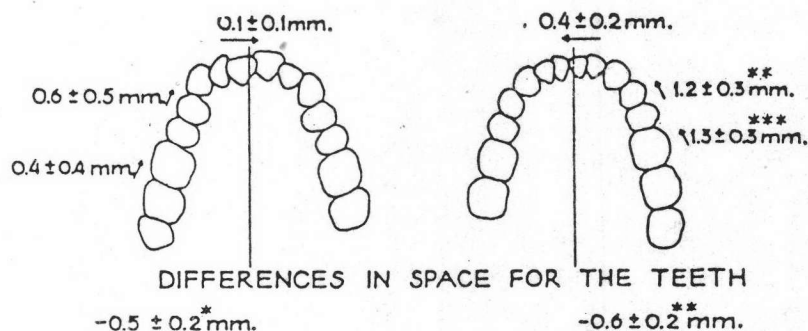
ตารางที่ 23 แสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงขนาดของแนวโค้งขากรรไกรกับอายุใน ระยะที่ฟันน้ำนมขึ้นสมบูรณ์แล้ว (มม.) โดยการศึกษาของผู้วิจัยหลาย ๆ คน

Sillman⁽⁵⁶⁾ รายงานว่าระหว่างอายุ 14 - 21 ปี ความกว้างของแนวโค้ง
 ขากรรไกรไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ความยาวของแนวโค้งขากรรไกรลดลงประมาณ 2 มม. ใน
 ทั้งสองขากรรไกร เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงของความยาวของแนวโค้งขากรรไกรเกิดจาก

1. การขึ้นของฟันกรามแท้ซี่สุดท้าย Selmer - Olsen⁽¹⁹⁾ Bergström
 และ Jensen⁽²⁰⁾ พบว่าการที่ฟันกรามซี่สุดท้ายหายไปด้านเดียว จะมีผลทำให้เกิดความ
 แตกต่างระหว่างแนวโค้งขากรรไกรด้านซ้ายและด้านขวา (รูปที่ 24)

2. ตำแหน่งของฟันบนขากรรไกรผิดปกติ

3. แนวโค้งของขากรรไกรทางด้านหน้าถูกดันไปทางด้านหลัง



รูปที่ 24 ความแตกต่างทางด้านความยาวแนวโค้งขากรรไกรระหว่างด้านซ้าย
 และด้านขวาในคนที่ฟันกรามแท้ซี่สุดท้ายหายไปข้างเดียวตั้งแต่กำเนิด
 โดยการศึกษาของ Bergström และ Jensen

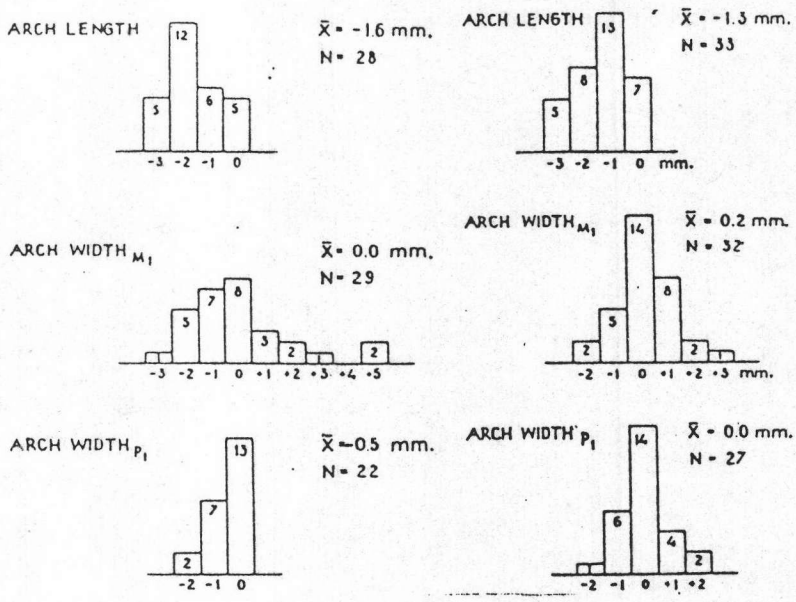
Lundström⁽⁶⁴⁾ ได้สรุปสาเหตุต่าง ๆ รวมทั้งการพิจารณาสาเหตุหลักและ
 สาเหตุร่วม (Primary and Secondary factors) ที่มีผลทำให้ความยาวแนวโค้ง
 ขากรรไกรลดลง (ตารางที่ 24)

FACTORS	DECREASE IN ARCH LENGTH			
	UPPER (10 Subjects)		LOWER (10 Subjects)	
	Primary factor	Secondary factor	Primary factor	Secondary factor
Mesial migration $\frac{6 6}{6 6}$ after shedding of $\frac{E E}{E E}$	3	5	4	3
Reduction of tooth diameters:				
a. Due to caries	1	3	-	3
b. Due to attrition	-	1	-	1
Reduction of arch perimeter, with loss of available space	5	4	5	2
Change to broader and shorter dental arch	1		1	

ตารางที่ 24 แสดงการประเมินค่าของสาเหตุที่ทำให้ความยาวแนวโค้งขากรรไกร
 ลดลง โดยการศึกษาของ Lundström

Lundström (64) พบว่าการลดลงของช่องว่างของฟันและการเพิ่มขึ้นของการ
 ซ้อนเกของฟันแปรตามอายุทั้งในระยะฟันน้ำนมและฟันแท้ การลดลงของแนวโค้งของ
 ขากรรไกรในแนวหน้า - หลัง จะมากกว่าในแนวทางด้านกว้าง (รูปที่ 25)

ขากรรไกรล่าง




รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงของความกว้างและความยาวแนวโค้งขากรรไกร
 ในขากรรไกรบนและล่าง โดยการศึกษาของ Lundström

ความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดของฟัน

Hunter และ Priest⁽⁶⁵⁾ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดของฟัน พบว่า

1. การวัดขนาดของฟันด้วย Sliding calipers จะให้ค่าถูกต้องมากกว่าการใช้ Dividers ประมาณ 0.1 มม.
2. การวัดขนาดของฟันโดยใช้แบบจำลองฟันจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการวัดในปากโดยตรงประมาณ 0.1 มม. แต่การวัดขนาดของฟันในปากโดยตรงจะทำได้ยากกว่าการวัดจากแบบจำลองฟัน
3. ความคลาดเคลื่อนของการวัดขนาดของฟันทางด้านซ้ายจะมากกว่าทางด้านขวา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟันหน้าบนแท้ซี่แรก และฟันหน้าล่างแท้ซี่แรกและซี่ที่สอง
4. การวัดขนาดของฟันกรามบนแท้และฟันหน้าบนแท้ซี่ที่สอง และฟันเขี้ยวล่างจะทำได้ยากลำบากกว่าฟันซี่อื่น เนื่องจากรูปร่างของฟันวัดได้ยากกว่า ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่า (ตารางที่ 25)
5. การวัดโดยใช้ผู้วิจัยหลายคน และวัดหลาย ๆ ครั้ง จะได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า



	Least Variability	Most Variability
Maxillary left:	C, (I1, I2, P1, P2),	M1, M2
Maxillary right:	(I1, I2, C), (P1, P2),	M1, M2
Mandibular left:	(I1, I2, C, P1, P2),	(M1, M2)
Mandibular right:	(I1, I2), (C, P1),	(P2, M1), M2

ตารางที่ 25 แสดงตำแหน่งของฟันที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดขนาดของฟันตาม Quadrant โดยการศึกษาของ Hunter และ Priest

จากวรรณคดีที่ได้ศึกษามาผู้ที่ศึกษาริ้วยเป็นจำนวนมากได้ยอมรับการวิเคราะห์ขนาดของฟันตามหลักของ Bolton (4, 5) กล่าวคือ

1. อัตราส่วนของผลรวมขนาดความกว้างฟันล่างต่อผลรวมขนาดความกว้างฟันบนของฟัน 6 ซี่หน้า ที่เรียก Anterior ratio จะมีค่าเฉลี่ย = 77.2 ± 0.22 % ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.65 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน = 2.14 %

2. อัตราส่วนของผลรวมขนาดความกว้างฟันล่างต่อผลรวมขนาดความกว้างฟันบนของฟัน 12 ซี่ ที่เรียก Overall ratio จะมีค่าเฉลี่ย = 91.3 ± 0.26 % ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.91 สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน = 2.09 %

ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนดังกล่าวถูกนำมาใช้ในทางทันตกรรมจัดฟันทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย จึงน่าจะทำการวิเคราะห์หาอัตราส่วนนี้ในคนไทย เพื่อจะได้นำไปใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ขนาดของฟันให้ได้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนต่อไป

การศึกษาจากวรรณคดีพบว่า เครื่องมือที่ใช้วัดขนาดความกว้างของฟันที่ให้ค่าถูกต้องและเหมาะสม ได้แก่ Sliding calipers ดังนั้นการวิจัยนี้จึงใช้เครื่องมือดังกล่าวในการวัดข้อมูล