

## CHANGES IN ALVEOLAR BONE HEIGHT AFTER MAXILLARY ANTERIOR RETRACTION BETWEEN EN-MASSE AND TWO-STEP RETRACTION

Thanapat THAMMAKITJATORN<sup>1</sup> and Pannapat CHANMANEE<sup>1\*</sup>

1 Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Thailand; oatthanapatt90@gmail.com (T. T.); pannapat.c@psu.ac.th (P. C.) (Corresponding Author)

### ARTICLE HISTORY

**Received:** 6 February 2026

**Revised:** 27 February 2026

**Published:** 13 March 2026

### ABSTRACT

This retrospective study compared vertical alveolar bone height changes following maxillary anterior retraction using en-masse versus two-step techniques in adults. Lateral cephalograms of 24 female patients (mean age  $20.16 \pm 1.80$  years) treated with first premolar extraction were analyzed. Skeletal, dental, and alveolar bone height (labial and palatal) changes were evaluated. Results showed no significant intergroup differences in skeletal or dental changes. Significant labial bone increased occurred in both groups at comparable levels (0.11-0.12 mm). However, significant palatal bone loss was observed only in the en-masse group (0.16 mm), whereas the two-step group showed a non-significant decrease. In conclusion, the two-step technique tends to better preserve palatal bone height, making it a clinically suitable option for patients with thin alveolar biotypes or periodontal risks.

**Keywords:** Alveolar Bone Height, Maxillary Anterior Retraction, Lateral Cephalometric Radiograph, En-masse Retraction, Two-Step Retraction

**CITATION INFORMATION:** Thammakitjatorn, T., & Chanmanee, P. (2026). Changes in Alveolar Bone Height after Maxillary Anterior Retraction between En-masse and Two-Step Retraction. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(3), 28

## การเปลี่ยนแปลงความสูงกระดูกเบ้าฟันหลังการดิงฟันหน้าบนถอยหลังระหว่างวิธีการดิงฟันหน้าบนทั้งหกซี่และวิธีการดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอน

ธนภัทร ธรรมกิจจารุ<sup>1</sup> และ ปัทมณัฏฐ์ จันทร์มณี<sup>1\*</sup>

1 ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์;  
oatthanapatt90@gmail.com (ธนภัทร); pannapat.c@psu.ac.th (ปัทมณัฏฐ์) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

### บทคัดย่อ

การศึกษาย้อนหลังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันในแนวตั้งภายหลังการดิงฟันหน้าบนระหว่างเทคนิคการดิงฟันหน้าบนทั้งหกซี่และการดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอนในผู้ป่วยวัยผู้ใหญ่ โดยวิเคราะห์จากภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้างในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยเพศหญิงจำนวน 24 ราย (อายุเฉลี่ย  $20.16 \pm 1.80$  ปี) ที่ได้รับการรักษาจัดฟันร่วมกับการถอนฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่ง การประเมินครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างกระดูก พารามิเตอร์ทางทันตกรรม และความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปากและด้านเพดานปาก โดยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและทางทันตกรรมของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปากพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองกลุ่มในระดับที่ใกล้เคียงกัน (0.11-0.12 มม.) อย่างไรก็ตาม ในด้านเพดานปากพบการลดลงอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในกลุ่มการดิงฟันหน้าบนทั้งหกซี่ (0.16 มม.) ในขณะที่กลุ่มการดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอนมีการลดลงเพียงเล็กน้อยและไม่มีความสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า เทคนิคการดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอนมีแนวโน้มในการอนุรักษ์ความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านเพดานปากได้ดีกว่า จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมทางคลินิกสำหรับผู้ป่วยที่มีลักษณะทางชีวภาพของกระดูกเบ้าฟันแบบบางหรือมีภาวะเสี่ยงทางปริทันต์

**คำสำคัญ:** ความสูงของกระดูกเบ้าฟัน, การดิงฟันหน้าบน, ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง, การดิงฟันหน้าบนทั้งหกซี่, การดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอน

**ข้อมูลการอ้างอิง:** ธนภัทร ธรรมกิจจารุ และ ปัทมณัฏฐ์ จันทร์มณี. (2569). การเปลี่ยนแปลงความสูงกระดูกเบ้าฟันหลังการดิงฟันหน้าบนถอยหลังระหว่างวิธีการดิงฟันหน้าบนทั้งหกซี่และวิธีการดิงฟันหน้าแบบสองขั้นตอน. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(3), 28

## บทนำ

ภาวะฟันหน้ายื่น (Maxillary incisor protrusion) เป็นสาเหตุสำคัญที่นำพาผู้ป่วยเข้ารับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสุนทรียศาสตร์ของใบหน้าและความกลมกลืนของการสบฟัน (Proffit et al., 2019) การถอนฟันกรามน้อยบนร่วมกับการดึงฟันหน้าถอยหลังเพื่อปิดช่องว่าง (Maxillary anterior retraction) จัดเป็นแนวทางการรักษามาตรฐานเพื่อแก้ไขการสบฟันและปรับปรุงรูปร่างด้านข้างในผู้ป่วยกลุ่มนี้ (Diels et al., 1995; Park & Tai, 2017) อย่างไรก็ตาม กระบวนการดึงฟันหน้าย่อมส่งผลให้เกิดการตอบสนองทางชีวภาพของกระดูกเบ้าฟัน ซึ่งปัจจัยนี้มีผลสืบเนื่องต่อสภาวะปริทันต์และเสถียรภาพของการรักษาในระยะยาว

การศึกษาวิจัยทางทันตกรรมจัดฟันในอดีตส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงความหนาของกระดูกเบ้าฟัน (Alveolar bone thickness) ภายหลังการดึงฟันหน้าถอยหลัง โดยหลายการศึกษารายงานว่ามีความหนาของกระดูกด้านริมฝีปากเพิ่มขึ้นหรือคงที่ ในขณะที่กระดูกด้านเพดานปากมักเกิดการละลายตัวหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Yodthong et al., 2013; Tian et al., 2015; Al-Khars et al., 2017) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาที่ผ่านมายังคงขาดความสอดคล้อง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของเทคนิคภาพรังสี กลศาสตร์การเคลื่อนฟัน โครงสร้างใบหน้า และอายุของผู้ป่วย ประเด็นที่สำคัญคือ การศึกษาในอดีตจำนวนมากดำเนินการในผู้ป่วยที่อยู่ในวัยเจริญเติบโต ซึ่งกระบวนการเจริญเติบโตของกระดูกขากรรไกรและฟันตามธรรมชาติอาจบดบังการปรับแต่งตัวของกระดูก (Bone remodeling) ที่เกิดจากการจัดฟันอย่างแท้จริง (Melsen, 1999; Masumoto et al., 2013) ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการศึกษากลุ่มประชากรวัยผู้ใหญ่จึงยังมีอยู่อย่างจำกัด

นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงด้านความหนาของกระดูกแล้ว การดึงฟันหน้ายังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันในแนวตั้ง (Alveolar bone height) การศึกษาโดยอาศัยภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (CBCT) แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนถึงการสูญเสียความสูงของกระดูกสันเหงือก (Crestal bone loss) ภายหลังการดึงฟันหน้า โดยพบมากที่สุดบริเวณด้านเพดานปากตามด้วยด้านริมฝีปาก (Reitan, 1967; Sarikaya et al., 2002; Garlock et al., 2016) การเปลี่ยนแปลงในมิติแนวตั้งของกระดูกเบ้าฟันนี้มีนัยสำคัญทางคลินิก เนื่องจากอาจลดทอนการรองรับของอวัยวะปริทันต์และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดเหงือกกรันหรือรอยแยกของกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ใหญ่ที่มีลักษณะอวัยวะปริทันต์แบบบาง (Thin periodontal biotype) (Wennström & Tomasi, 2017)

ปริมาณและรูปแบบของการเคลื่อนฟันเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดการตอบสนองของกระดูกเบ้าฟันระหว่างการจัดฟัน แม้ว่าขอบปลายฟันตัด (Incisal edge) จะเป็นจุดอ้างอิงที่นิยมใช้ในการวัดปริมาณการเคลื่อนฟันหน้า แต่ตำแหน่งดังกล่าวอาจไม่ได้สะท้อนถึงบริเวณที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างฟันและกระดูก (Tooth-bone interaction) ได้โดยตรงไปตรงมา ในมุมมองทางชีววิทยา การเปลี่ยนแปลงบริเวณรอยต่อเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) และปลายรากฟัน อาจเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีกว่าในการสะท้อนถึงการปรับตัวของกระดูกเบ้าฟัน โดยเฉพาะในมิติแนวตั้ง (Melsen & Allais, 2005; Hong et al., 2019)

ปัจจุบันภาพรังสีโคนบีมคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (CBCT) ได้รับการยอมรับให้เป็นมาตรฐานสากลสำหรับการประเมินการเปลี่ยนแปลงของกระดูกเบ้าฟันแบบสามมิติภายหลังการจัดฟัน (Sun et al., 2011; Gracco et al., 2009) อย่างไรก็ตาม การใช้งานภาพรังสีสามมิติเป็นประจำยังมีข้อจำกัดอันเนื่องมาจากปริมาณรังสีและต้นทุนค่าใช้จ่าย ทำให้มีการจำกัดข้อบ่งชี้ใช้เฉพาะในรายที่จำเป็นหรือมีความซับซ้อน ด้วยเหตุนี้ ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง (Lateral cephalometric radiographs) จึงยังคงเป็นเครื่องมือวินิจฉัยพื้นฐานทางทันตกรรมจัดฟันและสามารถให้ข้อมูลที่มีคุณค่าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันได้ หากมีการใช้โครงสร้างอ้างอิงทางกระดูกที่มีความเสถียร (Al-Khars et al., 2017; Baumrind & Frantz, 1971) แต่ก็มีข้อจำกัดในการวัดที่มาจากกร่อนทับของกระดูกได้ อาจส่งผลต่อความแม่นยำเมื่อเทียบกับภาพรังสีสามมิติ

กลศาสตร์การดึงฟันหน้าถอยหลังที่ต่างกันอย่างเด่นชัดอาจส่งผลต่อรูปแบบการปรับแต่งตัวของกระดูกเบ้าฟัน การดึงฟันแบบวิธีการดึงฟันหน้าบนทั้งหಕ್ಕೆ (En-masse anterior retraction) มักสัมพันธ์กับแนวโน้มการเคลื่อนฟันแบบล้มเอียง

(Tipping movement) ในขณะที่การดึงฟันแบบสองขั้นตอน (Two-step anterior retraction) ซึ่งมีการแยกดึงฟันเขี้ยวและฟันตัดตามลำดับ พบว่า ส่งเสริมการเคลื่อนฟันแบบทั้งตัว (Bodily movement) ได้ดีกว่า (Burstone, 1962; Kojima & Fukui, 2010) ความแตกต่างทางชีวกลศาสตร์เหล่านี้อาจส่งผลให้เกิดการกระจายความเค้น (Stress distribution) ที่แตกต่างกัน และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกในท้ายที่สุด อย่างไรก็ตาม การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเข้าฟันระหว่างวิธีการดึงฟันหน้าบนทั้งหกซี่และการดึงฟันแบบสองขั้นตอนยังมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเข้าฟันในแนวตั้งภายหลังการดึงฟันหน้าบนในผู้ป่วยวัยผู้ใหญ่ และเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างเทคนิคการดึงฟันหน้าแบบ วิธีการดึงฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และการดึงฟันแบบสองขั้นตอน โดยวิเคราะห์จากภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง

### สมมติฐานการวิจัย

- 1) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างกระดูกและทันตกรรม ภายหลังการดึงฟันหน้าบนถอยหลัง ระหว่างเทคนิคการดึงฟันหน้าบนทั้งหกซี่และการดึงฟันหน้าแบบสองขั้นตอน
- 2) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเข้าฟันด้านใกล้ริมฝีปากและด้านใกล้เพดานปาก ภายหลังการดึงฟันหน้าบนถอยหลัง ระหว่างเทคนิคการดึงฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และการดึงฟันหน้าแบบสองขั้นตอน

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาเป็นแบบวิจัยเชิงพรรณนาแบบย้อนหลัง (Retrospective study) ซึ่งได้รับการพิจารณาอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา คัดเลือกจากผู้ป่วยของคลินิกทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยเริ่มและเสร็จสิ้นการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแบบติดแน่นสมบูรณ์ ระหว่างปี พ.ศ.2558 ถึง 2567 ผู้ป่วยทั้งในกลุ่มที่ได้รับการดึงฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และการดึงฟันแบบสองขั้นตอน ได้รับการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบติดแน่นชนิด Preadjusted bidimensional edgewise โดยใช้ Roth prescription ซึ่งมีขนาด (Slot size)  $0.018 \times 0.025$  นิ้ว สำหรับฟันตัด และ  $0.022 \times 0.028$  นิ้ว สำหรับฟันเขี้ยวและฟันหลัง

#### เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### 1) เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion criteria)

- ผู้ป่วยเพศชายหรือหญิง อายุระหว่าง 18-30 ปี
- มีการสบฟันผิดปกติแบบ Angle Class I หรือ Angle Class II division 1 ร่วมกับภาวะฟันและกระดูกเข้าฟันหน้าบนยื่น (Maxillary dentoalveolar protrusion) โดยมีค่า UI-NA มากกว่า 8 มิลลิเมตร
- ความสัมพันธ์ของกระดูกขากรรไกรแบบที่ 1 (Skeletal Class I) (ค่ามุม ANB ระหว่าง 0-5 องศา)
- รูปแบบการเจริญเติบโตของใบหน้าแนวตั้งปกติ (ค่ามุม MPA ระหว่าง 23-35 องศา)
- ได้รับการรักษาโดยการถอนฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งทั้งสองข้าง (Bilaterally extraction of upper first premolars)
- มีสุขภาพอนามัยช่องปากและสภาวะปริทันต์ที่ดี
- มีภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง ถ่ายด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเดียวกันทั้งก่อนการรักษา (T1) และหลังการรักษา (T2)

##### 2) เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

- มีโรคทางระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของกระดูก (Bone metabolism)
- มีประวัติการได้รับอุบัติเหตุบริเวณฟันหน้าบน
- ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง ปรากฏเงารบกวน (Artifact) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์ผล

### การวิเคราะห์ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง (Cephalometric Analysis)

ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง ถูกบันทึกด้วยเครื่องเอกซเรย์มาตรฐาน 3 รุ่น ได้แก่ Orthophos (Siemens, Fernwald, Germany), GXDP-300 (Gendex, Tuusula, Finland) และ Orthopantomograph® OP300 (Instrumentarium, Tuusula, Finland) โดยมีค่ากำลังขยายของภาพ เท่ากับร้อยละ 9.34, 10.41 และ 10.45 ตามลำดับ ทั้งนี้ กระบวนการถ่ายภาพรังสีทุกครั้งดำเนินการภายใต้สภาวะมาตรฐาน โดยจัดตำแหน่งศีรษะผู้ป่วยให้อยู่ในท่าธรรมชาติ สบฟันในตำแหน่งสบสนิท (Maximum intercuspation) และริมฝีปากอยู่ในสภาวะผ่อนคลาย (Passive lip seal)

ภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้างบันทึกก่อนเริ่มการดิ่งฟันหน้า (T1) และหลังการดิ่งฟันหน้า (T2) ได้รับการวาดภาพรอย (Tracing) ด้วยมือลงบนกระดาษลอกลายอะซิเตทความหนา 0.003 นิ้ว โดยใช้ดินสอกดขนาดไส้ 0.3 มิลลิเมตร ความเข้ม 2B จากนั้นนำภาพรอยที่ได้เข้าสู่กระบวนการแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล (Digitization) ด้วยเครื่องสแกนเนอร์และบันทึกไฟล์ในรูปแบบ JPEG การวิเคราะห์ภาพรังสีดำเนินการผ่านซอฟต์แวร์ ImageJ (เวอร์ชัน 1.53a; National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) โดยมีการปรับแก้ค่ากำลังขยายของภาพรังสี อย่างเหมาะสม

การระบุจุดอ้างอิง และการสร้างระนาบอ้างอิง ทางทันตกรรมจัดฟัน ดำเนินการตามนิยามมาตรฐานสากล เพื่อประเมินพารามิเตอร์ทางโครงสร้างกระดูกและทางทันตกรรม โดยข้อมูลการวัดทั้งหมดถูกบันทึกในหน่วยมิลลิเมตรและองศา

#### 1) การประเมินพารามิเตอร์ทางโครงสร้างกระดูกและทางทันตกรรม (Assessment of Skeletal and Dental Parameters)

การประเมินจะดำเนินการผ่านการวิเคราะห์ภาพรอยเส้นจากภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง ซึ่งบันทึกข้อมูลใน 2 ระยะเวลา ได้แก่ ระยะเวลาก่อนเริ่มการดิ่งฟันหน้า (T1) และระยะภายหลังเสร็จสิ้นการดิ่งฟันหน้า (T2) ทั้งนี้ เพื่อรักษาความคงเส้นคงวาของการวัด (และขจัดความแปรปรวนระหว่างผู้วิจัย (Inter-examiner variability) กระบวนการวาดภาพรอยและการวัดผลในทุกภาพรังสีจึงดำเนินการด้วยมือ (Manual tracing) โดยผู้วิจัยคนเดียวกันตลอดระยะเวลาการศึกษา

ข้อมูลจากการวัดค่าทางภาพรังสีวัดศีรษะบันทึกเป็นหน่วยมิลลิเมตรหรือองศาตามความเหมาะสม โดยจำแนกพารามิเตอร์ที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างระยะ T1 และ T2

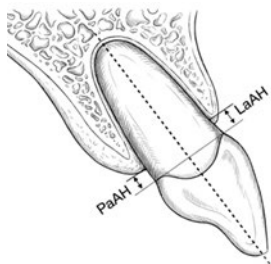
- พารามิเตอร์ทางโครงสร้างกระดูก (Skeletal parameters) ประกอบด้วย การวัดค่าตัวแปรเชิงมุม ได้แก่ มุม SNA, ANB และมุมระนาบขากรรไกรล่าง (MPA)

- พารามิเตอร์ทางทันตกรรม (Dental parameters) ประกอบด้วย ตัวแปรทั้งเชิงเส้นและเชิงมุมที่สะท้อนตำแหน่งและความเอียงของฟันตัดหน้าบน ได้แก่ ระยะ U1-NA, มุม U1-NA และมุมระหว่างแกนฟันตัดหน้าบนกับระนาบเพดานปาก (U1-PP angle)

#### 2) การประเมินความสูงของกระดูกเบ้าฟัน (Assessment of Alveolar Bone Height)

การประเมินความสูงของกระดูกเบ้าฟันดำเนินการโดยการวัดระยะทางในแนวตั้ง (Vertical distance) ขนานกับแกนยาวของฟัน (Long axis of the tooth) เริ่มจากรอยต่อเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction; CEJ) ไปยังยอดสันกระดูกเบ้าฟัน (Alveolar bone crest) ข้อมูลจากการวัดทั้งหมดบันทึกเป็นหน่วยมิลลิเมตร (mm) โดยทำการวัดแยกกันทั้งด้านริมฝีปาก (LaAH) และด้านเพดานปาก (PaAH) ของฟันหน้าบน (ภาพที่ 1)

การวัดความสูงของกระดูกเบ้าฟันถูกดำเนินการใน 2 ระยะเวลา ได้แก่ ระยะเวลา ก่อน (T1) และระยะภายหลังการดิ่งฟันหน้า (T2) จากนั้นจึงนำค่าความแตกต่างของความสูงกระดูกเบ้าฟันระหว่างระยะ T1 และ T2 มาคำนวณแยกแต่ละด้าน เพื่อประเมินการปรับตัวของกระดูกเบ้าฟันในแนวตั้ง (Vertical alveolar bone remodeling)



ภาพที่ 1 ความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปาก (LaAH) และด้านเพดานปาก (PaAH) ได้รับการวัดค่าโดยกำหนดเป็นระยะห่างระหว่างรอยต่อเคลือบรากฟัน (CEJ) และยอดสันกระดูกเบ้าฟัน (Alveolar bone crest)

## วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อประเมินความเชื่อมั่นของการวัด (Reliability) ผู้วิจัยทำการสุ่มเลือกภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้างจำนวน 6 ภาพ เพื่อทำการวาดภาพรอยและวัดผลซ้ำโดยเว้นระยะห่าง 4 สัปดาห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นภายในผู้วิจัยและระหว่างผู้วิจัย (Intra- and inter-rater reliability) โดยใช้สูตรของ Dahlberg และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น การศึกษานี้ ศึกษาในผู้ป่วยเพศหญิงทั้งสิ้น 24 ราย แบ่งเป็นกลุ่มละ 12 ราย โดยมีอำนาจการทดสอบอยู่ที่ระดับร้อยละ 80 การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล ดำเนินการด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test ซึ่งผลการทดสอบยืนยันว่าข้อมูล พารามิเตอร์ทางโครงสร้างกระดูก ทันตกรรม และค่าความสูงของกระดูกเบ้าฟัน มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สถิติ Paired t-tests ในการเปรียบเทียบความเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่ม ระหว่างระยะก่อนการรักษา (T1) และหลังการรักษา (T2) และใช้ Independent-sample t-tests สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์สำเร็จรูป SPSS Statistics for Windows (เวอร์ชัน 23.0; IBM Corp., Armonk, NY, USA) โดยมีการคำนวณสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviations) สำหรับทุกตัวแปร ทั้งนี้ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่  $P < 0.05$

## ผลการวิจัย

การศึกษานี้ ศึกษาในผู้ป่วยเพศหญิงทั้งสิ้น 24 ราย โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่  $20.16 \pm 1.80$  ปี ในระยะก่อนการดิ่งฟันหน้า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม ทั้งในพารามิเตอร์ทางโครงสร้างกระดูกและทางทันตกรรม (ตารางที่ 1)

ผลการประเมินความเชื่อมั่นภายในผู้วิจัย โดยอาศัยสูตรของ Dahlberg และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass Correlation Coefficient: ICC) สำหรับการวัดพารามิเตอร์ทางภาพรังสีศีรษะทั้งเชิงเส้นและเชิงมุม พบว่า ค่า ICC มีค่ามากกว่า 0.90 ในทุกตัวแปร ในการศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการวัดซ้ำโดยเว้นระยะห่าง 4 สัปดาห์ เพื่อประเมินความเชื่อมั่นภายในผู้วิจัย ผลการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของ Dahlberg (Dahlberg's error) พบว่า การวัดระยะทางจากภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.07 มิลลิเมตร (0.00 ถึง 0.20 มิลลิเมตร) และการวัดค่าเชิงมุม มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.4 องศา (0.0 ถึง 1.0 องศา)

สำหรับการวัดค่าทางโครงสร้างกระดูกในระยะ T1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของมุม ANB ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ เท่ากับ  $3.21 \pm 0.59$  องศา และในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนแบบสองชั้นตอน เท่ากับ  $3.36 \pm 0.96$  องศา ส่วนค่าเฉลี่ยของมุม SNA อยู่ที่  $84.88 \pm 1.40$  องศา สำหรับกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $84.25 \pm 2.26$  องศา สำหรับกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนแบบสองชั้นตอน นอกจากนี้ มุมระนาบขากรรไกรล่าง (MPA) มีค่าเฉลี่ย  $30.20 \pm 3.76$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $31.83 \pm 4.11$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนแบบสองชั้นตอน

ในส่วนของพารามิเตอร์ทางทันตกรรม พบว่าระยะทางเฉลี่ย U1-NA เท่ากับ  $8.85 \pm 1.80$  มิลลิเมตร ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $8.15 \pm 1.39$  มิลลิเมตร ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนแบบสองชั้นตอน สำหรับค่าเฉลี่ยของมุม U1-NA เท่ากับ  $27.82 \pm 5.08$  องศา และ  $28.08 \pm 4.50$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบน

แบบสองขั้นตอน ตามลำดับ ในขณะที่มุม U1-PP มีค่าเฉลี่ย  $126.25 \pm 3.84$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $127.33 \pm 3.73$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนแบบสองขั้นตอน โดยสรุป ทั้งโครงสร้างกระดูกและทางทันตกรรมของทั้งสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกัน และไม่มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก่อนเริ่มกระบวนการดิ่งฟันหน้า

**การประเมินความเอียงและตำแหน่งของฟันตัดหน้าบน (Assessment of U1 Inclination and Position)**

ภายหลังการดิ่งฟันหน้า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 2) เมื่อพิจารณามุม ANB พบว่า ลดลง  $0.05 \pm 0.32$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และลดลง  $0.08 \pm 0.69$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน ส่วนค่ามุม SNA ลดลง  $0.60 \pm 1.22$  องศา และ  $0.60 \pm 1.27$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอนตามลำดับ สำหรับมุมระนาบขากรรไกรล่าง (MPA) พบว่าเพิ่มขึ้น  $0.60 \pm 1.56$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และเพิ่มขึ้น  $0.08 \pm 2.61$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน

ในส่วนของพารามิเตอร์ทางทันตกรรม ระยะทาง U1-NA ลดลง  $3.00 \pm 1.86$  มิลลิเมตร ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $3.16 \pm 2.03$  มิลลิเมตร ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน สำหรับค่ามุม U1-NA พบว่าลดลง  $7.75 \pm 5.60$  องศา และ  $7.50 \pm 4.61$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอนตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน ค่ามุม U1-PP ลดลง  $7.90 \pm 4.14$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $6.80 \pm 4.47$  องศา ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน

สำหรับการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง บ่งชี้ว่ามีการยื่นตัวของฟันเล็กน้อยของฟันตัดหน้าบนในทั้งสองกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยการยื่นตัวเท่ากับ  $0.96 \pm 0.72$  มม. ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ และ  $0.92 \pm 0.69$  มม. ในกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทั้งสองกลุ่มในทุกพารามิเตอร์ทางทันตกรรม

**ตารางที่ 1** การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ทางโครงสร้างและทางทันตกรรมระหว่างกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองขั้นตอน ในระยะก่อนการรักษา (T1)

Variables		En-masse	Two-step	Difference	P-value
Skeletal parameters	ANB (degree)	$3.21 \pm 0.59$	$3.36 \pm 0.96$	0.15	0.647
	SNA (degree)	$84.88 \pm 1.4$	$84.25 \pm 2.26$	-0.63	0.418
	MPA (degree)	$30.2 \pm 3.76$	$31.83 \pm 4.11$	1.63	0.186
Dental parameters	U1-NA (mm)	$8.85 \pm 1.8$	$8.15 \pm 1.39$	-0.7	0.297
	U1-NA (degree)	$27.82 \pm 5.08$	$28.08 \pm 4.5$	0.26	0.953
	U1-PP (degree)	$126.25 \pm 3.84$	$127.33 \pm 3.73$	1.08	0.49

\* p < .05

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ทางโครงร่างและทางทันตกรรม (T2-T1) ระหว่างกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอน

Variables		En-masse	Two-step	Difference	P-value
		T2-T1	T2-T1		
Skeletal parameters	ANB (degree)	-0.05 ± 0.32	-0.08 ± 0.69	-0.03	0.878
	SNA (degree)	-0.6 ± 1.22	-0.6 ± 1.27	0	0.898
	MPA (degree)	0.6 ± 1.56	0.08 ± 2.61	-0.52	0.562
Dental parameters	U1-NA (mm)	-3.00 ± 1.86	-3.16 ± 2.03	-0.16	0.836
	U1-NA (degree)	-7.75 ± 5.6	-7.5 ± 4.61	0.25	0.919
	U1-PP (degree)	-7.9 ± 4.14	-6.8 ± 4.47	1.1	0.249
	Amount of intrusion (mm)	0.96 ± 0.72	0.92 ± 0.69	-0.04	0.835

\* p < .05

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกขาฟัน (T2-T1) ระหว่างกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่และกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอน

Location	Group	Alveolar bone height (mm)			
		T1	T2	T2-T1	P value**
Labial	En-masse	1.61±0.2	1.5±0.21	-0.11	0.028**
	Two-step	1.66±0.23	1.54±0.28	-0.12	0.016**
	Δ	-0.05	-0.04	0.01	0.847
Location	Group	Alveolar bone height (mm)			
Palatal	En-masse	1.69±0.25	1.85±0.24	0.16	0.012**
	Two-step	1.65±0.19	1.69±0.11	0.04	0.354
	Δ	0.04	0.16	0.12	0.088

\* p < .05

### การประเมินความสูงของกระดูกขาฟัน (Assessment of Alveolar Bone Height)

ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงความสูงกระดูก (ตารางที่ 3) ระยะก่อนการดิ่งฟัน (T1) กลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่ พบว่า LaAH เท่ากับ 1.61 ± 0.20 มม. และ PaAH เท่ากับ 1.69 ± 0.25 มม. สำหรับกลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอน ค่าเฉลี่ย LaAH 1.66 ± 0.23 มม. ในขณะที่ PaAH เท่ากับ 1.65 ± 0.19 มม.

ภายหลังเสร็จสิ้นการดิ่งฟันหน้า (T2) พบการลดลงของความสูงกระดูกขาฟันด้านริมฝีปากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่มีการลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.11 มิลลิเมตร ในขณะที่กลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอนมีการลดลงเฉลี่ยประมาณ 0.12 มิลลิเมตร ( $P < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงความสูงกระดูกขาฟันด้านริมฝีปาก

สำหรับด้านเพดานปาก ความสูงของกระดูกขาฟันเพิ่มขึ้นในทั้งสองกลุ่มภายหลังการดิ่งฟันหน้า โดยกลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกซี่แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเฉลี่ยประมาณ 0.16 มิลลิเมตร ในทางตรงกันข้าม กลุ่มการดิ่งฟันหน้า

แบบสองชั้นตอนแสดงการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 0.04 มิลลิเมตร ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงความสูงกระดูกเบ้าฟันด้านเพดานปาก

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่า การดิ่งฟันหน้าทั้งสองกลุ่ม ส่งผลให้ฟันเกิดการล้มเอียงไปทางด้านเพดานปาก โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ทั้งในพารามิเตอร์ทางโครงสร้างและทางทันตกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตที่ระบุว่า การปิดช่องว่างที่แตกต่างกันสามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ทางทันตกรรมที่คล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ตามทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนฟันตัดยังคงเป็นปัจจัยกำหนดกระบวนการปรับแต่งตัวของกระดูกเบ้าฟัน

โดยทั่วไป แรงที่ใช้ระหว่างการดิ่งฟันหน้าจะถูกส่งผ่านที่ระดับแบร็กเก็ต ซึ่งส่งผลให้แนวแรง ไม่ผ่านจุดศูนย์กลางต้านทานของฟัน จึงทำให้ฟันตัดเกิดการเคลื่อนที่แบบล้มเอียง มากกว่าการเคลื่อนที่แบบทั้งตัวอย่างสมบูรณ์ (Melsen, 1999; Reitan, 1967) การเคลื่อนที่แบบล้มเอียงนี้ ก่อให้เกิดแรงกดกระดูกตัวอยู่ทางด้านเพดานปาก ในขณะที่แรงดิ่งจะเกิดขึ้นทางด้านริมฝีปาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่อธิบายรูปแบบการละลายตัวของกระดูกที่พบในการศึกษานี้ การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างกระดูกมีความเสถียรค่อนข้างมากตลอดระยะเวลาการรักษาในทั้งสองกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xu et al. (2010) ที่รายงานว่า ทั้งการดิ่งฟันหน้าสองกลุ่ม ส่งผลกระทบบางโครงสร้างกระดูกน้อยมาก และส่งผลที่ระดับเดนโตอัลวีโอลาร์เป็นหลักในผู้ป่วยวัยผู้ใหญ่ที่สิ้นสุดการเจริญเติบโตแล้ว

#### การเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปาก (Labial Alveolar Bone Height Changes)

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปาก พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกี่ยวข้องกับการตอบสนองของสันกระดูกเบ้าฟัน (Alveolar crest) ภายหลังจากการดิ่งฟันหน้า พบว่า มีความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านริมฝีปากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองกลุ่ม ( $P < 0.05$ ) แสดงถึงปริมาณกระดูกเพิ่มขึ้น 0.11-0.12 มม. สอดคล้องกับหลายๆ การศึกษา Ahn et al. (2013), Sarikaya et al. (2002) และ Yodthong et al. (2013) ซึ่งแสดงให้เห็นเชิงประจักษ์ว่า การเคลื่อนฟันตัดหน้าแบบล้มเอียงไปทางด้านลิ้นและการดิ่งรวมฟัน นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของกระดูกสันเหงือกด้านริมฝีปาก อันเนื่องมาจากปรากฏการณ์ "การปรับแต่งตัวของกระดูก"

#### การเปลี่ยนแปลงความสูงของกระดูกเบ้าฟันด้านเพดานปาก (Palatal Alveolar Bone Height Changes)

ในการศึกษานี้พบว่า กลุ่มการดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกดั้งเดิมซึ่งแสดงการเพิ่มขึ้นของความสูงกระดูกด้านเพดานปาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.16 มม. แสดงถึงการลดลงของกระดูก ในขณะที่กลุ่มการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอนมีการลดลงเพียง 0.04 มม. ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างกันนี้ สามารถอธิบายได้ด้วยการกระจายความเค้นทางชีวกลศาสตร์ที่ต่างกันระหว่างสองเทคนิค กล่าวคือ การดิ่งฟันหน้าบนทั้งหกดั้งเดิมจำเป็นต้องใช้ขนาดแรงเริ่มต้นที่สูงกว่าเพื่อเคลื่อนฟันหน้าหกดั้งเดิม ซึ่งอาจทำให้เกิดการรวมตัวของความเค้นกด ที่มากเกินไปบริเวณกระดูกสันเหงือกด้านเพดานปาก จนอาจเกินขีดจำกัดของเอ็นยึดปริทันต์ และส่งผลให้เกิดการละลายตัวของกระดูกสันเหงือกเฉพาะที่ (Rizwan et al., 2011) ในทางกลับกัน วิธีการดิ่งฟันหน้าแบบสองชั้นตอนมีการกระจายแรง ซึ่งช่วยให้เนื้อเยื่อปริทันต์มีการปรับตัวได้มากกว่า

#### การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มและนัยสำคัญทางคลินิก (Intergroup Comparison and Clinical Implications)

การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณการสูญเสียกระดูกทั้งด้านริมฝีปากและด้านเพดานปาก การสูญเสียกระดูกในแนวตั้งโดยรวมที่ตรวจพบ (<0.2 มม.) ถือว่า อยู่ในระดับต่ำกว่าอาการทางคลินิก และไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของอวัยวะปริทันต์ในระยะยาวในผู้ป่วยที่มีลักษณะอวัยวะปริทันต์หนาและแข็งแรง ข้อค้นพบเหล่านี้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่ระบุว่า กระดูกเบ้าฟันด้านเพดานปากมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแบบละลายตัวมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการเคลื่อนฟันแบบล้มเอียง (Al-Khars et al., 2017; Kim et al., 2009)

อย่างไรก็ตาม ข้อค้นพบเหล่านี้มีนัยสำคัญทางคลินิกสำหรับผู้ป่วยที่มีลักษณะของกระดูกเบ้าฟันแบบบาง Yodthong et al. (2013) มีการตั้งข้อสังเกตว่าบริเวณฟันหน้าบนมักมีกระดูกที่บวมตามธรรมชาติ แม้การสูญเสียเพียง 0.2 มม. ก็อาจกระตุ้นให้เกิดรอยรอยแยกของกระดูกได้ ดังนั้น วิธีการดึงฟันหน้าแบบสองชั้นตอนอาจให้ข้อได้เปรียบทางปริทันต์เล็กน้อย โดยช่วยลดการสูญเสียกระดูกสันเหงือกด้านเพดานปากในผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงทางปริทันต์

### บทสรุป

เทคนิคการรักษาทั้งสองรูปแบบมีประสิทธิภาพเทียบเคียงกันในการควบคุมการเคลื่อนฟันหน้าบนเพื่อปิดช่องว่างจากการถอนฟัน โดยไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสุดท้ายของกระดูกและฟันในทางชีวภาพ พบว่า ด้านริมฝีปากกระบวนการดึงฟันหน้าส่งผลให้มีกระดูกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับที่ใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม อย่างไรก็ตาม พบข้อแตกต่างที่สำคัญบริเวณด้านเพดานปาก โดยการดึงฟันหน้าบนทั้งหมดซึ่งกระตุ้นให้เกิดการลดลงของความสูงกระดูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การดึงฟันหน้าแบบสองชั้นตอนช่วยอนุรักษ์ความสูงของกระดูกสันเหงือกในบริเวณดังกล่าวได้ดีกว่าและไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญ ดังนั้นในกรณีผู้ป่วยที่มีลักษณะทางชีวภาพของกระดูกเบ้าฟันแบบบางหรือมีภาวะเสี่ยงทางปริทันต์ การดึงฟันหน้าแบบสองชั้นตอนถือเป็นแนวทางที่เหมาะสมกว่า เพื่อลดแรงกดที่กระทำต่อกระดูกและป้องกันความเสี่ยงต่อกระดูกหลังการรักษา

### เอกสารอ้างอิง

- Ahn, H. W., Moon, S. C., & Baek, S. H. (2013). Morphometric evaluation of changes in the alveolar bone thickness and height of the maxillary incisors before and after anterior retraction. *The Angle Orthodontist*, 83(2), 212-219.
- Al-Khars, N., Hajeer, M. Y., Al-Jundi, A., & Murad, R. (2017). Evaluation of alveolar bone changes following en-masse retraction with miniscrew anchorage: A CBCT study. *The Angle Orthodontist*, 87(4), 557-564.
- Baumrind, S., & Frantz, R. C. (1971). The reliability of head film measurements: 1. Landmark identification. *American Journal of Orthodontics*, 60(2), 111-127.
- Burstone, C. J. (1962). The biomechanics of tooth movement. *American Journal of Orthodontics*, 48(11), 805-822.
- Diels, R. M., Kalra, V., DeLoach, N., Jr., Powers, M., & Nelson, S. S. (1995). Changes in soft tissue profile of African-Americans following orthodontic treatment involving extraction of four premolars. *The Angle Orthodontist*, 65(4), 285-292.
- Garlock, D. T., Buschang, P. H., Araujo, E. A., Behrents, R. G., & Kim, K. B. (2016). Evaluation of marginal alveolar bone in the anterior mandible with pretreatment and posttreatment cone-beam computed tomography in nonextraction patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 149(2), 192-201.
- Gracco, A., Lombardo, L., Mancuso, G., Gravina, V., & Siciliani, G. (2009). Upper incisor position and bony support in untreated patients as seen on CBCT. *The Angle Orthodontist*, 79(4), 692-702.
- Hong, S. Y., Lim, H. J., Choi, Y. J., & Chung, K. R. (2019). Relationship between root movement and alveolar bone remodeling during incisor intrusion and retraction. *The Angle Orthodontist*, 89(5), 747-754.
- Kim, Y., Park, J. U., & Kook, Y. A. (2009). Alveolar bone loss around incisors in Class I bidentoalveolar protrusion patients: A retrospective three-dimensional cone beam computed tomography study. *The Angle Orthodontist*, 79(4), 676-682.

- Kojima, Y., & Fukui, H. (2010). Numerical simulation of en-masse retraction mechanics. *The Angle Orthodontist*, 80(1), 72-79.
- Masumoto, T., Hwang, I., Rosenblatt, A., Cha, J. Y., & Chung, K. R. (2013). Alveolar bone changes in the maxillary anterior region during intrusion and retraction of incisors using mini-implants. *The Korean Journal of Orthodontics*, 43(2), 73-82.
- Melsen, B. (1999). Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *The Angle Orthodontist*, 69(2), 151-158.
- Melsen, B., & Allais, D. (2005). Factors of importance for the development of dehiscences during labial movement of mandibular incisors: A retrospective study of adult orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 127(5), 552-561.
- Park, J. H., & Tai, K. (2017). Non-extraction treatment of a Class II patient with severe crowding using a fan-type expansion screw and high-pull headgear. *Journal of Orthodontics*, 44(4), 282-290.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary Orthodontics* (6th ed.). Elsevier.
- Reitan, K. (1967). Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*, 53(10), 721-745.
- Rizwan, M., Mascarenhas, R., & Hussain, A. (2011). Biomechanical comparison of en-masse and two-step retraction using finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(4), e151-e158.
- Sarikaya, S., Haydar, B., Ciğ̈er, S., & Ariyürek, M. (2002). Changes in alveolar bone thickness due to retraction of anterior teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(1), 15-26.
- Sun, L., Yuan, L., Wang, B., Zhang, L., Shen, G., & Fang, B. (2011). Changes of alveolar bone thickness in growing patients with Class I malocclusion during orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*, 81(6), 1043-1049.
- Tian, Y. L., Liu, F., Sun, H. J., Lv, P., Cao, Y. M., Yu, M., & Yue, Y. (2015). Alveolar bone thickness around maxillary central incisors of different inclination assessed with cone-beam computed tomography. *The Korean Journal of Orthodontics*, 45(5), 245-252.
- Wennström, J. L., & Tomasi, C. (2017). On the periodontal risk assessment in patients with severe periodontitis. *Periodontology 2000*, 75(1), 188-193.
- Xu, T. M., Zhang, X., Oh, H. S., Boyd, R. L., Korn, E. L., & Baumrind, S. (2010). Randomized clinical trial comparing control of maxillary anchorage with 2 retraction techniques. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 138(5), 544.e1-544.e9.
- Yodthong, N., Charoemratrote, C., & Leethanakul, C. (2013). Factors related to alveolar bone thickness during upper incisor retraction. *The Angle Orthodontist*, 83(3), 394-401.

**Data Availability Statement:** The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



**Copyright:** © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).