

เปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟัน ในผู้ป่วยที่ถูกถอยฟันหน้าบนด้วยลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและลวดสแตนเลสตีลแบบสไลด์

ธีรพงศ์ มุทาโร วท.ม., อบ.ทันตกรรมจัดฟัน กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลนิคมคำสร้อย

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันหน้าบน ในผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันที่ถูกถอยฟันหน้าบนด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและกลุ่มที่ใช้ลวดสแตนเลสตีลด้วยวิธีสไลด์ จำนวนกลุ่มละ 31 ราย ทำการศึกษาในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการถอยฟันด้วยภาพรังสีรอบปลายรากบริเวณฟันตัดกลางบน 2 ซี่ ด้านซ้ายและด้านขวาที่เห็นทั้งปลายรากและตัวฟันอย่างชัดเจนโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพรังสีแบบขนาน ถ่ายภาพรังสีซ้ำอีกครั้งภายหลังจากถอยฟันหน้าไปชิดกับฟันเขี้ยวทั้งสองข้าง วัดเปรียบเทียบความยาวและชดเชยการยืดหดของภาพถ่ายรังสีในแต่ละครั้งด้วยการคำนวณเปรียบเทียบสัดส่วนจากขนาดของตัวฟันและแบร็คเก็ตจัดฟันที่คงที่ตลอดการเคลื่อนฟัน การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างกลุ่มใช้สถิติ chi-square และเปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันด้วยสถิติทดสอบค่าเฉลี่ย (student T-test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษา พบว่าภายหลังจากการถอยฟันหน้าบนมีความยาวของปลายรากฟันลดลงทั้งสองกลุ่ม แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มที่ถูกถอยฟันหน้าด้วยลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและกลุ่มที่ใช้ลวดสแตนเลสตีลด้วยวิธีสไลด์ ดังนั้นจากการที่ความยาวของปลายรากฟันลดลงในทั้งสองกลุ่ม จึงควรเลือกใช้เทคนิคแต่ละประเภทให้เหมาะสมตามคุณสมบัติของเครื่องมือ ใช้แรงอย่างระมัดระวัง และติดตามผลการรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อป้องกันการสูญเสียความยาวของปลายรากฟันและอวัยวะปริทันต์อย่างถาวร

คำสำคัญ: การสูญเสียของรากฟัน

Apical Root Resorption of Upper Incisors Caused by Retractive Tooth Movement:**A Comparative Study between TMA Arch Wire with Loop and SSW with Sliding Mechanics**

Teerapong Mutarai, M.Sc., Diplomate Thai Board of Orthodontics, Dental department, Nikomkhamsoi Hospital

Abstract

The objective of this comparative experimental study was to compare the external apical root resorption (EARR) of the upper anterior teeth in two groups of orthodontic patients with different upper incisor retraction techniques between the mechanism of TMA arch wire with loop and stainless-steel wire by sliding mechanics, 31 patients in each group. This study was performed in January 2019 to June 2020. Data was collected before incisor retraction by taking intra-oral radiographs of the two upper central incisors, both root and crown clearly visible using paralleling technique. Radiographs were repeated after retracting the front teeth against both canines. Root lengths were compared and compensated for radiographic distortion by calculating the proportional ratio of the orthodontic bracket that remained constant throughout tooth movement. Comparative data analysis of group proportions was performed using Chi-square statistics and external apical root resorption was compared by student T-test at a significance level of 0.05.

Results: After incisor retraction phase, the result found root length was reduced in both groups. But there was no statistically significant difference between the group of TMA arch wire with loop and the stainless-steel wire by sliding mechanics. Since root shortening was found after incisor retraction in both techniques. Therefore, each technique should be selected according to the material properties. Apply carefully force and continuously monitor the results of the treatment periodically to prevent permanent loss of root length and periodontal tissue.

Keywords: Apical Root Resorption, EARR

บทนำ

การสูญเสียของรากฟัน (External apical root resorption; EARR) เป็นผลข้างเคียงที่สำคัญในการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันอันทำให้เกิดการสูญเสียความยาวของปลายรากฟันอย่างถาวร และปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่จะสามารถป้องกันได้อย่างสมบูรณ์แบบ¹ บ่อยครั้งมักจะพบที่บริเวณฟันหน้าบน² เนื่องจากรากฟันมีรูปร่างแบบกรวย³ และมีระยะทางการเคลื่อนที่มากที่สุดในช่วงการรักษา⁴ ประมาณร้อยละ 10 ของผู้ป่วยทันตกรรมจัดฟันมักจะมีการสูญเสียของรากฟันหน้าบนเล็กน้อยซึ่งไม่ส่งผลต่อการบดเคี้ยว แต่ผู้ป่วยร้อยละ 1 - 2 จะพบการสูญเสียของรากฟันชนิดรุนแรงอันอาจส่งผลโดยตรงต่อการทำหน้าที่ของฟัน² มีหลายวิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยการสูญเสียของรากฟัน เทคนิคดั้งเดิมที่ใช้กันแพร่หลายคือการถ่ายภาพรังสี ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งภาพรังสีรอบปลายราก (Periapical radiograph)⁵ และภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic radiograph)⁶ หรือภาพรังสีวัดศีรษะด้านข้าง (Lateral cephalometry)⁷ ที่อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของการวินิจฉัยได้มาก ปัจจุบันมีการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทำให้ตรวจพบการละลายทางด้านข้างของรากฟัน⁸ และการใช้ CT scan⁹ ซึ่งทำให้การวินิจฉัยที่แม่นยำมากขึ้น อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูงและผู้ป่วยอาจได้รับปริมาณรังสีที่มากกว่าการถ่ายภาพรังสีตามปกติ

สาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟันเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัยทั้งจากปัจจัยจากการรักษาและที่เกี่ยวข้องกับตัวผู้ป่วยเอง¹⁰ อาทิเช่น ปัจจัยทางพันธุกรรม ปัจจัยทางระบบ เช่น โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะฟัน รากฟัน และกระดูกเบ้าฟัน อายุ เพศ กลุ่มชาติพันธุ์ และนิสัยผิดปกติ นอกจากปัจจัยที่เกิดจากตัวผู้ป่วยเองแล้ว การศึกษาที่ผ่านมายังพบว่าแรงทางทันตกรรมจัดฟันไม่ว่าจะเป็นขนาดหรือประเภทของแรงมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟัน ปกติแล้วผิวเคลือบรากฟันจะสามารถต้านทานการละลายได้มากกว่ากระดูก³ แต่ในช่วงการเคลื่อนฟันมักจะมีแรงเกิดขึ้นปริมาณมากที่บริเวณปลายรากฟัน โดยพบว่าแรงที่ให้มากกว่าทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟันมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ⁹ แต่ปัจจัยในด้านอื่นๆ ยังไม่พบ

ความสัมพันธ์กับการสูญเสียของรากฟันอย่างชัดเจน อาทิเช่น ลำดับการใช้ลวด เทคนิคการรักษา ประวัติการเคยได้รับภยันตรายต่อฟัน รูปร่างที่ผิดปกติของฟัน การรักษาทางทันตกรรมจัดฟันแบบ 1-phase หรือแบบ 2-phase การใช้เครื่องมือชนิดติดแน่นแบบปกติหรือเครื่องมือชนิดที่ไม่ใช้อย่างรัด¹¹

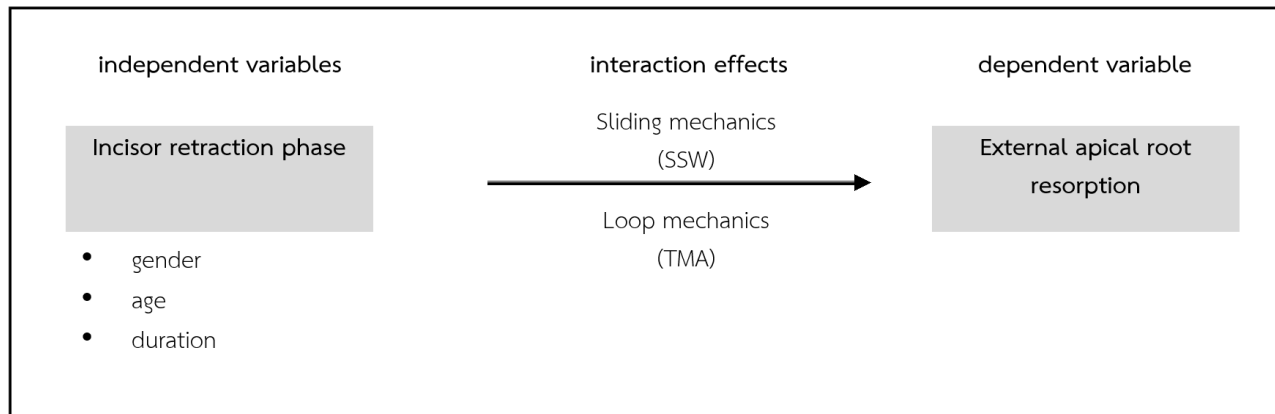
Acar et al.⁸ พบว่าแรงแบบไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟันได้น้อยกว่าแรงชนิดต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการหยุดให้แรงจะฟื้นฟูการไหลเวียนของระบบเลือดและการจัดเรียงตัวใหม่ของเอ็นยึดปริทัศน์ ตรงกันข้าม Owman - Moll et al.¹² พบว่าแรงแบบต่อเนื่องส่งผลให้เกิดการเคลื่อนฟันที่ดีกว่าแรงแบบไม่ต่อเนื่องแต่ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการสูญเสียของรากฟัน การศึกษาที่ผ่านมาได้ทำการเปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันทั้งปัจจัยที่เกิดจากตัวผู้ป่วย⁵ และปัจจัยที่เกิดจากแรงกระทำทั้งในด้านขนาด ระยะเวลา และชนิดของแรงซึ่งให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันไป และยังไม่มีการศึกษาที่ทำการเปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันระหว่างเทคนิคในการถอยฟันหน้าบนที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียของรากฟันที่เกิดขึ้นหลังจากการถอยฟันหน้าบน โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ไม่มีแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่โดยใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกลูป ซึ่งมีคุณสมบัติที่รวมทั้งความแข็งแรง ความยืดหยุ่นสามารถให้แรงได้อย่างต่อเนื่อง และการถอยฟันหน้าบนด้วยลวดสแตนเลสสตีลโดยวิธีสไลด์ดึงอันมีแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเทคนิคมาตรฐานทั่วไป มีความสะดวกราคาประหยัด แต่ให้แรงแบบไม่ต่อเนื่องในการเคลื่อนฟัน

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (experimental study) โดยศึกษาถึงการสูญเสียของรากฟันตัดซี่กลางบนทั้งด้านซ้ายและด้านขวาภายหลังการถอยฟันหน้าในผู้ป่วยที่ถูกถอนฟันกรามน้อยบนซี่แรกทั้งสองข้าง ทำการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคที่ใช้ประจำในหน่วยบริการโรงพยาบาลนิคมคำสร้อยซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาด F2 อันได้แก่ กลไกการถอยด้วยลวดที่เอ็มเอแบบลูป (TMA arch wire with loop) และการ

ถอยฟันด้วยลวดสแตนเลสสตีลแบบสไลด์ (stainless-steel wire by sliding mechanics) ซึ่งทั้งสองเทคนิคมีความแตกต่างกันในด้านแรงเสียดทาน ชนิดของแรงที่กระทำ

รูปแบบการเคลื่อนที่และราคาของเครื่องมือ ดังกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

กลุ่มประชากร

กำหนดกลุ่มประชากรการศึกษาจากผู้รับบริการทันตกรรมจัดฟันที่มีอายุมากกว่า 12 ปี ไม่เคยมีประวัติได้รับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันมาก่อน มีฟันหน้าแท้บนขึ้นครบ อยู่ในขั้นตอนของการถอยฟันหน้าบนหลังจากที่ถอยฟันเขี้ยวไปจนชิดฟันกรามน้อย ทำการเก็บข้อมูลไปข้างหน้า ในระหว่างช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563

เกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษา (Inclusion criteria)

ใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) จากผู้ที่สมัครใจเข้าร่วมโครงการและถูกถอนฟันกรามน้อยบนซี่แรกทั้งด้านขวาและด้านซ้ายตามแผนการรักษาประเภทเครื่องมือจัดฟันที่ใช้ Bracket slot เป็นแบบ Bi-dimensional technique (0.018²/0.022² brackets slot, 3M Unitek, Monrovia, Calif.) และถูกถอยฟันหน้าบนด้วยลวดสแตนเลสสตีลขนาด 0.016²X 0.022² (Highland® CA, USA.) ร่วมกับโซ่อีลาสโตเมอร์ หรือถูกถอยฟันหน้าด้วยลวด Beta-titanium molybdenum alloy with T-loop ขนาด 0.017²X 0.025² (TMA; Ormco®, Glendora, CA, USA.)

เกณฑ์การคัดแยกอาสาสมัครออกจากการศึกษา

(Exclusion criteria)

เมื่อกลุ่มตัวอย่างปฏิเสธการเอกซเรย์ในระหว่างการรักษา เคยได้รับการรักษาลongรากฟันที่ฟันหน้าบนซี่ใดซี่หนึ่งเนื่องจากจะทำให้มีความต้านทานต่อการสูญเสียของรากฟันมากขึ้น¹³ มีประวัติการได้รับอุบัติเหตุที่ฟันหน้า มีความผิดปกติของรูปร่างที่ตัวฟันหรือที่รากฟัน มีโรคทางระบบเช่น โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ Hypothyroidism

เกณฑ์ให้อาสาสมัครออกจากการศึกษา (Discontinuation criteria)

เมื่อกลุ่มตัวอย่างไม่มาตามนัดอย่างสม่ำเสมอ หรือปฏิเสธเข้าร่วมการทดลองในช่วงใดช่วงหนึ่ง

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

$$n/\text{group} = \frac{2(Z\alpha + Z\beta)^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$= \frac{2(1.96 + 0.84)^2 7^2}{(11-6)^2}$$

แทนค่าได้จำนวนตัวอย่างวิจัยกลุ่มละ 30.73 คน และเพิ่มจำนวนตัวอย่างแทนการสูญหาย (drop out) อีกร้อยละ 10 เป็นจำนวนอย่างน้อยกลุ่มละ 33.8 คน

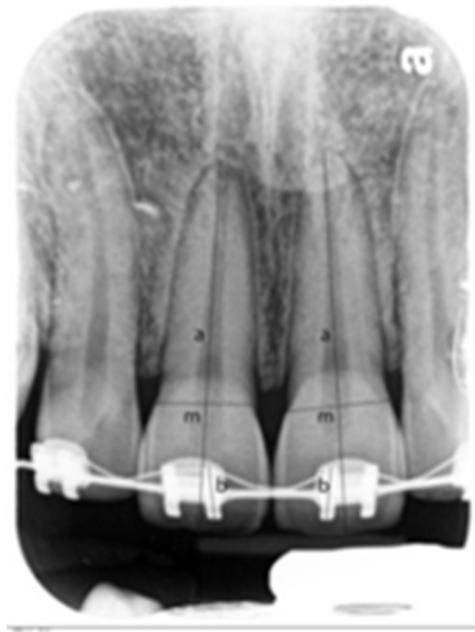
การพิทักษ์สิทธิและจริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยขออนุญาตเก็บข้อมูลโดยกลุ่มตัวอย่างลงชื่อยินยอมภายหลังได้รับการบอกกล่าวและด้วยความสมัครใจ (informed consent) ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างถูกเก็บไว้เป็นความลับ นำเสนอข้อมูลในภาพรวมของการวิจัยเท่านั้นไม่ได้ระบุเป็นข้อมูลของบุคคลใดบุคคลหนึ่งและการศึกษาครั้งนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จังหวัดมุกดาหาร หมายเลข 7.0032.2561

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นการวัดเปรียบเทียบความยาวของตัวฟันทั้งหมดจากภาพถ่ายรังสีก่อนและหลังการถอยฟันหน้าบนที่ความละเอียด 0.1 มิลลิเมตร ด้วยการกำหนดจุดกึ่งกลางตัวฟัน (M) ระหว่างรอยต่อของผิวเคลือบฟันและผิวเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ความยาวของตัวฟันทั้งหมด (a) วัดตามแนวเส้นที่ลากจากปลายรากฟันมายังปลายฟัน โดยให้ผ่านจุด M ด้วยซอฟต์แวร์ Adobe Photoshop 2022 (Adobe, San Jose, CA.) ที่กำลังขยาย 100% ในหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่มีความละเอียด 3840 x 2160 pixels

ความตรงของเครื่องมือควบคุมได้จากการชดเชยระยะยึดหดของภาพถ่ายรังสีด้วยการคำนวณเปรียบเทียบสัดส่วนจากความสูงของแบร์คเก็ตจัดฟัน (b) ที่คงที่ตลอดการเคลื่อนฟัน ดังแสดงตัวอย่างการกำหนดจุดและเส้นในภาพที่ 2 และทดสอบความเที่ยงของการวัดความยาวจากภาพรังสีจำนวน 20 ภาพ สองครั้ง ระยะเวลาห่างกันสองสัปดาห์โดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว มีค่าดัชนีความสอดคล้อง Cohen's Kappa coefficient (K) ของการวัดซ้ำเท่ากับ 0.83 ถือว่ามีความเที่ยงระดับดี



ภาพที่ 2 แสดงการกำหนดจุดและเส้นเพื่อการวัดความยาวบนภาพถ่ายรังสี

ขั้นตอนการศึกษา

ภายหลังจากที่ผู้ป่วยถูกถอยฟันเขี้ยวไปจนชิดกับฟันกรามน้อย ถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากบริเวณฟันตัดซี่กลางบน 2 ซี่ ด้านซ้ายและด้านขวา โดยให้เห็นทั้งตัวฟันและปลายรากฟันอย่างชัดเจนด้วยแผ่นรับรังสีในช่องปากเบอร์ 2 (ขนาด 30x40 มิลลิเมตร) ใช้เครื่องมือ XCP (Rinn Cooperation, Elgin, Illinois, USA.) เป็นตัวกำหนดตำแหน่งด้วยวิธีการ long-cone paralleling technique จากนั้นผู้ป่วยจะถูกสวมแบบไม่มือคดเพื่อแบ่งเป็นสองกลุ่มตามลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ถอยฟันหน้าบน อันได้แก่กลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกลูปและลวดสแตนเลสสตีลด้วยวิธีสไลด์ดึง ทำการถอยฟันหน้าบนจนเข้าไปชิดกับฟันเขี้ยวโดยใช้แรงในการเคลื่อนฟันแต่ละครั้งประมาณ 200 cN ต่อข้าง¹⁴ และถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากฟันตัดซี่กลางบน 2 ซี่ ซ้ำอีกครั้งด้วยแผ่นรับรังสีในช่องปากเบอร์ 2 ด้วยเทคนิคเช่นเดิม

ชดเชยระยะการยึดหดของภาพถ่ายรังสีด้วยการวัดความสูงของแบร์คเก็ตจัดฟันที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดตลอดระยะเวลาการรักษา ในสองช่วงเวลาคือก่อนถอยฟัน (b1) และอีกครั้งหลังจากที่ถอยฟันไปจนชิด (b2) วัดความยาวของตัวฟันทั้งหมดในภาพรังสีก่อน (a1) และหลังจากการถอยฟัน (a2) การคำนวณหาความยาว

ของตัวฟันทั้งหมดที่คาดว่าจะจะเป็นหลังจากขุดเซาะระยะยึด
หุดของภาพเมื่อถอยฟันหน้าไปแล้ว (Expected a2) ใช้
วิธีการคำนวณดังนี้ $\text{Expected a2} = (b2 \times a1)/b1$

การเปลี่ยนแปลงความยาวของรากฟันหลังจากเสร็จ
สิ้นการถอยฟันหน้าอ้างอิงจากวิธีการของ Scheibell et
al.¹⁵ โดยคำนวณจากความยาวที่คาดว่าจะจะเป็นลบด้วยความ
ยาวที่วัดได้ดังสูตร $\text{EARR} = \text{expected a2} - a2$ หน่วยเป็น
มิลลิเมตร

จัดกลุ่มระดับความรุนแรงของการละลายปลายราก
ฟัน คิดจากร้อยละเทียบกับความยาวของตัวฟันทั้งหมด
เริ่มต้น โดยแบ่งเป็นน้อยกว่าร้อยละ 1 ไม่เกิดการละลาย
ร้อยละ 1-3.99 มีการละลายเล็กน้อย ร้อยละ 4-8 มีการ
ละลายปานกลาง และมากกว่าร้อยละ 8 ของความยาวของ
ตัวฟันเริ่มต้นมีการละลายในปริมาณมาก

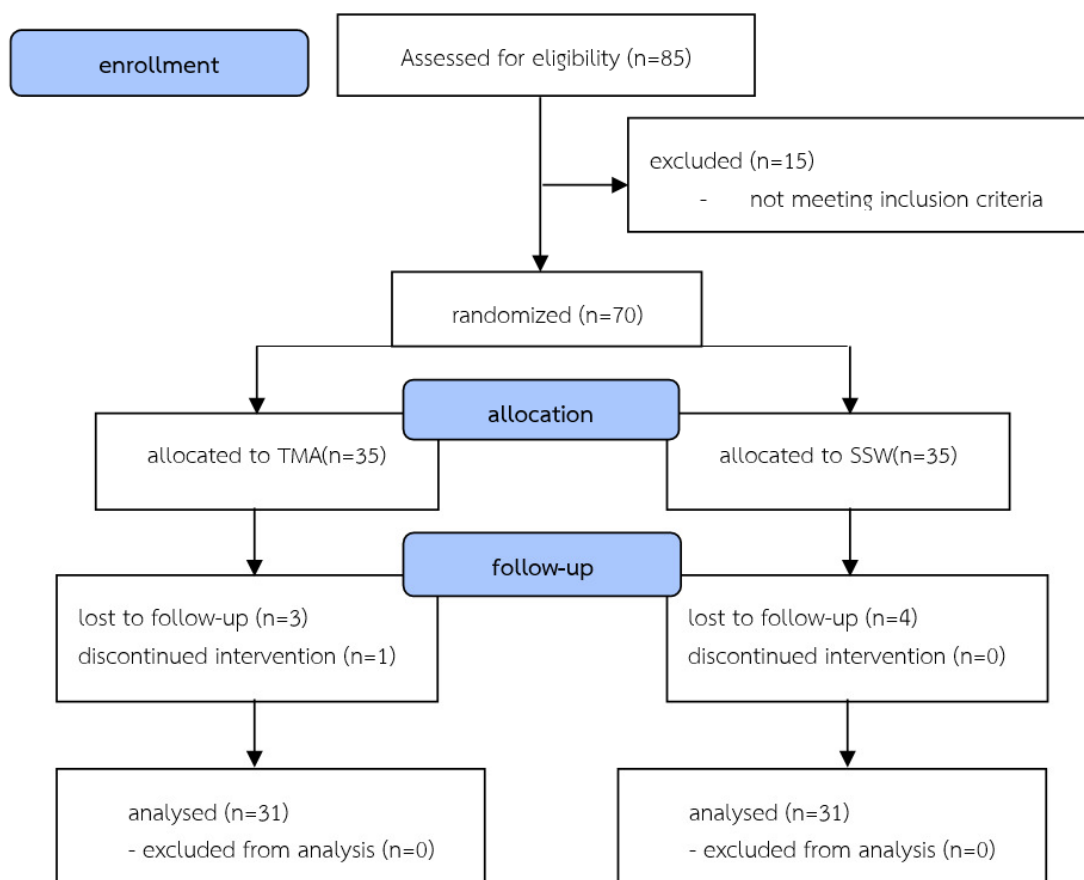
การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างกลุ่ม
ตามระดับความรุนแรงของการสูญเสียของรากฟันด้วย

สถิติ Chi-square และใช้สถิติ student T-test เพื่อ
เปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันระหว่างการถอยด้วย
ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและลวดสเตนเลสตีลแบบสไล
ดิงที่ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p=0.05$)

ผลการศึกษา

ตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการมีจำนวนทั้งหมด 85 คน
ผู้ป่วยจำนวน 15 คน ถูกตัดออกเนื่องจากไม่เข้าตามเกณฑ์
การคัดเลือกที่มีอายุระหว่าง 12-35 ปี และเคยได้รับการ
รักษาลองรากฟันที่ฟันหน้าบน ทำให้เหลือกลุ่มตัวอย่าง
จำนวน 70 คน กลุ่มตัวอย่างบางส่วนไม่ได้มาได้รับการรักษา
ตามกำหนดและผู้ป่วยอีก 1 ราย มีการเปลี่ยนแปลงแผนการ
รักษาทำให้คงเหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 62 คน แบ่ง
ออกเป็นกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและกลุ่มที่ใช้
ลวดสเตนเลสตีลด้วยวิธีสไลดิง จำนวนกลุ่มละ 31 คน ดัง
แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 CONSORT flow diagram

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 79 เพศชายร้อยละ 21 ระยะเวลาที่ใช้ในการถอยฟันหน้าบนส่วนใหญ่อยู่ที่ 6 - 12 เดือน คิดเป็นร้อยละ 61.3 มีอายุเฉลี่ย 22 ปี ส่วนใหญ่ร้อยละ 51.6 อยู่ในช่วงอายุ 12-19 ปี

แบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีลและลวดที่เอ็มเอ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่าง (N=62)

variables	groups		total (n=62) n (%)
	TMA (n=31) n (%)	SSW (n=31) n (%)	
Gender			
female	23 (74.2)	26 (83.9)	49 (79.0)
male	8 (25.8)	5 (16.1)	13 (21.0)
age (years)			
12 - 19	11 (35.5)	21 (67.7)	32 (51.6)
20 - 27	12 (38.7)	5 (16.1)	17 (27.4)
>28	8 (25.8)	5 (16.1)	13 (21.0)
range	14 - 43		
$\bar{X}$ (SD)	22.05 (6.57)		
treatment duration (months)			
< 6	7 (22.6)	4 (12.9)	11 (17.7)
6 - 12	17 (54.8)	21 (67.7)	38 (61.3)
> 12	7 (22.6)	6 (19.4)	13 (21.0)
range	3 - 18		
$\bar{X}$ (SD)	9.48 (3.98)		

จำนวนฟันหน้าบนที่ทำการศึกษารวมกันทั้งหมด 124 ซี่ เมื่อนำมาจัดกลุ่มตามระดับความรุนแรงของการสูญเสียของรากฟันโดยคิดเป็นร้อยละเทียบกับความยาวของตัวฟันทั้งหมดเริ่มต้นก่อนการถอยฟันหน้า พบว่าไม่เกิดการสูญเสียของรากฟัน (น้อยกว่าร้อยละ 1) จำนวน 10 ซี่ คิดเป็นร้อยละ 8.1 ส่วนใหญ่มีการละลายเล็กน้อย (ร้อยละ 1-3.99) จำนวน 46 ซี่ ร้อยละ 37.1 รองลงมา มีการละลายระดับปานกลาง (ร้อยละ 4-8) จำนวน 38 ซี่ ร้อยละ 30.6 และมีการละลายปริมาณมาก (มากกว่าร้อยละ 8) จำนวน 30 ซี่ ร้อยละ 24.2 โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการถอยฟันหน้าบนด้วยลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีลด้วยวิธีสไลด์

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Chi-square พบว่าระดับความรุนแรงของการสูญเสียของรากฟันในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.90$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนซี่ฟัน และร้อยละที่เกิดการสูญเสียของรากฟันแยกตามระดับความรุนแรง (N=124)

%EARR	resorption level	TMA	SSW	total	p-value (Chi-square)
		n (%)	n (%)	n (%)	
< 1	(no resorption)	5 (8.1)	5 (8.1)	10 (8.1)	0.90
1-3.99	(mild)	25 (40.3)	21 (33.9)	46 (37.1)	
4-8	(moderate)	18 (29.0)	20 (32.2)	38 (30.6)	
> 8	(Severe)	14 (22.6)	16 (25.8)	30 (24.2)	

ภายหลังจากการถอยฟันหน้าบนพบความยาวของปลายรากฟันลดลงทั้งสองกลุ่ม ฟันตัดซี่กลางบนด้านขวา (#11) มีค่าเฉลี่ยการสูญเสียของรากฟันเท่ากับ 1.36 มิลลิเมตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.06) ในกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอ และในกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15 มิลลิเมตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.91) และฟันตัดซี่กลางบนด้านซ้าย (#21) ในกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียของรากฟันเท่ากับ 1.28 มิลลิเมตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.86) และในกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีล

มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 มิลลิเมตร (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.89) เมื่อเปรียบเทียบการสูญเสียของรากฟันที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและถอยฟันหน้าบนด้วยลวดสเตนเลสสตีลโดยวิธีสไลด์ จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบค่าเฉลี่ย (student T-test) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.18$ และ $p=0.98$ ตามลำดับ) ในฟันตัดซี่กลางบนด้านขวา (#11) และฟันตัดซี่กลางบนด้านซ้าย (#21) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสูญเสียของรากฟัน (EARR) ภายหลังจากที่ถูกถอยฟันหน้าบน ระหว่างการใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและลวดสเตนเลสสตีลด้วยวิธีสไลด์ (N=124)

	n	Mean $\pm$ SD (Std. Error Mean)		n	SSW (n=32)	p-value (student T-test)
		TMA (n=32)				
upper right central incisor (#11)	32	1.36 $\pm$ 1.06 (.19)		32	1.15 $\pm$ 0.91 (.16)	0.18
upper left central incisor (#21)	32	1.28 $\pm$ 0.86 (.15)		32	1.42 $\pm$ 0.89 (.16)	0.98

วิจารณ์

การลดความยื่นของฟันหน้าในทางทันตกรรมจัดฟันมีขั้นตอนที่เรียกว่า “retraction mechanics”¹⁶ เทคนิคโดยทั่วไปจะสามารถแบ่งออกได้เป็นแบบสไลด์และแบบกลไก แบบสไลด์เป็นการเคลื่อนที่ของแบร็คเก็ตผ่านเส้นลวดทำให้มีแรงเสียดทานเกิดขึ้น มีข้อดีคือราคาประหยัด สะดวก แต่ข้อเสียคือแรงจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปการถอยฟันหน้าแบบกลไกเป็นการเคลื่อนที่ของฟันโดยใช้ลูปและสปริงเป็นตัวช่วยจึงไม่มีแรงเสียดทานและการเคลื่อนที่เกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องมากกว่า¹⁷ ทั้งสองวิธีการมีความแตกต่างกันที่ความ

ต่อเนื่องของแรงที่กระทำอันอาจจะส่งผลต่อการสูญเสียของรากฟันภายหลังจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันหรือ Orthodontically induced inflammatory root resorption (OIRR) ที่แตกต่างกันได้ Acar et al.⁸ พบว่าแรงแบบไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการสูญเสียของรากฟันได้น้อยกว่าแรงชนิดต่อเนื่องอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการหยุดให้แรงจะเป็นการป้องกันการเพิ่มขึ้นของบริเวณที่มีการตายของเซลล์แบบไม่ติดเชื้อ (Hyalinized areas) ทำให้เพิ่มกระบวนการไหลเวียนของระบบเลือด การซ่อมสร้างของเซลล์และผิวเคลือบรากฟัน แต่การศึกษาทางจุลทรรศน์วิทยาโดย Owman-Moll et al.¹² พบว่าแรงชนิดต่อเนื่อง

หรือแรงแบบไม่ต่อเนื่องไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในการสูญเสียของรากฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาด้วยภาพรังสีรอบปลายรากในครั้งนี้ที่ไม่พบความแตกต่างในระดับความรุนแรงของการสูญเสียของรากฟันและความยาวที่ลดลงของตัวฟันทั้งหมด ทั้งในกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกและกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีลโดยวิธีสไลด์ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบในลักษณะดังกล่าว ดังนั้นการถอยฟันหน้าด้วยเทคนิคทั้งสองแบบจึงเป็นวิธีการที่มีความปลอดภัยจากการที่ไม่พบความแตกต่างการสูญเสียของรากฟันและจึงไม่นำประเด็นดังกล่าวมาเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องมือทั้งสองชนิด แต่ควรพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมจากต้นทุนและประโยชน์ที่ผู้ป่วยจะได้รับในด้านอื่นๆ เช่น การลดระยะเวลาในการเคลื่อนฟันหรือความสะดวกต่อการใช้งาน อย่างไรก็ตามการสูญเสียของรากฟันอาจมีความแตกต่างกันได้จากปัจจัยลักษณะส่วนบุคคลของผู้ป่วย¹⁸

การศึกษาการสูญเสียของรากฟันครั้งนี้จะอิงจากภาพรังสีรอบปลายรากซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้กันแพร่หลายโดยทั่วไป แต่อาจมีความคลาดเคลื่อนจากการยืดหดของภาพ แตกต่างจากการศึกษาอื่นในปัจจุบันที่ใช้ Cone-beam CT¹⁹ ซึ่งทำให้การวินิจฉัยมีความแม่นยำมากขึ้นแต่มีค่าใช้จ่ายสูงและผู้ป่วยอาจได้รับรังสีในปริมาณมาก Gupta et al.⁶ McNab et al.²⁰ วินิจฉัยการสูญเสียของรากฟันจากภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic radiograph) ที่มีความสะดวก ลดระยะเวลาและปริมาณรังสีได้มากกว่า แต่ภาพรังสีปริทัศน์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของการวินิจฉัยได้มากถึงร้อยละ 20²¹ ดังนั้นการใช้ภาพรังสีรอบปลายรากจึงยังเป็นวิธีการมาตรฐานที่จะสามารถศึกษาได้ทั่วไปในทางคลินิกอย่างสมเหตุผล

ถึงแม้ความคลาดเคลื่อนจากการใช้ภาพรังสีรอบปลายรากอาจเกิดขึ้นได้จากตำแหน่งของผู้ป่วย การเอียงของแผ่นรับรังสี มุมระหว่างตัวฟันและรากฟัน แต่การศึกษานี้ทำการศึกษาในระหว่างการถอยฟันหน้าซึ่งตำแหน่งของฟันไม่มีการบิดหมุน อีกทั้งลดความคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่งการวัดความยาวตามแนวแกนฟันจากการใช้เครื่องมือกำหนดตำแหน่งชนิดเดียวกันทุกครั้ง เพื่อให้แกนเอกซเรย์ขนานกับแนวแกนฟันและป้องกันการบิดงอของแผ่นรับรังสี ใช้การอ้างอิง

แนวแกนฟันจากจุดกึ่งกลางของตัวฟันระหว่างรอยต่อของผิวเคลือบฟันและผิวเคลือบรากฟันทั้งด้านซ้ายและด้านขวา (Median CEJ) อันเป็นตำแหน่งที่มีความเหมาะสมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมุมระหว่างตัวฟันและแผ่นรับรังสี และคำนวณความยาวของตัวฟันโดยใช้หลักการ rule-of-three²² ทำให้การวัดระยะทางมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และนอกจากนั้นยังใช้ประโยชน์จากการมีแบร์ริเคตจัดฟันที่ติดขนานกับตัวฟันและไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดในระหว่างการทดลองและเห็นขอบเขตได้ชัดเจนมาใช้เป็นระยะอ้างอิง เพื่อลดเซรี่ย์ยะยืดหดของภาพถ่ายรังสี แทนการอ้างอิงจากรอยต่อของผิวเคลือบฟันและผิวเคลือบรากฟันเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งดังกล่าวบางครั้งสามารถทำได้ยาก จึงทำให้เพิ่มความแม่นยำของการคำนวณความยาวของตัวฟันทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงไป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียของรากฟันที่เกิดขึ้นภายหลังจากการถอยฟันหน้าบนในกลุ่มผู้ป่วยที่ถูกถอนฟันกรามน้อยซี่แรกทั้งสองข้าง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีระยะทางการเคลื่อนที่มากที่สุดระหว่างการรักษาและมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียของรากฟัน⁴ ความยาวที่ลดลงของปลายรากฟันจากการศึกษานี้แสดงทั้งมาตรอัตราส่วน และมาตริเรียงลำดับด้วยการจัดกลุ่มตามร้อยละเทียบกับความยาวของตัวฟันทั้งหมดเริ่มต้น เพื่อให้เห็นภาพความรุนแรงได้ชัดเจนในฟันที่มีความยาวแตกต่างกันและลดความคลาดเคลื่อนจากการยืดหดของภาพถ่ายรังสีรวมทั้งความคลาดเคลื่อนจากการกำหนดตำแหน่ง ผลการศึกษาพบว่าร้อยละ 8.1 ไม่เกิดการสูญเสียของรากฟัน ส่วนใหญ่มีการละลายเพียงเล็กน้อย (37.1 %) และปานกลาง (30.6 %) ใกล้เคียงกับการศึกษาจากภาพถ่ายรังสีโดย Scheibell et al.¹⁵ พบว่าหลังการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันไปแล้ว 6-12 เดือน ส่วนใหญ่จะพบการสูญเสียของรากฟันเพียงเล็กน้อย (38%) Lund et al.²³ ทำการศึกษาโดยใช้ Cone-beam CT พบการสูญเสียของรากฟันตัดซี่กลางบนหลังเสร็จสิ้นการรักษาร้อยละ 41.1 ซึ่งการใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทำให้สามารถตรวจจับการสูญเสียของรากฟันได้ชัดเจนมากกว่าจึงทำให้พบความชุกของการสูญเสียของรากฟันได้มากขึ้น

จากการทบทวนความชุกที่ผ่านมาพบว่าประมาณร้อยละ 10 ของผู้ป่วยมักจะมีการสูญเสียของรากฟันหน้าบนเล็กน้อยอันไม่ส่งผลต่อการบดเคี้ยว² และฟันจะโยกมากขึ้นหากความยาวของรากฟันลดลงเหลือน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร²⁴ การศึกษาครั้งนี้พบค่าเฉลี่ยการสูญเสียของรากฟันหน้าบนเพียงเล็กน้อยตั้งแต่ 1.15 ± 0.91 ถึง 1.42 ± 0.89 มิลลิเมตร ใกล้เคียงกับการศึกษาการสูญเสียของรากฟันหน้าบนในระหว่างการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันในช่วง 6 และ 12 เดือน โดย Mohandesan et al.²⁵ (0.77 ± 0.42 และ 1.67 ± 0.64 มิลลิเมตร) และพบการสูญเสียของรากฟันในปริมาณมาก (มากกว่าร้อยละ 8) ร้อยละ 24.2 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางคลินิกเนื่องจากการละลายที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะมนกลมของปลายราก จึงไม่ส่งผลต่อเสถียรภาพของฟันในระยะยาวโดยรวมแล้วการสูญเสียรูปร่างของรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิกนั้นเกิดขึ้นได้น้อย และผลเสียที่เกิดขึ้นไม่สามารถบดล้างประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน²⁶

Barroso et al.⁵ ไม่พบความแตกต่างของเพศ อายุ การถอนฟัน และประเภทของการสบฟันที่ส่งผลต่อการสูญเสียของรากฟัน แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ยังมีข้อควรพัฒนาในการควบคุมปัจจัยอื่นที่มีความเกี่ยวข้อง อาทิเช่น ระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนฟัน⁷ ความรุนแรงของการสบฟันและปริมาณการกดฟันหน้าเพื่อแก้ไขการสบลึก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ยากในการศึกษาทางคลินิกแต่อาจจะส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียของรากฟันได้ ดังนั้นข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษารังต่อไปจึงควรควบคุมและศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและศึกษาในระยะยาวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นการป้องกันและจัดการต่อการเกิดการสูญเสียของรากฟันในทางทันตกรรมจัดฟัน²⁷ จึงต้องเก็บข้อมูลผู้ป่วย อาทิเช่น ภาพถ่ายรังสี ชักประวัติอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งแจ้งผู้ป่วยต่อความเสี่ยงก่อนให้การรักษา ในระหว่างการรักษาควรหลีกเลี่ยงการใช้แรงปริมาณมาก และตรวจสอบด้วยภาพรังสีรอบปลายรากหลังจากเริ่มให้การรักษาไปแล้ว 6 เดือน เนื่องจากมีโอกาสสูงที่จะพบการละลายเพิ่มได้มากขึ้นอีกภายหลัง 12 เดือน²⁸ เมื่อพบการสูญเสียของรากฟันเกิดขึ้น ให้รีบหยุดให้แรงประมาณ 2-3 เดือน หรือเปลี่ยนแปลงแผนการรักษาหลังจากเสร็จสิ้นการรักษาให้ถ่ายภาพรังสีซ้ำอีกครั้ง ในกรณีที่มีการสูญเสียของรากฟันเกิดขึ้นแล้วให้เน้นย้ำผู้ป่วยถึงการดูแล

สุขอนามัยในช่องปาก รวมทั้งอาจพิจารณาให้การรักษาคลองรากฟันในผู้ป่วยที่มีการสูญเสียของรากฟันอย่างรุนแรง

สรุปผลการศึกษา

พบการสูญเสียของรากฟันลดลงเพียงเล็กน้อยทั้งสองกลุ่มภายหลังจากการถอยฟันหน้าบน แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ใช้ลวดที่เอ็มเอแบบกลไกลูป และกลุ่มที่ใช้ลวดสเตนเลสสตีลด้วยวิธีสไลด์ ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงมีประโยชน์ต่อการนำมาเป็นข้อพิจารณาในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิคในการถอยฟันหน้าบนแต่ละประเภท ให้เหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ ให้แรงอย่างระมัดระวังในการเคลื่อนฟัน และติดตามผลการรักษาอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการสูญเสียความยาวของปลายรากฟันและอวัยวะปริทันต์อย่างถาวร

เอกสารอ้างอิง

1. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically Induced Inflammatory root resorption. Part II: The clinical aspects. Angle Orthod. 2002; 72(2): 180-184.
2. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically Induced Inflammatory root resorption. Part I: The basic science aspects. Angle Orthod. 2002; 72(2): 175-179.
3. Harris EF. Root resorption during orthodontic therapy. Semin Orthod. 2000; 6(3): 183-194.
4. Segal G, Schiffman P, Tuncay O. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. Orthod Craniofac Res. 2004; 7(2): 71-8.
5. Barroso MCF, Devita RL, Lages EJP, Costa FdO, Drummond AF, Pretti H, et al. Risk variables of external apical root resorption during orthodontic treatment. Dental Press J Orthod. 2012; 17(2): 39.e1-7.
6. Gupta G, Singh RK, Relhan A, Singh G, Goyal A. Comparison of Apical Root Resorption

encountered during Maxillary Incisor retraction using Stainless Steel Boot Loop and TMA Boot Loop – A Case Series. *Orthod J Nepal*. 2016; 6(1): 45-48.

7. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 110(3): 311-320.

8. Acar A, Canyürek Ü, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. *Angle Orthod*. 1999; 69(2): 159-163.

9. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: A microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod DentofacOrthop*. 2006; 130(5): 639-647.

10. กิตติ์ภารัช กมลธรรม, ชิดชนก ลิขิตกุล. ทันตกรรมจัดฟันกับการสูญเสียของรากฟัน. *ว.ทันต.สงขลา นครินทร์* 2561; 6(1): 15-35.

11. Weltman B, Vig KWL, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *Am J OrthodDentofacOrthop*. 2010; 137(4): 462-476.

12. Owman-Moll Py, Kurol J, Lundgren D. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. *Angle Orthod*. 1995; 65(6): 395-401.

13. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995; 108(1): 48-55.

14. Vighnesh R, Ashith M.V, Shetty S, Nambiar S, Jose NP, Shetty S, Desai A. Retraction in Orthodontics-A Short Review. *Indian Journal of*

Forensic Medicine & Toxicology 2021; 15(1): 966-974.

15. Scheibel PC, Micheletti KR, Ramos AL. External Apical Root resorption after Six and 12 months of Non-Extraction Orthodontic Treatment. *Dentistry*. 2011; 1(1): 1-5.

16. Sivakumar A, Valiathan A. Intra-arch retraction mechanics-A contemporary review. *I Ind Orthod Soc*. 2006; 39: 101-109.

17. Ribeiro GLU, Jacob HB. Understanding the basis of space closure in Orthodontics for a more efficient orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod*. 2016; 21(2): 115-25.

18. Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod*. 2005; 75(6): 912-918.

19. Yi J, Sun Y, Li Y, Li C, Li X, Zhao Z. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod*. 2017; 87(2): 328-337.

20. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod*. 2000; 70(3): 227-232.

21. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthod*. 2001; 71(3): 185-189.

22. Brezniak N, Goren S, Zoizner R, Dinbar A, Arad A, Wasserstein A, Heller M. A comparison of three methods to accurately measure root length. *Angle Orthod*. 2004; 74(6): 786-791.

23. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment. A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod*. 2012; 82(3): 480-487.

24. Jönsson A, Malmgren O, Levander E. Long-term follow-up of tooth mobility in maxillary incisors with orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Orthod.* 2007; 29(5): 482-487.
25. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valaei N. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2007; 29(2): 134-139.
26. Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 109(1): 28-37.
27. Topkara A. External apical root resorption caused by orthodontic treatment: a review of the literature. *Eur J Pediatr Dent.* 2011; 12(3): 163-166.
28. Artun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption six and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod.* 2005; 75(6): 919-926