# INFLUENCE OF EXTRACTION VERSUS NON-EXTRACTION TREATMENT ON REFINEMENT FREQUENCY IN CLEAR ALIGNER THERAPY

Preeyakorn LERDTOMLSAKUL[1], Chidchanok LEETHANAKUL[1] and Suchada LIMSIRIWONG[2]

1 Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Songkla, Thailand; poundpyk@gmail.com (P. L.); chidchanok.l@psu.ac.th (C. L.)

2 College of Dental Medicine, Rangsit University, Thailand; suchada.l@rsu.ac.th

**ARTICLE HISTORY**

**Received:** 6 February 2026 **Revised:** 27 February 2026 **Published:** 13 March 2026

## ABSTRACT

The objective of this research is to investigate the association between space management requirements and refinement frequency in clear aligner treatment. This retrospective cohort study analyzed 190 patients who completed clear aligner treatment in Bangkok, Thailand from 2016-2025. Space management was categorized as < 6 mm (n = 155, 81.58%), representing non-extraction cases and ≥6 mm (n = 35, 18.42%) representing extraction cases. Modified Poisson regression was employed, adjusting covariants, reporting results as risk ratios with 95% confidence intervals, with $p<0.05$ considered statistically significant. The results revealed that closing space ≥ 6 mm was the strongest independent predictor of increased refinement frequency (adjusted RR = 1.37, 95% CI: 1.02-1.82, p = 0.034), indicating 1.37 times higher refinement risk. The overall refinement rate was 92.1%, with all patients requiring ≥ 6 mm space closure undergoing at least one refinement. Space closure in extraction cases represents the primary predictor of refinement frequency. Therefore, enhanced treatment planning incorporating auxiliary mechanics, optimized attachment design, and strategic overcorrection may improve treatment predictability and reduce both refinement frequency and overall treatment time.

**Keywords:** Clear Aligner Treatment, Refinement, Extraction, Non-extraction, Space Management

**CITATION INFORMATION:** Lerdtomlsakul, P., Leethanakul, C., & Limsiriwong, S. (2026). Influence of Extraction Versus Non-Extraction Treatment on Refinement Frequency in Clear Aligner Therapy. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(3), 35

# อิทธิพลของการรักษาแบบถอนฟันและไม่ถอนฟันต่อความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันใส

ปรียากร เลิศโตมรสกุล[1], ชิดชนก ลีธนะกุล[1] และ สุชาดา หลิมศิริวงษ์[2]

1 คณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; poundpyk@gmail.com (ปรียากร); chidchanok.l@psu.ac.th (ชิดชนก)

2 วิทยาลัยทันตแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต; suchada.l@rsu.ac.th

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการในการจัดการช่องว่างในกรณีที่ถอนและไม่ถอนฟันกับความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม (refinement frequency) ในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใส (clear aligner treatment) การศึกษาแบบย้อนหลังนี้วิเคราะห์ผู้ป่วย 190 ราย ที่รักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใสจนเสร็จสมบูรณ์ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2559-2568 การจัดการช่องว่างถูกแบ่งกลุ่มเป็นปิดช่องว่าง < 6 มิลลิเมตรต่อช่องแทนกรณีแผนการรักษาแบบไม่ถอนฟัน (n = 155, ร้อยละ 81.58) และ ≥ 6 มิลลิเมตรแทนกรณีแผนการรักษาแบบถอนฟัน (n = 35, ร้อยละ 18.42) ใช้การวิเคราะห์ถดถอยปัวซองแบบปรับเปลี่ยน (modified Poisson regression) โดยปรับค่าสำหรับอายุ เพศ การมีตุ่มเคลื่อนฟันบริเวณฟันหน้า (anterior attachment) และจำนวนชิ้นเครื่องมือในชุดแรก รายงานผลลัพธ์เป็นอัตราส่วนความเสี่ยง (risk ratio) พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% โดยถือว่า p<0.05 มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่าการปิดช่องว่าง ≥ 6 มิลลิเมตร เป็นตัวทำนายอิสระที่แข็งแกร่งที่สุดของความถี่การทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมที่เพิ่มขึ้น (adjusted RR = 1.37, 95% CI: 1.02-1.82, p = 0.034) บ่งชี้ความเสี่ยงสูงขึ้น 1.37 เท่า อัตราการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 92.1 โดยผู้ป่วยทุกรายที่ต้องการการปิดช่องว่าง ≥ 6 มิลลิเมตร ต้องการการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมอย่างน้อยหนึ่งครั้ง ดังนั้นการวางแผนการรักษาที่ดียิ่งขึ้นซึ่งรวมถึงการใช้กลไกเสริม (auxiliary mechanics) การออกแบบตุ่มเคลื่อนฟันที่เหมาะสม (optimized attachment design) และการปรับแต่งแผนการรักษา(overcorrection) อย่างเหมาะสม อาจช่วยปรับปรุงความสามารถในการคาดการณ์ผลการรักษา และลดทั้งความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมและระยะเวลาการรักษาโดยรวม

**คำสำคัญ:** การรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใส, การทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม, การถอนฟัน, การไม่ถอนฟัน, การจัดการช่องว่างในช่องปาก

**ข้อมูลการอ้างอิง:** ปรียากร เลิศโตมรสกุล, ชิดชนก ลีธนะกุล และ สุชาดา หลิมศิริวงษ์. (2569). อิทธิพลของการรักษาแบบถอนฟันและไม่ถอนฟันต่อความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันใส. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(3), 35

## บทนำ

เครื่องมือจัดฟันแบบใส (clear aligner) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในทันตกรรมจัดฟันร่วมสมัย เนื่องจากมีความสามารถพิเศษในการแก้ไขปัญหาทางทันตกรรมจัดฟันที่ซับซ้อนพร้อมทั้งให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิผล เครื่องมือเหล่านี้ถูกออกแบบให้มีความสวยงามและสามารถถอดออกได้ ช่วยให้ผู้ป่วยดูแลสุขอนามัยช่องปากได้ง่ายขึ้นและมีความสะดวกสบายมากขึ้นระหว่างการรักษา เทคโนโลยีต่างๆ เช่น การออกแบบและการผลิตโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (CAD-CAM) และซอฟต์แวร์ ClinCheck (Weir, 2017) ซึ่งพัฒนาโดยบริษัทอไลน์เทคโนโลยี (Align Technology) ได้ถูกบูรณาการเข้ากับกระบวนการผลิตและการวางแผนการรักษา เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของฟันและลดความจำเป็นในการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม (refinement) แม้จะมีข้อดีมากมาย แต่เครื่องมือจัดฟันแบบใสยังคงมีข้อจำกัดโดยเฉพาะในกรณีที่มีความซับซ้อนทางทันตกรรมจัดฟันสูง กรณีเหล่านี้มักต้องการการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมหลายครั้งเพื่อให้บรรลุผลลัพธ์ที่ต้องการ ซึ่งไม่เพียงแต่จะยืดระยะเวลาการรักษา แต่ยังอาจส่งผลกระทบต่อความสำเร็จโดยรวมของการรักษา (Krieger et al., 2011) ปัจจัยต่างๆ เช่น ความซับซ้อนเริ่มต้นของการสบฟันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีความจำเป็นต้องมีการถอนฟันร่วมด้วย ความแม่นยำของการคาดการณ์การเคลื่อนที่ของฟันด้วย ClinCheck ความร่วมมือของผู้ป่วยในการสวมใส่เครื่องมือตามที่กำหนด รวมถึงทักษะและประสบการณ์ของทันตแพทย์จัดฟัน มีบทบาทสำคัญในการลดความจำเป็นในการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมและเพิ่มประสิทธิภาพการรักษา (Abu-Arqub et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันมีงานวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนการเพิ่มชุดเครื่องมือเพิ่มเติมไม่มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เปรียบเทียบระหว่างการรักษาที่มีการถอนฟันและไม่ถอนฟัน ดังนั้นการทำความเข้าใจอิทธิพลที่อาจส่งผลต่อความจำเป็นในการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม อาจนำไปสู่การพัฒนาวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดจำนวนการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมและลดระยะเวลาการรักษาโดยรวมได้

## การทบทวนวรรณกรรม

การรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใสได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อันเนื่องมาจากข้อได้เปรียบด้านความสวยงาม ความสะดวกสบาย และความยืดหยุ่นในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม หนึ่งในประเด็นที่พบบ่อยในการรักษาด้วยระบบนี้คือความจำเป็นในการทำการปรับแต่งเพิ่มเติมหรือการทำ refinement เพื่อให้บรรลุผลลัพธ์การรักษาที่เหมาะสมที่สุด งานวิจัยก่อนหน้าส่วนใหญ่รายงานว่า การทำ refinement มีความชุกสูงอย่างสม่ำเสมอในทุกการศึกษา Meade และคณะรายงานว่าผู้ป่วยถึง 99.4% ต้องการ refinement อย่างน้อย 1 ครั้ง โดยมีจำนวนครั้งการทำ refinement โดยเฉลี่ยที่ 2 ครั้ง(Meade et al., 2022) ในทำนองเดียวกัน การสำรวจของ Abu Arqub และคณะในทันตแพทย์จัดฟันจากสมาคมทันตแพทย์จัดฟันอเมริกัน (American Association of Orthodontists) พบว่า มีอัตราการทำ refinement มากกว่า 80% ของเคสทั้งหมด (Abu Arqub et al., 2022) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการทำ refinement สามารถพบได้มากแต่ความถี่ของ refinement อาจแตกต่างกันไปตามปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างฟันที่มากซึ่งมักเกี่ยวข้องกับการถอนฟัน เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความซับซ้อนและผลลัพธ์ของการรักษา การตัดสินใจระหว่างการรักษาแบบถอนฟันและการรักษาแบบไม่ถอนฟัน ในการจัดฟันแบบใสนั้นส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการเคลื่อนที่ของฟันที่จำเป็นและโอกาสในการต้องทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม (refinement) ในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใส กรณีไม่ถอนฟันมักเกี่ยวข้องกับการจัดการช่องว่างน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ซึ่งอาจได้ช่องว่างจากการขยายส่วนโค้งขากรรไกร (arch expansion) การลดความกว้างระหว่างฟัน (interproximal reduction) หรือการหมุนปรับตำแหน่งฟันเล็กน้อย ในขณะที่กรณีที่ต้องถอนฟันโดยทั่วไปจำเป็นต้องปิดช่องว่าง (space closure) 6 มิลลิเมตรขึ้นไป การศึกษาจาก Barashi และคณะรายงานว่า ปริมาณความรุนแรงของช่องว่าง มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความจำเป็นในการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม โดยผู้ป่วยที่มีช่องว่างปานกลาง (3-5 มิลลิเมตร) และรุนแรง (≥6 มิลลิเมตร) มีแนวโน้มที่จะต้องการการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมสูงขึ้น 4.9 และ 20.9 เท่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ

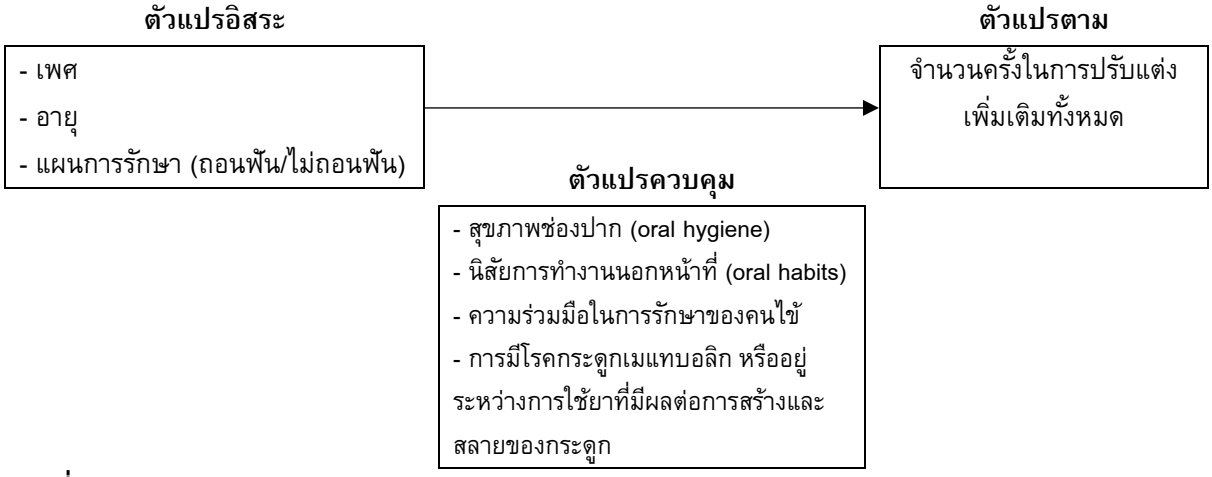
ผู้ป่วยที่มีช่องว่างเล็กน้อย (1-3 มิลลิเมตร) (Barashi et al., 2024) ความแตกต่างนี้สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของเครื่องมือจัดฟันแบบใส ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเคลื่อนที่ของฟันที่มีขนาดเล็กถึงปานกลาง

ถึงแม้ว่าการรักษาด้วยอุปกรณ์จัดฟันแบบใสในกรณีที่ไม่ถอนฟันจะมีความแม่นยำค่อนข้างมากแต่จากการศึกษายังคงมีข้อจำกัดบางประการอย่างเช่น ฟันหลัง โดยเฉพาะฟัน กรามบนซี่ที่ 2 และการแก้การหมุนของฟันที่มีรูปร่างกลมอย่างฟันเขี้ยวล่าง อุปกรณ์จัดฟันใสจะมีความแม่นยำที่ลดลง รวมถึงการ intrusion ของฟันหน้า ได้แค่ 44 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของผลที่เราคาดการณ์ไว้ ทำให้การควบคุม vertical control ทำได้ค่อนข้างจำกัด และความสามารถในการขยายความกว้างของการเรียงตัวของฟันเพื่อให้ได้ช่องว่างสำหรับดึงฟันหน้าเข้าเพื่อลดความยื่นหรือแก้ไขฟันซ้อนเกในกรณีไม่ถอนฟัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า clear aligner ทำได้ประมาณ 70 ถึง 80 %ของผลที่คาดการณ์ไว้ (Grünheid et al. 2017, Krieger et al. 2011) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในการจัดฟันแบบใสจะพบว่ากรณีที่ถอนฟันมีความแม่นยำเพียง 41-50% เท่านั้น เมื่อเทียบกับ 70-80% ในเคสไม่ถอนฟัน และใช้เวลาในการรักษานานกว่าการจัดฟันแบบติดแน่นถึง 44% (Papadimitriou et al., 2018) ข้อจำกัดหลักพบใน anchorage control ของฟันกรามซึ่งแสดง mesial tipping มากกว่าที่คาดการณ์ การดึงฟันเขี้ยวเพื่อปิดช่องว่างที่น้อยกว่าแผนการรักษา (Dai et al., 2021) จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องปิดช่องว่างจากการถอนฟันซึ่งทำให้ความซับซ้อนในการเคลื่อนฟันเพิ่มขึ้นอย่างมาก การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความสัมพันธ์เกี่ยวกับแผนการรักษาในการถอนฟันและไม่ถอนฟันต่อจำนวนครั้งในการทำ refinement ทั้งหมด โดยควบคุมอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อการทำ refinement ออกด้วย modified poisson regression

**สมมติฐานการวิจัย**

การปิดช่องว่างอย่างน้อย 6 มิลลิเมตร ในกรณีที่มีการถอนฟันมีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการปิดช่องว่างน้อยกว่า 6 มิลลิเมตร

**กรอบแนวคิดการวิจัย**




**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิด

## ผลการวิจัย

การศึกษานี้รวมผู้ป่วยที่รักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใสจนเสร็จสมบูรณ์ทั้งหมด 190 ราย อายุเฉลี่ย 33.09 ± 10.58 ปี (ช่วง: 12-58 ปี) โดยส่วนใหญ่เป็นวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ร้อยละ 61.05 และเพศหญิงร้อยละ 70.53 ด้านลักษณะทางคลินิกผู้ป่วยร้อยละ 81.58 รักษาแบบไม่ถอนฟันโดยมีช่องว่างน้อยกว่า 6 มิลลิเมตรต่อช่อง (ตารางที่ 1)

จำนวนครั้งเฉลี่ยของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม (refinement) อยู่ที่ 1.53 ± 1.05 ครั้ง (ช่วง: 0-6) อัตราส่วนความแปรปรวนต่อค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.72 บ่งชี้ว่าไม่มีการกระจายตัวมากเกินไป (overdispersion) และยืนยันความเหมาะสมของ

การใช้การวิเคราะห์ถดถอยปัวซอง (Poisson regression) อัตราการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 92.1 โดยผู้ป่วยเพียงร้อยละ 7.9 รักษาเสร็จสมบูรณ์โดยไม่ต้องทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม ทั้งนี้พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างจำนวนการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมกับการจัดการช่องว่าง (P = 0.004) โดยที่ผู้ป่วยทุกรายในกลุ่มที่มีช่องว่าง ≥6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นตัวแทนการรักษาแบบถอนฟัน ต้องการการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมอย่างน้อยหนึ่ง (ตารางที่ 2)

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการแต่งเพิ่มเติม ด้วยการวิเคราะห์แบบตัวแปรเดี่ยว (Univariable analysis) โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยปัวซอง (Poisson regression analysis) พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการปรับแก้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้แก่ การจัดการช่องว่าง โดยที่กลุ่มที่ช่องว่างมากกว่าหรือเท่ากับ 6 มม. จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการปรับแก้หรือปรับแผนการรักษาเป็น 1.51 เท่า (Crude RR = 1.51, 95%CI: 1.20-1.90, p-value <0.001) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีช่องว่างน้อยกว่า 6 มม. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการปรับแก้หรือปรับแผนการรักษาด้วยการวิเคราะห์แบบพหุตัวแปร(Multivariable analysis) โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุปัวซอง(Multiple Poisson regression analysis) พบว่าการปิดช่องว่างมากกว่าหรือเท่ากับ 6 มม.ยังคงเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งของการปรับแก้หรือปรับแผนการรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อควบคุมอิทธิพลของปัจจัยกวน โดยที่กลุ่มที่มีช่องว่างมากกว่าหรือเท่ากับ 6 มม.ในกรณีที่มีการถอนฟัน จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเพิ่มชุดอุปกรณ์ปรับแต่ง (refinement) เป็น 1.37 เท่า (Adjusted RR = 1.37, 95%CI: 1.02-1.82, p-value = 0.034) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีช่องว่างน้อยกว่า 6 มม. (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 1** ลักษณะทางประชากรศาสตร์และลักษณะทางคลินิกของผู้ป่วย (N = 190)

| **Characteristics** | **n** | **%** |
|---|---|---|
| **Age (years)** | | |
| Adolescence (12-19 years old) | 23 | 12.11 |
| Early adult (20-39 years old) | 116 61.05 | |
| Middle adult (40-60 years old) | 51 26.84 | |
| Mean ± SD; 33.09 ± 10.58, Min.-Max.; 12-58 | | |
| **Gender** | | |
| Male | 56 | 29.47 |
| Female | 134 | 70.53 |
| **Space management** | | |
| < 6 mm (non-extraction) | 155 | 81.58 |
| ≥ 6 mm (extraction) | 35 | 18.42 |

**ตารางที่ 2** การกระจายตัวของปัจจัยด้านผู้ป่วยและการรักษา จำแนกตามจำนวนครั้งการปรับแต่งเพิ่มเติม

| Factors | Number of refinement | | | | | | | | | | | | | | P-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 (n = 15) | | 1 (n = 104) | | 2 (n = 41) | | 3 (n = 20) | | 4 (n = 6) | | 5 (n = 3) | | 6 (n = 1) | | |
| | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | n | (%) | |
| All patients | 15 | (7.9) | 104 | (54.7) | 41 | (21.6) | 20 | (10.5) | 6 | (3.2) | 3 | (1.6) | 1 | (0.5) | |
| Age (years) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adolescence | 4 | (17.4) | 9 | (39.1) | 3 | (13.0) | 6 | (26.1) | 0 | (0.0) | 1 | (4.4) | 0 | (0.0) | 0.007 |
| Early adult | 7 | (6.0) | 72 | (62.1) | 19 | (16.4) | 11 | (9.5) | 5 | (4.3) | 2 | (1.7) | 0 | (0.0) | |
| Middle adult | 4 | (7.8) | 23 | (45.1) | 19 | (37.3) | 3 | (5.9) | 1 | (2.0) | 0 | (0.0) | 1 | (2.0) | |
| Gender | | | | | | | | | | | | | | | |
| Male | 6 | (10.7) | 30 | (53.6) | 11 | (19.6) | 6 | (10.7) | 2 | (3.6) | 1 | (1.8) | 0 | (0.0) | 0.955 |
| Female | 9 | (6.7) | 74 | (55.2) | 30 | (22.4) | 14 | (10.5) | 4 | (3.0) | 2 | (1.5) | 1 | (0.8) | |
| Space management | | | | | | | | | | | | | | | |
| $<$ 6 mm | 15 | (9.7) | 90 | (58.1) | 29 | (18.7) | 16 | (10.3) | 4 | (2.6) | 1 | (0.7) | 0 | (0.0) | 0.004 |
| $\geq$ 6 mm | 0 | (0.0) | 14 | (40.0) | 12 | (34.3) | 4 | (11.4) | 2 | (5.7) | 2 | (5.7) | 1 | (2.9) | |

**ตารางที่ 3** การวิเคราะห์พหุตัวแปรสำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนการปรับแต่งเพิ่มเติม

| Factors | Univariable analysis | | | Multivariable analysis | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Crude RR (95%CI) | | p-value | Adjusted RR (95%CI) | | p-value |
| Space management | | | | | | |
| $<$ 6 mm (non-extraction) | 1.00 | Reference | | 1.00 | Reference | |
| $\geq$ 6 mm (extraction) | 1.51 | (1.20-1.90) | <0.001 | 1.37 | (1.02-1.82) | 0.034 |

## สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ประกอบด้วยผู้ป่วยผู้ใหญ่เป็นส่วนใหญ่ (อายุเฉลี่ย 33.09 ± 10.58 ปี) โดยมีสัดส่วนเพศหญิงสูงกว่าเพศชาย (ร้อยละ 70.5 และร้อยละ 29.5 ตามลำดับ) รูปแบบทางประชากรศาสตร์ นี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นว่า ผู้ป่วยเพศหญิงมีความนิยมในการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใส ซึ่งสะท้อนความใส่ใจด้านความสวยงามและความยอมรับเครื่องมือจัดฟันที่มองเห็นได้น้อยกว่า (Nedwed et al., 2005) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม มีความสัมพันธ์กับความซับซ้อนของการรักษา ซึ่งบ่งชี้โดยความต้องการในการจัดการช่องว่างในช่องปาก ในที่นี้คือการปิดช่องว่าง ≥6 มม.ซึ่งเป็นตัวแทนการรักษาจัดฟันร่วมกับการถอนฟัน ผู้ป่วยที่ต้องการการปิดช่องว่าง ≥6 มิลลิเมตรในกรณีที่มีการถอนฟัน มีความเสี่ยงในการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมสูงขึ้น 1.37 เท่า (Adjusted RR = 1.37, 95%CI: 1.02-1.82, p = 0.034) เทียบกับกลุ่มที่มีการจัดการช่องว่าง <6 มม.เมื่อควบคุมอิทธิพลของปัจจัยกวน นอกจากนี้ ผู้ป่วยส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ (ร้อยละ 92.1) ต้องการการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมอย่างน้อยหนึ่งครั้ง โดยร้อยละ 54.7 ต้องการหนึ่งครั้ง และร้อยละ 37.4 ต้องการตั้งแต่สองครั้งขึ้นไป อัตราการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมที่สูงนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ชี้ให้เห็นว่าการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใสในปัจจุบันมากกว่าที่จะเป็นข้อยกเว้น (Arqub et al., 2022, Wolf et al., 2024) Ladewig et al. รายงานว่า ผู้ป่วยร้อยละ 70.31 ต้องการ refinement และร้อยละ 21.95 ต้องทำ refinement มากกว่า 2 ครั้ง (Ladewig et al., 2025)

แม้ว่า Invisalign จะแสดงความแม่นยำสูงในการบรรลุตำแหน่งฟันที่คาดการณ์ไว้ในกรณีไม่ถอนฟัน แต่ความคลาดเคลื่อนบางประการระหว่างผลลัพธ์ที่วางแผนไว้และที่เกิดขึ้นจริงอาจยังคงเกิดขึ้น Grünheid และคณะ พบความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำแหน่งฟันที่คาดการณ์และที่บรรลุได้ในฟันส่วนใหญ่ที่รักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันแบบใสในกรณีไม่ถอนฟัน โดยเฉพาะในบริเวณฟันหลังและสำหรับการเคลื่อนที่แบบหมุน (rotational movement) แม้ว่าหลายกรณีจะไม่มีความเกี่ยวข้องทางคลินิก ฟันหน้ามีแนวโน้มที่จะมีตำแหน่งเข้าใกล้ระนาบสบ (occlusal plane) มากกว่าที่วางแผนไว้ และฟันที่มีรูปร่างกลมมักแสดงการหมุนที่ไม่สมบูรณ์ (Grünheid et al., 2017) สำหรับฟันหน้า การทำ incisor intrusion ที่คาดการณ์ไว้บรรลุผลเพียงร้อยละ 44-46 มุมหมุนรอบแกน (torque) ของฟันหน้าบนมักนำไปสู่การเอียง (tipping) มากกว่าการเคลื่อนที่แบบทั้งซี่ (bodily movement) ซึ่งเป็นปัญหาโดยเฉพาะในการปิดช่องว่างที่ต้องการการควบคุมการเคลื่อนที่ของราก (root movement) (Kravitz et al., 2009, Krieger et al., 2012) ดังนั้น การใช้ตุ่มเคลื่อนฟันบริเวณฟันหน้าจึงถูกแนะนำเนื่องจากสามารถปรับปรุงการควบคุมการเคลื่อนที่ของฟันโดยการให้การยึด (retention) เพิ่มเติมและช่วยควบคุมการเคลื่อนฟันให้แม่นยำในหลายทิศทางมากขึ้นได้ ( Dai et al., 2021)

จากการศึกษานี้พบว่า การปิดช่องว่าง ≥ 6 มิลลิเมตร ในแผนการรักษาที่มีการถอนฟันนี้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อความถี่การทำ refinement ในการศึกษานี้ (adjusted RR = 1.37; 95% CI: 1.02-1.82; p = 0.034) ผู้ป่วยที่มีช่องว่าง ≥ 6 มม. (ร้อยละ 18.4) มีความเป็นไปได้ที่จะต้องทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมสูงขึ้น 1.37 เท่า เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่ต้องปิดช่องว่าง < 6 มม. นอกจากนี้ ผู้ป่วยที่มีช่องว่าง ≥ 6 มิลลิเมตร ทุกคนต้องการการทำชุดเครื่องมือปรับแต่งเพิ่มเติมอย่างน้อย 1 ครั้ง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าซึ่งชี้ให้เห็นว่าความแม่นยำของเครื่องมือจัดฟันแบบใสลดลงเมื่อความซับซ้อนของการเคลื่อนฟันเพิ่มขึ้น Barashi และคณะ รายงานความรุนแรงของช่องว่างว่าเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยะสำคัญต่อการทำ refinement โดยผู้ป่วยที่มีช่องว่างเล็กน้อย (1-3 มม.) ร้อยละ 87.1 รักษาเสร็จสมบูรณ์โดยไม่ต้องทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม ในขณะที่กลุ่มช่องว่างรุนแรง ( ≥ 6 มม.) มีอัตราการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมร้อยละ 71.4 โดยผู้ป่วยที่มีช่องว่างรุนแรงมีแนวโน้มที่จะต้องการ refinement เพิ่มขึ้น 20.9 เท่า เมื่อเทียบกับผู้ป่วยที่มีช่องว่างเล็กน้อย (Barashi et al., 2024) Dai และคณะ พบความคลาดเคลื่อนระหว่างการเคลื่อนที่ที่คาดการณ์และที่เกิดขึ้นจริง โดยเฉพาะในกรณีที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ไปด้านหน้า (mesial displacement) ซึ่งฟันกรามซี่แรกและฟันเขี้ยวไม่เคลื่อนที่ตามที่คาดการณ์ โดยเฉพาะฟันกรามซี่แรกมีแนวโน้มที่จะแสดงการเอียง mesial tipping และ buccal inclination มากกว่าที่วางแผนไว้ ในขณะที่ฟันเขี้ยวถูก retraction น้อยกว่าที่คาดการณ์ ทำให้ไม่สามารถปิดช่องว่างได้สำเร็จในการจัดฟันชุดแรก (Dai et al., 2021) แม้จะมีข้อจำกัดเหล่านี้ การวางแผนการรักษาโดยมีการชดเชยข้อจำกัดของเครื่องมือจัดฟันใส สามารถปรับปรุงผลลัพธ์ได้ จากการศึกษาแนะนำการใช้ตุ่มเคลื่อนฟัน เช่น optimized attachment หรือ power ridge เพื่อการควบคุมที่ดีขึ้น และการปรับตำแหน่งฟันมากกว่าความเป็นจริง (overcorrection) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องปิดช่องว่างในกรณีที่มีการถอนฟัน (Dai et al., 2021) ร่วมกับการเพิ่มระยะเวลาการสวมใส่เครื่องมือจัดฟันใส 10-14 วันสำหรับระยะการปิดช่องว่าง อาจช่วยลดความจำเป็นในการปรับแต่งเพิ่มเติมลงร้อยละ 12 เมื่อเทียบกับการเปลี่ยนทุก 7 วัน (Castroflorio et al., 2023, Al-Nadawi et al., 2021) ทั้งนี้การประมาณระยะเวลาการรักษาควรคำนึงถึงความเป็นไปได้สูงของการทำชุดเครื่องมือปรับแต่งเพิ่มเติม การสื่อสารกับผู้ป่วยให้เข้าใจว่าการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติมเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ตามปกติโดยเฉพาะในกรณีที่มีความจำเป็นต้องเคลื่อนฟันแบบซับซ้อนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับผู้ป่วย

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาระหว่างปี พ.ศ.2559 ถึง 2568 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ค่อนข้างกว้างและครอบคลุมการพัฒนาเทคโนโลยี Invisalign หลายรุ่น ตั้งแต่ Generation 5 (G5) ที่เปิดตัวในปี พ.ศ.2557, Generation 6 (G6) สำหรับเคสถอนฟันจนถึง Generation 8 (G8) ที่มาพร้อมกับ Smart Force Activations ในปี พ.ศ.2563 (Moshiri et al., 2021) โดยที่ความแม่นยำโดยรวมของการเคลื่อนฟันได้รับการปรับปรุงจาก 50% ในยุคก่อน G8 เป็น 70-80% ในปัจจุบัน (Papadimitriou et al., 2018) ดังนั้น ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วย

เทคโนโลยีรุ่นใหม่กว่าอาจมีแนวโน้มต้องการ refinement น้อยกว่าได้ ทำให้การตีความผลการศึกษา โดย refinement rate 92.1% ที่พบอาจสะท้อนถึงการรวมกันของผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยเทคโนโลยีหลายรุ่น ซึ่งอาจมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน อีกทั้งการออกแบบการศึกษานี้เป็นแบบย้อนหลัง (retrospective design) ทำให้แม้ว่าจะพบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างปัจจัยความซับซ้อนของการรักษาในกรณีที่มีการถอนฟัน และความถี่ของการทำชุดเครื่องมือเพิ่มเติม แต่ลักษณะการเก็บข้อมูลแบบสังเกต ไม่สามารถสรุปอย่างชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุและผลได้ เนื่องจากอาจมีปัจจัยกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้อย่างรูปแบบความร่วมมือของผู้ป่วย และการกำหนดระยะเวลาการสวมใส่ที่ผสมกัน (7-10 วัน) รวมถึงประสบการณ์ที่เพิ่มพูนมากขึ้นของทันตแพทย์ตามระยะเวลาทำงาน อาจมีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ที่สังเกตได้ ทั้งนี้แนะนำให้มีการศึกษาเพิ่มเติมแบบไปข้างหน้า (prospective study)โดยมีการจดบันทึกความร่วมมือของคนไข้แบบเป็นรูปธรรมอย่างการใส่ compliance indicators ลงในตัวอุปกรณ์จัดฟันใส หรืออาจร่วมกับการให้ผู้ป่วยบันทึกระยะเวลาการสวมใส่เครื่องมือ จะช่วยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง


Abu-Arqub, S., Ahmida, A., Da Cunha Godoy, L., Kuo, C.-L., Upadhyay, M., & Yadav, S. (2023). Insight into clear aligner therapy protocols and preferences among members of the American Association of Orthodontists in the United States and Canada. *The Angle Orthodontist, 93*(4), 417-426.

Al-Nadawi, M., Kravitz, N. D., Hansa, I., Makki, L., Ferguson, D. J., & Vaid, N. R. (2021). Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: *The Angle Orthodontist, 91*(2), 157-163.

Arqub, S. A., Banankhah, S., Sharma, R., Da Cunha Godoy, L., Kuo, C.-L., Ahmed, M., Alfardan, M., & Uribe, F. (2022). Association between initial complexity, frequency of refinements, treatment duration, and outcome in Invisalign orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 162*(3), e141-e155.

Barashi, M. A., Habis, R. M., & Alhazmi, H. A. (2024). *Predictability of orthodontic space closure using invisalign clear aligners: A retrospective study*. Cureus.

Castroflorio, T., Sedran, A., Parrini, S., Garino, F., Reverdito, M., Capuozzo, R., Mutinelli, S., Grybauskas, S., Vaitiekūnas, M., & Deregibus, A. (2023). Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: Effect of treatment design. *Progress in Orthodontics, 24*(1), 2.

Dai, F., Xu, T., & Shu, G. (2021). Comparison of achieved and predicted crown movement in adults after 4 first premolar extraction treatment with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 160*(6), 805-813.

Grünheid, T., Loh, C., & Larson, B. E. (2017). How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved?. *The Angle Orthodontist, 87*(6), 809-815.

Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 135*(1), 27-35.

Krieger, E., Seiferth, J., Marinello, I., Jung, B. A., Wriedt, S., Jacobs, C., & Wehrbein, H. (2012). Invisalign® treatment in the anterior region: Were the predicted tooth movements achieved?. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopädie, 73*(5), 365-376.

Krieger, E., Seiferth, J., Saric, I., Jung, B. A., & Wehrbein, H. (2011). Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region: First results. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopädie, 72*(2), 141-149.

Ladewig, V. D. M., Machado, K. D. O. N., Fernandes, T. M. F., Almeida-Pedrin, R. R. D., Oltramari, P. V. P., Almeida, M. R. D., & Conti, A. C. D. C. F. (2025). Does the need for refinement sets of orthodontic clear aligners correlate with professional experience?. *Dental Press Journal of Orthodontics, 30*, e2524248.

Moshiri, M., Kravitz, N. D., Nicozisis, J., & Miller, S. (2021, September). Invisalign eighth-generation features for deep-bite correction and posterior arch expansion. In *Seminars in Orthodontics* (Vol. 27, No. 3, pp. 175-178). WB Saunders.

Nedwed, V., & Miethke, R.-R. (2005). Motivation, acceptance and problems of invisalign patients. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopedie, 66*(2), 162-173.

Oliveira, P., Bugaighis, I., Nunes Costa, H., & Mariano Pereira, P. (2022). Perception of need for further refinement in a clear aligner treatment among orthodontists, dentists and laypeople: A retrospective study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(23), 15498.

Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: A systematic review. *Progress in Orthodontics, 19*(1), 37.

Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal, 62*(S1), 58-62.

Wolf, D., Farrag, G., Flügge, T., & Timm, L. H. (2024). Predicting outcome in clear aligner treatment: a machine learning analysis. *Journal of Clinical Medicine, 13*(13), 3672.

**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).