

A MICRO-COMPUTER TOMOGRAPHIC COMPARISON QUALITY OF ROOT CANAL FILLING MATERIAL REMOVAL OF BIOCERAMIC SEALER USING DIFFERENT NI-TI ROTARY SYSTEMS

Pongsakorn AMONCHAI¹, Pinpana THAWEESIT², Subin PUASIRI³, Kanet CHOTVORRARAK⁴
and Angsana JAINAEN⁵

1 Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand

2 Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand

3 Department of Preventive Dentistry, Division of Public Health, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand

4 Department of Operative Dentistry and Endodontics, Faculty of Dentistry, Mahidol University, Thailand

5 Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand; angjai@kku.ac.th (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 24 November 2023

Revised: 13 December 2023

Published: 25 December 2023

ABSTRACT

Currently, the use of bioceramic sealers are increased in endodontic treatment due to its good properties. However, this sealer was difficult to remove in endodontic retreatment. The purpose of this study was to compare root canal filling material removal quality of 4 different rotary systems and the time required for gutta-percha and sealer removal. Twenty-four human mandibular premolars with single and straight root canal were instrumented up to #25.06 with Protaper Next and obturated using matched-taper size-cone technique. The teeth were divided into 4 groups (n=6) according to the system used for filling removal group: group 1: Mtwo Retreatment (MTR), group 2: WaveOne Gold (WG), group 3: Hyflex EDM (HE) and group 4: TF adaptive (TF) with time recording. Micro-CT scans were taken after obturation and retreatment for the residual filling material volume analysis. The result shows all teeth examined had filling remnants within the canal less than 1%. No statistically significant difference ($p > .05$) in residual filling material was observed among the group. The retreatment time of MTR was a significant difference from TF ($p < .05$) but no significant difference from WG and HE ($p > .05$). It was concluded from this study that four different systems were able to remove the filling material up to 99 percent, with no different in the volume of the remaining filling material.

Keywords: Endodontic Retreatment, Micro-CT, Root Canal Filling, Rotary Systems

CITATION INFORMATION: Amonchai, P., Jainan, A., Thaweesit, P., Piasiri, S. & Chotvorarak, K. (2023). A Micro-Computer Tomographic Comparison Quality of Root Canal Filling Material Removal of Bioceramic Sealer Using Different Ni-Ti Rotary Systems. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(12), 19

การเปรียบเทียบคุณภาพการกำจัดวัสดุในพื้นที่รักษาลองรากฟันด้วย ไบโอเซรามิกซิลเลอร์โดยใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบต่างกัน ภายใต้เครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร

พงศกร อมรไชย¹, ปิ่นพนา ทวีสิทธิ์², สุบิน พัวศิริ³, คณศ โขติวรักษ์⁴ และ อังสนา ใจแน่น⁵

1 ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2 ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3 ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน แขนงวิชาทันตกรรมชุมชน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4 ภาควิชาทันตกรรมหัตถการและวิทยาเอ็นโดดอนต์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

5 ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; angjai@kku.ac.th (ผู้ประพันธ์
บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความนิยมในการใช้ไบโอเซรามิกซิลเลอร์ในการรักษาลองรากฟันมีมากขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดี แต่อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดคือวัสดุที่ออกได้ยากในกรณีที่ต้องทำการรักษาลองรากฟันซ้ำ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพและระยะเวลาที่ใช้ในการรีดวัสดุอุดคลองรากฟันโดยใช้โรตารีที่แตกต่างกัน 4 ระบบ โดยใช้ฟันกรามน้อยล่างแท้ 24 ซี่ ทำการเตรียมคลองรากฟัน อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคแมทเทปเปอร์ไซส์โคน รีดวัสดุอุดคลองรากฟันและบันทึกเวลาที่ใช้ในการรีดวัสดุอุดคลองรากฟัน ถ่ายภาพด้วยเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครในชั้นตอนหลังจากอุดและรีดวัสดุอุดคลองรากฟันเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างฟันทุกซี่ในทุกกลุ่มมีวัสดุอุดคลองรากฟันหลงเหลืออยู่น้อยกว่าร้อยละ 1 เมื่อเปรียบเทียบปริมาตรของวัสดุที่หลงเหลือพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) ระยะเวลาที่ใช้ในการรีดวัสดุด้วยระบบเอ็มทูริทรีทเมนต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่เอฟอะแดปทิฟ ($p < .05$) ผลการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่าโรตารีทั้ง 4 ระบบ สามารถรีดวัสดุอุดคลองรากฟันออกได้ถึงร้อยละ 99

คำสำคัญ: การรักษาลองรากฟันซ้ำ, ภาพเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร, วัสดุอุดคลองรากฟัน, ระบบโรตารี

ข้อมูลการอ้างอิง: พงศกร อมรไชย, อังสนา ใจแน่น, ปิ่นพนา ทวีสิทธิ์, สุบิน พัวศิริและคณศ โขติวรักษ์. (2566). การเปรียบเทียบคุณภาพการกำจัดวัสดุในพื้นที่รักษาลองรากฟันด้วยไบโอเซรามิกซิลเลอร์โดยใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบต่างกันภายใต้เครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(12), 19

บทนำ

การอุดคลองรากฟันเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการรักษาคคลองรากฟันภายหลังจากทำความสะอาดภายในระบบคลองรากฟันแล้ว วัสดุที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันที่นิยมใช้โดยทั่วไปคือกัตตาเปอร์ชาและซิลิเลอร์ ซิลิเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันมีหลายชนิด ซึ่งปัจจุบันไม่มีซิลิเลอร์ตัวใดที่มีคุณสมบัติครบตาม Grossman ปี 1988 (Grossman, 2010) ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาซิลิเลอร์ชนิดใหม่ คือ ไบโอเซรามิกซิลิเลอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นคือ มีความชอบน้ำ (Hydrophilic) ดังนั้น ความชื้นภายในคลองรากฟันจึงช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของซิลิเลอร์ มีความคงตัวของรูปร่างที่ดี สามารถขยายตัวได้เล็กน้อยขณะแข็งตัว ไม่มีการละลายตัวเมื่อสัมผัสกับของเหลวภายในร่างกาย ให้การยึดติดที่ดีและมีค่าความเป็นกรดต่ำสูงถึง 12 ทำให้มีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อโรคในช่วงขณะกำลังแข็งตัว แต่อย่างไรก็ตาม ไบโอเซรามิกซิลิเลอร์มีข้อเสีย คือ วัสดุกลุ่มนี้รื้อออกได้ยากในกรณีที่ต้องทำการรักษาคคลองรากฟันซ้ำ (Wongkornchawalit, 2016)

ปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการและเครื่องมือสำหรับการรักษาคคลองรากฟันซ้ำเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและผลการรักษาที่ดีขึ้น โดยขั้นตอนในการรักษาคคลองรากฟันซ้ำในขั้นแรกคือการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันเดิมซึ่งมีวิธีการกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันหลายวิธี ได้แก่ การใช้ไฟล์ชนิดหมุนด้วยมือ การใช้ความร้อน การใช้สารละลาย การใช้หัวอัลตราโซนิค และการใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมคลองรากฟันซึ่งส่วนใหญ่มีระบบการหมุนเป็นการหมุนแบบไปกลับ (Reciprocating Movement) และหมุนทางเดียวไม่ย้อนกลับ (Continuous Rotary System) ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบการหมุนของเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การเคลื่อนที่แนวขวาง (Transaxial Motion) การเคลื่อนที่แบบหมุนนอกศูนย์กลาง (Eccentric Rotary Motion) และการเคลื่อนที่แบบผสมผสาน (Combined Movement) เป็นต้น และได้มีการพัฒนาเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีที่ใช้อย่างเฉพาะงานรักษาคคลองรากฟันซ้ำโดยมีการพัฒนาในเรื่องการออกแบบในส่วนต่างๆ ของเครื่องมือ เช่น ความผาย เรเดียลแลนด์ (Radial Land) หรือ บริเวณปลาย (Tip) โดยระบบการหมุนเป็นการหมุนแบบทางเดียวไม่ย้อนกลับ ซึ่งระบบการหมุนของเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีอาจมีอิทธิพลต่อการใช้รื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน (Alakabani et al., 2020) จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบหมุนแบบไปกลับสามารถกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันได้ดีกว่าเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบหมุนทางเดียวไม่ย้อนกลับ (Zuolo et al., 2013; Bago et al., 2019)

ในการทดลองเพื่อประเมินคุณภาพการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การประเมินความสะอาดของคลองรากฟันจนถึงรูเปิดปลายรากฟัน (Apical Patency) การประเมินจากภาพเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร (Microcomputed Tomography: Micro CT) การประเมินจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) และการประเมินจากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์เลเซอร์ส่องกราด (Confocal Laser Scanning Microscope: CLSM) การศึกษาส่วนใหญ่ที่มีในปัจจุบันมีเฉพาะการใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีที่มีระบบการหมุนแบบไปกลับและระบบหมุนทางเดียวไม่ย้อนกลับในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาและซิลิเลอร์กุ่มเรซินเบสซิลิเลอร์ โดยประเมินในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การศึกษาถึงประสิทธิภาพของฟันตัวอย่างที่ใช้ซิลิเลอร์กุ่มไบโอเซรามิกมีค่อนข้างจำกัด การศึกษาจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการรักษาคคลองรากฟันซ้ำโดยใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีที่มีระบบการหมุนต่างกัน ในตัวอย่างฟันที่อุดด้วยไบโอเซรามิกซิลิเลอร์ภายใต้เครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร

วิธีการวิจัย

การเตรียมฟัน

การศึกษานี้ผ่านการขออนุญาตการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หมายเลขสำคัญประจำโครงการ คือ HE662066 โดยใช้ฟันกรามน้อยล่างแท้ของมนุษย์ซึ่งเก็บในสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่มี 1 คลองรากฟัน 1 รูเปิดปลายรากฟัน ปลายรากปิด คลองรากฟันตรง

มีความโค้งไม่เกิน 20 องศา โดยใช้เกณฑ์การวัดความโค้งของ Schneider ในปี ค.ศ.1971 (Schneider, 1971) และมีความยาวจากปลายรากฟันจนถึงบริเวณยอดปุ่มฟันประมาณ 19-21 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความยาวเฉลี่ยของคนไทย (Apiwattanasavee & Suratanasurang, 2020) นำฟันที่เข้าเกณฑ์การคัดเข้าจำนวน 24 ซี่มาทำความสะอาดตัวฟันโดยการกำจัดเนื้อเยื่อและคราบหินน้ำลายออก แล้วทำเครื่องหมายระบุตำแหน่งวัดจากปลายรากฟันขึ้นมา 17 มิลลิเมตร ตัดฟันด้วยแผ่นคาร์โบรันตัมส่วนที่อยู่เหนือเครื่องหมายที่ระบุตำแหน่ง แล้วตรวจสอบความสะอาดของคลองรากฟัน จนถึงรูเปิดปลายรากฟัน (Apical Patency) ด้วยเคไฟล์เบอร์ 8 โดยต้องใส่เครื่องมือให้ทะลุออกไปนอกปลายรากฟัน วัดความยาวทำงานโดยใช้เคไฟล์เบอร์ 10 ใส่ลงไปถึงปลายรากฟันแล้วถอยเคไฟล์ขึ้นจากปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร กำหนดความยาวทำงาน 16 มิลลิเมตร และกำหนดเป็นเครื่องมือเบอร์แรกที่มีขนาดพอดีกับคลองรากฟัน (Initial Apical File) หากเคไฟล์เบอร์ 10 ใส่ถึงความยาวทำงานแล้วไม่แน่นพอดีกับคลองรากฟัน จะถูกคัดออก ตัวอย่างทุกซี่ถูกเตรียมด้วยผู้ทำการทดลองเพียงคนเดียว และเรียนรู้วิธีการใช้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีแต่ละระบบกับผู้เชี่ยวชาญในทางวิทยาเอ็นโดดอนต์ก่อนทำการขยายคลองรากฟันและรักษาคคลองรากฟันซ้ำ

การเตรียมคลองรากฟัน

ขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์เบอร์ 15 เพื่อเตรียมทางให้เครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบโปรเทปเปอร์เน็กซ์ ตั้งค่าเครื่องขยายคลองรากฟันอิเล็กทรอนิกส์สมาร์ตพลัสเอ็นโดมอเตอร์ไปที่ระบบโปรเทปเปอร์เน็กซ์ โดยมีความถี่ 300 รอบต่อนาที (rpm) ใช้แรงบิด (Torque) 4-5.2 นิวตันเซนติเมตร (Ncm) ในการขยายคลองรากฟันใช้เทคนิคคราวน์ดาวน์ (Crown-Down Technique) โดยเครื่องมือแรกที่ใช้ คือ เบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 1 (ขนาด 17, ความผาย .04) ที่เคลือบสารหล่อลื่นคลองรากฟันอาร์ซีเพรป ออกแรงกดเพียงเล็กน้อยให้ไฟล์หมุนลงไปตามแนวของคลองรากฟันรอบละประมาณ 2.5 ถึง 3 มิลลิเมตร และทุกครั้งที่นำไฟล์ออกจากคลองรากฟันเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าก๊อชชุบเอทิลแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นร้อยละ 70 (70% Ethyl Alcohol) แล้วสำรวจไฟล์ว่ามีตำหนิ คลายเกลียวหรือไม่ ถ้ามีพิจารณาเลิกใช้ และต้องเปลี่ยนเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีระบบโปรเทปเปอร์เน็กซ์ ทุกๆ 5 คลองรากฟัน (Jainaen et al., 2019) ร่วมกับล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น ร้อยละ 2.5 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และใช้เคไฟล์เบอร์ 10 ในการกำจัดเศษเนื้อฟันที่อยู่ในคลองรากฟันและทำความสะอาดคลองรากฟันจนถึงรูเปิดปลายรากฟัน ทำเช่นนี้จนไปถึงความยาวทำงาน ทำการขยายคลองรากฟันซ้ำเหมือนที่กล่าวไปข้างต้นโดยใช้เบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 (ขนาด 25 ความผาย .06) เมื่อขยายคลองรากฟันถึงเครื่องมือเบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ให้ทำการล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยสารละลายยอดีที่เอ ร้อยละ 17 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร 1 นาที สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น ร้อยละ 2.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตามลำดับ และซบคลองรากฟันให้ยังคงมีความชื้นเล็กน้อย (Al-jawady, 2021) ด้วยกระดาษซบคลองรากฟันรูปกรวยแหลม แล้วลองกักตาเปอร์ชาแท่งหลักเบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ให้มีความแน่นในคลองรากฟันที่ความยาวทำงาน

การอุดคลองรากฟัน

อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคแมทเทปเปอร์ไซส์โคน (Matched-Taper Size-Cone Technique) โดยการใช้กักตาเปอร์ชาแท่งหลักเบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ร่วมกับไบโอเซรามิคซิลเลอร์เอนโดซีเควซ์บีชีชีลเลอร์ โดยฉีดเอนโดซีเควซ์บีชีชีลเลอร์ ปริมาตร 0.03 มิลลิลิตร ลงในคลองรากฟัน กำหนดให้ปลายเข็มอยู่ในระดับใกล้ปลายรากฟัน แล้วฉีดให้ถึงปลายของคลองรากฟันและค่อยๆ ถอยปลายเข็มขึ้นมา จากนั้นใส่กักตาเปอร์ชาแท่งหลักเบอร์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ลงไปในคลองรากฟันให้ถึงความยาวทำงานและทำการขยับกักตาเปอร์ชาขึ้น-ลง 2-3 ครั้ง เพื่อให้เกิดแรงดันไฮดรอลิกดันให้ซิลเลอร์แทรกซึมไปตามคลองรากฟัน (Kim et al., 2019) ถ่ายภาพรังสีหลังการอุดคลองรากฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น (Bucco-Lingual) และในแนวใกล้กลางใกล้กลาง (Mesio-Distal) เพื่อประเมินคุณภาพในการอุดคลองรากฟัน จากนั้นปิดคลองรากฟันที่อุดแล้วด้วยน้ำยาทาเล็บสีใสที่บริเวณรอยตัดส่วนใกล้คอฟัน แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้อบความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้ซิลเลอร์เกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ (Crozeta et al., 2021) แล้วนำไปถ่ายด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครครั้งที่ 1 จำนวน 24 ซี่

การรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน

กำจัดน้ำยาทาเล็บสีที่ปิดส่วนรูเปิดคลองรากฟันบริเวณรอยตัดส่วนใกล้คอฟันออกแล้วใช้เครื่องมือกลิกเบอร์ 1 ลงไฟให้ร้อนแล้วกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันออกจนต่ำกว่าระดับรอยตัดส่วนใกล้คอฟัน 1 มิลลิเมตร เพื่อเป็นที่ยึดของสารละลายที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน จากนั้นหยดน้ำมันยูคาลิปตัสปริมาตร 0.05 มิลลิตร ลงในพื้นที่ว่างในส่วนใกล้คอฟันที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 นาทีเพื่อรอให้กัตตาเปอร์ชาอ่อนตัว (Karatas et al., 2016) แล้วทำการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันด้วยเครื่องมือ निकелไทเทเนียมโรตารี 4 ระบบ ซึ่งในแต่ละวันต้องมีการใช้เครื่องมือ निकелไทเทเนียมโรตารีแต่ละระบบในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันเท่าๆ กันและทำตารางบันทึกการใช้เครื่องมือ निकелไทเทเนียมโรตารีแต่ละระบบ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เอ็มทูรีทริกเมนต์ ตั้งค่าเครื่องขยายคลองรากฟันอิเล็กทรอนิกส์พลัสเอ็นโด ความเร็วรอบที่ 250 รอบต่อนาที และแรงบิดที่ 2 นิวตัน-เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือขนาดเบอร์ 15 ความยาว 0.5 และเครื่องมือขนาด 25 ความยาว 0.5 ทำการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนถึงความยาวทำงาน

กลุ่มที่ 2 เวฟวันโกลด์ กำหนดให้มีความเร็วรอบที่ 300-350 รอบต่อนาที โดยใช้เครื่องมือชนิดไพรมารีความยาว 21 มิลลิเมตร ขนาดไฟล์เบอร์ 25 ความสอ .07 ทำการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนถึงความยาวทำงาน

กลุ่มที่ 3 ไฮเฟลกซ์อีดีเอ็ม กำหนดให้มีความเร็วรอบที่ 500 รอบต่อนาที และแรงบิดที่ 2.5 นิวตัน-เซนติเมตร เครื่องมือชนิดไกลฟาสความยาว 25 มิลลิเมตร ขนาดไฟล์เบอร์ 10 ความสอ .05 เป็นเครื่องมือตัวแรกที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน แล้วตามด้วยเครื่องมือเซปป์ความยาว 25 มิลลิเมตร ขนาดไฟล์เบอร์ 25 ทำการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนถึงความยาวทำงาน

กลุ่มที่ 4 ทีเอฟอะแดปทิฟ กำหนดให้มีความเร็วรอบที่ 500 รอบต่อนาที และแรงบิดที่ 2 นิวตัน-เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือขนาดกลางและใหญ่สี่เหลี่ยมความยาว 23 มิลลิเมตร ขนาดไฟล์เบอร์ 25 ความสอ .08 ทำการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนถึงความยาวทำงาน

วัดระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันเป็นวินาทีตั้งแต่เริ่มรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนเครื่องมือ निकелไทเทเนียมโรตารีสามารถลงไปได้ถึงความยาวทำงานที่กำหนด โดยบันทึกเป็นค่าเวลาระยะทำงานที่ 1 (T1) และวัดระยะเวลาในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจนสะอาดจากการที่ไม่มีวัสดุอุดคลองรากฟันติดมากับเครื่องมือ เมื่อทำการล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์แล้วพบว่าไม่มีลักษณะใสและเมื่อซับด้วยกระดาษซับคลองรากฟันรูปกรวยแหลมไม่ติดสีของวัสดุอุดคลองรากฟัน และใช้แว่นขยาย (Loupe) กำลังขยาย 3.2 เท่า ตรวจสอบไม่มีวัสดุอุดคลองรากฟันติดตามผนังคลองรากฟัน (Rios et al., 2014) จากนั้นตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นต้องไม่พบวัสดุที่บ่งชี้ภายในคลองรากฟัน โดยมีการบันทึกค่าเวลาเป็นชุด ชุดละ 10 วินาทีต่อการนำเครื่องมือลงไปทำความสะอาดในแต่ละครั้ง แล้วจึงนำค่าที่ได้มารวมกันเป็นค่าระยะเวลาทำงานที่สอง (T2) ระยะเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนเครื่องมือและระยะเวลาที่ใช้ในการล้างคลองรากฟันจะไม่ถูกนำมาบันทึกด้วย ตรวจสอบความสะอาดของคลองรากฟันจนถึงรูเปิดปลายรากฟันหลังการรื้อโดยใช้เคไฟล์เบอร์ 10 ใส่ลงไปในคลองรากฟันให้สามารถทะลุรูเปิดส่วนปลายรากฟัน แล้วนำไปถ่ายด้วยเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครครั้งที่ 2 จำนวน 24 ซี

การแปลผล

- ร้อยละปริมาตรของวัสดุที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟัน ใช้สถิติพรรณนาในรูปแบบค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ (Interquartile Range; IQR) และระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน ใช้สถิติพรรณนาในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean (SD))
- สถิติเชิงอนุมานในการวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟัน ใช้สถิติทดสอบ Kruskal-Wallis Test และ Dunn-Bonferroni Test สำหรับการทดสอบหลัง (Post Hoc) และระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน ใช้สถิติทดสอบ One-way ANOVA ร่วมกับ Bonferroni Multiple Comparison โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ภายใต้การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window Version 28

ผลการวิจัย

ตัวอย่างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครของปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันหลังอุดคลองรากฟันและหลังจากรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 แสดงในภาพที่ 1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันคงเหลือจากการใช้เครื่องมือ निकелไทเทเนียมโรตารีเอ็มทูรีทรีทเมนต์ที่มีปริมาตรคงเหลือ 0.43 ลูกบาศก์มิลลิเมตร เวฟวันโกลด์มีปริมาตรคงเหลือ 0.49 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ไฮเฟล็กซ์อดีเอ็มมีปริมาตรคงเหลือ 0.68 ลูกบาศก์มิลลิเมตร และทีเอฟอะแดปทีฟมีปริมาตรคงเหลือ 0.51 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยอัตราการลดลง (Reduction Rate) ของวัสดุอุดคลองรากฟันหลังการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันของเอ็มทูรีทรีทเมนต์อยู่ที่ร้อยละ 99.57 เวฟวันโกลด์อยู่ที่ร้อยละ 99.51 ไฮเฟล็กซ์อดีเอ็มอยู่ที่ร้อยละ 99.32 และทีเอฟอะแดปทีฟอยู่ที่ร้อยละ 99.49 ค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟันหลังการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันแสดงในตารางที่ 1 จากการทดสอบทางสถิติพบว่า ร้อยละของปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟันหลังการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันทั้ง 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.88$)

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 2 จากการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด พบว่า เอ็มทูรีทรีทเมนต์ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 11 นาที 7 วินาที เวฟวันโกลด์ใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 16 นาที 31 วินาที ไฮเฟล็กซ์อดีเอ็มใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 18 นาที 5 วินาที และทีเอฟอะแดปทีฟใช้เวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 21 นาที 12 วินาที ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 กลุ่มเมื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) โดยกลุ่มที่พบความแตกต่างคือกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 4 ($p = 0.009$)

ตารางที่ 1 ค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ของร้อยละปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟัน วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบ Kruskal-Wallis และอัตราการลดลงของวัสดุอุดคลองรากฟันหลังการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน

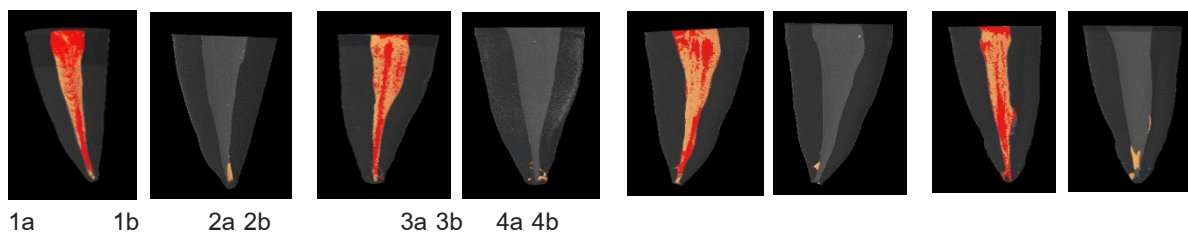
Group	Reduction rate (%)	Remaining volume (%) Median (IQR)	p-value (Kruskal-Wallis Test)
1. MTR	99.57	0.38 (0.20-0.70) ^{a*}	p=0.88
2. WG	99.51	0.20 (0.14-0.96) ^{a*}	
3. HE	99.32	0.45 (0.22-1.03) ^{a*}	
4. TF	99.49	0.45 (0.03-0.95) ^{a*}	

จำนวนชิ้นงาน = 6 ชิ้นต่อกลุ่ม

MTR; Mtwo retreatment , WG; WaveOne Gold , HE; Hyflex EDM , TF; TF Adaptive

a* No statistically significant difference

จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครวัดปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันหลังอุดคลองรากฟันและหลังจากรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน พบว่าหลังจากรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันที่หลงเหลืออยู่ของทุกกลุ่มจะอยู่ในส่วนปลายรากฟัน



1a 1b 2a 2b 3a 3b 4a 4b

ภาพที่ 1 สร้างภาพเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโคร ภาพสามมิติหลังอุดคลองรากฟันสมบูรณ์ (a) และหลังจากรีอัสตูดคลองรากฟัน (b) ของกลุ่มที่ 1 (1a, 1b) กลุ่มที่ 2 (2a, 2b) กลุ่มที่ 3 (3a, 3b) และกลุ่มที่ 4 (4a, 4b) โดยในภาพเอ็กซ์เรย์หลังอุดคลองรากฟันสมบูรณ์แสดงภาพสีส้มแทนปริมาตรของซีลเลอร์ และภาพสีแดงแสดงปริมาตรของกัตตาเปอร์ชา

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาที่ใช้ในการรีอัสตูดคลองรากฟัน (นาที)

Group	Time (min) Mean (SD)	p-value
1. MTR	11 min 7 s (192.98)*	p=0.01
2. WG	16 min 31 s (98.41)	
3. HE	18 min 5 s (230.71)	
4. TF	21 min 12 s (472.75)*	
จำนวนชิ้นงาน = 6 ชิ้นต่อกลุ่ม		
MTR; Mtwo retreatment , WG; WaveOne Gold , HE; Hyflex EDM , TF; TF Adaptive		
* statistically significant difference (Bonferroni test p=0.009)		

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จในการรักษาคคลองรากฟันซ้ำที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันที่มีอยู่เดิมให้ได้มากที่สุด (Bueno et al., 2006; Mello et al., 2009) เนื่องจากในคลองรากฟันที่มีการเตรียมและอุดคลองรากฟันที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการตกค้างของเนื้อเยื่อตายและจุลินทรีย์ นำไปสู่ความล้มเหลวในการรักษาคคลองรากฟัน (Siqueira et al., 2008; Takahashi et al., 2009) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันรากเดี่ยวของมนุษย์เพื่อจำลองให้ใกล้เคียงกับขั้นตอนการรักษาคคลองรากฟันจริงในทางคลินิกให้ได้มากที่สุด การตัดฟันตัวอย่างให้มีความยาวเท่ากันและกำหนดเครื่องมือเบอร์แรกที่มีขนาดพอดีกับคลองรากฟัน (initial apical file) ให้เท่ากันทุกคลองรากฟัน เพื่อกำหนดความยาวในการทำงานและปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันในแต่ละคลองรากฟันให้เป็นมาตรฐานใกล้เคียงกันทั้งหมด นอกจากนี้ยังสามารถช่วยจำแนกและคัดตัวอย่างฟันซึ่งมีความหลากหลายทางกายวิภาคและการเข้าถึงของคลองรากฟันให้ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะช่วยให้ผลจากการศึกษามีความน่าเชื่อถือมากขึ้น (Gu et al., 2008; Tasdemir et al., 2008)

ในการประเมินปริมาตรวัสดุที่หลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน สามารถใช้เทคนิคและวิธีการได้หลายรูปแบบ (Mello et al., 2009; Zuolo et al., 2013) การศึกษาที่ผ่านมา มีการใช้เทคนิคภาพสองมิติในการเปรียบเทียบและประเมินความสามารถของไฟล์ ในการกำจัดกัตตาเปอร์ชาและซีลเลอร์ที่อยู่ภายในคลองรากฟัน (de Carvalho Maciel & Zaccaro Scelza, 2006) แต่เทคนิคนี้มีข้อจำกัดเนื่องจากการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบสองมิติจากตัวอย่างฟันที่มีลักษณะเป็นสามมิติ การศึกษาบางกลุ่มใช้เทคนิคการตัดตัวอย่างฟันในแนวยาวเพื่อทำการประเมินความสามารถของไฟล์ ในการกำจัดกัตตาเปอร์ชาและซีลเลอร์ที่อยู่ภายในคลองรากฟันโดยการส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (Mello et al., 2009; Zuolo et al., 2013) ซึ่งมีข้อจำกัดเนื่องจากบางส่วนของตัวอย่างฟันอาจถูกทำลายในกระบวนการตัดฟันและไม่สามารถประเมินปริมาตรของคลองรากฟันที่มีลักษณะเป็นสามมิติ ในปัจจุบันมีการนำเทคนิคเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครมาใช้เพื่อประเมินปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟัน (Rodig et al., 2012, 2014) เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่างฟันและสามารถทำซ้ำได้ ทำให้สามารถช่วยประเมินคลองรากฟันและองค์ประกอบภายในคลองรากฟันในรูปแบบสามมิติ ทำให้ได้ข้อมูลที่มากกว่าการใช้เทคนิคภาพสองมิติ และลดอคติของผู้ทำการทดลองที่อาจเกิดขึ้นในการตีความผลการศึกษาก็ด้วย (Solomonov et al., 2012)

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ไม่มีระบบใดที่สามารถกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันออกได้อย่างสมบูรณ์ โดยพบว่าในตัวอย่างฟันทุกซี่ของทุกกลุ่มการทดลองยังมีวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลืหลังการรื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.88$) แต่อย่างไรก็ตามจากร้อยละการลดลงของวัสดุอุดคลองรากฟันในทุกกลุ่มมีค่าลดลงมากกว่าร้อยละ 99 โดยผลจากการศึกษาที่ได้นี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา (de Azevedo Rios et al., 2014) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือจากปริมาตรของวัสดุอุดคลองรากฟันที่หลงเหลืออยู่ และพบว่า ตัวอย่างฟันทุกซี่ในทุกกลุ่มมีวัสดุอุดคลองรากฟันหลงเหลืออยู่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) แต่อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Ozyurek และ Demiryurek ซึ่งทำการเปรียบเทียบเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารี 4 ระบบ ได้แก่ โปรเทปเปอร์ยูนิเวอร์ซัลรีทริทเมนต์ เรซิพรอก ทีเอฟอะแดปทิฟ และโปรเทปเปอร์เน็กท์ ที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือยู่ในกลุ่มที่ใช้โปรเทปเปอร์ยูนิเวอร์ซัลรีทริทเมนต์และโปรเทปเปอร์เน็กท์ที่มีปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลือยู่น้อยกว่ากลุ่มที่ใช้เรซิพรอกและทีเอฟอะแดปทิฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (Ozyurek & Demiryurek, 2016) นอกจากนี้ในการศึกษาของ Akbulut และคณะ เปรียบเทียบปริมาตรของวัสดุอุดคลองรากฟันที่หลงเหลือหลังการรื้อคลองรากฟันด้วยเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารี 3 ชนิด ได้แก่ โปรเทปเปอร์ยูนิเวอร์ซัลรีทริทเมนต์ เรซิพรอก และทีเอฟอะแดปทิฟ กับการใช้ไฟล์ชนิดหมุนด้วยมือ พบว่ากลุ่มที่ใช้โปรเทปเปอร์ยูนิเวอร์ซัลรีทริทเมนต์และเรซิพรอกมีปริมาตรวัสดุอุดคลองรากฟันที่หลงเหลือน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้ทีเอฟอะแดปทิฟและไฟล์ชนิดหมุนด้วยมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ซึ่งผลที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากรูปแบบการหมุนที่แตกต่างกันขณะทำงาน และความยืดหยุ่นของไฟล์ที่แตกต่างกัน โดยทีเอฟอะแดปทิฟมีความยืดหยุ่นสูง ทำให้สามารถทะลุทะลวงเข้าสู่คลองรากฟันได้ยากและอาจส่งผลทำให้การกำจัดกัตตาเปอร์ชาและซิลเลอร์ลดลง (Akbulut et al., 2016) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ โดยแต่ละระบบเมื่อนำไปใช้รื้อวัสดุอุดคลองรากฟันแล้วพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของวัสดุอุดคลองรากฟันที่หลงเหลืออยู่

ระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันของการศึกษานี้ พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน 4 กลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.01$) โดยพบว่า เอ็มทูรีทริทเมนต์ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าทีเอฟอะแดปทิฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) อาจเนื่องมาจากระบบเอ็มทูรีทริทเมนต์ได้รับการออกแบบสำหรับการรักษาคลองรากฟันซ้ำโดยเฉพาะ มีปลายตัดแบบมีคม (Active Tip) ทำให้ผ่านเข้าสู่คลองรากฟันได้เร็วมากขึ้น จึงมีแนวโน้มในการใช้เวลาทำงานลดลง ซึ่งตรงข้ามกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่เปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันระหว่างเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีเรซิพรอกกับเอ็มทูรีทริทเมนต์ พบว่า กลุ่มที่ใช้เรซิพรอกใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้เอ็มทูรีทริทเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) (Zuolo et al., 2013) และอีกการศึกษาหนึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้เรซิพรอกและกลุ่มที่ใช้โปรเทปเปอร์ยูนิเวอร์ซัลรีทริทเมนต์ใช้เวลาในการทำงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$) (Capar et al., 2015) โดยแต่ละการศึกษาให้ผลที่แตกต่างกัน อาจอธิบายได้จากปัจจัยและวิธีการซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้ทำการทดลองในการบันทึกเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟัน (Ozyurek & Demiryurek, 2016)

ภายใต้การออกแบบการศึกษาในห้องปฏิบัติการ สรุปได้ว่า ไม่มีระบบโรตารีที่สามารถกำจัดวัสดุอุดคลองรากฟันได้อย่างสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตาม ทั้ง 4 ระบบสามารถรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันออกได้ถึงร้อยละ 99 และพบปริมาตรวัสดุอุดที่หลงเหลืออยู่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการรื้อวัสดุอุดคลองรากฟันพบว่า ทีเอฟอะแดปทิฟใช้เวลามากกว่าอีก 3 ระบบ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องมือ निकเกลไทเทเนียมโรตารีของการรักษาคลองรากฟันซ้ำในคลองรากฟันที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น รากโค้ง และฟันที่มีหลายคลองรากฟัน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Akbulut, M. B., Akman, M., Terlemez, Magat, G., Sener, S., & Shetty, H. (2016). Efficacy of Twisted File Adaptive, Reciproc and ProTaper Universal Retreatment instruments for root-canal-filling removal: A cone-beam computed tomography study. *Dental Material Journal*, 35(1), 126-31.
- Alakabani, T. F., Faus-Llácer, V., Faus-Matoses, I., Ruiz-Sánchez, C., Zubizarreta-Macho, Á., Sauro, S. et al. (2020). The Efficacy of Rotary, Reciprocating, and Combined Non-Surgical Endodontic Retreatment Techniques in Removing a Carrier-Based Root Canal Filling Material from Straight Root Canal Systems: A Micro-Computed Tomography Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6), 1989.
- Al-jawady, J. (2021). Evaluation of Bioceramic Sealer Apical Seal in Dry and Wet Condition. *Journal of General Dentistry*, 2(6), 1-3.
- Apiwattanasevee, N., & Suratanasurang, O. (2020). Root canal morphology of premolars in Thai population. *Mahidol Dental Journal*, 40(3):243-56.
- Bago, I., Suk, M., Katic, M., Gabric, D., & Anic, I. (2019). Comparison of the effectiveness of various rotary and reciprocating systems with different surface treatments to remove gutta-percha and an epoxy resin-based sealer from straight root canals. *International Endodontic Journal*, 52(1), 105-13.
- Bueno, C. E. S., Delboni, M. G., Araujo, R. A. et al. (2006). Effectiveness of rotary and hand files in gutta-percha and sealer removal using chloroform or chlorhexidine gel. *Brazilian Dental Journal*, 17, 139-43.
- Capar, I., Arslan, H., Ertas, H. et al. (2015). Effectiveness of ProTaper Universal retreatment instruments used with rotary or reciprocating adaptive motion in the removal of root canal filling material. *International Endodontic Journal*, 48, 79-83.
- Crozeta, B. M., Lopes, F. C., Silva, R. M., Silva-Sousa, Y. T. C., Moretti, L. F., & Sousa-Neto, M. D. (2021). Retreatability of BC Sealer and AH Plus root canal sealers using new supplementary instrumentation protocol during non-surgical endodontic retreatment. *Clinical Oral Investigations*, 25(3), 891-9.
- de Azevedo Rios, M., Villela, A. M., Cunha, R. S. et al. (2014). Efficacy of 2 reciprocating systems compared with a rotary retreatment system for gutta-percha removal. *Journal of Endodontics*, 40, 543-6.
- de Carvalho Maciel, A. C., & Zaccaro Scelza, M. F. (2006). Efficacy of automated versus hand instrumentation during root canal retreatment: an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, 39, 779-84.
- Grossman, L. (1988). *Endodontic Practice*. 11th ed. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.
- Poggio, C., Arciola, C. R., Dagna, A., Colombo, M., Bianchi, S., & Livia, V. (2010). Solubility of root canal sealer. *International Journal of Artificial Organ*, 33(9), 676-81.
- Gu, L. S., Ling, J. Q., Wei, X. et al. (2008). Efficacy of ProTaper Universal rotary retreatment system for gutta-percha removal from root canals. *International Endodontic Journal*, 41, 288-95.
- Jainaen, A., Arayatrakoolikit, U., Samaksaman, T., Jiradechochai, P., Thariya, K., & Thaweesit, P. (2019). *Root canal preparation with nickel titanium rotary file in natural teeth. Manual guide of Endodontic laboratory*. 1st edition ed. Faculty of Dentistry, Khon Kaen University: Khonkean.
- Karatas, E., Kol, E., & Bayrakdar, Arslan, H. (2016) The effect of chloroform, orange oil and eucalyptol on root canal transportation in endodontic retreatment. *Australian Endodontic Journal*, 42, 37-40.

- Kim, K., Kim, D. V., Kim, S. Y., & Yang, S. (2019). A micro-computed tomographic study of remaining filling materials of two bioceramic sealers and epoxy resin sealers after retreatment. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 44(2):e18.
- Mello Junior, J. E., Cunha, R. S., Bueno, C. E. et al. (2009). Retreatment efficacy of gutta-percha removal using a clinical microscope and ultrasonic instruments: part I—an ex vivo study. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 108, 59-62.
- Ozyurek, T., & Demiryurek, E. O. (2016). Efficacy of different Nickel-titanium Instruments in Removing Gutta-percha during Root Canal Retreatment. *Journal of Endodontics*, 42(4), 646-9.
- Rios, M. A., Villela, A. M., Cunha, R. S., Velasco, R. C., Martin, A. S., Kato, A. S. et al. (2014) Efficacy of 2 Reciprocating Systems Compared with a Rotary Retreatment System for Gutta-percha Removal. *Journal of Endodontics*, 40(4), 543-46.
- Rodig, T., Hausdorfer, T., Konietzschke, F. et al. (2012). Efficacy of D-RaCe and ProTaper Universal Retreatment NiTi instruments and hand files in removing gutta-percha from curved root canals—a microcomputed tomography study. *International Endodontic Journal*, 45, 580-9.
- Rodig, T., Kupis, J., Konietzschke, F. et al. (2014). Comparison of hand and rotary instrumentation for removing gutta-percha from previously treated curved root canals: a microcomputed tomography study. *International Endodontic Journal*, 47, 173-82.
- Schneider, S. W. (1971). A Comparison of canal preparations in straight and curved root canal. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Radiology and Endodontology*, 32(2):271-5.
- Siqueira, J. F., & Rocas, I. N. (2008). Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *Journal of Endodontics*, 34, 1291-301.
- Solomonov, M., Paque, F., Kaya, S. et al. (2012). Self-adjusting files in retreatment: a high-resolution micro-computed tomography study. *Journal of Endodontics*, 38, 1283-7.
- Takahashi, C. M., Cunha, R. S., Martin, A. S. et al. (2009). In vitro evaluation of the effectiveness of ProTaper universal rotary retreatment system for gutta-percha removal with or without a solvent. *Journal of Endodontics*, 35, 1580-3.
- Tasdemir, T., Yildirim, T. C., & Elik, D. (2008). Comparative study of removal of current endodontic fillings. *Journal of Endodontics*, 34, 326-9.
- Wongkornchawalit, N. (2016). A new day has come, The Rise of Bioceramic in Endodontics. *Endosarn*, 21(1), 11-33.
- Zuolo, A. S., Mello, J. E., Cunha, R. S., Zuolo, M. L., & Bueno, C. E. S. (2013). Efficacy of reciprocating and rotary techniques for removing filling material during root canal retreatment. *International Endodontic Journal*, 46(10), 947-53.

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: © 2023 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).