

# A COMPARISON OF SEALING ABILITY IN ROOT CANAL OBTURATED WITH SINGLE-CONE TECHNIQUE BETWEEN ENDOSEQUENCE BC SEALER AND NISHIKA CANAL SEALER BG MULTI AFTER POST SPACE PREPARATION

Siraprapa MINGMANEE<sup>1</sup>, Thalerngsak SAMAKSAMARN<sup>1</sup>, Pattama NATHAPAKTI<sup>2</sup> and Ratchada CHAIJIT<sup>1</sup>

1 Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand; Siraprapa.mi@kkumail.com (Corresponding Author)

2 Walailak University International College of Dentistry, Thailand

## ARTICLE HISTORY

**Received:** 6 February 2026

**Revised:** 27 February 2026

**Published:** 13 March 2026

## ABSTRACT

The objective of this study was to compare the sealing ability of root canals obturated using the single-cone technique between EndoSequence BC sealer and Nishika Canal Sealer BG after post space preparation. 55 extracted human mandibular second premolars were decoronated to a root length of 11 mm. All roots were prepared with WaveOne Gold (45/05) and obturated with the single-cone technique using EndoSequence BC Sealer (E) and Nishika Canal Sealer BG Multi (N), with 20 teeth in each group, negative (En and Ni) and positive control groups, with 10 and 5 teeth in each group, respectively. The post space preparations were performed, leaving 4 mm of gutta-percha at the apical portion. Bacterial leakage was evaluated using *Enterococcus faecalis* (DMST 43137) over a 60-day period. Kaplan-Meier survival analysis demonstrated a tendency toward earlier leakage in the EndoSequence BC Sealer group. However, comparisons using the log-rank test and Cox proportional hazards regression revealed no statistically significant difference in leakage between the two groups ( $p = 0.156$ ). Within the limitations of this study, EndoSequence BC Sealer and Nishika Canal Sealer BG Multi demonstrated comparable sealing ability when 4 mm of root canal filling material was retained after post space preparation in canals obturated using the single-cone technique.

**Keywords:** EndoSequence BC Sealer, Nishika Canal Sealer BG Multi, Bacterial Leakage of *Enterococcus faecalis*, Bioactive Glass Sealer

**CITATION INFORMATION:** Mingmanee, S., Samaksamarn, T., Nathapakti, P., & Chaijit, R. (2026). A Comparison of Sealing Ability in Root Canal Obturated with Single-Cone Technique between EndoSequence BC Sealer and Nishika Canal Sealer BG Multi after Post Space Preparation. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(3), 22

## การเปรียบเทียบความสามารถในการปิดผนึกในคลองรากฟันที่อุดด้วยเทคนิคซิงเกิลโคนระหว่างเอนโดซีควอนบีชีซีลเลอร์ และนิซิกะแคแนล ซีลเลอร์บีจีมีลติ หลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน

ศิริประภา มิ่งมณี<sup>1</sup>, เถลิงศักดิ์ สมัครสมาน<sup>1</sup>, ปัทมา นาตะภักดี<sup>2</sup> และ รัชฎา ฉายจิต<sup>1</sup>

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; Siraprapa.mi@kkumail.com (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

2 วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการปิดผนึกคลองรากฟันที่อุดด้วยเทคนิคซิงเกิลโคนระหว่างเอนโดซีควอนบีชีซีลเลอร์ (E) และนิซิกะแคแนลซีลเลอร์บีจีมีลติ (N) หลังเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน โดยใช้ฟันกรามน้อยแท้ล่างซี่ที่สองที่ถูกถอน 55 ซี่ ตัดตัวฟันออกให้รากยาว 11 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือหมุนเชิงกลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเวฟวันโกลด์ (45/05) อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิลโคน กลุ่ม E 20 ซี่ กลุ่ม N 20 ซี่ กลุ่มควบคุมลบ En และ Ni กลุ่มละ 10 ซี่ และกลุ่มควบคุมบวก 5 ซี่ เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันให้เหลือ กัดทาเพอร์ชา 4 มิลลิเมตร ใช้แบบจำลองการรั่วซึมแบบที่เรียเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส (DMST 43137) สังเกตการรั่วซึมเป็นเวลา 60 วัน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม E มีจำนวนพื้นที่พบการรั่วซึม (ร้อยละ 80) มากกว่ากลุ่ม N (ร้อยละ 60) กราฟ Kaplan-Meier แสดงว่ากลุ่ม E มีแนวโน้มการรั่วซึมมากกว่า แต่สถิติ log-rank และ Cox proportional hazards regression ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.156$ ) ดังนั้น เอนโดซีควอนบีชีซีลเลอร์และนิซิกะแคแนลซีลเลอร์บีจีมีลติมีความสามารถในการปิดผนึกไม่แตกต่างกัน เมื่อเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน 4 มิลลิเมตร ในคลองรากฟันที่อุดด้วยเทคนิคซิงเกิลโคน

**คำสำคัญ:** เอนโดซีควอนบีชีซีลเลอร์, นิซิกะแคแนลซีลเลอร์บีจีมีลติ, การรั่วซึมของแบบที่เรียเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส, ไบโอแอคทีฟกลาสซีลเลอร์

**ข้อมูลอ้างอิง:** ศิริประภา มิ่งมณี, เถลิงศักดิ์ สมัครสมาน, ปัทมา นาตะภักดี และ รัชฎา ฉายจิต. (2569). การเปรียบเทียบความสามารถในการปิดผนึกในคลองรากฟันที่อุดด้วยเทคนิคซิงเกิลโคนระหว่างเอนโดซีควอนบีชีซีลเลอร์และนิซิกะแคแนล ซีลเลอร์บีจีมีลติ หลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(3), 22

## บทนำ

ภายหลังการรักษาคลองรากฟันจำเป็นต้องมีการบูรณะส่วนตัวฟันอย่างเหมาะสมเพื่อทดแทนโครงสร้างฟันที่สูญเสียไป คงสภาพการทำงาน ความแข็งแรง และความสวยงามของฟัน ฟันที่มีการสูญเสียโครงสร้างไปมากต้องการเดือยฟันเพื่อเพิ่มการยึดติดกับแกนฟันและวัสดุบูรณะ รวมถึงช่วยกระจายแรงบดเคี้ยวไปตามแนวแกนฟัน (Al-Ashou et al., 2021) ก่อนใส่เดือยฟันจำเป็นต้องมีการเตรียมช่องว่างโดยการรีดวัสดุอุดคลองรากฟันส่วนต้นออก ซึ่งอาจทำให้วัสดุอุดถูกดึง หลวมตัว หรือเสียหายได้ ซึ่งกระบวนการนี้อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการปิดผนึกบริเวณปลายรากฟัน ทั้งนี้ความ ยาวที่แนะนำภายหลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันคือ 4-5 มิลลิเมตร (Mattison et al., 1984)

เอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์ เป็นแคลเซียมซิลิเกตเบสซิลิเกต (calcium silicate-based sealer) ที่มีคุณสมบัติในการยึด ติดกับผนังคลองรากฟัน มีความคงตัวทางมิติ และขยายตัวเล็กน้อยภายหลังการแข็งตัว จึงเหมาะสมกับการอุดคลอง รากฟันด้วยวิธีซิงเกิ้ลคอน (Kharouf et al., 2020) อย่างไรก็ตาม ไบโอเซรามิกซิลิเกตแบบดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดบาง ประการ เช่น ระยะเวลาแข็งตัวนานและการรีดออกได้ยาก จึงนำไปสู่การพัฒนาชนิดซิลิเกตเอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์ที่ เป็น ไบโอแอคทีฟกลาสซิลิเกต (bioactive glass sealer) ซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) และเกิดการยึดติดทางเคมีกับผนังคลองรากฟันได้เช่นเดียวกัน แต่มีระยะเวลาแข็งตัวสั้นและรีดออก ได้ง่ายกว่า (Washio et al., 2019) การเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันหลังวัสดุอุดแข็งตัวสมบูรณ์ ทำให้ความเสี่ยงต่อ การเคลื่อนตัวของวัสดุลดลง อย่างไรก็ตาม แรงสั่นสะเทือนและแรงบดเคี้ยวยังสามารถก่อให้เกิดช่องว่างระดับจุลภาคบริเวณ รอยต่อระหว่างซิลิเกตกับเนื้อฟันได้ (Iseini, 2021) ซึ่งวัสดุกลุ่มไบโอแอคทีฟกลาสอาจมีข้อได้เปรียบ เนื่องจาก สามารถปลดปล่อยแคลเซียม ไอออนและฟอสเฟตไอออนได้อย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมการเกิดไฮดรอกซีอะพาไทต์และเสริม เสถียรภาพของรอยต่อแม้หลังแข็งตัวแล้ว (Washio et al., 2019) ในขณะที่วัสดุกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตแบบดั้งเดิมพึ่งพา โครงสร้างเมทริกซ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างแข็งตัวเป็นหลัก ซึ่งอาจมีศักยภาพในการลดความเสี่ยงหายจำกัด กว่า (Debelian & Trope, 2016)

แม้ว่าจะมีรายงานการศึกษาความสามารถในการปิดผนึกของไบโอแอคทีฟกลาสซิลิเกต จากการทดสอบการรั่วซึมของ สีย้อม แต่ยังไม่มีการศึกษาการรั่วซึมของแบคทีเรียในคลองรากฟันที่อุดด้วยชนิดซิลิเกตเอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์ ภายหลังการ เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรียเอนเทอโร- คอคคัส ฟีคาลิสในคลองรากฟันกรามน้อยแท้รากเดี่ยวที่อุดด้วยวิธีซิงเกิ้ลคอน โดยใช้เอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์และ นิชิเกะแคลเซียมซิลิเกตเอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์เมื่อเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันที่มีความยาวกัททาเพอร์ซาที่เหลือนบริเวณปลายราก 4 มิลลิเมตร ภายหลังการอุดคลองรากฟันไปแล้ว 1 สัปดาห์

## การทบทวนวรรณกรรม

วัสดุอุดคลองรากฟันประกอบด้วยวัสดุแกนกลาง (core material) และซิลิเกต (sealer) ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้ กัททาเพอร์ซา เป็นวัสดุแกนกลางหลัก อย่างไรก็ตาม กัททาเพอร์ซามีคุณสมบัติการไหลแผ่และการยึดติดกับเนื้อฟันค่อนข้างต่ำ จึง จำเป็นต้องใช้ร่วมกับซิลิเกตเพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับกัททาเพอร์ซา รวมถึงคลองรากฟันย่อย และบริเวณผนังคลองรากฟันที่มีความขรุขระ (Shinde et al., 2014) ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วจำเป็นต้อง ได้รับการบูรณะส่วนตัวฟันอย่างเหมาะสมเพื่อให้การรักษาประสบความสำเร็จในทางคลินิก ทั้งนี้การบูรณะฟันที่สูญเสีย เนื้อฟันมากอาจต้องอาศัยเดือยฟันเพื่อเพิ่มการยึดติดของแกนฟันและวัสดุบูรณะ (Al-Ashou et al., 2021) ความยาวที่ แนะนำภายหลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันคือ 4-5 มิลลิเมตร (Mattison et al., 1984)

มีการพัฒนาแคลเซียมซิลิเกตเบสซิลิเกตที่เป็นไบโอเซรามิกหรือโลหะออกไซด์ที่มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ ซึ่งมี คุณสมบัติชอบน้ำ สามารถยึดติดกับเนื้อฟัน มีความคงตัวทางมิติ และทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งได้ จึงถูกนำมาใช้ ร่วมกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิ้ลคอน ที่มีสัดส่วนของซิลิเกตต่อกัททาเพอร์ซาเพิ่มขึ้น (Sfeir et al., 2021) เอนโดซีควอนมีซีซิลเลออร์ เป็นแคลเซียมซิลิเกตเบสซิลิเกตที่แข็งตัวจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) และปฏิกิริยา

ตกตะกอน (precipitation reactions) สามารถส่งเสริมการเกิดไฮดรอกไซด์อะพาไทต์ บนพื้นผิววัสดุ ช่วยเพิ่มการยึดติด และประสิทธิภาพการปิดผนึกของคลองรากฟัน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อสมบัติบางประการของซีลเลอร์ เช่น ระยะเวลาแข็งตัว การไหลแผ่ และการละลายตัวของวัสดุ (Mann et al., 2022a) ต่อมาได้มีการพัฒนา นิซิกะแคแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ ที่เป็นไบโอแอคทีฟกลาสซีลเลอร์ วัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิก ซึ่งแข็งตัวด้วยปฏิกิริยากรด-เบส จากการศึกษาเมื่อใช้ไบโอแอคทีฟกลาสซีลเลอร์ร่วมกับเทคนิคซิงเกิ้ลโค่นสามารถให้การปิดผนึกบริเวณปลายรากฟันที่ดี โดยมีการแทรกซึมของสีย้อมน้อยกว่าเอนโดซีควอนบีซีซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ (Yoshii et al., 2016)

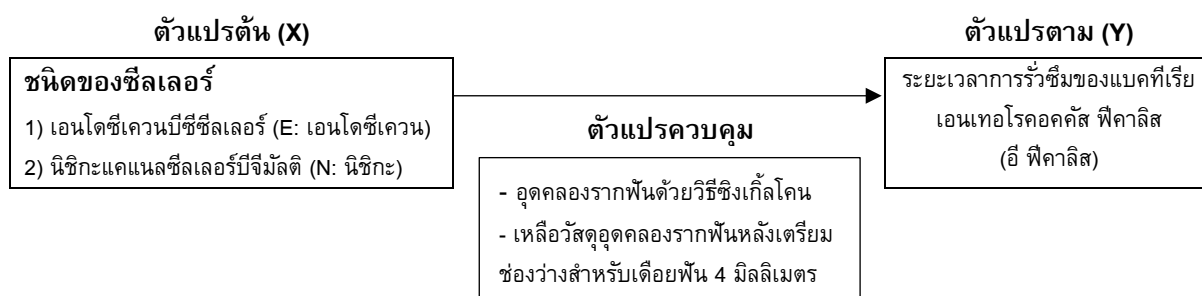
แคลเซียมซิลิเกตเบสซีลเลอร์และไบโอแอคทีฟกลาสซีลเลอร์มีความเหมาะสมในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิ้ลโค่น เนื่องจากซีลเลอร์มีความคงตัวทางมิติและสามารถยึดติดกับเนื้อฟันได้ เทคนิคนี้จะใช้กัตตาเพอร์ชาแห่งหลักเพียงหนึ่งแท่ง และอาศัยแรงดันไฮดรอลิกในการดันซีลเลอร์ให้กระจายตัวครอบคลุมระบบคลองรากฟันในสามมิติ มีข้อดีคือ เรียบง่าย ใช้อุปกรณ์น้อย และลดความเสี่ยงจากแรงลิ้ม (Brose, 2023) เมื่อเปรียบเทียบแคลเซียมซิลิเกตเบสซีลเลอร์กับซีลเลอร์ต่างชนิดกันพบว่า เมื่ออุดคลองรากฟันด้วยวิธีซิงเกิ้ลโค่น เอนโดซีควอนบีซีซีลเลอร์มีการรั่วซึมน้อยกว่ากัตตาโฟลไบโอซีล (GuttaFlow bioseal) และเอเอสพลัสซีลเลอร์ (AH Plus) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Kaul et al., 2021) และการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า แคลเซียมซิลิเกตเบสซีลเลอร์มีการรั่วซึมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเรซินเบสซีลเลอร์ (Rekha et al., 2023) แต่พบว่าไบโอแอคทีฟกลาสซีลเลอร์มีการรั่วซึมของสีย้อมน้อยกว่าเอนโดซีควอนบีซีซีลเลอร์ (Yoshii et al., 2016; Washio et al., 2019)

สำหรับการประเมินความสามารถในการปิดผนึกของวัสดุอุดคลองรากฟันในห้องปฏิบัติการ ส่วนใหญ่อาศัยการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคผ่านตัวกลางต่างๆ เช่น สีย้อม สารกัมมันตรังสี แบคทีเรีย หรือกลูโคส รวมถึงแบบจำลองแรงดันน้ำและเทคนิคไฟฟ้าเคมี อย่างไรก็ตามยังไม่มีวิธีใดเป็นมาตรฐานสากล (De-Deus et al., 2022) แม้วิธีสีย้อมจะทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ แต่มีข้อจำกัดด้านความสอดคล้องกับผลทางคลินิกและได้รับผลกระทบจากปัจจัยรบกวนหลายประการ ขณะที่การทดสอบแรงดันน้ำมีความไวและทำซ้ำได้ แต่ความเกี่ยวข้องทางคลินิกยังไม่ชัดเจนในบางสถานการณ์ (Al-Ghamdi & Wennberg, 1994) การทดสอบการรั่วซึมด้วยแบคทีเรียถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากมีความเหมาะสมทางชีววิทยาและจำลองสถานการณ์ทางคลินิกได้ใกล้เคียงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ เหมาะสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปิดผนึกของวัสดุและเทคนิคการอุดคลองรากฟันภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่ควบคุมได้ (Yanpiset et al., 2018)

### สมมติฐานการวิจัย

เอนโดซีควอนบีซีซีลเลอร์และนิซิกะแคแนลซีลเลอร์บีจีมัลติมีผลต่อระยะเวลาการรั่วซึมของแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัสฟีคาลิสในฟันที่อุดคลองรากฟันด้วยวิธีซิงเกิ้ลโค่นหลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันไม่แตกต่างกัน

### กรอบแนวคิดการวิจัย



### ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

## วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Experimental Study) ของจริยธรรมเพื่อรับรองการศึกษาการวิจัยในพื้นที่ที่ถูกถอน จากสำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำการศึกษาสำรวจโดยกำหนดจำนวนฟันทั้งหมด 55 ซี่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ฟันกรามน้อยแท้ล่างซี่ที่สองที่ถูกถอนจากคลินิกทันตกรรมในจังหวัดขอนแก่น แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม E และกลุ่ม N กลุ่มละ 20 ซี่ กลุ่มควบคุมลบ 2 กลุ่ม คือ En และ Ni กลุ่มละ 5 ซี่ และกลุ่มควบคุมบวก 1 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ นำผลที่ได้กลับมาคำนวณอำนาจการทดสอบ ( $G^*$ power) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.95

### การเตรียมฟัน

ตัดส่วนตัวฟันออกให้ได้ความยาวราก 11 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือหมุนเชิงกลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเวฟวันโกลด์ขนาดใหญ่ (WaveOne® Gold rotary size large 45/05; Dentsply Sirona, Switzerland) กำหนดระยะทำงาน (working length) 10 มิลลิเมตร ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และสารละลายกรดเอทิลีนไดเอมีนเตตระอะซิติก (ethylenediaminetetraacetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 17 อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิ้ลโคน โดยใช้กัททาเพอร์ระบบเวฟวันโกลด์ขนาดใหญ่ร่วมกับซีลเลอร์ กลุ่ม E และกลุ่มควบคุมลบ En อุดด้วยเอนโดซีเควนบีซีซีลเลอร์ (Endosequence BC sealer; Brasseler USA, USA) และกลุ่ม N และกลุ่มควบคุมลบ Ni อุดด้วยนิชิคาแคนแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ (Nishika Canal Sealer BG multi; Nippon shika yakuhin, Japan) ส่วนกลุ่มควบคุมบวก ไม่ได้รับการอุดคลองรากฟัน กลุ่มทดลองจะเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันหลังผ่านไป 1 สัปดาห์ เพื่อให้ซีลเลอร์แข็งตัวอย่างสมบูรณ์ ให้เหลือกัททาเพอร์ยาว 4 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดกัททาเพอร์ซา (Elements IC Downpack Unit, Kerr) ที่ความร้อน อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบไม่มีการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน (ตารางที่ 1)

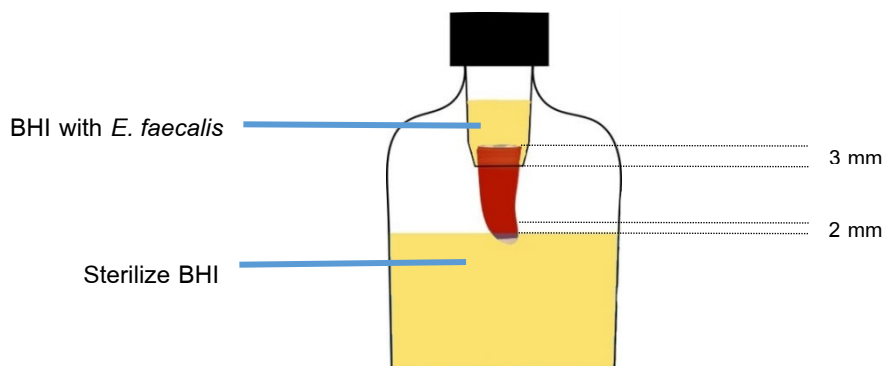
ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	ซีลเลอร์	การเตรียมซิงงาน
กลุ่ม E (n=20)	เอนโดซีเควนบีซีซีลเลอร์	เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน 4 มิลลิเมตร
กลุ่ม N (n=20)	นิชิคาแคนแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ	เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน 4 มิลลิเมตร
กลุ่มควบคุมลบ En (n=5)	เอนโดซีเควนบีซีซีลเลอร์	ไม่เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน
กลุ่มควบคุมลบ Ni (n=5)	นิชิคาแคนแนลซีลเลอร์บีจีมัลติ	ไม่เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน
กลุ่มควบคุมบวก (n=5)	ไม่ได้รับการอุดคลองรากฟัน	ไม่เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน

### การทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิส

กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมบวกเคลือบผิวรากฟันด้วยน้ำยาทาเล็บ 2 ชั้น เว้นระยะจากปลายราก 1 มิลลิเมตร ส่วนกลุ่มควบคุมลบเคลือบผิวรากฟันด้วยน้ำยาทาเล็บทั้งหมด ใช้แบบจำลองการรั่วซึมของแบคทีเรียดัดแปลงมาจากแบบจำลองของ Yanpiset et al (2020) (ภาพที่ 2) เพื่อทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัสฟีคาลิส DMST 43137 ชุดทดลอง ประกอบด้วย รากฟัน หลอดไมโครเซนติฟิวก์ และขวดแก้ว ตัดปลายหลอดไมโครเซนติฟิวก์ให้ยึดกับรากฟันที่ 3 มิลลิเมตร และตัดฝาปิดออก นำชุดทดลองไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ด้วยแรงดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ยึดบริเวณรอยต่อของไมโครเซนติฟิวก์กับรากฟันด้วยกาวไฮยาโนอะครีเลต ทิ้งไว้ให้กาวแห้ง 1 คืน นำไปใส่ในขวดแก้วที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อเบรนนาร์ทอินฟิวชันชนิดเหลว (Brain Heart Infusion broth) ให้ปลายรากฟันจุ่มในอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 มิลลิเมตร ใส่อาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมเชื้อแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัส ฟีคาลิสลงในไมโครเซนติฟิวก์ ปิดด้วยฝาขวดแก้ว เปลี่ยนเชื้อที่ส่วนบนทุก 3 วัน สังเกตการรั่วซึมจากการความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อเบรนนาร์ทอินฟิวชันในขวดแก้วส่วนล่าง ติดตามผลเป็นระยะเวลา 60 วัน บันทึกผล

การรั่วซึมหน่วยเป็นวัน นำข้อมูลมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้จำนวน (Number) ร้อยละ (Percentage) ค่ามัธยฐานของเวลาการรอดชีพ (Median survival time) ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจำนวนการรั่วซึมที่ระยะเวลาต่างๆ และวิเคราะห์การรอดชีพ (Survival Analysis) โดยแสดงเป็นกราฟ Kaplan-Meier ใช้ Log-rank test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการรอดชีพระหว่างกลุ่ม ค่าพารามิเตอร์ Hazard ratio และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ Cox proportional hazards model



ภาพที่ 2 แสดงแบบจำลองการรั่วซึมแบบคอกีเรียแบบสองห้อง (dual-chamber leakage model)

## ผลการวิจัย

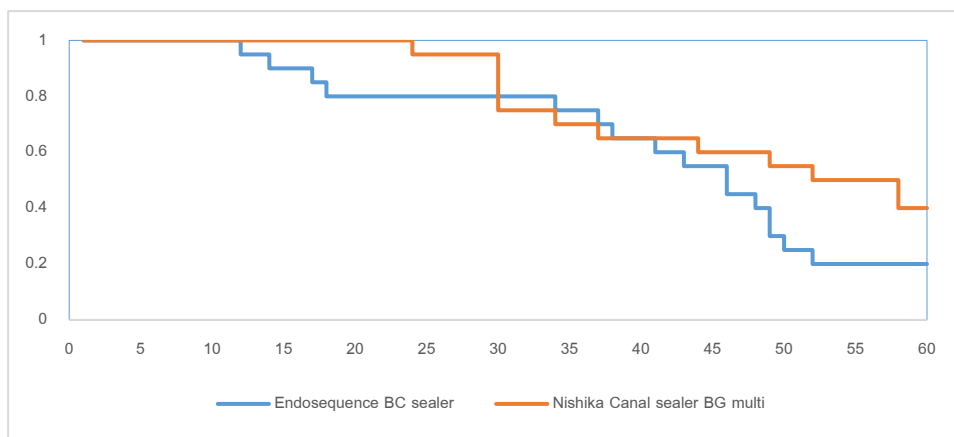
การศึกษานี้มีชิ้นตัวอย่างรวม 40 ชิ้น (กลุ่มละ 20) และพบการรั่วซึมทั้งหมด 28 ชิ้น (70%) ขณะที่ 12 ชิ้นงานไม่รั่วซึมจนสิ้นสุดการติดตามผล 60 วัน (censored) เนื่องจากการวิเคราะห์การรอดชีพอาศัยจำนวนเหตุการณ์เป็นหลัก จำนวนเหตุการณ์ 28 ครั้ง ถือว่าเพียงพอสำหรับการตรวจหาความแตกต่างที่คาดหวัง ( $HR \approx 0.585$ ) ที่  $p = 0.05$  และกำลังการทดสอบประมาณร้อยละ 80

ผลการทดลองหลังผ่านไป 60 วัน กลุ่มควบคุมไม่พบการรั่วซึมของเชื้อแบคทีเรีย ในขณะที่กลุ่มควบคุมพบการรั่วซึมในฟันทุกซี่ จากตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มเอนโดซีควอนบีซีซิลเลอร์มีจำนวนฟันที่เกิดการรั่วซึมของเชื้ออี. ฟีคาลิส (16 ซี่, ร้อยละ 80) มากกว่ากลุ่มนิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมัลติ (12 ซี่, ร้อยละ 60) โดยมีค่ามัธยฐานของเวลาการรอดชีพ (46 วัน) น้อยกว่ากลุ่มนิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมัลติ (52 วัน)

จากกราฟที่ 1 แสดงการรอดชีพสะสมโดยใช้ Kaplan-Meier พบว่า ทั้งกลุ่มเอนโดซีควอนบีซีซิลเลอร์และนิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมัลติไม่พบการรั่วซึมของแบคทีเรียในสัปดาห์แรก กลุ่มเอนโดซีควอนบีซีซิลเลอร์เริ่มพบเหตุการณ์การรั่วซึมครั้งแรกในวันที่ 12 (1 ชิ้น) พบการรั่วซึมมากที่สุดในวันที่ 46 และ 49 วันละ 2 ชิ้น และมีการรั่วซึมสะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง ขณะที่กลุ่มนิซิกะแคแนลซิลเลอร์เริ่มพบการรั่วซึมในช่วงเวลาที่ช้ากว่า (วันที่ 24 จำนวน 1 ชิ้น) พบการรั่วซึมมากที่สุดในวันที่ 30 จำนวน 4 ชิ้น และมีการรั่วซึมสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป แต่ต่ำกว่ากลุ่มเอนโดซีควอนบีซีซิลเลอร์ อย่างไรก็ตาม จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาภาพรวมตลอดระยะเวลา 60 วัน จากการทดสอบ Log-rank ไม่พบความแตกต่างของการกระจายของระยะเวลาการรั่วซึมระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ( $p\text{-value} = 0.152$ ) และตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วย Cox proportional hazards regression พบว่า ชนิดของซิลเลอร์ไม่ส่งผลต่ออัตราการรั่วซึมของแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมัลติมีอัตราการเกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียต่ำกว่าเอนโดซีควอนบีซีซิลเลอร์ประมาณร้อยละ 41.5 (hazard ratio = 0.585, 95% CI: 0.275-1.247,  $p\text{-value} = 0.165$ )

ตารางที่ 2 แสดงจำนวน ร้อยละ และค่ามัธยฐานของเวลาการรอดชีพ (Median survival time) ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

กลุ่มทดลอง	จำนวนฟันที่รีว (ซี่)	จำนวนที่พบการรั่วซึม (ร้อยละ)	จำนวนที่ไม่พบการรั่วซึม (ร้อยละ)	ค่ามัธยฐานเวลาที่รั่วซึม (วัน)
กลุ่ม E	16/20	80%	20%	46
กลุ่ม N	12/20	60%	40%	52



กราฟที่ 1 กราฟแสดงการรอดชีพสะสมโดยใช้ Kaplan-Meier

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการกระจายของระยะเวลาการอยู่รอดระหว่างกลุ่มโดยใช้ Log-rank test

การทดสอบ	Chi-square	df	P-value
Log-rank (Mantel-Cox)	2.053	1	0.152

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ Cox proportional hazards regression เปรียบเทียบอัตราการรั่วซึมระหว่างเอนโดซีแควน บีซีซีแอลเลอร์และนิซิกะแคแนลซีแอลเลอร์บีจีมีลติ

ตัวแปร	B	Std. Error	Hazard ratio (HR)	95% CI	P-value
นิซิกะแคแนลซีแอลเลอร์บีจีมีลติ	-0.536	0.386	0.585	0.275-1.247	0.165

Reference group = เอนโดซีแควน บีซีซีแอลเลอร์  
HR = hazard ratio; CI = confidence interval

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการรั่วซึมของแบคทีเรียเอนเทอโรคอคคัส ฟิคาลิสในคลองรากฟันที่อุดด้วยเทคนิคซิงเกิ้ลโคนระหว่างเอนโดซีแควน บีซีซีแอลเลอร์และนิซิกะแคแนลซีแอลเลอร์บีจีมีลติภายหลังการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันให้เหลือวัสดุอุดปลายราก 4 มิลลิเมตร ผลการศึกษาพบว่า ไม่พบความแตกต่างของการรั่วซึมของแบคทีเรียระหว่างทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังติดตามผลเป็นระยะเวลา 60 วัน อาจเนื่องจากวัสดุทั้งสองชนิดสามารถเกิดการสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์ ทำให้เกิดการยึดติดกับเนื้อฟันได้ โดยนิซิกะแคแนลซีแอลเลอร์บีจีมีลติมีองค์ประกอบของวัสดุซึ่งเป็นแคลเซียมซิงเกิลกลาส ไนกลุ่มไบโอแอคทีฟกลาส อาศัยการแข็งตัวจากปฏิกิริยากรด-เบส ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไขมันและแมกนีเซียมออกไซด์ หลังการแข็งตัว วัสดุสามารถเกิดการยึดติดกับผนังคลองรากฟันในระดับจุลภาคได้ โดยอนุภาคที่เป็นไบโอแอคทีฟกลาสเมื่อสัมผัสกับความชื้นในคลองรากฟันจะเกิดการปลดปล่อยซิลิกา ไอออน แคลเซียม ไอออน ฟอสฟอรัส ไอออน และโซเดียม ไอออน ส่งผลให้เกิดซิลิกาเจลบนพื้นผิวท่อเนื้อฟัน ก่อนจะทำ

ปฏิกิริยากับไอออนภายในท่อเนื้อฟัน ก่อให้เกิดโครงสร้างลักษณะเป็นสาย (tag-like structures) แทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟัน เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุด้วยพลังงานรังสีเอกซ์ (SEM-EDX) พบว่าผลึกดังกล่าวคือ ไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Yoshii et al. 2016) ในขณะที่เอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์มีส่วนประกอบหลักคือแคลเซียมซิลิเกต อาศัยการแข็งตัวจากปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาตกตะกอน (precipitation reaction) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Patel et al.) จากการศึกษาในพื้นที่ที่ถูกถอนพบว่า เอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์สามารถก่อให้เกิดการตกผลึกที่มีลักษณะคล้ายอะพาไทต์ภายในท่อเนื้อฟัน ซึ่งปรากฏเป็นโครงสร้างลักษณะเป็นสาย (Han e Okiji 2013)

แม้ว่าเอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์มีคุณสมบัติละลายในน้ำมากกว่าร้อยละ 3 ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ไอเอสโอกำหนด เนื่องจากมีองค์ประกอบของอนุภาคขนาดเล็กที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นอาจส่งผลให้มีการละลายตัวที่สูงขึ้น นำไปสู่การเกิดช่องว่างภายในวัสดุอุดคลองรากฟัน ซึ่งเป็นบริเวณที่เอื้อต่อการรั่วซึม (Kwak et al., 2023; Mann et al., 2022) ในขณะที่นิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมีลละลายน้ำเพียงร้อยละ 0.5 (Washio et al., 2019) แต่อาจด้วยความยาวของกัตทาเพอร์ชาที่เหลือน้อย 4 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าสามารถให้การปิดผนึกบริเวณปลายรากฟันได้อย่างเพียงพอ และจากการกระบวนกรเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน ที่วัสดุอุดบริเวณหนึ่งในสามส่วนปลายราก (apical third) จะไม่ได้ถูกนำออก ซึ่งคลองรากฟันในบริเวณดังกล่าวมักมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีความสม่ำเสมอของผนังคลองรากฟัน จึงเอื้อต่อการคงประสิทธิภาพของการปิดผนึกในส่วนปลายรากได้ดี และการเตรียมช่องว่างภายหลังจากซิลเลอร์แข็งตัวแล้ว 1 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ ทำให้วัสดุอุดมีความคงตัวมากขึ้น ได้รับผลการกระทบจากการเตรียมช่องว่างน้อย (Pusinanti et al., 2013; Iseini, 2021) ปัจจัยทั้งสองประการนี้ทำให้ผลของชนิดซิลเลอร์อาจถูกกลดทอนลง

จากการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่า นิซิกะแคแนลซิลเลอร์และเอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์มีความสามารถในการปิดผนึกทัดเทียมกันภายใต้เงื่อนไขงานวิจัย ซึ่งขัดกับผลการศึกษาของ Yoshii ในปี 2016 ซึ่งได้ทดสอบการรั่วซึมด้วยสีย้อมพบว่า เมื่ออุดฟันด้วยวิธีซิงเกิ้ลโคเน ไปโอแอคทีฟกลาสซิลเลอร์มีการรั่วซึมของสีย้อมน้อยกว่าเอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์ที่อุดด้วยวิธีเดิวกันอย่างน้อยมีนัยสำคัญ (Yoshii et al., 2016) อาจเนื่องมาจากวิธีการทดสอบการรั่วซึมที่แตกต่างกัน ทำให้ขนาดโมเลกุลของสารทดสอบต่างกัน โดยสีย้อมมีอนุภาคเล็กกว่าแบคทีเรีย ส่งผลให้ผลการทดลองไม่สอดคล้องกัน การศึกษานี้มีกลุ่มควบคุมบวกซึ่งเป็นพื้นที่ไม่ได้รับการอุดคลองรากฟัน เพื่อใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงในการประเมินการเกิดความชุ่มของอาหารเลี้ยงเชื้อในขวดแก้วส่วนล่างของแบบจำลองการรั่วซึมของแบคทีเรีย กลุ่มควบคุมบวกดังกล่าวทำหน้าที่แสดงให้เห็นถึงการรั่วซึมของแบคทีเรียได้อย่างชัดเจนและรวดเร็วภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน จึงใช้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองในการยืนยันความถูกต้องและความไวของระบบการทดสอบ ส่วนกลุ่มควบคุมลบซึ่งเป็นพื้นที่ได้รับการอุดคลองรากฟันด้วยซิลเลอร์ทั้งสองชนิด โดยมีการปิดผนึกผิวรากฟันทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ เพื่อยืนยันว่าแบบจำลองการทดสอบไม่มีการรั่วซึมของแบคทีเรียจากทางด้านข้างของรากฟันหรือจากรอยต่อของระบบทดลอง ซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดผลบวกสูง โดยตลอดการศึกษาเป็นเวลา 60 วัน กลุ่มควบคุมลบไม่มีชิ้นงานที่พบการรั่วซึม แสดงถึงความสมบูรณ์ของแบบจำลอง

#### **ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย**

จากผลการศึกษาพบว่า ในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคซิงเกิ้ลโคเน ภายใต้เงื่อนไขที่มีการเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันภายหลัง 1 สัปดาห์ และเหลือกัตทาเพอร์ชาบริเวณปลายรากฟัน 4 มิลลิเมตร สามารถเลือกใช้ได้ทั้งเอนโดซีเมนบีซีซิลเลอร์และนิซิกะแคแนลซิลเลอร์บีจีมีล โดยให้ประสิทธิภาพการปิดผนึกไม่แตกต่างกัน

#### **ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการทดสอบด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อใช้ร่วมกันในการประเมินความสามารถในการปิดผนึกของซิลเลอร์ เนื่องจากการประเมินโดยอาศัยการทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรียเพียงชนิดเดียวเพียงวิธีเดียว ยังไม่เพียงพอ

พอที่จะใช้สรุปประสิทธิภาพการปิดผนึกของซีลเลอร์ได้อย่างครอบคลุม การใช้วิธีการทดสอบที่หลากหลายอาจช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาและสะท้อนศักยภาพของการปิดผนึกได้รอบด้านมากยิ่งขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- Al-Ghamdi, A., & Wennberg, A. (1994). Testing of sealing ability of endodontic filling materials. *Dental Traumatology*, 10(6), 249-255.
- Al-Ashou, W. M., Al-Shamaa, R. M., & Hassan, S. S. (2021). Sealing ability of various types of root canal sealers at different levels of remaining gutta percha after post space preparation at two time intervals. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 11(6), 721-728.
- Brose, M. (2023). *Is the single cone obturation technique the future of root canal filling?*. Master's Thesis, Vilnius University
- Debelian, G., & Trope, M. (2016). The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale italiano di endodonzia*, 30(2), 70-80.
- De-Deus, G., Souza, E. M., Silva, E. J. N. L., Belladonna, F. G., Simões-Carvalho, M., Cavalcante, D. M., & Versiani, M. A. (2022). A critical analysis of research methods and experimental models to study root canal fillings. *International Endodontic Journal*, 55, 384-445.
- Han, L., & Okiji, T. (2013). Bioactivity evaluation of three calcium silicate-based endodontic materials. *International endodontic journal*, 46(9), 808-814.
- Iseini, V. (2021). Influence of the Post Space Preparation on the Rest Filling in Endodontically Treated Teethfilling in Endodontically Treated Teeth. *UBT International Conference*. 430
- Kaul, S., Kumar, A., Badiyani, B. K., Sukhtankar, L., Madhumitha, M., & Kumar, A. (2021). Comparison of sealing ability of bioceramic sealer, AH plus, and GuttaFlow in conservatively prepared curved root canals obturated with single-cone technique: An in vitro study. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 13(Suppl 1), S857-S860.
- Kharouf, N., Arntz, Y., Eid, A., Zghal, J., Sauro, S., Haikel, Y., & Mancino, D. (2020). Physicochemical and antibacterial properties of novel, premixed calcium silicate-based sealer compared to powder-liquid bioceramic sealer. *Journal of Clinical Medicine*, 9(10), 3096.
- Kwak, S. W., Koo, J., Song, M., Jang, I. H., Gambarini, G., & Kim, H. C. (2023). Physicochemical properties and biocompatibility of various bioceramic root canal sealers: in vitro study. *Journal of Endodontics*, 49(7), 871-879.
- Mann, A., Zeng, Y., Kirkpatrick, T., van der Hoeven, R., Silva, R., Letra, A., & de Souza, L. C. (2022). Evaluation of the physicochemical and biological properties of EndoSequence BC Sealer HiFlow. *Journal of endodontics*, 48(1), 123-131.
- Mattison, G. D., Delivanis, P. D., Thacker Jr, R. W., & Hassell, K. J. (1984). Effect of post preparation on the apical seal. *The Journal of prosthetic dentistry*, 51(6), 785-789.
- Patel, A., Somani, M. C., Patel, H., Joshi, C., Shah, M., & Kansagra, D. (2022). Bioceramics as root canal sealers: A literature review. *J. Pharmaceutical Negative Results*, 13, 4371-4381.

- Pusinanti, L., Rubini, R., Pellati, A., & Zerman, N. (2013). A simplified post preparation technique after Thermafil obturation: evaluation of apical microleakage and presence of voids using methylene blue dye penetration. *Annali di stomatologia*, 4(2), 184.
- Rekha, R., Kavitha, R., Venkitachalam, R., Prabath, S. V., Deepthy, S., & Krishnan, V. (2023). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 13(1), 28-35.
- Sfeir, G., Zogheib, C., Patel, S., Giraud, T., Nagendrababu, V., & Bukiet, F. (2021). Calcium silicate-based root canal sealers: A narrative review and clinical perspectives. *Materials*, 14(14), 3965.
- Shinde, A., Kokate, S., & Hegde, V. (2014). Comparative assessment of apical sealing ability of three different endodontic sealers: A scanning electron microscopic study. *Journal of Pierre Fauchard Academy (India Section)*, 28(3), 78-82.
- Washio, A., Morotomi, T., Yoshii, S., & Kitamura, C. (2019). Bioactive glass-based endodontic sealer as a promising root canal filling material without semisolid core materials. *Materials*, 12(23), 3967.
- Yanpiset, K., Banomyong, D., Chotvorarak, K., & Srisatjaluk, R. L. (2018). Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. *Restorative dentistry & endodontics*, 43(3), e30.
- Yanpiset, K., Khumprasit, C., Srisatjaluk, R., & Banomyong, D. (2020). Bacterial leakage in root canals filled with calcium silicate sealer-based technique and post spaces prepared. *Mahidol Dental Journal*, 40(1), 1-7.
- Yoshii, S., Washio, A., Morotomi, T., & Kitamura, C. (2016). Root canal sealing ability of bioactive glass-based sealer and its effects on dentin. *Jpn. J. Conserv. Dent*, 59, 463-471.

**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).