

# การประเมินความสามารถในการผนึกของซีลเลอร์ อุดคลองรากฟัน ชนิดมีเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต ในแบบจำลองฟันปลายรากเปิด

ศิริกุล วนาไพศาล\* จารุมา ศักดิ์ดี\* ชินาลัย ปิยะชน\*

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผนึกของเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์กับ เอเอสพลัสและซียูซีลเลอร์ในแบบจำลองฟันปลายรากเปิด โดยประเมินการรั่วซึมของโปรตีนโบไวน์เซรัมอัลบูมิน สร้างแบบจำลองฟันปลายรากเปิดจากฟันถอนซึ่งเป็นฟันกรามน้อยแท้คลองรากเดียว จำนวน 55 ซี่ แบ่งแบบสุ่ม ออกเป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ซี่ ทำการอุดคลองรากฟันด้วยกัทยาเพอร์ซาร่วมกับซีลเลอร์ อย่างใด อย่างหนึ่ง ได้แก่ เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ เอเอสพลัส และซียูซีลเลอร์ กลุ่มควบคุมบวก จำนวน 5 ซี่ อุดคลองรากฟัน โดยไม่ใช้ซีลเลอร์ และกลุ่มควบคุมลบ 5 ซี่ ซึ่งเคลือบปิดผิวรากฟันทั้งหมดด้วยน้ำยาทาเล็บ แชรากฟันทั้งหมด ในสารละลายน้ำเกลือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เป็นเวลา 28 วัน จากนั้นนำรากฟันประกอบเข้ากับแบบจำลองการรั่วซึม ของโปรตีนชนิดสองแชนเบอร์เพื่อวัดการรั่วซึมของโปรตีนโบไวน์เซรัมอัลบูมิน เก็บสารละลายจากแชมเบอร์ ส่วนล่างที่เวลา 1 วัน 8 วัน 15 วันและ 28 วัน นำมาผสมกับแบรดฟอร์ดโปรตีนรีเอเจนท์และวิเคราะห์ด้วย เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ คำนวณปริมาณโปรตีนเป็นหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมในกลุ่มทดลองทั้งสามเพิ่มขึ้นตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในวันที่ 8 15 และ 28 กลุ่มเอเอสพลัสพบการรั่วซึมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มซียูซีลเลอร์และกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้ สรุปได้ว่าเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์และซียูซีลเลอร์มีความสามารถ ในการผนึกน้อยกว่าเอเอสพลัส

**คำไขว่หาคำ:** ความสามารถในการผนึก/ ซีลเลอร์อุดคลองรากฟัน/ มีเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต/  
โบไวน์เซรัมอัลบูมิน

## บทนำ

ความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟัน ขึ้นกับ ปัจจัยพื้นฐาน คือ การทำความสะอาดและทำให้คลองรากฟัน ปราศจากเชื้อ การตกแต่งรูปร่างคลองรากฟัน เพื่อให้อุด คลองรากฟันได้อย่างแนบสนิท จากรายงานการศึกษา<sup>1</sup> พบว่าร้อยละ 58 ของการรักษาคลองรากฟันที่ล้มเหลว เกิดจากการอุดคลองรากฟันที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นวัสดุอุดคลอง รากฟันในอุดมคติ จึงควรมีความสามารถในการผนึกคลอง รากฟันได้สนิท ไม่มีการรั่วของแบคทีเรียและของเหลวทั้งจาก ปลายรากฟันและจากในช่องปาก

การรักษาคลองรากฟัน ในฟันที่มีรูปลายรากฟันกว้าง ซึ่งอาจเนื่องจากการขยายคลองรากฟันเกิน หรือกรณีปลาย รากฟันเจริญไม่สมบูรณ์ หรือมีการละลายของปลายรากฟัน มีความยากในการควบคุมจุดสิ้นสุดของการอุดคลองรากฟัน วัสดุอุดคลองรากฟันบริเวณปลายรากฟันมีโอกาสสัมผัสกับ เนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันที่มีความชื้นสูงตลอดเวลา<sup>2</sup> อาจส่งผล ต่อความแนบสนิทของการอุดคลองรากฟันด้วยกัทยาเพอร์ซาร่วมกับซีลเลอร์อุดคลองรากฟัน (Root canal sealer)

ซียูซีลเลอร์ (CU sealer, คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย) เป็น

\* กาศวิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 กรุงเทพมหานคร

ซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล (Zinc oxide eugenol-based sealer) ซึ่งได้รับการยอมรับมาเป็นเวลานานและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน แต่ซีลเลอร์ชนิดดังกล่าวมีข้อเสีย คือการไม่ยึดติดกับเนื้อฟันด้วยปฏิกิริยาทางเคมี<sup>3</sup> มีเวลาการก่อตัวนานและมีการละลายตัวสูง จากการศึกษาคุณสมบัติด้านเคมีกายภาพ (Physicochemical properties) พบว่าซีลเลอร์ดังกล่าวมีการละลายตัวสูง เนื่องจากการระเหยของยูจีนอลออกจากซีลเลอร์แมทริกซ์ (Sealer matrix) ในปริมาณสูงอย่างต่อเนื่อง<sup>4</sup> เป็นผลให้เกิดการรั่วซึมบริเวณปลายรากฟันและส่งผลให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ Upadhyay และคณะ<sup>5</sup> ได้ศึกษาการยึดติดและความแนบสนิทของซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลกับผนังคลองรากฟัน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบมีช่องว่างเกิดขึ้นหลายตำแหน่งและสรุปว่าซีลเลอร์ชนิดนี้ไม่สามารถให้ความแนบสนิทที่ดีได้

เอเอชพลัส (AH Plus<sup>®</sup>; Dentsply, Zurich, Switzerland) เป็นซีลเลอร์ชนิดอีพอกซีเรซิน (Epoxy resin-based sealer) มีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดี คือ การมีเสถียรภาพเชิงมิติสูงและการละลายตัวต่ำ<sup>6-8</sup> มีคุณสมบัติยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้และให้ความแนบสนิทที่ดี อย่างไรก็ตามจัดเป็นวัสดุที่มีความไวต่อน้ำสูง (Water-sensible) โดย Roggendorf และคณะ<sup>9</sup> พบว่าการปนเปื้อนของของเหลวบริเวณส่วนปลายรากฟัน มีผลทำให้เอเอชพลัสมีการรั่วซึมมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต (Mineral trioxide aggregate based sealer) ถูกผลิตขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติที่ดีหลายประการของมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต ได้แก่ ความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ การส่งเสริมการสร้างเนื้อเยื่อแข็ง และสามารถปลดปล่อยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อสัมผัสกับสารละลายที่จำลองสภาวะของเหลวในร่างกาย (Simulated body fluid)<sup>10</sup>

การเลือกใช้ซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต อาจมีผลให้เกิดความแนบสนิทที่ดีในฟันที่มีลักษณะปลายรากฟันเปิดกว้าง และมีความชื้นสูงจากการสร้างเนื้อเยื่อแข็งมาปิดบริเวณปลายรากฟันตลอดจนกระตุ้นให้มีการเกิดใหม่ (Regeneration) ของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันได้ Weller และคณะ<sup>10</sup> พบว่าซีลเลอร์ชนิดมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต สามารถกระตุ้นให้เกิดการ

สะสมของแร่ธาตุ มีการสร้างผลึกคล้ายอะพาไทต์ (Apatite-like crystalline) ได้ตลอดผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายรากฟัน และเมื่อศึกษาโดยใช้วิธีการซึมผ่านของของเหลว (Fluid filtration) พบว่ามีความสามารถในการผนึกเทียบเท่ากับซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดอีพอกซีเรซิน จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงน่าสนใจว่าเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (MTA fillapex; Angelus, Londrina, PR, Brazil) ซึ่งเป็นซีลเลอร์ชนิดมินเนอรัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย หากนำมาใช้งานในฟันที่มีรูปลายรากฟันเปิดกว้างจะทำให้เกิดความแนบสนิททางชีวภาพ (Biologic sealing) และลดการรั่วซึมบริเวณปลายรากฟันได้ดีมากน้อยเพียงใด การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการผนึกของเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ กับเอเอชพลัสและซียูซีลเลอร์ในแบบจำลองฟันปลายรากเปิด

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

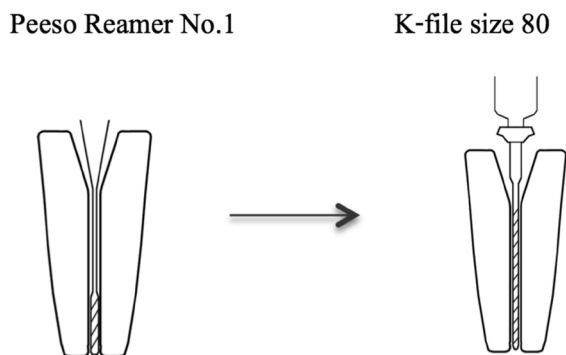
### การเตรียมฟันตัวอย่าง

เลือกใช้ฟันกรามน้อยแท้ของมนุษย์ที่มีสภาพสมบูรณ์ ปลายรากปิด จำนวน 55 ซี่ ตรวจสอบลักษณะคลองรากฟันด้วยการถ่ายภาพรังสี คัดเลือกฟันที่มีคลองรากฟันเดียว รูปแบบของคลองรากฟันมีลักษณะใกล้เคียงกัน คือมีความสอบแคบของคลองรากฟันสม่ำเสมอ เป็นความยาวอย่างน้อย 12 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน เพื่อควบคุมขนาดคลองรากฟันหลังการเตรียม ตัดส่วนปลายรากฟันออก 2 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอกากเพชรทรงกระบอก (Cylinder diamond bur) เพื่อกำจัดคลองรากฟันหลักที่ไม่ได้อยู่กลางรากฟันและจุดคอดปลายรากฟัน ตัดส่วนตัวฟันออกให้ได้ความยาวฟันจากปลายรากฟันถึงส่วนตัวฟัน 14 มิลลิเมตร ตรวจสอบทางเข้าสู่คลองรากฟันให้เป็นเส้นตรงโดยใช้เคไฟล์ขนาด 15 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) หลังจากนั้นทำการขยายคลองรากฟันโดยใช้เครื่องมือโปรเทเปอร์ยูนิเวอร์แซล (Protaper Universal, Dentsply, Ballaigues, Switzerland) ขนาด เอส1 (S1) เอส2 (S2) เอฟ1 (F1) และเอฟ2 (F2) ตามลำดับ โดยเตรียมถึงปลายรากฟัน ใช้อาร์ซีเพรพ (RC-Prep, Premier, PA, USA) ขยายขยายคลองรากฟัน

การจำลองลักษณะรากฟันที่ผนังคลองรากฟันขนาน (Parallel sided root canal) และไม่มีจุดคอดปลาย

รากฟัน ทำโดยใช้พีโซรีมเมอร์ (Peeso reamer) ขนาด 1 กรอจากด้านตัวฟันจนสุดปลายรากฟัน จะได้ผนังคลองรากฟันขนานและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนปลายรากฟันประมาณ 0.7 มิลลิเมตร จากนั้นใช้เคไฟล์ขนาด 80 ตะไบจากด้านตัวฟันจนเห็นปลายไฟล์ปรากฏที่ปลายรากฟันพอดี

จะได้ลักษณะคลองรากฟันที่ค่อนข้างขนาน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายรากฟันเท่ากันคือ 0.8 มิลลิเมตร (รูปที่ 1) ลองกัทยาเพอร์ชาแท่งหลักขนาด 80 แล้วถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบรูปร่างและขนาดของคลองรากฟันอีกครั้ง



รูปที่ 1 วิธีเตรียมแบบจำลองฟันปลายรากเปิด  
Figure 1 Preparation of experimental immature tooth model.

ขณะขยายคลองรากฟัน ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ครั้งละ 2 มิลลิลิตร ทุกครั้งที่เปลี่ยนเครื่องมือ รวมปริมาตร 15 มิลลิลิตรต่อคลองรากฟัน เมื่อขยายคลองรากฟันเสร็จขั้นตอนล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอ (EDTA, Ethylene diamine tetraacetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที ล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ฝังรากฟันลงในฟลอรัลโฟม (Floral foam) แบ่งรากฟันแบบสุ่มออกเป็นกลุ่มทดลองสามกลุ่ม กลุ่มละ 15 ราก ตามชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้อุดคลองรากฟัน ได้แก่ ซึยูซีลเลอร์ เอเอสพลัส และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ กลุ่มควบคุมบวกและลบกลุ่มละ 5 ซึยู ซีลเลอร์ทุกชนิดผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ อุดคลองรากฟันด้วยวิธีแลเทอรัลคอนเดนเซชัน (Lateral condensation) สำหรับกลุ่มควบคุมบวก อุดคลองรากฟันด้วยวิธีเดียวกันโดยไม่ใช้ซีลเลอร์ ส่วนกลุ่มควบคุมลบไม่ได้อุดคลองรากฟัน ตรวจสอบคุณภาพการอุดคลองรากฟันด้วยภาพรังสี นำรากฟันไปเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นแช่ส่วนปลายรากฟันทั้งหมดในสารละลายน้ำเกลือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate

buffered saline solution) เพื่อจำลองสภาวะของของเหลวในเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน (Periapical tissue fluid) เก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน โดยทำการเปลี่ยนสารละลายทุก 7 วัน

**การทดสอบการรั่วซึมของโปรตีน**

แบบจำลองการรั่วซึมของโปรตีน

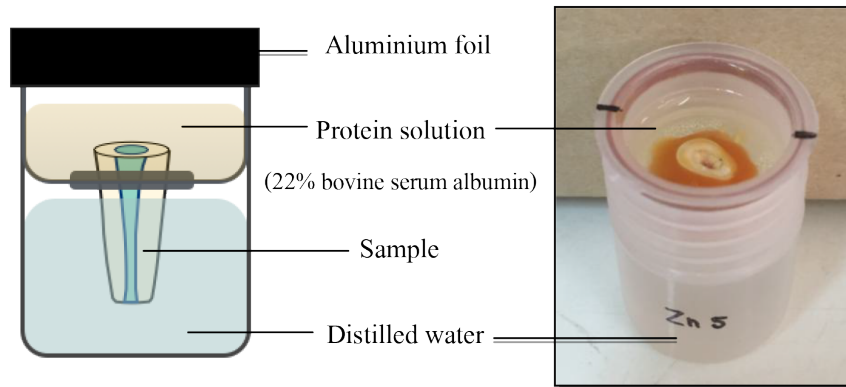
นำฟันออกจากสารละลายน้ำเกลือฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ทำให้แห้งและเคลือบผิวรากฟันทั้งหมดด้วยน้ำยาทาเล็บสองชั้น ยกเว้นส่วนรอบปลายรากฟัน 2 มิลลิเมตร สำหรับกลุ่มควบคุมลบเคลือบปิดส่วนปลายรากฟันรวมทั้งรูปลายรากฟันและผิวรากฟันทั้งหมดด้วยน้ำยาทาเล็บสองชั้น แบบจำลองการรั่วซึมของโปรตีนที่ใช้ในการศึกษานี้ดัดแปลงมาจากการศึกษาของ Valois และ Costa<sup>11</sup> ประกอบด้วยภาชนะส่วนล่างและภาชนะส่วนบน (รูปที่ 2) ภาชนะส่วนล่างเป็นขวดพลาสติกขนาดเล็ก บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ภาชนะส่วนบนเป็นฝาพลาสติกขนาดแนบสนิทพอดีกับส่วนล่างเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เจาะรูที่ฝาพลาสติกเพื่อให้เป็นที่อยู่ของรากฟัน โดยหันส่วนใกล้ตัวฟันขึ้นสู่ภาชนะส่วนบน ยึดรากฟันตัวอย่างกับฝาพลาสติกด้วยซีติงเหนียว (Sticky wax) จากนั้นใช้น้ำยาทาเล็บเคลือบปิดบริเวณรอยต่อ ระหว่างซีติงกับรากฟัน 2 รอบ ทั้งให้แห้งที่

อุณหภูมิห้อง ด้านบนปิดด้วยแผ่นอะลูมิเนียมบาง ภาชนะส่วนบนเป็นส่วนที่ใช้บรรจุโปรตีนที่ใช้ทดสอบการรั่วซึมคือ โบวีนเซรัมอัลบูมินความเข้มข้นร้อยละ 22 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

เก็บรักษาแบบจำลองทั้งหมดที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาการศึกษา โดยเปลี่ยนสารละลายโปรตีนในภาชนะส่วนบนทุกวัน รวมถึงเติมน้ำกลั่นเพิ่มในภาชนะส่วนล่าง เพื่อทดแทนการนำสารละลายในภาชนะส่วนล่างไปวัดปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมผ่านคลองรากฟัน

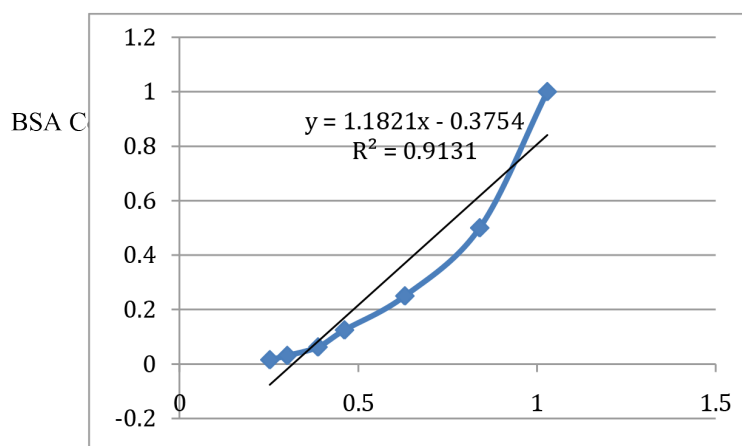
### การวัดการรั่วซึมของโปรตีน

สร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) (รูปที่ 3) ก่อนการวัดปริมาณโปรตีนในภาชนะส่วนล่างทุกครั้ง โดยการนำสารละลายโบวีนเซรัมอัลบูมินร้อยละ 22 ที่ทราบปริมาณโปรตีน ผสมกับแบรดฟอร์ดโปรตีนรีเอเจนท์ปริมาตร 200 ไมโครลิตร จะทำให้สารละลายมีสีฟ้าและนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer; Asys UVM340 Microplate Reader, Biochrom, Cambridge, UK) ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร กราฟมาตรฐานนี้จะใช้คำนวณปริมาณโปรตีนเป็นหน่วยร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ซึ่งต้องสร้างกราฟมาตรฐานใหม่ทุกครั้งก่อนการวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในแต่ละครั้ง



รูปที่ 2 แบบจำลองทดสอบการรั่วซึมของโปรตีน

Figure 2 Schematic apparatus used in the study to determine BSA protein leakage



รูปที่ 3 กราฟมาตรฐานที่ได้จากโปรตีนโบวีนเซรัมอัลบูมินเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายโบวีนเซรัมอัลบูมิน

Figure 3 Calibration curve using BSA protein standard depicting the relationship of optical density versus the BSA concentration

การวัดปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมผ่านคลองรากฟัน ทำโดยการปิเปตสารละลายจากภาชนะส่วนล่างปริมาตร 20 ไมโครลิตร ผสมกับแบรดฟอร์ตโปรตีนรีเอเจนท์ ปริมาตร 200 ไมโครลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้จากแบบจำลองแต่ละอันมาคำนวณหาความเข้มข้นของโปรตีนโบไวน์เซรัมอัลบูมิน จากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากกราฟมาตรฐาน ทำการเก็บสารละลายจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มาวัดปริมาณโปรตีนที่รั่วซึม ที่เวลา 1 วัน 8 วัน 15 วัน และ 28 วัน

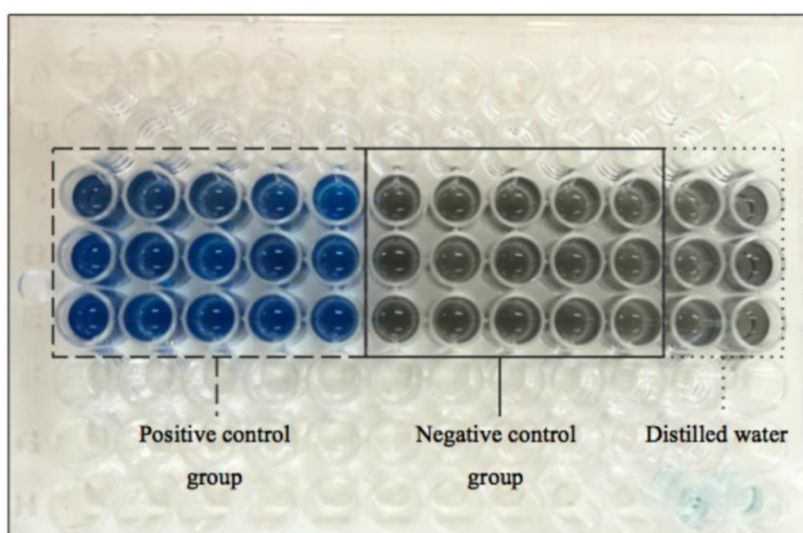
เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมของซีลเลอร์ทั้งสามชนิดในช่วงเวลาเดียวกัน ด้วยการทดสอบครัสคัลวอลลิส (Kruskal-Wallis test) หลังจากนั้นเปรียบเทียบรายคู่ ด้วยการทดสอบแมนวิทนียู (Mann-Whitney U test) และเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมของซีลเลอร์ชนิดเดียวกันในช่วงเวลาต่างๆ ด้วยการ ทดสอบฟรีดแมน (Friedman test) ประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรม IBM SPSS รุ่น 21 (SPSS, Chicago, IL, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผล

กลุ่มควบคุมบวกทุกอย่างตรวจพบการรั่วซึมของโปรตีนตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรก โดยเห็นได้จากสีที่เปลี่ยนไปเป็นสีฟ้าอย่างชัดเจนเมื่อสัมผัสกับสารละลายแบรดฟอร์ตโปรตีนรีเอเจนท์ กลุ่มควบคุมลบไม่พบการเปลี่ยนสีของสารละลายแสดงว่าไม่มีการรั่วซึมตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (รูปที่ 4)

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโปรตีนโบไวน์เซรัมอัลบูมินที่ตรวจวัดได้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของซีลเลอร์ชนิดซียูซีลเลอร์ เอเอชพลัสและเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ แสดงดังตารางที่ 1 การรั่วซึมของซีลเลอร์อุดคลองรากฟันทั้งสามชนิดเพิ่มขึ้นตามเวลาในทุกช่วงเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

การเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมในวันที่ 1 พบว่าทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนวันที่ 8 15 และ 28 เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ มีปริมาณโปรตีนที่รั่วซึมไม่แตกต่างกับกลุ่มซียูซีลเลอร์ แต่รั่วซึมมากกว่ากลุ่มเอเอชพลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



**รูปที่ 4** สารละลายจากภาชนะส่วนล่าง หลังทำปฏิกิริยากับสารละลายแบรดฟอร์ตโปรตีนรีเอเจนท์ ในวันที่ 28 กลุ่มควบคุมบวกพบการเปลี่ยนสีของสารละลายเป็นสีฟ้า กลุ่มควบคุมลบและน้ำกลั่นไม่มีการเปลี่ยนสี

**Figure 4** Color conversion of the protein on day 28, the specimens in the positive control group showed color conversion. No color change in the negative control group and distilled water

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของโปรตีนโบรินเซอร์มิวอินที่รั่วซึม

Table 1 Mean cumulative BSA protein leakage assessment

Time (day)	Sealers (n=15)	BSA leakage (Percent mass by volume x10 <sup>-4</sup> )		
		Mean ± SD	Minimum	Maximum
Day 1	CU sealer	2.13 ± 4.02 <sup>a</sup>	0.00	11.84
	AH Plus	1.18 ± 3.11 <sup>a</sup>	0.00	8.92
	MTA fillapex	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.00	0.00
Day 8	CU sealer	39.39 ± 29.70 <sup>c</sup>	0.00	96.20
	AH Plus	1.61 ± 3.86 <sup>b</sup>	0.00	15.02
	MTA fillapex	23.37 ± 13.80 <sup>c</sup>	0.00	40.81
Day 15	CU sealer	42.20 ± 16.20 <sup>e</sup>	23.67	69.25
	AH Plus	31.77 ± 19.90 <sup>d</sup>	19.08	99.55
	MTA fillapex	40.29 ± 20.65 <sup>e</sup>	20.58	87.19
Day 28	CU sealer	231.57 ± 173.70 <sup>f</sup>	96.30	620.70
	AH Plus	111.33 ± 39.20 <sup>f</sup>	94.35	251.40
	MTA fillapex	131.03 ± 36.19 <sup>f</sup>	102.15	221.40

Different superscript letters indicate a significant difference between groups (p<0.05)

## บทวิจารณ์

ทางเลือกในการรักษาฟันที่มีการตายของเนื้อเยื่อ ในขณะที่ปลายรากยังเจริญไม่สมบูรณ์ ได้แก่ การกระตุ้นให้ปลายรากปิดด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ การสร้างแนวกันปลายรากฟัน (Apical barrier) ด้วยวัสดุเอนิเมที่เอ แต่ในบางกรณีขนาดของรูปลายรากฟันไม่ได้กว้างเกินขนาดที่จะอุดคลองรากฟันด้วยแท่งกัททาเพอร์ซา ร่วมกับวิธีการอุดคลองรากฟันแบบปกติ การเลือกใช้ซีลเลอร์อุดคลองรากฟันที่มีความสามารถในการแนบสนิทดีและมีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันน้อยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของการรักษา การใช้ซีลเลอร์อุดคลองรากฟันทำให้เกิดการเติมเต็มช่องว่างที่เหลืออยู่ในคลองรากฟัน ปัจจัยด้านความแนบสนิทของซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟัน (Interfacial adaptation) การละลายตัว (Solubility) ความพรุน (Porosity) ความหนาของชั้นซีลเลอร์ (Sealer thickness) การไหลผ่าน (Flow) และการมีเสถียรภาพเชิงมิติ (Dimensional stability)<sup>12-14</sup> ล้วนมีผลต่อการรั่วซึมของซีลเลอร์อุดคลองรากฟัน

ผลการศึกษานี้พบว่าซีลเลอร์มีการรั่วซึมมากเนื่องจากซีลเลอร์มีองค์ประกอบหลักเป็นซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซึ่งมีสมบัติการละลายตัวสูง<sup>6-7</sup> อีกทั้งลักษณะการผสมวัสดุเป็นแบบผสมด้วยมือ (Hand-mixed cement)

อาจมีโอกาสมากทำให้เกิดช่องว่างในเนื้อซีลเลอร์<sup>14</sup> การพัฒนาซีลเลอร์ที่มีองค์ประกอบเป็นเอนิเมที่เอ เช่น เอนิเมที่เอฟิลลาเพกซ์ เกิดขึ้นด้วยความคาดหวังว่าจะเป็นซีลเลอร์ที่ให้ความแนบสนิทที่ดี เนื่องจากเอนิเมที่เอมีการขยายตัวจากปฏิกิริยาการแข็งตัว (Setting expansion)<sup>15</sup> โดยปฏิกิริยาการแข็งตัวของเอนิเมที่เอเมื่อสัมผัสน้ำ จะเกิดผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ซึ่งจะมาปิดช่องว่างในเนื้อซีลเลอร์ที่อาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการเตรียมวัสดุ

จากการศึกษานี้ทั้งกลุ่มเอนิเมที่เอฟิลลาเพกซ์ และกลุ่มซีลเลอร์มีการรั่วซึมของโปรตีนมากกว่ากลุ่มเอเอสพลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เวลา 8 วัน 15 วัน และ 28 วัน ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Sönmez และคณะ<sup>16</sup> ที่ทำการศึกษารั่วซึมของซีลเลอร์ชนิดเอนิเมที่เอฟิลลาเพกซ์เปรียบเทียบกับเอเอสพลัส โดยใช้วิธีการซึมผ่านของสีย้อม (Dyes penetration method) ศึกษาที่เวลา 72 ชั่วโมงและให้ข้อสรุปว่าเอเอสพลัสมีความแนบสนิทที่ดีกว่าเอนิเมที่เอฟิลลาเพกซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการที่เอเอสพลัสให้ความแนบสนิทที่ดีกว่าเอนิเมที่เอฟิลลาเพกซ์ น่าจะเกิดจากสาเหตุสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ประสิทธิภาพยึดติดของวัสดุกับผนังคลองรากฟัน ความสามารถในการละลายตัว และความสามารถในการตกตะกอนแร่ธาตุของวัสดุ

ประการแรก เอเอชพลัสเป็นซิลเลอรัลุ่ม อีพอกซีเรซินมีการยึดติดของวัสดุกับผนังคลองรากฟันด้วย ปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างหมู่อะมิโนในคอลลาเจนกับ อีพอกซีเรซินสร้างเป็นพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) ทำให้พอลิเมอร์มีความคงทนรวมถึงมีเสถียรภาพเชิงมิติที่ดี นอกจากนี้อีพอกซีจัดเป็นวัสดุที่ไม่มีอาการหดตัวขณะเกิด ปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อวัสดุดังกล่าวแข็งตัวจึงมีความแนบสนิท ที่ดีกับผนังคลองรากฟัน Al-Haddad และคณะ<sup>13</sup> ศึกษา เปรียบเทียบความแนบสนิทระหว่างพื้นผิวของซิลเลอรัล กับผนังคลองรากฟันในซิลเลอรัลชนิดไบโอเซรามิกสามชนิด เปรียบเทียบกับเอเอชพลัส โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ คอนโฟคอลชนิดที่ใช้เลเซอร์ในการสแกน (Confocal laser scanning microscopy) พบว่าเอเอชพลัสมีช่องว่างระหว่าง ซิลเลอรัลกับผนังคลองรากฟันน้อยกว่าเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ เนื่องจากเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีแนวโน้มที่จะยึดติดกับผนัง คลองรากฟันด้วยการยึดติดทางกลเพียงอย่างเดียว โดยอาศัย การแทรกซึมของสารไปตามผนังคลองรากฟันที่มีความ ขรุขระ

ประการที่สอง ด้านความสามารถในการละลายตัว มีการศึกษา<sup>12,17-18</sup> พบว่าซิลเลอรัลอุดคลองรากฟันชนิดเอ็ม ทีเอฟิลลาเพกซ์มีการละลายตัวสูง กลไกการละลายตัวเกิด จากการมีบิสมัทออกไซด์ (Bismuth oxide) เป็นองค์ประกอบ ในปริมาณสูง<sup>19</sup> Borges และคณะ<sup>18</sup> ทำการศึกษาภายใต้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเมื่อ เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์สัมผัสน้ำเป็นระยะเวลา 7 วัน ส่งผลให้ เกิดรอยแยกและรูพรุนในส่วนของเรซินแมทริกซ์

ประการที่สาม ความสามารถในการตกตะกอนของ แร่ธาตุของเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์อยู่ในระดับต่ำ ไม่เพียงพอที่จะ ซดเซยช่องว่างที่เกิดจากการละลายตัวของสาร แม้ซิลเลอรัล ดังกล่าวจะมีเอ็มทีเอเป็นองค์ประกอบ ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ Maciano และคณะ<sup>12</sup> พบว่าปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ ปล่อยจากซิลเลอรัลนี้มีน้อยมาก เนื่องจากส่วนเรซินที่เป็น องค์ประกอบหนึ่งในเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ซัดขวางกระบวนการ ไฮเดรชัน ทำให้การปลดปล่อยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดได้ ไม่ดีนัก ส่งผลให้ปริมาณผลึกแคลเซียมฟอสเฟตเกิดขึ้นน้อย ที่ผ่านมามีเพียงการศึกษาของ Salles และคณะ<sup>20</sup> ที่พบว่า เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์สามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ อัลคาไลน์ฟอสฟาเทส (Alkaline phosphatase) ของเซลล์

สร้างกระดูก ทำให้เกิดการตกตะกอนของผลึกไฮดรอก ซีโอพาไทต์ได้มากกว่าซิลเลอรัลชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจินอล และ อีพิฟานี (Epiphany) ซึ่งเป็นซิลเลอรัลชนิดเรซิน ดังนั้นข้อมูล ดังกล่าวจึงไม่หนักแน่นพอที่จะสนับสนุนว่าเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ทำให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุเพียงพอที่จะสามารถต้านการ ซึมผ่านของสารทดสอบได้

วิธีการที่มักใช้ในประเมินการรั่วซึมของวัสดุอุด ภายในคลองรากฟันคือตรวจวัดการผ่านของสีย้อม ระหว่าง รอยต่อของวัสดุที่ต้องการทดสอบกับผนังคลองรากฟัน อย่างไรก็ตามวิธีที่เชื่อถือได้คือการวัดการรั่วซึม ทำโดยการ ตัดชิ้นงานตามแนวยาวจะให้ผลการศึกษาเพียงระนาบเดียว และสีย้อมมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าแบคทีเรีย ซึ่งแม้จะมีความไว ในการตรวจสอบการรั่วซึม แต่ผลการทดสอบที่ได้อาจเป็นการ สรุปรูที่เกินกว่าความเป็นจริงทางคลินิก (Overestimate)<sup>21</sup> นอกจากนี้พบว่ามีสีของสารละลายเมทิลีนบลู (Methylene blue) สามารถจางหายไปเมื่อสัมผัสกับเอ็มทีเอ<sup>22</sup>

ขนาดของโมเลกุลของโปรตีนโบไวน์เซรัมอัลบูมินที่ใช้ มีขนาดใกล้เคียงกับไลโปโพลีแซคคาไรด์ ของเชื้อแบคทีเรีย จึงมีความไวในการทดสอบมาก<sup>11</sup> การศึกษานี้ได้ควบคุม ปัจจัยที่มีผลทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพไว้ทั้งหมด ได้แก่ อุณหภูมิ ภาวะความเป็นกรด (Acidic condition) ค่าความแรง ไอออน (Ionic strength) และการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)<sup>23-25</sup> การเตรียมพื้นที่ใช้ทดสอบทำโดยผู้วิจัย เพียงคนเดียว เลือกใช้พื้นที่คลองรากฟันมีขนาดเล็กกว่าไฟล์ ขนาด 80 และเตรียมคลองรากฟันโดยใช้เครื่องมือโรตารี ทำให้สามารถเตรียมคลองรากฟันให้มีรูปร่างที่ใกล้เคียงกัน ได้ การศึกษานี้พบว่ากลุ่มควบคุมพบการรั่วซึม ของโปรตีนตลอดการศึกษา จึงเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือ ของแบบจำลองที่ใช้ ส่วนกลุ่มควบคุมพบการรั่ว ซึมของโปรตีนตั้งแต่วันแรกของการศึกษา ซึ่งชี้ให้เห็นถึง ความสำคัญของการใช้ซิลเลอรัลในการอุดคลองรากฟัน

## บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในห้องปฏิบัติการ การใช้เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ซึ่งเป็นซิลเลอรัลชนิดมิเนอรัลไตร ออกไซด์แอกกรีเกิดในแบบจำลองฟันปลายรากเปิด มีความ สามารถในการผนึกน้อยกว่าเอเอชพลัส และให้ผล ไม่แตกต่างจากซียูซิลเลอรัล ซึ่งเป็นซิลเลอรัลอุดคลองรากฟัน ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจินอล

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้โรงพยาบาลทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาโอบุสสุวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ช่วยเหลือในขั้นตอนการทดลอง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จ ลุล่วง

## เอกสารอ้างอิง

- Ingle JI, Beveridge EE, Glick DH, Weichman JA. Endodontic success & failure: the Washington Study. In: Ingle JI, Bakland LK, Editors. Endodontics. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins;1994:21-45.
- Rawtiya M, Singh S, Munuga S, Khan S. MTA-Based Root Canal Sealers. J Orofac Res 2013;3(1):16-21.
- Copeland H, Sweeney WT, Forziati AF. Setting reaction of zinc oxide and eugenol. J Res Natl Bur Stand 1995;55(3): 133-8.
- Hauman CH, Love RM. Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 2. Root-canal-filling materials. Int Endod J 2003;36(3): 147-60.
- Upadhyay V, Upadhyay M, Panday RK, Chturvedi TP, Bajpai U. A SEM evaluation of dentinal adaptation of root canal obturation with GuttaFlow and conventional obturating material. Indian J Dent Res 2011;22(6):1-6.
- McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J 2003;36(9):629-35.
- Resende LM, Rached-Junior FJ, Versiani MA, Souza-Gabriel AE, Miranda CE, Silva-Sousa YT, et al. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. Int Endod J 2009;42(9): 785-93.
- Yigit DH, Gencoglu N. Evaluation of resin/silicone based root canal sealers. Part I: physical properties. Dig J Nanomater Biostruct 2012;7(1):107-15.
- Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. J Endod 2007;33(1): 31-33.
- Weller RN, Tay KC, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, et al. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. Int Endod J 2008;41(11):977-86.
- Valois CR, Costa ED. Influence of the thickness of mineral trioxide aggregate on sealing ability of root-end fillings *in vitro*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2004;97(1):108-11.
- Marciano MA, Duarte MA, Camilleri J. Calcium silicate-based sealers: Assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. Dent Mater 2016;32(2):30-40.
- Al-Haddad A, Abu Kasim NH, Che A, Aziz ZA. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. Dent Mater J 2015;34(4):516-21.
- Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. Int Endod J 2008;41:219-226.
- Gomes-Filho JE, Moreira JV, Watanabe S, Lodi CS, Cintra LTA, Dezan Junior E, et al. Sealability of MTA and calcium hydroxide-containing sealers. J Appl Oral Sci 2012;20: 347-51.
- Sönmez IS, Oba AA, Sonmez D, Almaz ME. *In vitro* evaluation of apical microleakage of a new MTA-based sealer. Eur Arch Paediatr 2012;13(5):252-5.
- Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. Int Endod J 2014;47:437-448.
- Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Júnior FA, De-Deus G, Miranda CE, Pécora JD. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. Int Endod J 2012;45(5):419-28.
- Coomaraswamy K, Lumley P, Hofmann M. Effect of bismuth oxide radiopacifier content on the material properties of an endodontic portland cement-based (MTA-like) system. J Endod 2007;33:295-8.
- Salles LP, Gomes-Cornelio AL, Guimaraes FC, Herrera BS, Bao SN, Rossa-Junior C, et al. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. J Endod 2012;38(7): 971-6.



21. Verissimo DM, do Vale MS. Methodologies for assessment of apical and coronal leakage of endodontic filling materials: a critical review. *J Oral Sci* 2006;48(3):93-8.
22. Wu MK, Kontakiotis EG, Wesselink PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. *J Dent* 1998;26(7):585-9.
23. Estey T, Kang J, Schwendeman SP, Carpenter JF. BSA degradation under acidic conditions: a model for protein instability during release from PLGA delivery systems. *J Pharm Sci* 2006;95:1626-39.
24. Prati C, Gandolfi MG. Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dent Mater* 2015;31(1):351-70.
25. ASTM international. West Conshohocken: Standard Specification for Reagent Water; c2011. [cited 4 Feb 2016] Available from: <http://www.ccdpy.com/download/ASTM/Standard Specification for Reagent Water>.

### ผู้รับผิดชอบบทความ

ชินาลัย ปิยะชน

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษและทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพมหานคร 10110

โทรศัพท์: 0 2649 5212

โทรสาร: 0 2649 5212

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: [piyach@hotmail.com](mailto:piyach@hotmail.com)

# Evaluation of the Sealing Ability of MTA-based Sealer in the Simulated Immature Tooth Model

Sirikul Wanapaisarn\* Jaruma Sakdee\* Chinalai Piyachon\*

## ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the sealing ability of MTA Fillapex to AH Plus and CU sealer in immature root model by evaluation of bovine serum albumin leakage. Immature tooth models were created from fifty-five extracted single rooted premolars and randomly divided into three groups of fifteen each. Root canals were obturated with gutta-percha and one of the following sealers: MTA fillapex, AH Plus and CU sealer. Five roots filled with gutta-percha without sealer served as positive controls and five roots with complete coverage of nail vanish were negative controls. After immersion in phosphate buffered saline for 28 days, all specimens were composed in the two-chamber BSA protein leakage models. Solution in the lower chamber was collected on day 1, 8, 15 and 28, mixed with Bradford protein reagent, and analysed in the spectrophotometer. The amount of BSA was recorded in unit of percent mass by volume. The results showed that the amount of leaked protein of three experimental groups were increased significantly over time ( $p < 0.05$ ). On day 8, 15 and 28, AH Plus produced the significantly the least leakage superior when compared to CU Sealer and MTA Fillapex ( $p < 0.05$ ). Within the limitations of this in vitro study, MTA fillapex and CU sealer showed lower sealing ability than AH Plus did.

**Keywords:** Sealing ability/ Root canal sealer/ Mineral trioxide aggregate/ Bovine serum albumin

## Correspondence author

Chinalai Piyachon

Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

114 Sukhumvit 23, Bangkok, 10110.

Tel.: +66 2649 5212

Fax.: +66 2649 5212

E-mail: piyach@hotmail.com