



ผลของวิธีการบูรณะภายในรากฟันร้าวที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันต่อความต้านทานการแตกหัก

สุวรินทร์ สิ้นส่งสุข¹ กุลนันท์ ดำรงวุฒิ^{1,*}

บทความวิจัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของรากฟันร้าวที่ได้รับการอุดด้วยกัตาเปอร์ชาร่วมกับบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตหรือเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: นำรากฟันวัวยาว 12 มิลลิเมตร จำนวน 30 ราก มาสร้างรอยร้าวในแนวตั้งความยาว 4-5 มิลลิเมตร ที่บริเวณผิวด้านนอกรากฟันด้วยสว่านและค้อน ขยายคลองรากฟันและอุดด้วยกัตาเปอร์ชา แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 บูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 3 บูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยลิกได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟันด้วยเครื่องทดสอบสากลโดยให้แรงผ่านหัวกดลงบนจุดกึ่งกลางคลองรากฟัน บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้รากฟันแตกหักในหน่วยนิวตันและสังเกตรูปแบบการแตกหัก

ผล: ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดในกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย (717.753±72.44 นิวตัน) รองลงมาคือกลุ่มเรซินคอมโพสิต (680.308±51.69 นิวตัน) และต่ำสุดในกลุ่มกัตาเปอร์ชา (207.165±37.28 นิวตัน) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและสถิติทุกิเอชเอสดี พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มกัตาเปอร์ชากับอีกสองกลุ่ม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ($p>0.05$)

บทสรุป: การบูรณะภายในรากฟันร้าวด้วยเรซินคอมโพสิตและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกหักได้เมื่อเปรียบเทียบกับการอุดด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และการบูรณะทั้งสองวิธีนี้มีค่าความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน

คำไรหรัส: รากฟันร้าว/ การบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน/ เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี/ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย/ ความต้านทานการแตกหัก

Received: May 14, 2025

Revised: Jan 01, 2026

Accepted: Feb 04, 2026

บทนำ

ฟันร้าว (Cracked tooth) คือ การแตกของฟันแบบไม่สมบูรณ์ (Incomplete fracture) ฟันยังไม่มีมีการแยกชิ้นส่วนออกจากกัน รอยร้าวมีจุดเริ่มต้นจากด้านบนตัวฟันโดยทิศทางของรอยร้าวมักจะเกิดขึ้นและขยายในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (Mesiodistally)¹ และสามารถขยายบริเวณลงไปในส่วนรากฟัน รอยร้าวที่ลึกลงไปถึงโพรงเนื้อเยื่อในฟันเป็นสาเหตุของการอักเสบและการติดเชื้อของเนื้อเยื่อในฟันได้²

อุบัติการณ์การเกิดฟันร้าวมีแนวโน้มพบมากในผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ^{3,4} จากการศึกษาของ Hiatt ในปี 1973⁵ พบการ

เกิดฟันร้าวสูงที่สุดในกลุ่มอายุ 40-49 ปี และพบมากที่สุดในพื้นที่กรามล่างแท้ซีกที่สอง รองลงมาคือพื้นที่กรามล่างแท้ซีกที่หนึ่ง โดยพบอุบัติการณ์การเกิดรอยร้าว ได้แก่ การเคี้ยวโดนของแข็ง โดยบังเอิญ พฤติกรรมชอบรับประทานอาหารแข็ง การเคี้ยวอาหารข้างเดียว ความเครียด และการเกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น³

ฟันร้าวสร้างความยุ่งยากในการรักษาให้แก่ทันตแพทย์ได้ตั้งแต่ขั้นตอนการตรวจ เนื่องจากรอยร้าวขนาดเล็กที่ลึกลงไปใต้เหงือกและโพรงเนื้อเยื่อในฟันอาจตรวจพบได้ยาก ในการ

¹ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

* ผู้ประพันธ์บทความ

ตรวจรอยร้าวแนะนำให้ใช้เครื่องมือเพิ่มเติม เช่น การย้อมรอยร้าวด้วยสีเมธิลีนบลู (Methylene blue dye) การใช้แสงส่องผ่าน (Transillumination test) และการใช้เครื่องมือที่มีกำลังขยาย เช่น ลูกปาทันตกรรม (Dental loupe) หรือกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรม (Dental operating microscope) ภายใตแสงส่องสว่างที่เพียงพอ ในขั้นตอนวางแผนการรักษาต้องคำนึงถึงการผนึกรอยร้าวไม่ให้รั่วซึมและป้องกันการขยายตัวของรอยร้าว (Seal and stabilize) ด้วยการบูรณะครอบคลุมปุ่มฟัน (Full coverage) อย่างไรก็ตามในกรณีที่รอยร้าวขยายขอบเขตลึกลงไปถึงรากฟัน การบูรณะไม่สามารถครอบคลุมลงไปในส่วนของรากฟันได้ แนะนำให้มีการบูรณะภายในคลองรากฟัน (Intra-canal restoration) ด้วยการใส่วัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน (Intra-orifice barrier)¹ หรือการใส่เดือยฟัน⁶

ฟันร้าวที่ลึกถึงรากฟันหากได้รับการรักษาคคลองรากฟันและมีการบูรณะที่เหมาะสมก็มีอัตราความสำเร็จ (Success rate) และอัตราการอยู่รอด (Survival rate) สูงได้ Davis และ Shariff ในปี 2019⁷ ทำการรักษาคคลองรากฟันในฟันร้าวที่ขยายขอบเขตจากรูเปิดคลองรากฟันลงไปในการฟันอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร และบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยการใส่วัสดุบูรณะแบบไฮบริดซึ่งมีส่วนประกอบของวัสดุสองชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Glass ionomer cement) และเรซินคอมโพสิต (Resin composite) จากนั้นบูรณะส่วนตัวฟันด้วยการทำครอบฟัน ผลการศึกษาพบว่าใน 2 ปีแรก ฟันทั้งหมดมีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 100 และใน 4 ปี มีอัตราการอยู่รอดร้อยละ 96.6 นอกจากนี้ยังมีอัตราความสำเร็จ ใน 2-4 ปี ร้อยละ 90.6 โดยคนไข้ไม่มีอาการใดๆ และในภาพรังสีมีค่าดัชนีรอบปลายรากฟัน (Periapical index, PAI) ไม่เกิน 2

การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยวัสดุป้องกันภายในรูเปิดคลองรากฟันสามารถป้องกันการรั่วซึมได้ดีกว่าการอุดด้วยก๊อตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว⁸ อีกทั้งยังเพิ่มความแข็งแรงให้แก่รากฟันโดยพบว่าการบูรณะด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น ไบโอเซรามิกซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี (Dual-cured resin composite) ส่งเสริมให้รากฟันมีความต้านทานการแตกหักสูงขึ้น^{9,10}

คุณสมบัติในอุดมคติของวัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน ได้แก่ สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟัน ป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรีย ไม่รบกวนการยึดติดของวัสดุบูรณะชั้นสุดท้าย และใช้งานง่าย⁸ ในปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสามารถ

นำมาใช้บูรณะภายในคลองรากฟันได้¹⁰ และยังได้รับความนิยมในการใช้เป็นวัสดุก่อแกนฟันและตัวประสาน (Cementation) ในกรณีบูรณะฟันร่วมกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เนื่องจากมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับโครงสร้างฟัน มีความหนืดต่ำ (Low viscosity) และมีความสามารถในการบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ส่งเสริมให้วัสดุสามารถบ่มตัวภายในคลองรากฟันในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงได้ ตัวอย่างวัสดุประเภทนี้ ได้แก่ เคลียร์ฟิลดีซีคอร์ พลัส (Clearfil DC Core Plus; Kuraray Noritake, Japan) มัลติคอร์โฟลว์ (Multicore Flow; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) และ ลักซ์ซาคอร์ซีดูอัล (LuxaCore Z-Dual; DMG, Germany)

นอกจากการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุข้างต้นแล้ว ยังมีการพิจารณาใส่เดือยฟันในรากฟันร้าวเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการรั่วซึมเช่นเดียวกัน การใส่เดือยฟันจะช่วยลดปริมาณการใช้เรซินคอมโพสิตซึ่งอาจมีการหดตัวหลังการเกิดปฏิกิริยาบ่มตัว ส่งผลให้การผนึกมีประสิทธิภาพมากขึ้น⁶ แต่ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ใส่เดือยฟัน (Post space preparation) ต้องมีความระมัดระวังเนื่องจากอาจมีการสูญเสียเนื้อฟันบริเวณรากฟันมากขึ้น มีผลให้ความแข็งแรงของรากฟันลดลง¹¹ อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดการขยายบริเวณของรอยร้าว (Crack propagation) ซึ่งก่อให้เกิดความเสี่ยงในการแตกหักของรากฟันได้¹² โดยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย (Fiber-reinforced composite post) เป็นเดือยฟันที่ได้รับความนิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการใกล้เคียงกับเนื้อฟัน ได้แก่ ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น ค่าความแข็งแรงกด (Compressive strength) ค่าความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (Flexural strength) และการขยายตัวตามความร้อน (Thermal expansion) ทำให้เกิดการกระจายแรงที่เหมาะสมเมื่อมีแรงมากระทำ ลดความเสี่ยงการเกิดรากฟันแตกได้¹³

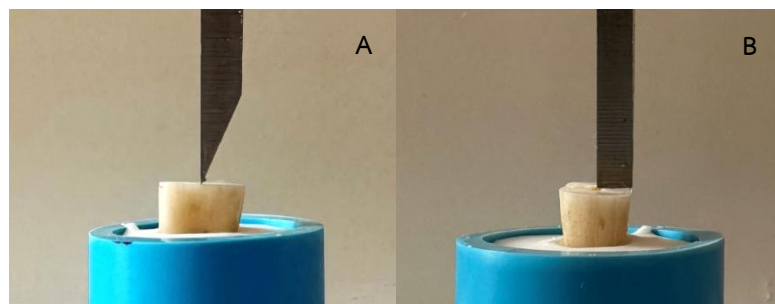
แม้ว่าในปัจจุบันจะมีหลายการศึกษาที่เปรียบเทียบค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟันที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุต่าง ๆ แล้ว¹⁴⁻¹⁶ อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาใดที่เปรียบเทียบวิธีบูรณะนี้กับการบูรณะด้วยเดือยฟัน และทดสอบในรากฟันที่มีรอยร้าวร่วมด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีความสนใจเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของรากฟันร้าวที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันร่วมกับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยการใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี เปรียบเทียบกับการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (คกส.) หมายเลขรับรอง COA/AE-07-2567 ทำการเตรียมฟันโดยใช้ฟันหน้าตัดล่างซี่กลางและซี่ข้างของวัวช่วงอายุ 3-5 ปี จำนวน 30 ซี่ มี 1 คลองรากฟัน รากฟันตรง และมีการสร้างรากสมบูรณ์ ความยาวรากฟันอยู่ในช่วง 25 ± 1 มิลลิเมตร ตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมไม่พบรอยร้าวและรอยร้าวบนฟัน ล้างทำความสะอาดและเก็บในสารละลายไทมอล (Thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1

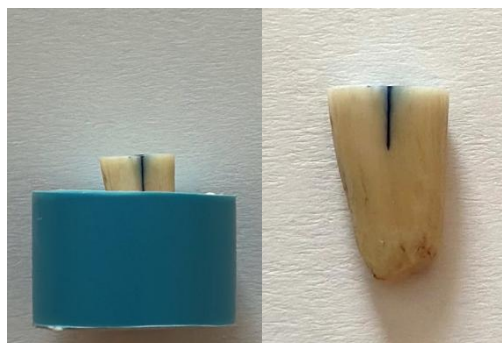
ตัดตัวฟันตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยเครื่องตัดไอโซเมต (IsoMet 1000; Buehler, USA) ตรวจสอบความยาวโดยใช้ดิจิทัลดเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ (Digital vernier caliper) ให้ได้รากฟันยาว 12 มิลลิเมตร เลือกเฉพาะรากฟันที่มีความกว้างในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น 6.5 ± 0.5 มิลลิเมตร และความกว้างในแนวใกล้

กลาง-ไกลกลาง 5.5 ± 0.5 มิลลิเมตร คลองรากฟันลักษณะกลม หลังตัดตัวฟันออกบริเวณหน้าตัดคลองรากฟันมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และมีขนาดไฟล์เบอร์แรกที่เหมาะกับคลองรากฟันที่ความยาวทำงาน (Initial Apical File, IAF) ไม่เกินไฟล์ชนิดเลขขนาด 30 (30/0.02) จากนั้นนำฟันไปยึดในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Self-cure acrylic resin) ที่อยู่ในวงแหวนพอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride) สร้างรอยร้าวในแนวตั้งบริเวณส่วนบนของรากฟันโดยการใช้ค้อนน้ำหนัก 225 กรัม ส่งถ่ายแรงขนาดใกล้เคียงกันผ่านสิ่ว (Mortise chisel; Narex Bystrice, Czech Republic) ที่มีหน้าตัดกว้าง 3 มิลลิเมตร ไปยังรากฟัน (รูปที่ 1) นำฟันออกจากบล็อกยึดด้วยสิ่วเมทิลีนบลู ตรวจสอบรอยร้าวภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมกำลังขยาย 25X คัดเลือกเฉพาะรากฟันที่มีรอยร้าว 1 ตำแหน่งที่ผิวรากฟันด้านนอก ซึ่งมีความยาวรอยร้าว 4-5 มิลลิเมตร (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 ทิศทางการวางสิ่วบนตัวฟันเพื่อสร้างรอยร้าวจำลอง (A) วางสิ่วบริเวณจุดกึ่งกลางของรากฟันแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (B) ความกว้างสิ่วใกล้เคียงกับผนังด้านข้างคลองรากฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น

Figure 1 The direction of chisel placement on the tooth to create a simulated crack. (A) The chisel was positioned at the midpoint of the root in the Bucco-lingual direction. (B) The chisel width was comparable to the wall of the root canal in the Mesio-Distal direction.



รูปที่ 2 รอยร้าวจำลองบริเวณผิวด้านนอกรากฟันที่ถูกย้อมด้วยเมทิลีนบลู

Figure 2 Simulated crack on the external surface of the root stained with methylene blue.

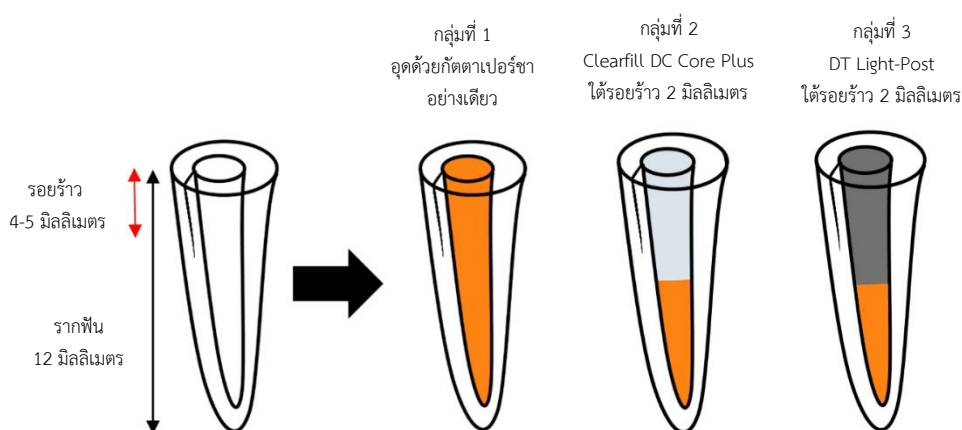
จากนั้นกำหนดความยาวทำงาน (Working length) 11 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ (ProTaper Next; Dentsply Sirona, USA) ความเร็วที่ 300 รอบต่อนาที ค่าแรงบิด (Torque) 2 นิวตันเซนติเมตร จนถึงขนาดขนาดเอ็กซ์ 4 (X4; 40/0.06) ระหว่างเปลี่ยนเครื่องมือล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite; NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม (Paper point) หลังทำการขยายคลองรากฟันตรวจสอบรอยร้าวภายในคลองรากฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทางทันตกรรมกำลังขยาย 25X พบว่าภายในผนังคลองรากฟันของทุกชิ้นงานมีรอยร้าวความยาวใกล้เคียงกับบริเวณนอกรากฟัน ล้างคลองรากฟันด้วยกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระแอสติก (Ethylenediaminetetraacetic acid; EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้ง อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาแท่งหลักระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ (ProTaper Next; Dentsply Sirona, USA) ขนาดเอ็กซ์ 4 (X4; 40/0.06) ร่วมกับเอเอชพลัสซีลเลอร์ (AH Plus; Dentsply

Sirona, USA) เทคนิควอร์มเวดดิคัลคอมแพคชัน (Warm vertical compaction) โดยใช้เครื่องมือให้ความร้อนเอลิเมนต์ไอซี (Element IC; Kerr, USA) อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และเครื่องฉีดเอลิเมนต์ไอซี (Element IC; Kerr, USA) ถ่ายภาพรังสีทั้งด้านใกล้กลาง-ไกลกลาง และด้านใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นเพื่อยืนยันว่าวัสดุอุดคลองรากฟันเต็มแน่นในทุกมิติ นำชิ้นงานเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ซีลเลอร์แข็งตัวอย่างสมบูรณ์ แบ่งฟันอย่างสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ดังนี้ (รูปที่ 3)

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่ไม่ได้รับการบูรณะ อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว

กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่บูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดิซิคอร์พลัสที่ระดับได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มรากฟันร้าวที่บูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยทีไลท์โพสต์ (DT Light-Post; RTD Dental, France) ที่ระดับได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3 การแบ่งกลุ่มฟันที่ใช้ในการทดลอง

Figure 3 Grouping of teeth used in the experiment.

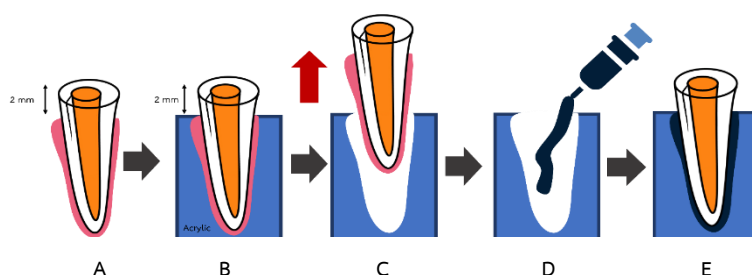
ขั้นตอนการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟัน ตัดกัตาเปอร์ชาได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องมือให้ความร้อนอิเล็กเมนต์ไอซี อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ล้างทำความสะอาดคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิเมตร และขับคลองรากฟันให้แห้ง ทาสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ยูนิเวอร์แซลควิก (Clearfil Tri-S Bond Universal Quick; Kuraray Noritake, Japan) ในคลองรากฟันโดยอุเบาะ ๆ เป่าลม และฉายแสง 20 วินาที จากนั้นฉีดเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดีซีคอร์พลัสขึ้นมาจนเต็มโพรงฟัน และฉายแสง 20 วินาที ตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสีไม่พบช่องว่างภายในวัสดุบูรณะและระหว่างวัสดุบูรณะกับกัตาเปอร์ชา

ขั้นตอนการใส่เดือยฟัน กรอกำจัดกัตาเปอร์ชาได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอดีทีไลท์โพสตร์ดริล (D.T. Light-Post Drill; RTD Dental, France) เบอร์ 1 (90/0.06) ล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิเมตร และขับคลองรากฟันให้แห้ง ทากรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 ลงบนเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเบอร์ 1 ล้างและเป่าลม และทาสารยึดติดเคลียร์ฟิลไตรเอสบอนด์ยูนิเวอร์แซลควิกลงบนเดือยฟัน เป่าลม 5 วินาที จากนั้นทาสารยึดติดชนิดเดียวกันในคลองรากฟัน ขับส่วนเกินด้วยกระดาษขับรูปกรวยแหลมและเป่าลม 5 วินาที ฉายแสง 20 วินาที ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีเคลียร์ฟิลดีซีคอร์พลัสฉีดลงในคลองรากฟันจนเต็มโพรงฟันแล้วใส่เดือยฟันตามลงไปทันที ฉายแสง 20 วินาที ตัดส่วนเกินด้านบนออกด้วยหัวกรอเร็วปลายสอบเคลือบกากเพชรดี 16 (D16 Taper Diamond bur) ตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสีไม่พบช่องว่างภายในวัสดุบูรณะและระหว่างวัสดุบูรณะกับกัตาเปอร์ชา หลังจากบูรณะเรียบร้อยแล้วนำชิ้นงานเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง

การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการทดสอบ

ความต้านทานการแตกหักของรากฟัน นำฟันไปสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองโดยนำรากฟันไปจุ่มในซีฟิงทางทันตกรรมสีชมพูที่ถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนให้มีความหนาประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร และมีระยะห่างจากรอยตัดฟันด้านบน 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำรากฟันจุ่มลงในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองที่อยู่ในวงแหวนพอลิไวนิลคลอไรด์ โดยมีระยะห่างระหว่างผิวขอบรากฟันด้านบนกับส่วนบนของเรซินอะคริลิก 2 มิลลิเมตร เมื่ออะคริลิกบ่มตัวสมบูรณ์ ทำเครื่องหมายบริเวณรากฟันเชื่อมกับกับล็อกเรซินอะคริลิก นำรากฟันออกจากบล็อก เช็ดทำความสะอาดซีฟิงภายในบล็อกด้วยไม้พันสำลี และเช็ดทำความสะอาดบริเวณผิวรากฟันด้วยผ้าก๊อชแห้ง จากนั้นใส่วัสดุซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (Silagum light; DMG, Germany) ใช้คีมคีบ (Forceps) จับรากฟันใส่กลับเข้าที่เดิมอีกครั้งให้ตรงตำแหน่งเครื่องหมายที่ทำไว้ (รูปที่ 4)

นำล็อกเรซินอะคริลิกไปวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางของเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; EZ Test Series, Japan) ใช้หัวโลหะทรงกลม (Spherical tip) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดในทิศทางขนานกับแนวแกนรากฟัน (Vertical load) ที่บริเวณตำแหน่งกึ่งกลางวัสดุบูรณะ โดยหัวกดจะสัมผัสเฉพาะบริเวณวัสดุบูรณะเท่านั้น กำหนดความเร็วหัวกดคงที่ 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงในหน่วยนิวตัน (Newton) สังเกตรูปแบบของการแตกหัก (Fracture pattern) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปฏิบัติการทันตกรรมกำลังขยาย 25X และบันทึกใน 2 รูปแบบ ดังนี้ 1) การแตกแบบครอบคลุมรอยร้าวเดิม 2) การแตกแบบไม่ครอบคลุมรอยร้าวเดิม



รูปที่ 4 การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง (A) รากฟันถูกเคลือบด้วยซีฟิงทางทันตกรรมสีชมพู (B) นำรากฟันใส่ในล็อกเรซินอะคริลิก (C) ดึงรากฟันออกเพื่อเช็ดทำความสะอาดซีฟิง (D) ใส่วัสดุซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (E) ใส่รากฟันกลับเข้าที่เดิมอีกครั้งให้ตรงตำแหน่งเครื่องหมายที่ทำไว้

Figure 4 Simulated periodontal ligament. (A) The root was coated with pink dental wax. (B) The root was embedded in an acrylic resin block. (C) The root was removed to clean off the wax. (D) Light-body silicone material was injected. (E) The root was repositioned into its original location.

การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความต้านทานการแตกหักในหน่วยนิวตัน รวบรวมข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักในแต่ละกลุ่มการทดลอง วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistics 27; SPSS Inc., IL, USA) ทดสอบการแจกแจงข้อมูลโดยชาปิโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบเลวิน (Levene test) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักแต่ละกลุ่มโดยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบรายคู่ด้วยสถิติทูกีเอชเอสดี (Tukey's HSD)

ผล

ผลการทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟันพบว่า กลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุด 717.753 ± 72.44 นิวตัน รองลงมาคือกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี 680.308 ± 51.69

นิวตัน และกลุ่มกัตาเปอร์ชา 207.165 ± 37.28 นิวตัน ทดสอบการแจกแจงข้อมูลด้วยชาปิโรวิลค์ และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่มด้วยการทดสอบเลวินพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงปกติและมีความแปรปรวนเท่ากัน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($p < 0.05$) การทดสอบทูกีเอชเอสดีพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มกัตาเปอร์ชากับกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี และกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ($p < 0.001$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ($p = 0.305$) (ตารางที่ 1)

เมื่อศึกษารูปแบบการแตกหักของรากฟันทั้งหมดพบว่าส่วนใหญ่มีรอยแตกตั้งแต่ 2 รอยขึ้นไปโดยแตกร่วมกับ การแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม รองลงมาคือมีรอยแตก 1 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม และมีรอยแตก 2 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (ตารางที่ 2 และรูปที่ 5)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของแรงกดที่ทำให้รากฟันเกิดการแตกหัก

Table 1 Mean compressive force

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นิวตัน)
กัตาเปอร์ชา	207.165 ± 37.28^a
เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี	680.308 ± 51.69^b
เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย	717.753 ± 72.4^b
ค่า p-value	< 0.001

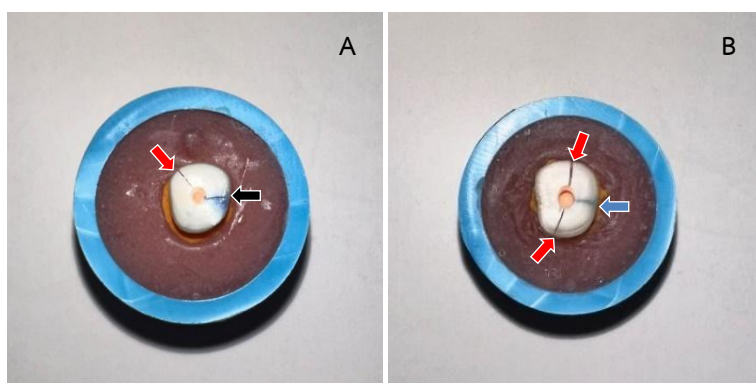
หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษด้วยที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Note: Different superscript English letters indicate statistically significant differences.

ตารางที่ 2 แจกแจงรูปแบบการแตกหักของรากฟัน

Table 2 Classification of fracture patterns.

กลุ่ม	รูปแบบการแตกของรากฟัน				
	การแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม		การแตกที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม		รวม
	1 รอย	≥2 รอย	1 รอย	≥2 รอย	
กัตตาเปอร์ชา	0	4	5	1	10
เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี	0	10	0	0	10
เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย	0	10	0	0	10
รวม	0 (0%)	24 (80%)	5 (16.67%)	1 (3.33%)	30 (100%)



รูปที่ 5 รูปแบบการแตกหักของรากฟัน ลูกศรสีแดงแสดงรอยแตกจากการให้แรงกด ลูกศรสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งรอยร้าวเดิม และลูกศรสีดำแสดงรอยแตกจากการให้แรงกดที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (A) รอยแตก 2 รอยรวมกับการแตกที่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม (B) รอยแตก 2 รอยที่ไม่ใช่ตำแหน่งรอยร้าวเดิม

Figure 5 Fracture patterns. The red arrow indicates fractures caused by the applied compressive force. The blue arrow indicates the original crack location. The black arrow indicates fractures caused by compressive force at the original crack site. (A) Two fractures including a fracture at the original crack location. (B) Two fractures at locations other than the original crack site.

บทวิจารณ์

การบูรณะฟันร้าวต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุในการผนึกรอยร้าวไม่ให้รั่วซึมและป้องกันการขยายต่อของรอยร้าว ฟันร้าวที่มีขอบเขตอยู่เฉพาะบริเวณตัวฟันควรมีการบูรณะครอบคลุมปุ่มฟันทั้งหมด แต่เมื่อรอยร้าวมีการขยายขอบเขตลึกลงไปถึงรากฟันมีคำแนะนำให้บูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟัน⁷ หรือใส่เดือยฟันร่วมกับเรซินซีเมนต์⁶ เพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรีย⁸ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟัน¹⁶ เรซินคอมโพสิตเป็นหนึ่งในวัสดุที่นิยมนำมาบูรณะ Yavari และคณะในปี 2012¹⁷ พบว่าการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสง (Filtek Flow; 3M ESPE, USA) สามารถช่วยป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีกว่าการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว

ในส่วนของการป้องกันการแตกหักของรากฟัน จากการศึกษาของ Aboobaker และคณะในปี 2015¹⁶ และการศึกษาของ Chauhan และคณะในปี 2019¹⁴ พบว่าการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ (Flowable resin composite) และนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต (Nanohybrid resin composite) ช่วยเพิ่มค่าความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟันได้ดีกว่าการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในการศึกษาดังกล่าวทำการทดสอบในรากฟันที่ไม่มีรอยร้าว อย่างไรก็ตามผลการศึกษา

มีความสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่ารากฟันร้าวที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยพบว่ามีความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากวัสดุทั้งสองชนิดมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับเนื้อฟัน เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่น 16.1 กิกะปาสกาล¹⁸ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่า 15 กิกะปาสกาล¹⁹ และเนื้อฟันมีค่า 18.6 กิกะปาสกาล¹⁹ ทำให้เมื่อมีแรงมากระทำบนวัสดุจะมีการกระจายแรงไปยังส่วนต่าง ๆ ของรากฟันได้สม่ำเสมอ และทั้งสองวัสดุมีลักษณะการกระจายแรงที่คล้ายคลึงกัน^{19,20}

ในกรณีของรากฟันที่มีรอยร้าว การบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันได้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร สามารถช่วยลดความเค้นบริเวณพื้นผิวรอยร้าวและความเค้นภายในเนื้อฟันได้ Boonrawd และคณะในปี 2022²¹ ทดสอบไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element analysis) จำลองการให้แรงในฟันร้าวลึกถึงรากฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ได้แก่ ความลึกระดับเดียวกับจุดสิ้นสุดรอยร้าว และความลึกใต้ต่อ

รอยร้าว 2 มิลลิเมตร พบว่าการบูรณะที่ระดับความลึกใต้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร จะมีค่าความเค้นภายในเนื้อฟันและความเค้นที่บริเวณพื้นผิวรอยร้าวต่ำกว่าการบูรณะที่ระดับเดียวกันกับจุดสิ้นสุดรอยร้าว อีกทั้งยังมีค่าความเค้นต่ำกว่าความต้านแรงดึงสูงสุดของเนื้อฟัน (Tensile strength)²² จึงสามารถลดการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าว และช่วยส่งเสริมความแข็งแรงให้แก่รากฟัน ส่วนการบูรณะที่ระดับเดียวกับจุดสิ้นสุดรอยร้าวทำให้เกิดค่าความเค้นสะสมสูงกว่าค่าความต้านแรงดึงสูงสุดของฟันซึ่งทำให้เกิดการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าวได้

เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยจะใช้ร่วมกับสารยึดติด (Adhesive) ทำให้วัสดุบูรณะและผนังคลองรากฟันเกิดการเชื่อมเป็นหนึ่งเดียวกันเรียกว่าโมโนบล็อก (Monoblocks) อีกทั้งเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมียังมีคุณสมบัติบ่มด้วยแสง (Light-cure) และบ่มด้วยตัวเองจากปฏิกิริยาเคมี (Self-cure) เอื้อให้วัสดุสามารถบ่มตัวได้ในบริเวณที่แสงส่องไม่ถึงโดยเฉพาะการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันที่มีความลึกจึงเกิดความแนบสนิทที่ดี ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เมื่อมีแรงมากระทำจะเกิดการกระจายแรงที่สม่ำเสมอ ซึ่งช่วยส่งเสริมความแข็งแรงให้แก่เนื้อฟันที่เหลือได้²³

การใส่เดือยฟันจะต้องมีการกรอเตรียมพื้นที่ภายในคลองรากฟัน ซึ่งทำให้สูญเสียเนื้อฟันเพิ่มขึ้นและอาจเพิ่มโอกาสการขยายขอบเขตต่อของรอยร้าวหรือเกิดรอยร้าวใหม่ (Crack initiation)²⁴ ส่งผลให้ความแข็งแรงของรากฟันลดลง²⁵ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้เลือกใช้เดือยฟันดีทีไลท์โพสต์ขนาดเบอร์ 1 ซึ่งมีความใกล้เคียงกับไฟล์โปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 มากที่สุดเมื่อเทียบกับเดือยฟันขนาดอื่น ๆ โดยหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 คลองรากฟันจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับรูเปิดคลองรากฟัน (D 11) ประมาณ 1.03 มิลลิเมตร และหลังกรอเตรียมพื้นที่สำหรับเดือยฟันด้วยหัวกรอดีทีไลท์โพสต์ขนาดเบอร์ 1 จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคลองรากฟันที่ระดับรูเปิดคลองรากฟัน ประมาณ 1.10 มิลลิเมตร อีกทั้งเดือยฟันและไฟล์ที่ใช้ยังมีความผายใกล้เคียงกัน โดยเดือยฟันจะมีความผายบริเวณกึ่งกลางจนถึงส่วนบนเดือยฟันที่ 0.06 และไฟล์ระบบโปรเทเปอร์เน็กซ์ขนาดเอ็กซ์ 4 มีความผายที่ระดับ D0 - D11 เฉลี่ย 0.06 จะเห็นได้ว่ามีการสูญเสียเนื้อฟันเพียงเล็กน้อยภายหลังการกรอเตรียมพื้นที่ใส่เดือยฟันซึ่งน่าจะไม่มีผลต่อค่าความต้านทานการแตกหักในการศึกษานี้

ในขั้นตอนการอุดคลองรากฟันอาจก่อให้เกิดรอยร้าวบริเวณรากฟันได้²⁶ ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการอุดคลองรากฟันด้วยวิธืวอร์มเวอดิคัลคอมแพคชันซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการใช้เครื่องมือให้ความร้อนร่วมกับมีแรงกดลงไปที่รากฟัน อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Chellapilla และคณะในปี 2021²⁷ เปรียบเทียบเทคนิคการอุดแบบวอร์มเวอดิคัลคอมแพคชัน และการอุดโดยใช้กัตตาเปอร์ชาแบบฉีดอย่างเดียว (Injectable gutta-percha, IGP) โดยไม่ได้ใช้แรงกดลงไปที่รากฟัน ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรื่องของการเกิดรอยร้าวขึ้นใหม่เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการอุดคลองรากฟัน อีกทั้งในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้กัตตาเปอร์ชาแท่งหลักที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางและความผายใกล้เคียงไฟล์ที่ใช้เตรียมคลองรากฟัน ทำให้กัตตาเปอร์ชามีความแนบกับผนังคลองรากฟันดี มีช่องว่างน้อย ขณะอุดจึงใช้แรงในการกดกัตตาเปอร์ชาค่อนข้างน้อย

รูปแบบการแตกหักของรากฟันในกลุ่มเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและกลุ่มเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเป็นไปในลักษณะเดียวกันทุกชิ้นงาน คือ มีรอยแตกมากกว่า 1 ตำแหน่ง ซึ่งพบที่ตำแหน่งเดียวกับรอยร้าวเดิมบริเวณด้านข้างรากฟัน (Proximal) ร่วมกับมีรอยแตกที่บริเวณด้านแก้มหรือด้านลิ้นในทุกชิ้นงาน อาจเนื่องมาจากรอยร้าวเป็นตำแหน่งที่มีความอ่อนแอมากที่สุด²⁸ และบริเวณด้านแก้มหรือด้านลิ้นมักไม่พบการตกตะกอนภายในท่อเนื้อฟันที่เรียกว่าเนื้อฟันสเกลโรติก (Sclerotic dentin) ซึ่งเนื้อฟันลักษณะนี้จะมีความแข็งแรงมากกว่าเนื้อฟันปกติ โดยเนื้อฟันสเกลโรติกมักพบที่บริเวณด้านใกล้กลางและไกลกลางของรากฟันมากกว่า เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะพบเนื้อฟันที่มีความโปร่งแสงแตกต่างกันลักษณะคล้ายปีกผีเสื้อ (Butterfly effect)²⁹ Sodvadiya และคณะในปี 2021³⁰ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของเนื้อฟันสเกลโรติกและการเกิดรอยร้าวเมื่อให้แรงกดลงบนรากฟันโดยตรงในทิศทางขนานกับแนวแกนฟัน ผลการทดสอบพบว่าเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ ชิ้นงานส่วนใหญ่มีเนื้อฟันสเกลโรติกที่บริเวณด้านใกล้กลางและไกลกลาง อีกทั้งยังพบว่าเมื่อให้แรงแก่รากฟัน การแตกหักมักจะเกิดบริเวณเนื้อฟันด้านแก้มและด้านลิ้นที่ไม่มีเนื้อฟันสเกลโรติกซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่า

ในทางตรงกันข้าม กลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพบรูปแบบการแตกหักที่หลากหลายมากกว่า อาจเนื่องมาจากกัตตาเปอร์ชามีคามอดุลย์ยืดหยุ่นแตกต่างจากเนื้อฟันอย่างมาก คือประมาณ 0.069 กิกะปาสกาล²¹ และไม่ได้มี

การยึดติดกับผนังคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ ส่งผลให้การกระจายแรงภายในรากฟันไม่สม่ำเสมอ การสะสมของความเค้นบริเวณด้านแก้ม-ด้านลิ้น และบริเวณแนวรอยร้าวจึงเกิดขึ้นไม่เท่ากันและไม่พร้อมกัน ดังนั้นแม้ว่าบริเวณแนวรอยร้าวจะเป็นตำแหน่งที่มีความอ่อนแอมากที่สุด แต่หากความเค้นสะสมที่ผนังรากฟันบริเวณอื่นมากกว่าก็อาจทำให้เกิดการแตกหักในตำแหน่งอื่นก่อน เมื่อเกิดการแตกหักหักจะหยุดการให้แรงทันที ส่งผลให้ไม่พบการแตกหักเพิ่มเติมตามแนวรอยร้าวเดิมในชิ้นงานเหล่านั้น

การศึกษานี้เลือกใช้ฟันวัวซึ่งนิยมนำมาใช้ในงานวิจัยทางทันตกรรมอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีคุณสมบัติหลายประการที่คล้ายฟันมนุษย์ ได้แก่ ความแข็งผิว (Hardness)³¹ ความแข็งแรงยึดติดกับวัสดุทางทันตกรรม (Bond strength)³² และระดับความทึบรังสี (Radiographic density)³³ รวมถึงมีกระบวนการสร้างฟัน³⁴ และมีองค์ประกอบภายในฟันที่คล้ายคลึงกัน Teruel และคณะในปี 2015³⁵ วิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบ (Elemental analysis) ภายในฟันมนุษย์เปรียบเทียบกับฟันวัว สุกร และแกะ พบว่าฟันวัวมีองค์ประกอบของแร่ธาตุที่คล้ายคลึงกับฟันมนุษย์มากที่สุด และในการศึกษาของ Castanho และคณะในปี 2011³⁶ พบว่าฟันวัวมีการตกตะกอนของท่อเนื้อฟันเกิดเป็นเนื้อฟันสเกลอโรติกได้เช่นเดียวกับฟันมนุษย์

ในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้รากฟันสูงเหนือบล็อก 2 มิลลิเมตร เพื่อเป็นการจำลองให้เหมือนกับระดับความห่างของรอยต่อเคลือบฟัน-เคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) กับกระดูกปกติในทางคลินิก³⁷ อีกทั้งยังได้มีการสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง โดยใช้วัสดุซิลิโคนชนิดโพลีบอดีซึ่งมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่ใกล้เคียงกับเอ็นยึดปริทันต์ธรรมชาติในฟันมนุษย์ เอ็นยึดปริทันต์จำลองนี้มีบทบาทสำคัญในการช่วยกระจายแรงให้มีความคล้ายคลึงกับในทางคลินิก^{38,39}

วิธีการให้แรงในการทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟันมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการทดสอบ Linsuwanont และคณะในปี 2018⁴⁰ ทดสอบความต้านทานการแตกหักในฟันหน้าบนโดยให้แรงด้วยหัวกดรูปสี่เหลี่ยม (Chisel-shaped tip) บริเวณเหนือปุ่มฟันด้านเพดาน (Cingulum) ในทิศทาง 135° กับแนวแกนฟัน เพื่อเป็นการจำลองทิศทางของแรงบดเคี้ยวที่มักพบในบริเวณฟันหน้าบน Coelho-de-Souza และคณะในปี 2010⁴¹ ทดสอบความต้านทานการแตกหักในฟันกรามน้อยที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตโดยใช้หัวกดทรงกลมกดตั้งฉากกับ

แนวแกนฟัน หัวกดสัมผัสเฉพาะบริเวณปุ่มฟันด้านแก้มและด้านลิ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางฟันเพื่อทดสอบความเค้นแบบดึง (Tensile strength) บริเวณพื้นผิวยึดติดระหว่างฟันและวัสดุบูรณะ (Adhesive surface)⁴² ส่วนในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความต้านทานการแตกหักของวัสดุบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันบริเวณรากฟันร้าวเท่านั้น จึงทดสอบโดยการกดรากฟันที่ตำแหน่งกึ่งกลางวัสดุบูรณะโดยให้แรงในแนวตั้ง (Vertical forces) ซึ่งเป็นแรงที่มักพบในฟันหลัง⁽⁴³⁾ ดังเช่นในการศึกษาของ Aboobaker และคณะในปี 2015¹⁶ ทดสอบค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟันที่ได้รับการบูรณะภายในรูเปิดคลองรากฟันด้วยวัสดุที่แตกต่างกัน ด้วยหัวกดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยความเร็วหัวกดคงที่ (Static loading) 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วหัวกดที่นิยมใช้ในการทดสอบความต้านทานการแตกหักของรากฟัน^{9,37} อย่างไรก็ตามการใช้ความเร็วหัวกดแบบคงที่อาจไม่สามารถจำลองสถานการณ์จริงทางคลินิกของการบดเคี้ยวที่มีลักษณะเป็นการให้แรงแบบต่อเนื่อง (Cyclic loading)⁴⁴ อีกทั้งการทดลองนี้ไม่ได้มีการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจริงในช่องปาก (Thermocycling) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีอาจส่งผลต่อคุณสมบัติความแข็งแรงของวัสดุบูรณะได้⁴⁵

ด้วยข้อจำกัดของวิธีการสร้างรอยร้าว เพื่อให้เกิดรอยร้าวบริเวณรากฟันที่สามารถควบคุมจำนวนรอยร้าว ขอบเขตและความยาวของรอยร้าวได้ จึงไม่อาจจำลองสภาวะฟันร้าวที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิกได้ทั้งหมด อีกทั้งในการทดสอบนี้ยังไม่ได้จำลองสภาวะการบดเคี้ยว และสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจริงในช่องปาก ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของวัสดุบูรณะ ดังนั้นในการศึกษาต่อไปอาจมีการพัฒนาวิธีการจำลองรอยร้าวที่สามารถสร้างรอยร้าวได้ตั้งแต่บริเวณตัวฟันจนถึงรากฟันเพื่อให้คล้ายคลึงกับลักษณะฟันร้าวในทางคลินิกมากที่สุด รวมถึงจำลองสภาวะแรงบดเคี้ยว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปาก หรือมีการทดสอบทางคลินิกเพิ่มเติม อาจมีการพิจารณาใช้ไบโอเซรามิกซิลเลอร์ (Bioceramic sealer) ร่วมกับการอุดคลองรากฟัน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ ซึ่งอาจมีส่วนช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่รากฟัน⁴⁶ นอกจากนี้อาจมีการสังเกตและบันทึกผลในเรื่องของการขยายขอบเขตของรอยร้าวและการเกิดรอยร้าวขึ้นใหม่หลังได้รับการเตรียมคลองรากฟันและการกรอเตรียมฟันที่สำหรับเดือยฟัน เนื่องจากอาจเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อค่าความต้านทานการแตกหักของรากฟัน

บทสรุป

จากผลการศึกษาและการอภิปรายผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การบูรณะภายในคลองรากฟันที่มีรอยร้าวด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีและเติมฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยใต้ต่อรอยร้าว 2 มิลลิเมตร ช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้แก่รากฟันได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียว และการบูรณะทั้งสองวิธีนี้มีค่าความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกัน

จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (คกส.) หมายเลขรับรอง COA/AE-07-2567

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ไม่มี

แหล่งทุน

ไม่มี

References

- Rivera E, Walton R. Cracking the cracked tooth code: detection and treatment of various longitudinal tooth fractures. Am Assoc Endodontists Colleagues for Excellence News Lett. 2008;2:1-19.
- Ricucci D, Siqueira Jr JF, Loghin S, Berman LH. The cracked tooth: histopathologic and histobacteriologic aspects. J Endod. 2015;41(3):343-52.
- Khovidhunkit S, Songmanee S. Prevalence of cracked tooth in a group of patients at the Faculty of Dentistry, Mahidol University. M Dent J. 2014;34(3):234-42.
- Liao WC, Tsai YL, Chen KL, Blicher B, Chang SH, Yeung SY, et al. Cracked teeth: Distribution and survival at 6 months, 1 year and 2 years after treatment. J Formos Med Assoc. 2022;121(1):247-57.
- Hiatt WH. Incomplete crown-root fracture in pulpal-periodontal disease. J Periodontol. 1973;44(6):369-79.
- Dewi A, Yeh Y, Vinaikos N, Lauwakul P. Management of cracked tooth with deep cracks and periodontal defect: A 1-year follow-up. Chiang Mai Dent J. 2020;41(2):175-86.
- Davis MC, Shariff SS. Success and survival of endodontically treated cracked teeth with radicular extensions: a 2-to 4-year prospective cohort. J Endod. 2019;45(7):848-55.
- Araújo LP, da Rosa WL, de Araujo TS, Immich F, da Silva AF, Piva E. Effect of an intraorifice barrier on endodontically treated teeth: A systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. Biomed Res Int. 2022;2022:8385200.
- Nagas E, Uyanik O, Altundasar E, Durmaz V, Cehreli ZC, Vallittu PK, et al. Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with Resilon or gutta-percha. J Endod. 2010;36(6):1061-3.
- Kusrisomsup P, Muangmingsuk A, Senawongse P. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with dual-cured resin composite within root canal at different depths. M Dent J. 2014;34(1):28-36.
- Hunter A, Feiglin B, Williams J. Effects of post placement on endodontically treated teeth. J Prosthet Dent. 1989;62(2):166-72.
- Çapar İD, Uysal B, Ok E, Arslan H. Effect of the size of the apical enlargement with rotary instruments, single-cone filling, post space preparation with drills, fiber post removal, and root canal filling removal on apical crack initiation and propagation. J Endod. 2015;41(2):253-6.
- Ree M, Schwartz RS. The endo-restorative interface: current concepts. Dent Clin North Am. 2010;54(2):345-74.

14. Chauhan P, Garg A, Mittal R, Kumar H. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth using four different intraorifice barriers: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2019;22(5):420-4.
15. Thota KS, Bhavya KL, Sreeha K, Deshpande S, Javvadi J, Avina A. Comparative evaluation of reinforcing effect of three different intra-orifice barriers on pericervical dentin of endodontically treated teeth: An *in vitro* study. *J Conserv Dent*. 2024;27(12):1276-9.
16. Aboobaker S, Nair BG, Gopal R, Jituri S, Veetil FRP. Effect of intra-orifice barriers on the fracture resistance of endodontically treated teeth—an *ex-vivo* study. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(2):17-20.
17. Yavari HR, Samiei M, Shahi S, Aghazadeh M, Jafari F, Abdolrahimi M, et al. Microleakage comparison of four dental materials as intra-orifice barriers in endodontically treated teeth. *Iran Endod J*. 2012;7(1):25-30.
18. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater J*. 2002;18(8):596-602.
19. Jang JH, Park SJ, Min KS, Lee BN, Chang HS, Oh WM, et al. Stress behavior of cemented fiber-reinforced composite and titanium posts in the upper central incisor according to the post length: Two-dimensional finite element analysis. *J Dent Sci*. 2012;7(4):384-9.
20. Jain A, Shah NC, Kumar M, Ishwar S, Purkayastha DD, Mishra D, et al. Stress distribution pattern in two different no-post systems in endodontically treated maxillary central incisors: A three-dimensional finite element analysis. *J Conserv Dent*. 2024;27(6):572-6.
21. Boonrawd N, Rungsiyakull P, Rungsiyakull C, Louwakul P. Effects of composite resin core level and periodontal pocket depth on crack propagation in endodontically treated teeth: An extended finite element method study. *J Prosthet Dent*. 2022;128(2):195.e1-7.
22. Miguez P, Pereira P, Atsawasuwan P, Yamauchi M. Collagen cross-linking and ultimate tensile strength in dentin. *J Dent Res*. 2004;83(10):807-10.
23. Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, Karbhari V. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study. *Int Endod J*. 2011;44(9):817-26.
24. Zuli TAB, Guedes OA, Gonçalves GFZA, da Silva Júnior AR, Borges ÁH, Aranha AMF. Effect of post space preparation drills on the incidence of root dentin defects. *Restor Dent Endod*. 2020;45(4):e39.
25. Bhagat A, Mittal L, Mogla S, Kaur T, Dheeraj M, Marwah G. Impact of Root Dentin Thickness on the *in vitro* Compressive Strength of Teeth treated with Recent Post and Core Systems. *J Contemp Dent Pract*. 2017;18(11):1065-70.
26. Kuçi A, Azizi B. Understanding the Effects of Root Canal Treatment on Dentinal Cracks - A Narrative Review. *Int J Biomed*. 2025;15(1):24-30.
27. Chellapilla PK, Boddada MR, Jyothi M, Uppalapati LV, Konagala RK, Dasari L. Influence of obturating techniques on root dentin crack propagation: A micro-computed tomography assessment. *J Conserv Dent*. 2021;24(1):72-6.
28. Kishen A. Mechanisms and risk factors for fracture predilection in endodontically treated teeth. *Endod Topics*. 2006;13(1):57-83.
29. Lin GSS, Ghani NRNA, Noorani TY. The existence of butterfly effect and its impact on the dentinal microhardness and crack formation after root canal instrumentation. *Odontology*. 2021;109(3):672-8.
30. Sodvadiya UB, Bhat GS, Shetty A, Hegde MN, Shetty P. The “Butterfly Effect” and Its Correlation to the Direction of the Fracture Line in Root Dentin. *J Endod*. 2021;47(5):787-92.
31. Fonseca R, Haiter-Neto F, Carlo H, Soares C, Sinhoreti M, Puppini-Rontani R, et al. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol*. 2008;53(11):1023-9.

32. Soares F, Follak A, Da Rosa L, Montagner A, Lenzi T, Rocha R. Bovine tooth is a substitute for human tooth on bond strength studies: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Dent Mater.* 2016;32(11):1385-93.
33. Tanaka JLO, Medici Filho E, Salgado JAP, Salgado MAC, Moraes LC, Moraes MEL, et al. Comparative analysis of human and bovine teeth: radiographic density. *Braz Oral Res.* 2008;22(4):346-51.
34. Brown W, Christofferson P, Massler M, Weiss M. Postnatal tooth development in cattle. *Am J Vet Res.* 1960;21:7-34.
35. de Dios Teruel J, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJ. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Arch Oral Biol.* 2015;60(5):768-75.
36. Castanho GM, Marques MM, Marques JB, Camargo MA, Cara AA. Micromorphological and hardness analyses of human and bovine sclerotic dentin: a comparative study. *Braz Oral Res.* 2011;25(3):274-9.
37. Yasa E, Arslan H, Yasa B, Akcay M, Alsancak M, Hatirli H. The force required to fracture endodontically roots restored with various materials as intra-orifice barriers. *Niger J Clin Pract.* 2017;20(10):1237-41.
38. Jamani K, Harrington E, Wilson H. Rigidity of elastomeric impression materials. *J Oral Rehabil.* 1989;16(3):241-8.
39. Wang SJ, Wang SY. In vivo measurement of the elastic modulus of the human periodontal ligament. *Med Eng Phys.* 2003;25(2):163.
40. Linsuwanont P, Kulvitit S, Santiwong B. Reinforcement of simulated immature permanent teeth after mineral trioxide aggregate apexification. *J Endod.* 2018;44(1):163-7.
41. Coelho-de-Souza FH, Rocha AC, Rubini A, Klein-Júnior CA, Demarco FF. Influence of adhesive system and bevel preparation on fracture strength of teeth restored with composite resin. *Braz Dent J.* 2010;21(4):327-31.
42. Silva GR, Silva NR, Soares PV, Costa AR, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. Influence of different load application devices on fracture resistance of restored premolars. *Braz Dent J.* 2012;23(5):484-9.
43. Soliman P, Roshdy N, Fouda M. Assessment of fracture resistance in teeth with simulated perforating internal root resorption cavities repaired with biodentine, retro MTA and portland cement (A comparative in vitro study). *Acta Sci Dent Sci.* 2021;5(8):85-92.
44. Ordinola-Zapata R, Fok A. Research that matters: debunking the myth of the “fracture resistance” of root filled teeth. *Int Endod J.* 2021;54(3):297-300.
45. Schmoldt SJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Reinforcement of simulated immature roots restored with composite resin, mineral trioxide aggregate, gutta-percha, or a fiber post after thermocycling. *J Endod.* 2011;37(10):1390-3.
46. Almanie D, Alaathy S, Almohaimede EA. Fracture resistance of roots filled with bio-ceramic and epoxy resin-based sealers: *In vitro* study. *Eur Endod J.* 2020;5(2):134-7.

ผู้ประพันธ์บทความ

กุลนันท์ ดำรงวุฒิ

ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

โทรศัพท์ : 02 649 5212 ต่อ 15112

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : Kunlanun@g.swu.ac.th



Effect of Restoration Method on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth with Radicular Cracks

Suwanan Sinsongsook¹ Kunlanun Dumrongvute^{1,*}

Research Article

Abstract

Objective: To compare the fracture resistance of radicular cracks obturated with gutta-percha and restored by using dual-cured resin composite or a fiber-reinforced composite post placed 2 mm apical to the cracks.

Materials and Methods: 30 Bovine teeth were decoronated to obtain a standardized root length of 12 mm. Longitudinal cracks were simulated using a hammer and chisel, and only roots presenting a single crack line measuring 4-5 mm on the external surface were selected. Root canals were prepared and obturated with gutta-percha. The specimens were divided into three groups. Group 1, obturated with gutta-percha without additional restoration; Group 2, restored with dual-cured resin composite placed 2 mm apical to the cracks and Group 3, restored with a fiber-reinforced composite post placed 2 mm apical to the cracks. Fracture resistance testing was performed using a Universal Testing Machine. A compressive force was applied centrally over the canal opening until fracture occurred. The maximum force (newton) and fracture patterns were recorded.

Results: The highest mean compressive force was observed in the fiber-reinforced composite post group (717.753±72.44 N), followed by the dual-cured resin composite group (680.308±51.69 N). The gutta-percha group demonstrated the lowest value (207.165±37.28 N). One-way ANOVA and Tukey's HSD test revealed statistically significant differences between the gutta-percha group and the other two groups ($p < 0.05$). However, no significant difference was found between the dual-cured resin composite group and the fiber-reinforced composite post group ($p > 0.05$).

Conclusion: Restoration of radicular cracks by using dual-cured resin composite and fiber-reinforced composite post significantly improved fracture resistance compared with gutta-percha. However, no significant differences were found between these two restoration methods.

Keywords: Radicular cracks/ Intra-orifice barrier/ Dual-cured resin composite/ Fiber-reinforced composite post/ Fracture resistance

Corresponding author

Kunlanun Dumrongvute

Department of Conservative Dentistry and Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University,

Wattana, Bangkok 10110.

Tel. : +66 2 649 5212 ext. 15112

E-mail : Kunlanun@g.swu.ac.th

¹ Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University.

* Corresponding author