

A PILOT STUDY OF SHEAR BOND STRENGTH OF 3 PIT AND FISSURE SEALANTS

Pimchanok PUTTAKUN¹, Kemporn KITSAAWONG¹ and Anoma RATTANACHAROENTHUM^{1*}

1 Faculty of Dentistry, Khon Kaen University, Thailand; p_pimchanok@kkumail.com (P. P.);
ranoma@kku.ac.th (A. R.) (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 21 April 2023

Revised: 10 May 2023

Published: 22 May 2023

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the shear bond strength of self-etch sealant, giomer sealant with self-etch primer, resin-based sealant with universal self-etch adhesive and resin-based sealant with phosphoric acid. Eighteen extracted upper premolars were randomly divided into 4 groups and cut at 2 mm below the cemento-enamel junction. Sealant material was applied on flat enamel of buccal surface of crown at the size of 2 mm diameter x 1 mm height. After 37 °C water storage for 24 hours, specimens were subjected to thermocycle 500 cycles. Shear force was determined in a Universal testing machine at a crosshead speed 1 mm/min. Data was statistically analyzed with one-way ANOVA ($\alpha = 0.05$) and found that giomer sealant with self-etch primer group recorded the highest shear bond strength value with statistically significant difference with other groups ($p < 0.05$).

Keywords: Self-Etch Sealant, Giomer Sealant, Resin-Based Sealant, Universal Self-Etch Adhesive, Shear Bond Strength

CITATION INFORMATION: Puttakun, P., Kitsahawong, K., & Rattanacharoenthum, A. (2023). A Pilot Study of Shear Bond Strength of 3 Pit and Fissure Sealants. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(5), 51.

การศึกษานำร่องกำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารพนักหลุมและร่องฟัน 3 ชนิด

พิมพ์ชนก พุทธคุณ¹, เข้มพร กิจสหวงศ์¹ และ อโนมา รัตนะเจริญธรรม^{1*}

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; p_pimchanok@kkumail.com (พิมพ์ชนก), ranoma@kku.ac.th (อโนมา) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างการใช้สารพนักหลุมและร่องฟันชนิดเซลฟ์เอทซ์ สารพนักหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ที่ใช้ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไฟรเมอร์ สารพนักหลุมและร่องฟันชนิดเรซินร่วมกับ สารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์ และสารพนักหลุมและร่องฟันชนิดเรซินร่วมกับการใช้กรดกัด เตรียมชิ้นงาน ตัวอย่างโดยใช้ฟันกรามน้อยบน 18 ซี่ สุ่มแบ่งฟันเป็น 4 กลุ่มตามชนิดของวัสดุ ตัดฟันได้รอยต่อเคลือบฟันและ เคลือบ รากฟัน 2 มม. ขัดด้านใกล้แก้มด้วยกระดาษทราย ก่อแท่งวัสดุด้วยยางแยกฟันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 มม. สูง 1 มม. เก็บรักษาชิ้นงานไว้ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมงและนำไปเข้าเครื่องควบคุม-อุณหภูมิ แบบร่อนเย็นเป็นจังหวะจำนวน 500 รอบ นำไปทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ความเร็วหัวทดสอบ 1 มม./นาที เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ ทางสถิติ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มสารพนักหลุมและร่องฟันชนิด ไฮโอเมอร์ที่ใช้ ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไฟรเมอร์มีค่ามากที่สุด โดยแตกต่างจากอีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: สารพนักหลุมและร่องฟันชนิดเซลฟ์เอทซ์, สารพนักหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์, สารพนักหลุมและ ร่อง ฟันชนิดเรซิน, สารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์, กำลังแรงยึดเหนี่ยว

ข้อมูลการอ้างอิง: พิมพ์ชนก พุทธคุณ, เข้มพร กิจสหวงศ์ และ อโนมา รัตนะเจริญธรรม. (2566). การศึกษานำร่อง กำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารพนักหลุมและร่องฟัน 3 ชนิด. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(5), 51.

บทนำ

ฟันผุเป็นปัญหาสุขภาพช่องปากที่พบได้มาก การสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ประเทศไทย ครั้งที่ 8 ปีพ.ศ. 2560 พบว่า ความชุกของโรคฟันผุในฟันแท้ในเด็กอายุ 12 ปีคิดเป็นร้อยละ 52 ฟันแท้ซี่ที่ผุมากที่สุดคือ ฟันกรามแท้ซี่ที่ 1 และฟันกรามแท้ซี่ที่ 2 (Dental Health Division, 2017) เนื่องจากด้านบดเคี้ยวของฟันกรามหลัง ส่วนใหญ่มีหลุมและร่องฟันที่ลึกและแคบ สามารถทำความสะอาดได้ยาก (Sánchez-Pérez et al., 2019) การฉีกหลุมและร่องฟันเป็นวิธีป้องกันฟันผุที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการลดอุบัติการณ์การเกิดฟันผุบริเวณด้านบดเคี้ยว ในฟันกรามแท้ได้ (Wright et al., 2016) การฉีกหลุมและร่องฟันจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุได้นั้น ต้องมีการยึดอยู่ (retention) บนผิวเคลือบฟันได้โดยไม่หลุด ซึ่งคุณลักษณะนี้ขึ้นกับคุณภาพในการยึดติด (adhesion) ระหว่างวัสดุกับผิวเคลือบฟัน (Simonsen, 1991)

สารฉีกหลุมและร่องฟันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักคือ กลุ่มสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซิน (resin-based sealant) และกลุ่มสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer sealant) สารฉีกหลุมและร่องฟัน ชนิดเรซินเป็นวัสดุลำดับแรกที่ถูกใช้ในทางคลินิก (Pardi et al., 2005) แต่มีข้อด้อยคือ มีความไม่ชอบน้ำ การใช้งาน มีหลายขั้นตอนและใช้เวลานาน หากไม่สามารถกันความชื้นได้เหมาะสมทำให้เกิดความล้มเหลวของการฉีกหลุมและร่องฟันได้ (Paryab, 2013) ส่วนสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ มีข้อดีคือ ใช้งานได้ง่าย ไม่ต้องมีการใช้กรดกัดทำให้ลดระยะเวลาในการใช้งาน สามารถใช้ในบริเวณที่กันความชื้นได้ยาก แต่มีข้อด้อยคือ มีโอกาสหลุดได้มากกว่าสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินถึง 5 เท่าเมื่อติดตามการรักษาเป็นระยะเวลา 2-3 ปี (Wright et al., 2016) ปัจจุบันมีการนำเทคนิคมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงการยึดอยู่และประสิทธิภาพของการฉีกหลุมและร่องฟัน โดยการใช้สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินรวมกับการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์หรือการใช้สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเซลฟ์เอทซ์ (self-etching sealant) ซึ่งวัสดุบางชนิดสามารถทาแล้วฉายแสงได้เลยในขั้นตอนเดียว ทำให้ลดระยะเวลาและลดขั้นตอนในการใช้งาน จึงมีโอกาสนในการปนเปื้อนกับน้ำลายได้น้อยลง (Gupta et al., 2022) นอกจากนี้ยังมี การพัฒนาสารฉีกหลุมและร่องฟันที่มีการเติมวัสดุอัดแทรกชนิดเอสพีอาร์จี (Surface Pre-reacted Glass Ionomer filler หรือ S-PRG filler) หรือเรียกว่า สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ (giomer sealant) ที่ใช้ร่วมกับ เซลฟ์เอทซ์ไพรเมอร์มีข้อดีคือ ประกอบไปด้วยคุณสมบัติทั้งกลาสไอโอโนเมอร์และเรซินคอมโพสิต ช่วยปลดปล่อยและสะสมกลับของฟลูออไรด์ (Klaisiri et al., 2022) ใช้งานได้ง่าย ไม่ต้องมีการล้างน้ำ ดังนั้นการใช้วัสดุที่ได้กล่าวมาข้างต้นอาจมีประโยชน์สำหรับผู้ป่วยเด็กที่มีปัญหาในการจัดการพฤติกรรม ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาหรือ มีภาวะอาเจียนง่ายจากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบการศึกษาที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางห้องปฏิบัติการของการใช้สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเซลฟ์เอทซ์ สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ที่ใช้ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไพรเมอร์และสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินรวมกับสารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์ ซึ่งการทดสอบความสามารถในการยึดติดของวัสดุกับผิวเคลือบฟันด้วยการทดสอบกำลังแรงยึดในห้องปฏิบัติการด้วยแรงเฉือนเป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อช่วยทำนายความสำเร็จทางคลินิกของวัสดุ (Van Meerbeek et al., 2010) งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างการใช้สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเซลฟ์เอทซ์ สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ ที่ใช้ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไพรเมอร์ สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินรวมกับสารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์ และสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินรวมกับการใช้กรดกัด เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับทันตแพทย์ในการเลือกวิธี ฉีกหลุมและร่องฟันให้มีการยึดติดที่ดี และนำความรู้ที่ได้ในครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยทางคลินิกในการฉีกหลุมและร่องฟันในเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาหรือเด็กที่ต้องการการดูแลเป็นพิเศษในอนาคตต่อไป

วิธีการวิจัย

ประชากรและตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องในห้องปฏิบัติการ กำหนดกลุ่มทดลองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 ซี่ มีประชากรศึกษาคือ ฟันกรามน้อยบนของมนุษย์ที่ได้รับการถอนเนื่องจากการจัดฟัน มีเกณฑ์คัดเข้าคือ ผิวเคลือบฟันปราศจากรอยผุ รอยแตก ร้าว เมื่อดูด้วยตาเปล่า เกณฑ์คัดออกคือ ผิวเคลือบฟันมีรอยสีขาวหรือสีน้ำตาล ผิวเคลือบฟันมีภาวะ- เจริญพร่อง ฟันตกกระ ฟันเปลี่ยนสี ฟันที่มีวัสดุบูรณะและฟันที่เคยได้รับการรักษาลงรากฟัน

การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเตรียมฟัน: นำฟันกรามน้อยบนจำนวน 18 ซี่ โดยเก็บรักษาในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ ทำความสะอาดเพื่อกำจัดหินน้ำลายและเศษเนื้อเยื่อด้วยเครื่องมือเกรซคิวเรตต์ เบอร์ 3/4 จากนั้นตัดตัวฟันออกจาก ราก ฟันด้วยเครื่องตัดฟันความเร็วต่ำบริเวณใต้รอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 2 มม. นำมายึดด้วยเรซินอีพอกซีใน ท่อพีวีซีขนาด 1/2 นิ้ว ให้ด้านใกล้แก้มอยู่ด้านบนเหนือเรซินอีพอกซี จากนั้นทำความสะอาดผิวฟันด้วยหัวขัดยาง รูป ถ้วยร่วมกับผงขัดฟอสฟอริกปราศจากฟลูออไรด์ ทำการสุมฟันออกเป็น 4 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุมอย่างง่าย ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 (PS): ใช้สารผนึกหลุมและร่องฟัน Prevent Seal (Itena, France)
- กลุ่มที่ 2 (BS): ใช้เซลฟ์เอทซ์ไพรเมอร์ BeautiSealant Primer (Shofu, Japan) ร่วมกับสารผนึกหลุมและร่องฟัน BeautiSealant (Shofu, Japan)
- กลุ่มที่ 3 (UC): ใช้สารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์ 3M™ Single Bond Universal Adhesive (3M ESPE, USA) ร่วมกับสารผนึกหลุมและร่องฟัน Clinpro™ Sealant (3M ESPE, USA)
- กลุ่มที่ 4 (EC): ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 Scotchbond™ Etchant gel (3M ESPE, USA) ร่วมกับ สาร ผนึกหลุมและร่องฟัน Clinpro™ Sealant (3M ESPE, USA)

การเตรียมพื้นผิวฟัน: เตรียมพื้นผิวฟันให้เรียบและอยู่ในระนาบเดียวกันกับท่อพีวีซี โดยการขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 400 ร่วมกับน้ำด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (Ecomet® 3, Buehler, USA) ให้ได้พื้นที่ผิวเคลือบฟันที่เรียบขนาด เส้น ผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 3 มม. และอยู่ในชั้นเคลือบฟันเท่านั้น จากนั้นเตรียมแบบยึดสารผนึกหลุมและร่องฟัน โดยนำ กระดาษกาวสองหน้าชนิดบางเจาะวงกลมด้วยที่เจาะสายหนึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มม. มาติดลงบนผิวฟันและ วางยางแยกฟันที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในรูยางแยกฟัน 2 มม. ความสูง 1 มม. ยึดกับกระดาษกาวสองหน้า ทำ การผนึกหลุมและร่องฟันลงบนผิวเคลือบฟันทั้ง 4 กลุ่มปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ดังนี้

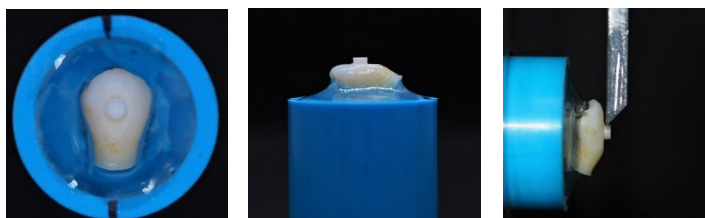
- กลุ่มที่ 1 (PS): หยดสารผนึกหลุมและร่องฟัน Prevent Seal (Itena, France) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 15 วินาที ฉายแสง 20 วินาที
- กลุ่มที่ 2 (BS): ทาเซลฟ์เอทซ์ไพรเมอร์ BeautiSealant Primer (Shofu, Japan) ด้วยพู่กันและทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 5 วินาที เป่าลม 5 วินาที หยดสารผนึกหลุมและร่องฟัน BeautiSealant (Shofu, Japan) ฉายแสง 10 วินาที
- กลุ่มที่ 3 (UC): ทา 3M™ Single Bond Universal Adhesive (3M ESPE, USA) ด้วยพู่กันเป็นระยะเวลา 20 วินาที ฉายแสง 10 วินาที หยดสารผนึกหลุมและร่องฟัน Clinpro™ Sealant (3M ESPE, USA) ฉายแสง 10 วินาที
- กลุ่มที่ 4 (EC): หยด Scotchbond™ Etchant gel (3M ESPE, USA) ทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 20 วินาที ล้างน้ำ 20 วินาที เป่าลมจนผิวฟันแห้งมีลักษณะขาวขุ่น หยดสารผนึกหลุมและร่องฟัน Clinpro™ Sealant (3M ESPE, USA) ฉายแสง 10 วินาที

โดยทุกกลุ่มจะฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดีที่มีความเข้มข้นแสง 600 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งจะ ตรวจวัดความเข้มแสงด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (PM160T, THORLABS, USA) ก่อนการทดลองทุกครั้งหลังจากนั้น ถอดยางแยกฟันจะได้ลักษณะแท่งวัสดุยึดติดกับผิวเคลือบฟันดังแสดงในภาพที่ 1

การจำลองอุณหภูมิในช่องปาก: นำชิ้นงานตัวอย่างที่ยึดสารผนึกหลุมและร่องฟันมาแช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศา- เซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปแช่เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermo Cycling,

KMILT, TC301, HWB332, CWB332, Thailand) ในน้ำกลั่น 5 องศาเซลเซียส 30 วินาทีสลับกับ 55 องศาเซลเซียส 30 วินาทีจำนวน 500 รอบ โดยมีช่วงเวลาในการเปลี่ยนอุณหภูมิ 10 วินาที (International Organization for Standardization, 2015) หลังจากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างมาเก็บไว้ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสก่อนการทดสอบ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว: นำชิ้นงานตัวอย่างมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบชนิดสากล (Universal testing machine, LR30K, LLOYD, USA) ร่วมกับแท่งเหล็กปลายแหลมด้วยความเร็วของหัวทดสอบ 1 มม./นาที เมื่อวัสดุแตกหักออกจากผิวพื้นบันทึกค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเป็นหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) (International Organization for Standardization, 2013) ดังแสดงในภาพที่ 1

การวิเคราะห์ทางสถิติ: สถิติเชิงพรรณนานำเสนอข้อมูลค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของ กำลังแรงยึดเหนี่ยว ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยสถิติชาปีโรวิลค์ (Shapiro wilk test) พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว 4 กลุ่มด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 จากนั้นมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวทีละคู่ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Post-hoc comparisons) ด้วยวิธีบอนเฟร์โรนี (Bonferroni adjustment)



ภาพที่ 1 แสดงชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่นการฉีกหลุมและร่องฟัน บนพื้น 1 ซี่ และการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบชนิดสากล

ผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบกำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ที่ใช้ร่วมกับเซฟท์เอทซ์ไพรเมอร์ (กลุ่ม BS) มีค่าสูงสุดโดยมีค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เป็น 16.4(1.9) เมกะปาสคาล ส่วนในกลุ่มที่ใช้สารฉีกหลุมและร่องฟันชนิดเซฟท์เอทซ์ (กลุ่ม PS) มีค่าต่ำสุดคือ 0.1(0.1) เมกะปาสคาล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารฉีกหลุมและร่องฟันทั้ง 4 กลุ่ม

Group	N	Mean	SD	Minimum	Maximum
PS	4	0.1	0.1	0.0	0.4
BS	5	16.4	1.9	10.2	22.0
UC	5	8.3	1.1	4.7	10.9
EC	4	8.6	2.0	3.5	13.4

จากการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติชาปีโรวิลค์พบว่า กลุ่ม PS ($p = 0.209$) กลุ่ม BS ($p = 0.644$) กลุ่ม UC ($p = 0.823$) และกลุ่ม EC ($p = 0.837$) มีการกระจายตัวแบบปกติ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยว 4 กลุ่มด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่า มีกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.001$) จากนั้นมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวทีละคู่ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีบอนเฟร์โรนีพบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่ม PS ต่างกับกลุ่ม BS ($p \leq 0.001$) กลุ่ม UC ($p =$

0.011) และกลุ่ม EC ($p = 0.013$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่ม BS ต่างกับ กลุ่ม UC ($p = 0.008$) และกลุ่ม EC ($p = 0.016$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่ม UC ต่างกับ กลุ่ม EC อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 1.000$) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่มต่างๆ ช่วงเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่า P-value

Group	PS	BS	UC	EC
PS		-16.3 [-22.8, -9.7] 0.001*	-8.2 [-14.8, -1.6] 0.011*	-8.5 [-15.4, -1.5] 0.013*
BS			8.84 [1.9, 14.3] 0.008*	7.8 [1.2, 14.4] 0.016*
UC				-0.3 [-6.9, 6.3] 1.000
EC				

หมายเหตุ: * แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p\text{-value} < 0.05$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ทำในฟันกรามน้อยบนเนื่องจากเป็นฟันที่มักถูกถอนเพื่อการจัดฟันโดยไม่มีพยาธิสภาพ และเลือกใช้ ด้านใกล้แก้มเนื่องจากมีพื้นที่ใหญ่เพียงพอในการขัดเตรียมผิวเคลือบฟันให้ได้ความกว้างและความแบนราบของพื้นที่ ที่ใช้ในการทดสอบและไม่มีการเผยผิของเนื้อฟัน เพื่อให้ได้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่มีความถูกต้องมากที่สุด ทั้งนี้ ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จากการศึกษานี้อาจไม่สามารถขยายผลในทางคลินิกได้ทั้งหมดแต่ก็เป็นประโยชน์ในการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น (preliminary test) ของวัสดุ

การทดสอบความสามารถในการยึดติดระหว่างสารฟันสีกลุ่มและร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน (bonding capacity) โดย การทดสอบความทนแรงเฉือนเป็นเครื่องมือที่ประเมินการยึดติดและทำนายความสำเร็จทางคลินิกของวัสดุ (Van Meerbeek et al., 2010) การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการจำลองความเสื่อมตามมาตรฐานสากล (ISO/TS 11405: 2015) โดยนำชิ้นงานตัวอย่างแช่ในน้ำควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของน้ำ (hydrolysis) (Salz & Bock, 2010) เป็นวิธีที่ช่วยทดสอบว่าวัสดุสามารถทนต่อความชื้นได้หรือไม่ จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำของเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะจำนวน 500 รอบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้เกิดการหดตัวหรือการขยายตัวของวัสดุกับผิวเคลือบฟัน ซึ่งเป็นไปตามค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจาก ความร้อน กระบวนการนี้จะทำให้เกิดความเครียดบริเวณผิวรอยต่อต่างๆ (Morresi et al., 2014) และส่งผลต่อ ค่ากำลังแรงยึดได้ (Chiang et al., 2016)

การศึกษานี้พบว่า สารฟันสีกลุ่มและร่องฟันชนิดเซลฟี่เอทซ์ (กลุ่ม PS) มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่ากลุ่ม BS ($p \leq 0.001$) กลุ่ม UC ($p = 0.011$) และกลุ่ม EC ($p = 0.013$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจากมีส่วนประกอบของมอนอเมอร์ฟังก์ชันชนิดโฟร์เมทาคริลอิลออกซิเอทิลไตรเมลลิเทตแอนไฮไดรด์หรือโฟร์เมทา (4-Methacryloyloxyethyl

trimellitateanhydride, 4-META) มีประสิทธิภาพในการสร้างพันธะเคมีกับแคลเซียมในผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้น้อย และไม่สามารถเกิดชั้นระดับนาโนได้ ซึ่งเกลือแคลเซียมที่ได้จากมอนอเมอร์ชนิดโพรมีทา (Ca-4MET salt) สามารถละลายน้ำได้สูงและมีความคงตัวต่ำ (Van Meerbeek et al., 2011) นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบเป็นมอนอเมอร์ชนิด 2-ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (2-Hydroxyethyl methacrylate, HEMA) ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กและมีความชอบน้ำ หากมีมอนอเมอร์หลงเหลือจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์จะทำให้เกิดการสลายตัวด้วยน้ำ ซึ่งในการศึกษานี้ มีการจำลองความเสี่ยงด้วยการนำชิ้นงานไปแช่น้ำและนำไปเข้าเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็นเป็นจังหวะจำนวน 500 รอบ กระบวนการเหล่านี้จึงอาจทำให้เกิดความเครียดบริเวณผิวรอยต่อของวัสดุและผิวเคลือบฟัน (Teixeira et al., 2021) และอาจทำให้เกิดการสลายตัวด้วยน้ำและการละลายตัวของเกลือแคลเซียมจึงส่งผลทำให้ค่ากำลังแรง-ยึดเหนี่ยวของวัสดุนี้ต่ำกว่าทุกกลุ่ม

สารผนึกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ที่ใช้ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไพโรเมอร์ (กลุ่ม BS) มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่ม EC ($p = 0.016$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ An และคณะในปีค.ศ. 2016 ที่พบว่า สารผนึกหลุมและร่องฟันกลุ่ม EC มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่ม BS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (An et al., 2016) และการศึกษาของ Hirayama และคณะในปีค.ศ. 2018 ที่พบว่า สารผนึกหลุมและร่องฟันกลุ่ม BS มีค่ากำลังแรง-ยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่ม EC อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Hirayama et al., 2018) ทั้งนี้อาจเกิดจากการศึกษานี้มีการขัดผิวเคลือบฟันด้วยกระดาษทรายจะช่วยกำจัดผิวเคลือบฟันชั้นนอกสุดที่มีการสะสมแร่ธาตุและมีการเรียงตัวที่ไม่เป็นปริมซึ่งสามารถขัดขวางการทำงานของมอนอเมอร์ได้ (Senawongse et al., 2004) นอกจากนี้ยังเกิดจากการที่ สารผนึกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์มีการเติมวัสดุอัดแทรกที่ประกอบไปด้วยฟลูออโรโบโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ (fluoroboroaluminosilicate glass) ทำให้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงเชิงกล (mechanical strength) และมีการใช้เซลฟ์เอทซ์ไพโรเมอร์ ช่วยทำให้การไหลแผ่ของสารผนึกหลุมและร่องฟันดีขึ้นโดยสามารถไหลแผ่เพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า (Hirayama et al., 2018) จึงทำให้กลุ่ม BS เกิดการยึดอยู่ได้ดีกว่ากลุ่ม EC นอกจากนี้การศึกษานี้ยังพบว่า สารผนึกหลุมและร่องฟันกลุ่ม BS มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่ม UC ($p = 0.008$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Mézquita-Rodrigo และคณะในปีค.ศ. 2022 ที่พบว่า สารผนึกหลุมและร่องฟันกลุ่ม BS มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวน้อยกว่ากลุ่ม UC อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Mézquita-Rodrigo et al., 2022) เนื่องจากเซลฟ์เอทซ์ไพโรเมอร์ในกลุ่ม BS มีค่า pH ต่ำกว่าสารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์ในกลุ่ม UC จึงกัดผิวเคลือบฟันและ เกิดการยึดติดได้ดีกว่า (Moura et al., 2009)

นอกจากนี้ในการศึกษานี้พบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม UC น้อยกว่ากลุ่ม EC แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 1.000$) อาจเนื่องมาจากกลุ่ม UC มีการใช้สารยึดติดระบบยูนิเวอร์แซลเซลฟ์เอทซ์มีค่า pH ประมาณ 2.7 จัดอยู่ในกลุ่ม ultra-mild ซึ่งมีความเป็นกรดน้อยทำให้ละลายผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ยากจึงเกิดปฏิกิริยา ได้เพียงบริเวณผิวเคลือบฟันชั้นนอก (Van Meerbeek et al., 2011) และมีส่วนประกอบของมอนอเมอร์ชนิดสารเท็น-เมทาคริลอยล์ออกซีดีซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟตหรือเท็นเอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, 10-MDP) ทำให้เกิดปฏิกิริยาและเกิดชั้นระดับนาโนบนผิวเคลือบฟันได้น้อย (Carrilho et al., 2019) ทำให้ได้การยึดติดจากเรซินแทนที่แทรกซึมขนาดเล็กเท่านั้นจึงได้กำลังแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยและไม่สามารถระบุรูปแบบการกัดผิวที่เกิดขึ้นบริเวณเคลือบฟัน (enamel etching pattern) ได้ชัดเจน แต่ก็มีรายงานว่า สามารถเกิดการไฮบริดเซชันจนเป็นการยึด-ติดในระดับนาโน (nanoretentive interlocking) ได้ ขณะที่ในกลุ่ม EC มีการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดผิวเคลือบฟันซึ่งสามารถละลายผิวเคลือบฟันได้ลึกมากกว่าและเกิดการยึดติดจากเรซินแทนที่แทรกซึมเข้าไปใน รูพรุนทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก (Hannig et al., 2002) ดังนั้นจากการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า สารผนึกหลุมและร่องฟันชนิดไฮโอเมอร์ที่ใช้ร่วมกับเซลฟ์เอทซ์ไพโรเมอร์มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุดและมากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการใช้งานที่ไม่ต้องมีการใช้กรดกัด ไม่ต้องมีการล้างน้ำ ดังนั้นจึงอาจเป็นวัสดุทางเลือกในการรักษา ในผู้ป่วยเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือในการรักษาหากไม่สามารถใช้สารผนึกหลุมและร่องฟันชนิดเรซินที่ใช้ร่วมกับการใช้ กรดกัด

แบบดั้งเดิมได้ แต่อย่างไรก็ตามความสำเร็จของการฉีกหลุมและร่องฟันยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่น การเกิด-รอยซึมเล็ก ลักษณะการแตกหักของวัสดุ เป็นต้น ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมทางห้องปฏิบัติการหรือ ทางคลินิกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- An, J., Lee, J., Seo, H., & Park, H. (2016). Shear Bond Strength and Microleakage of a New Self-etch Sealant Containing S-PRG filler. *The Journal of the Korean Academy of Pedtatric Dentistry*, 43(4), 347-353. <https://doi.org/10.5933/jkapd.2016.43.4.347>
- Carrilho, E., Cardoso, M., Marques Ferreira, M., Marto, C. M., Paula, A., & Coelho, A. S. (2019). 10-MDP Based Dental Adhesives: Adhesive Interface Characterization and Adhesive Stability-A Systematic Review. *Materials*, 12, 1-18. <https://doi.org/10.3390/ma12050790>
- Chiang, M.-L., Birlbauer, S., Lo, Y.-F., Pitchika, V., Crispin, A., Ilie, N., Hickel, R., & Kühnisch, J. (2016). Which Factors Influence the Shear Bond Strength of Sealant Materials? *The Journal of Adhesive Dentistry*, 18(5), 397-404. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a36917>
- Dental Health Division, D. of H. M. of P. (2017). *The 8th National Oral Health Survey in Thailand. 1st ed. Nonthaburi: Dental Health Division, Department of Health, Ministry of Public Health.*
- Gupta, D., Rao, A., Shenoy, R., & Suprabha, B. S. (2022). Comparison of clinical effectiveness of conventional and self-etch sealant: a split mouth randomized controlled trial. *F1000Research*, 11, 1-17.
- Hannig, M., Bock, H., Bott, B., & Hoth-Hannig, W. (2002). Inter-crystallite nanoretention of self-etching adhesives at enamel imaged by transmission electron microscopy. *European Journal of Oral Sciences*, 110(6), 464-470. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2002.21326.x>
- Hirayama, K., Hanada, T., Hino, R., Saito, K., Kobayashi, M., Arakaki, M., Chiba, Y., Nakamura, N., Sakurai, T., Iwamoto, T., Fukumoto, S., & Yamada, A. (2018). Material properties on enamel and fissure of surface pre-reacted glass-ionomer filler-containing dental sealant. *Pediatric Dental Journal*, 28(2), 87-95. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pdj.2018.05.001>
- International Organization for Standardization. (2013). *ISO/TS 29022. Dentistry - Adhesion - Notched- edge shear bond strength test.*
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO/TS 11405. Dentistry — Testing of adhesion to tooth structure.*
- Klaisiri, A., Vongsang, J., Leelaudom, T., Rakmanee, T., Leelaonglit, S., & Krajangta, N. (2022). S-PRG Technology in Dentistry : A Concise Review. *Srinakharinwirot University Dental Journal*, 15(1), 93-107.
- Mézquita-Rodrigo, I., Scougall-Vilchis, R. J., Moyaho-Bernal, M. A., Rodríguez-Vilchis, L. E., Rubio-Rosas, E., & Contreras-Bulnes, R. (2022). Using self-etch adhesive agents with pit and fissure sealants. In vitro analysis of shear bond strength, adhesive remnant index and enamel etching patterns. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 23(2), 233-241. <https://doi.org/10.1007/s40368-021-00655-w>
- Morresi, A. L., D'Amario, M., Capogreco, M., Gatto, R., Marzo, G., D'Arcangelo, C., & Monaco, A. (2014). Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 29, 295-308. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2013.09.013>

- Moura, S. K., Reis, A., Pelizzaro, A., Dal-Bianco, K., Loguercio, A. D., Arana-Chavez, V. E., & Grande, R. H. M. (2009). Bond strength and morphology of enamel using self-etching adhesive systems with different acidities. *Journal of Applied Oral Science*, 17(4), 315-325. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572009000400009>
- Pardi, V., Carlos, A., Gláucia, P., Bovi, M., & Marcelo, A. (2005). Clinical evaluation of three different materials used as pit and fissure sealant: 24-months results. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 29(2), 133-138. <https://doi.org/10.17796/jcpd.29.2.e44h17387x324345>
- Paryab, M. (2013). Sealant microleakage after using nano-filled bonding agents on saliva-contaminated enamel. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 10(3), 227-232.
- Salz, U., & Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue - a review. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 12(5), 343-371. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a19741>
- Sánchez-Pérez, L., Irigoyen-Camacho, M. E., Molina-Frecherro, N., & Zepeda-Zepeda, M. (2019). Fissure depth and caries incidence in first permanent molars: A five-year follow-up study in schoolchildren. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3550), 1-10.
- Senawongse, P., Sattabanasuk, V., Shimada, Y., Otsuki, M., & Tagami, J. (2004). Bond strengths of current adhesive systems on intact and ground enamel. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 16(2), 107-116. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2004.tb00016.x>
- Simonsen, R. J. (1991). Retention and Effectiveness of Dental Sealant After 15 Years. *The Journal of the American Dental Association*, 122(10), 34-42. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1991.0289>
- Teixeira, G. S., Pereira, G. K. R., & Susin, A. H. (2021). Aging Methods-An Evaluation of Their Influence on Bond Strength. *European Journal of Dentistry*, 15(3), 448-453. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1721906>
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials Journal*, 26(2), 100-121. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148>
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials Journal*, 27(1), 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>
- Wright, J. T., Crall, J. J., Fontana, M., Gillette, E. J., Nový, B. B., Dhar, V., Donly, K., Hewlett, E. R., Quinonez, R. B., Chaffin, J., Crespin, M., Iafolla, T., Siegal, M. D., Tampi, M. P., Graham, L., Estrich, C., & Carrasco-Labra, A. (2016). Evidence-based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants: A report of the American Dental Association and the American Academy of Pediatric Dentistry. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 147(8), 672-682.e12. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2016.06.001>

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2023 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).