MICROSHEAR BOND STRENGTH OF SELF-ADHESIVE RESIN COMPOSITE TO DENTIN

Napatchanun HANWAREE[1*] and Apaporn PASASUK[1]

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

ARTICLE HISTORY

Received: 1 September 2025 **Revised:** 22 September 2025 **Published:** 7 October 2025

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the microshear bond strength (μSBS) of a self-adhesive resin composite (SimpliShade™ Self-Adhesive Flow) to dentin following three different surface treatment methods. Three groups were tested: 1) no surface treatment (NS), 2) etching with 37% phosphoric acid (ES), and 3) application of OptiBond™ Universal in self-etch mode (OS). Sound-extracted human premolars were sectioned horizontally 2 mm from the central groove. The teeth were randomly allocated into three groups according to the assigned dentin surface treatment. Dentin surfaces were prepared according to the designated method, then restored with the self-adhesive resin composite, SimpliShade™ Self-Adhesive Flow. All specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. μSBS testing was performed using a universal testing machine with a wire loop method at a crosshead speed of 1 mm/min. Data were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Bonferroni post hoc comparisons. The results demonstrated that dentin surface treatment had a significant influence on microshear bond strength ($p < 0.001$). The OS group exhibited significantly the highest μSBS compared with both the ES and NS groups ($p<0.001$), while the ES showed significantly higher μSBS than NS ($p<0.001$). The results of this study concluded that the use of SimpliShade™ Self-Adhesive Flow in combination with an adhesive system provides the highest dentin bond strength.

Keywords: SimpliShade™ Self-Adhesive Flow, Microshear Bond Strength, Dentin Surface Treatment Methods, Self-Adhesive Resin Composite

CITATION INFORMATION: Hanwaree, N., & Pasasuk, A. (2025). Microshear Bond Strength of Self-Adhesive Resin Composite to Dentin. *Procedia of Multidisciplinary Research, 3*(10), 41

ความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน

ณภัทรชนันทน์ หาญวารี[1*] และ อาภาภรณ์ ภาษาสุข[1]

1 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; Napatchanun.h@kkumail.com (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค (μSBS) ของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิต ชนิดซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์กับเนื้อฟัน เมื่อเตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน 3 วิธี คือ 1) ไม่เตรียมผิวเนื้อฟัน (NS) 2) ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (ES) และ 3) ใช้สารยึดติดออพติบอนด์ยูนิเวอร์แซล วิธีเซล์ฟเอช (OS) นำฟันกรามน้อยสภาพดีที่ถูกถอนมาตัดในแนวระนาบที่ระดับ 2 มิลลิเมตรจากร่องกลางฟัน แบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่มอย่างง่าย เตรียมพื้นผิวเนื้อฟันตามวิธีในแต่ละกลุ่ม บูรณะด้วยซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ แช่ชิ้นงานในน้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง วัดค่า μSBS ด้วยเครื่องทดสอบสากลโดยใช้ลวดแรงดึงขึ้น ความเร็ว 1 มิลลิเมตร/นาที เปรียบเทียบผลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และการทดสอบบอนเฟอร์โรนีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่า การเตรียมผิวเนื้อฟันมีผลต่อ μSBS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยกลุ่ม OS สูงกว่า ES และ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) และกลุ่ม ES สูงกว่า NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) สรุปได้ว่า วัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ควรใช้ร่วมกับสารยึดติดเพื่อให้ได้ความแข็งแรงพันธะต่อเนื้อฟันสูงที่สุด

คำสำคัญ: วัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์, ความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค, การเตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน, วัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิต

ข้อมูลการอ้างอิง: ณภัทรชนันทน์ หาญวารี และ อาภาภรณ์ ภาษาสุข. (2568). ความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน. *Procedia of Multidisciplinary Research, 3*(10), 41

บทนำ

วัสดุเรซินคอมโพสิต ถูกใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่ถูกคิดค้นขึ้นและนำมาแทนที่การบูรณะด้วยวัสดุอะมัลกัม เนื่องจากปัญหาเรื่องความสวยงาม ความเป็นพิษจากสารปรอท เรซินคอมโพสิตได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และการพัฒนาในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่โพลีเมอร์ริกเมทริกซ์ (polymeric matrix) ของวัสดุ เพื่อลดการหดตัวจากความเค้นจากปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization shrinkage stress) นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาให้วัสดุเรซินคอมโพสิตมีคุณสมบัติที่สามารถยึดติดกับเนื้อฟันได้ด้วยตัวเอง (self-adhesive) (Ferracane, 2011) อย่างไรก็ตาม มีรายงานปัญหาจากการบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตเหล่านี้มีแนวโน้มเกิดโรคฟันผุซ้ำภายหลังการบูรณะ (secondary caries) หรือมีอาการเสียวฟันภายหลังการบูรณะ เนื่องจากการหดตัวจากการเกิดโพลีเมอไรเซชันของเรซินคอมโพสิต ทำให้เกิดการแยกกันที่ขอบของวัสดุและฟัน (marginal discrepencies) และเกิดแรงดึงเข้าหากันระหว่างปุ่มฟัน (contraction of cusps) (Sarrett, 2005) หนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เกิดการล้มเหลวจากการบูรณะ คือ การควบคุมความชื้น การใช้ระยะเวลาในการทำงานในคลินิกเนื่องจากขั้นตอนในการบูรณะที่มีความซับซ้อน และทำให้เกิดการผิดพลาดในขั้นตอนการบูรณะได้ (technique sensitive) (Alghamdi et al., 2024) จึงได้มีการพยายามพัฒนาเรซินคอมโพสิตเพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานทางคลินิก เพื่อลดขั้นตอนในการบูรณะให้ระยะเวลาในการทำงานคลินิกสั้นลง และลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดในขั้นตอนต่างๆด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ (self-adhesive resin composites) (Maas et al., 2017) โดยวัสดุบูรณะเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive materials) ได้ถูกพัฒนาเพื่อการบูรณะโดยตรง เพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งาน (Van Meerbeek & Frankenberger, 2019) ลดขั้นตอนในการทำหัตถการ (Yao et al., 2020a) วัสดุเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตไหลชนิดหนึ่งที่มีการใช้คือ ซิมพลิเฉด เซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ (SimpliShade™ Self-Adhesive Flow, Kerr, USA) ซึ่งบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำข้อบ่งใช้ว่า สามารถบูรณะโพรงฟันประเภทที่หนึ่ง (Class I) ขนาดเล็กได้ และสามารถใช้เป็นรองพื้น (base/liner) ของการบูรณะโพรงฟันประเภทที่หนึ่งและสอง (Class II) สามารถใช้ในการเคลือบหลุมร่องฟันได้ (pit and fissure sealant) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค (microshear bond strength) ของคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ ให้ความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคไม่แตกต่างจากการใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดออลอินวัน (all-in-one adhesive) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่ำกว่าเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดเอชแอนด์รินซ์ (etch and rinse adhesive) (Bumrungruan & Sakoolnamarka, 2016) และมีการศึกษาพบว่าสามารถใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดผิวฟันเพื่อเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนกับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันโดยไม่ใช้ร่วมกับสารยึดติดได้ (Sibai et al., 2022) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ David และคณะ ในปี 2022 (David et al., 2022) พบว่า ความแข็งแรงพันธะของเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี (flowable resin composite) ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ หลายชนิดต่อเคลือบฟันและเนื้อฟันมีความแข็งแรงพันธะต่ำกว่าความแข็งแรงพันธะของเรซินคอมโพสิตชนิดดั้งเดิมที่มีการเตรียมพื้นผิวด้วยระบบสารยึดติดเอชแอนด์รินซ์ และเซล์ฟเอช บ่งชี้ว่าเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดีชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ มีความสามารถในการยึดติดที่จำกัดกับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟัน

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมาน (systematic review and meta-analysis) เกี่ยวกับการใช้สารยึดติดยูนิเวอร์แซลกับเนื้อฟัน ศึกษาความแข็งแรงพันธะดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength) ของสารยึดติดยูนิเวอร์แซลต่อเนื้อฟัน ทั้งวิธีเซลฟเอช และเอชแอนด์รินซ์ พบว่าวิธีเซลฟเอช และเอชแอนด์รินซ์ ให้ค่าความแข็งแรงพันธะดึงระดับจุลภาคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งการวัดผลความแข็งแรงพันธะทันทีและความแข็งแรงพันธะระยะยาว (Immediate and Long-term bond strength) (Chen et al., 2022) อีกทั้งวิธีเซล์ฟเอชเป็นวิธีที่ไม่มีขั้นตอนแยกในการกัดผิวฟันด้วยกรด ทำให้ลดจำนวนขั้นตอนในการบูรณะลง ใช้เวลาลดลง และลดความผิดพลาดในขั้นตอนการบูรณะได้ อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาที่ทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์มาบูรณะในฟันจริงด้วยวิธีการเตรียมผิวเนื้อฟันต่างๆ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ที่จะศึกษาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคกับเนื้อฟันของซิมพลิเฉดเซล์ฟ

แอดฮีซีฟโฟลว์ เมื่อใช้วิธีการยึดต่างๆ ได้แก่ การไม่เตรียมพื้นผิวฟัน การใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 การใช้สารยึดติดยูนิเวอร์แซล ชนิดออพติบอนด์ยูนิเวอร์แซล ด้วยวิธีการเซล์ฟเอช เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้วัสดุ รวมทั้งวิธีการใช้สารยึดติดที่เหมาะสมกับวัสดุชนิดนี้ และเป็นแนวทางในการใช้งานให้การรักษาผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสมต่อไป

การทบทวนวรรณกรรม

วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดทำให้การบูรณะฟันมีความคงทนมากยิ่งขึ้นและสามารถใช้ได้ในความเป็นจริง แต่ยังคงมีสถานการณ์ที่ท้าทายต่อการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านสารยึดติด เช่น ในการสร้างและพัฒนาสารยึดติดที่มีประสิทธิภาพในบริเวณที่ไม่สามารถควบคุมความชื้นได้ดี และสามารถใช้งานได้ง่ายรวมถึงมีความสามารถในการยึดติดได้ด้วยตัวเอง จึงได้มีการพัฒนาวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟคอมโพสิต ซึ่งมีลักษณะสีเหมือนฟันซึ่งไม่จำเป็นต้องเตรียมพื้นผิวฟันและใช้สารยึดติดร่วมอีกต่อไป ด้วยเป้าหมายที่ว่าเพื่อให้ระยะเวลาในการทำงานในคลินิกสั้นลง และลดการผิดพลาดในขั้นตอนการบูรณะได้ (Yao et al., 2020b) วัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟคอมโพสิต เริ่มเป็นที่รู้จักตั้งแต่ปี ค.ศ.2009 โดยแรกเริ่มมี 3 ผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ในทางคลินิกคือฟูซิโอลิขวิดเดนทิน (Fusio Liquid Dentin, Pentron Clinical, USA), เวอร์ไทซ์โฟลว์ (Vertise Flow, Kerr Dental, USA), เอ็มเบรสเว็ทบอนด์ (Embrace Wetbond, Pulpdent, USA) วัสดุความหนืดต่ำเหล่านี้มีข้อบ่งชี้ในการใช้สำหรับโพรงฟันชนิดที่หนึ่ง (cavity class I) และรอยโรคบริเวณคอฟันที่ไม่เกิดจากฟันผุ (non-carious cervical lesion) (Maas et al., 2017) หนึ่งในเซล์ฟแอดฮีซีฟคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ดี ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดชนิดแรก คือ เวอร์ไทซ์โฟลว์ (Vertise Flow; Ken, CA, USA) ซึ่งมีฟอสฟอริกเอซิดเอสเตอร์เมทาคริเลต (phosphoric-acid ester methacrylate) และกลีเซอรอล ฟอสเฟตไดเมทาคริเลต (glycerolphosphate dimethacrylate, GPDMA) เป็นมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) หมู่ฟังก์ชันฟอสเฟตมีกลุ่มฟอสเฟตที่เป็นกรดสำหรับการกัดผิวฟัน และกลุ่มเมทาคริเลตสองกลุ่มเพื่อทำให้เกิดการพอลิเมอไรเซชันร่วมกับมอนอเมอร์อื่นๆ (Ferracane, 2011) ในปี 2024 ได้มีการพัฒนา ซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ ซึ่งเป็นวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ โดยพัฒนาขึ้นเพื่อตัดขั้นตอนการทาสารยึดติดออก เพื่อให้การบูรณะฟันมีความเรียบง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยทางบริษัทผู้ผลิตกล่าวว่ามีการผสมผสานเทคโนโลยีออพติบอนด์ (Optibond technology) เพื่อให้การยึดติดกับเนื้อฟันและเคลือบฟันมีความแข็งแรง ซึ่งวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับระบบสารยึดติดเซล์ฟเอช เนื่องจากมีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด เช่น กลีเซอรัลฟอสเฟตไดเมทาครัยเลท (Glycerol Phosphate Dimethacrylate, GPDM), คาร์บอกซิลลิกเมทาครัยเลท (Carboxylic methacrylate) เช่น 4-เมทาครัยล็อกซีเอทิลไตรเมลลิติกเอซิด (4-methacryloxyethyl trimellitic acid, 4-MET) หรือฟอสเฟตเมทิล เมทาครัยเลท (phosphate ethyl methacrylate, BMEP) ซึ่งมอนอเมอร์เหล่านี้มีความเป็นกรดตั้งแต่กรดแก่ เช่น GPDM โดยค่าพีเอชเป็น 1.9 ไปจนถึงกรดอ่อน เช่น 4-MET โดยมีค่าพีเอชเท่ากับ 3-4 โดยจะทำหน้าที่กัดผิวเนื้อฟันเพียงบางส่วน และซึมผ่านชั้นเสมียร์ (smear layer) ก่อให้เกิดชั้นไฮบริด (hybrid layer) ที่มีความหนาในระดับซับไมครอน นอกจากนี้ยังมีการเติม 2-ไฮดรอกซีเอทิล เมทาครัยเลท (2-Hydroxyethyl methacrylate, HEMA) เพื่อเพิ่มความสามารถในการเกิดสภาวการณ์เปียกของพื้นผิว (wettability) ของวัสดุบนพื้นผิวเนื้อฟันได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (Maas et al., 2017)

การทดสอบความแข็งแรงพันธะดึงระดับจุลภาค เป็นการทดสอบแรงดึงยึดติด โดยจะมีการออกแรงกระทำด้านใดด้านหนึ่งของชิ้นงานทดสอบ สามารถจับชิ้นงานทดสอบได้ด้วยวิธีการจับแบบแอคทีฟและพาสซีฟ (active and passive method) ข้อด้อยของวิธีนี้ คือ วัดความแข็งแรงพันธะที่ต่ำกว่า 5 MPa ได้ยาก สร้างชิ้นงานที่มีรูปทรงสม่ำเสมอได้ยาก เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็กและบอบบาง จึงมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดความเสียหายของชิ้นงานหรือการแตกหักระหว่างการเตรียมการทดสอบชิ้นงาน ความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค เป็นการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือน (shear Bond strength) ด้วยพื้นที่หน้าตัดที่ 3 ตารางมิลลิเมตร หรือน้อยกว่า ซึ่งสามารถวัดความแข็งแรงของการยึดติดได้

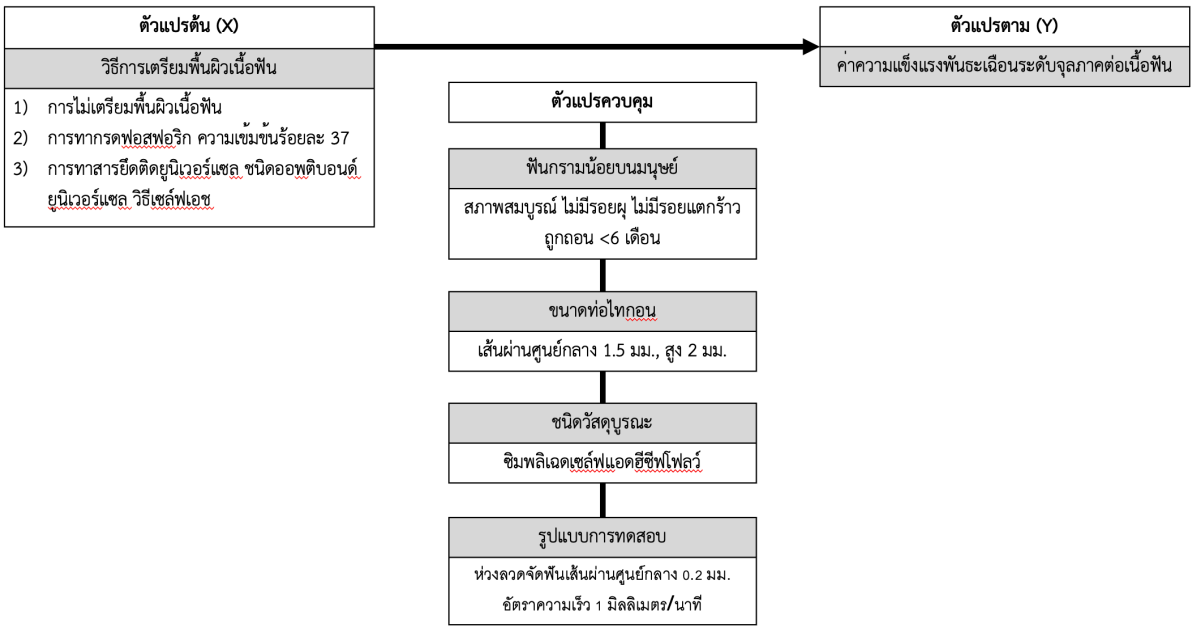
อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำการวิเคราะห์พื้นที่และความลึกของพื้นผิวต่างๆ ได้ ข้อดี คือ สามารถสร้างตัวอย่างระดับจุลภาคหลายชิ้นได้จากฟันเพียงหนึ่งซี่ ซึ่งช่วยลดการใช้ฟันในการทดสอบ เนื่องจากพื้นที่ทดสอบมีขนาดเล็ก ตัวอย่างชิ้นงานของการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคจะไม่มีแรงกระทำต่อชิ้นงานงานก่อนการทดสอบ มีเพียงแค่การถอดแม่พิมพ์ออกเท่านั้น และยังช่วยในการลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทดสอบได้ (Sirisha et al., 2014) การศึกษาของ Van และคณะ (Van Meerbeek et al., 2010) พบว่า การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ให้แรงกระทำด้วยห่วงลวดจัดฟัน โดยแรงที่เกิดขึ้นจะใกล้กับรอยต่อแท่งคอมโพสิตที่ติดกับเนื้อฟันหรือเคลือบฟันมากกว่าแรงกระทำด้วยใบมีด

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ความแข็งแรงพันธะโดยรวมของวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตต่อเคลือบฟันและเนื้อฟันมีความแข็งแรงพันธะด้อยกว่าความแข็งแรงพันธะของเรซินคอมโพสิตชนิดดั้งเดิมที่มีการเตรียมผิวด้วยระบบสารยึดติดเอชแอนด์รินซ์ และเซล์ฟเอช ซึ่งหมายความว่า เมื่อไม่ใช้สารยึดติดส่งผลให้การยึดติดของวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตลดลงทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟัน (David et al., 2022) อย่างไรก็ตาม การศึกษาทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ สามารถเทียบเคียงได้กับสารยึดติดชนิดออลอินวัน แต่ค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่ำกว่าสารยึดติดชนิดเอชแอนด์รินซ์ (Bumrungruan & Sakoolnamarka, 2016) และพบว่า การเตรียมพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นขั้นตอนสำคัญซึ่งสามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตกับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟัน (David et al., 2022; Sibai et al., 2022)

สมมติฐานวิจัย

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคกับเนื้อฟันของวัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ เมื่อทำการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ การล้างและเป่าลมเบาๆ การทากรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 และการทาสารยึดติดยูนิเวอร์แซล ชนิดออพติบอนด์ยูนิเวอร์แซล วิธีเซล์ฟเอช มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคที่ไม่แตกต่างกัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการดำเนินการวิจัย

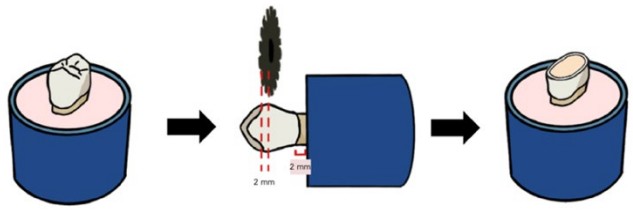
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ในห้องปฏิบัติการ (in vitro) ได้ทำการขอยกเว้นจริยธรรมจากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่ HE672314 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ ฟันกรามน้อยบนมนุษย์สภาพดีทั้งหมด 30 ซี่ แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการทำการทดลองนำร่องและนำผลการทดลองมาคำนวณหาขนาดตัวอย่างจาก โปรแกรม G*power 3.1.9.4 ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.95 ซึ่งพบว่า ได้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 9 ชิ้น จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างจำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้น

การเตรียมฟัน

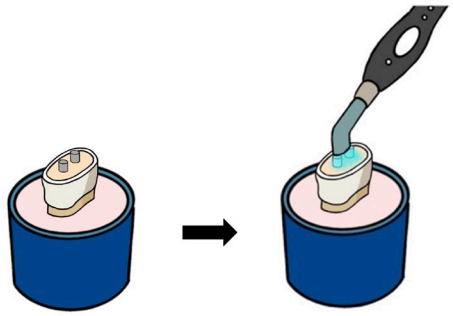
ฟันกรามน้อยบนมนุษย์ที่ไม่มีความผิดปกติของเคลือบฟันและเนื้อฟัน ไม่มีรอยผุ รอยแตก หรือรอยร้าวบนตัวฟัน ไม่มีวัสดุบูรณะอยู่บนตัวฟัน ไม่มีภาวะเคลือบฟันเจริญพร่อง (enamel hypoplasia) หรือภาวะเนื้อฟันเจริญพร่อง (dentine hypoplasia) หรือฟันตกกระ (fluorosis) ไม่เป็นฟันที่เคยรักษาคลองรากฟันมาก่อน ที่ถูกถอน ไม่เกิน 6 เดือน จากผู้ป่วยอายุระหว่าง 18 ถึง 25 ปี นำฟันกรามน้อยยึดเข้ากับท่อพีวีซี ให้รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟันอยู่สูงกว่าตำแหน่งยึด 2 มิลลิเมตร ตัดฟันในแนวระนาบ ที่ระดับ 2 มิลลิเมตรจากร่องกลางฟัน (central groove) (ภาพที่ 1)

การเตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน

นำชิ้นตัวอย่างที่ตัดแล้วมาทำการเตรียมผิวเนื้อฟันโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายโดยการเขียนหมายเลขชิ้นตัวอย่างลงในกระดาษแล้วสุ่มจับหมายเลข กลุ่มละ 10 ชิ้นตัวอย่าง คือ 1) เตรียมเนื้อฟันด้วยวิธีล้างและเป่าลมเบาๆ (NS) 2) เตรียมเนื้อฟันด้วยวิธีทากรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 (ES) 3) เตรียมเนื้อฟันด้วยวิธีทาสารยึดติดยูนิเวอร์แซล ชนิดออพติบอนด์ยูนิเวอร์แซล ด้วยวิธีเซล์ฟเอช (OS) โดยมีขั้นตอนการเตรียมพื้นผิวฟันในแต่ละกลุ่ม (ตารางที่ 2) ตามที่บริษัทกำหนด โดยก่อนการฉายแสงของสารยึดติด วางท่อพลาสติกไทกอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร สูง 2.0 มิลลิเมตร บนผิวเนื้อฟันบริเวณปุ่มฟันด้านแก้ม 1 ชิ้นและปุ่มฟันด้านลิ้น 1 ชิ้น แล้วฉายแสง 10 วินาที ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดีชนิดสมาร์ทไลท์โปร (SmartLite Pro modular LED curing light, Dentsply Sirona, USA) ที่มีความเข้มข้นแสง 1,200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2) (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แสดงฟันที่ยึดกับท่อท่อพีวีซี ให้รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟันอยู่สูงกว่าตำแหน่งยึด 2 มิลลิเมตร นำมาตัดในแนวระนาบ ที่ระดับ 2 มิลลิเมตรจากร่องกลางฟัน



ภาพที่ 2 แสดงการฉายแสงภายหลังวางท่อไทกอนในกลุ่มตัวอย่างที่ทาสารยึดติด

ตารางที่ 1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษาและส่วนประกอบ

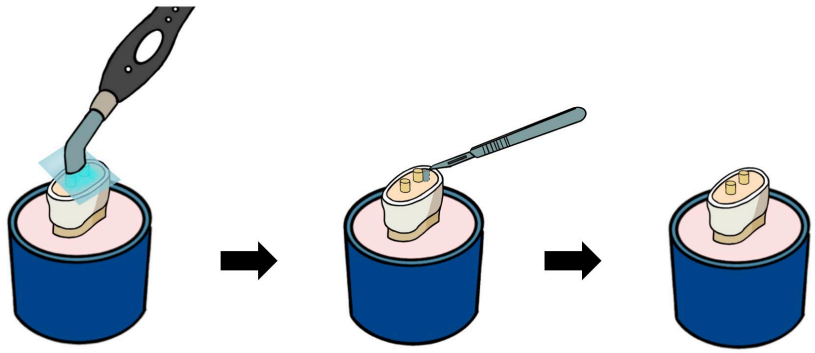
Materials	Composition
Simplishade™ Self-adhesive Flow Kerr, Orange, CA, USA	GPDM, Bis-EMA, Bis-GMA, UDMA, HEMA Filler (70 wt%) : barium glass filler, prepolymerized filler, silica, ytterbium trifluoride
OptiBond Universal Kerr, Orange, CA, USA	GPDM, Glycerol dimethacrylate, HEMA, acetone, ethanol
Scotchbond™ Etchant Phosphoric Acid (3M ESPE, USA)	37% phosphoric acid

ตารางที่ 2 แสดงวิธีการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันต่างๆ

Group	Application technique
NS	1. Rinsed and gently dried
ES	1. Acid etched using 37% phosphoric acid for 15 s 2. Rinsed and gently dried for 5 s
OS	1. Universal adhesive was applied using a micro brush and rubbing for 20 s 2. Spread gently with air for 5 s

การบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต

จากนั้นทำการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะซิมพลิเฉด เซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ ใส่ลงในท่อพลาสติกไทกอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร สูง 2.0 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องมือตัดแต่งวัสดุอุดฟัน และใช้แผ่นแก้วสไลด์ ขนาด 10x10 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร วางทับบนผิวเรซินคอมโพสิตและฉายแสงโดยวางเครื่องฉายแสงบนแผ่นแก้วสไลด์นาน 20 วินาที หลังจากนั้นใช้ใบมีดผ่าตัดหมายเลข 11 กรีดท่อพลาสติกไทกอนออก (ภาพที่ 3) นำชิ้นงานไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ดิจิตัลเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน พิจารณาชิ้นตัวอย่างเข้าทดสอบตามเกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ ชิ้นตัวอย่างที่ไม่มีฟองอากาศในเนื้อวัสดุ จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดแช่ในน้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

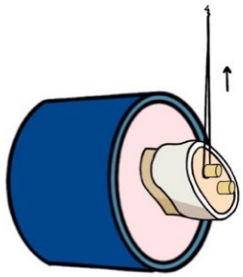


ภาพที่ 3 แสดงภายหลังทำการอุดด้วยเรซินคอมโพสิต ใช้ใบมีดผ่าตัดหมายเลข 11 กรีดท่อพลาสติกไทกอนออก

การทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค

นำกลุ่มการทดลองทุกกลุ่มมาทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบสากล (universal testing machine, Instron Model5566LV, Instron, UK) ซึ่งได้รับการสอบเทียบ (calibration) ก่อนเริ่มทำการวิจัยโดย Intro

TSC Co., Ltd. Calibration Center ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ โดยใช้ห่วงลวดจัดฟันเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตรคล้องรอบแท่งเรซินคอมโพสิตโดยให้เส้นลวดอยู่ติดเนื้อฟันมากที่สุด ใช้แรงดึงขึ้นด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อ 1 นาที (ภาพที่ 4) บันทึกแรงทำให้เกิดการแตกหักระหว่างแท่งเรซินคอมโพสิตที่ติดกับเนื้อฟันในหน่วยเมกะปาสคาล (megapascal; MPa) ทำการวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลด้วยการทดสอบชาพิโร-วิวค์ (Shapiro-Wilk test) และทดสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (test of homogeneity of variances) ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Anova) ในการทดสอบสมมติฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอร์โรนี (Bonferroni) โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



ภาพที่ 4 การทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค โดยใช้ห่วงลวดจัดฟันเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตร คล้องรอบแท่งเรซิน คอมโพสิต แล้วออกแรงดึงขึ้นด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที

ผลการวิจัย

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคเป็นไปตามตารางที่ 3 ตรวจสอบสมมติฐานด้วยสถิติวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของ Shapiro-Wilk พบว่า ข้อมูลของแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงปกติ ตรวจสอบความแปรปรวนระหว่างกลุ่มของ Levene ไม่พบความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม จึงวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค (MPa) ต่อเนื้อฟันที่ถูกเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีการต่างๆ และบูรณะด้วยวัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟันโดยใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอร์โรนี

Surface treatment	Mean	Std. Deviation	Maximum	Minimum
NS	11.21[a]	2.17	13.55	6.81
ES	19.88[b]	3.11	23.22	14.82
OS	28.67[c]	1.46	30.55	25.57

*different superscript letters indicate significant difference (P<0.001)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวพบว่า วิธีการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.001) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอร์โรนีพบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของกลุ่ม NS, ES และ OS มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<.001) โดยค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของกลุ่ม OS สูงกว่ากลุ่ม ES และ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) และพบว่า กลุ่ม ES สูงกว่ากลุ่ม NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001)

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิต ชนิดซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ต่อเนื้อฟัน โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค เมื่อเตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน 3 วิธี ได้แก่ การไม่เตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน การทากรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 และการทาสารยึดติดยูนิเวอร์แซล ชนิดออพติบอนด์ยูนิเวอร์แซล โดยซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ได้มีการพัฒนาเพื่อลดขั้นตอนในการบูรณะเรซินคอมโพสิต เนื่องจากมีคุณสมบัติยึดติดกับเนื้อฟันได้ จึงไม่ต้องใช้ร่วมกับสารยึดติด ทำให้ใช้งานได้ง่าย โดยวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับระบบสารยึดติดเซล์ฟเอช เนื่องจากมีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด เช่น GPDM, คาร์บอกซิลลิกเมทาครัยเลท (Carboxylic methacrylate) เช่น 4-MET หรือฟอสเฟตเมทิล เมทาครัยเลท (phosphate ethyl methacrylate, BMEP) ซึ่งมอนอเมอร์เหล่านี้มีความเป็นกรด โดยจะทำหน้าที่กัดผิวเนื้อฟันเพียงบางส่วน และซึมผ่านชั้นเสมียร์ (smear layer) ก่อให้เกิดชั้นไฮบริด (hybrid layer) ที่มีความหนาในระดับซับไมครอน นอกจากนี้ยังมีการเติม HEMA เพื่อเพิ่มความสามารถในการเกิดสภาวการณ์เปียกของพื้นผิว (wettability) ของวัสดุบนพื้นผิวเนื้อฟันได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (Maas et al., 2017) โดยกลไกการยึดติดด้วยตัวเองของวัสดุบูรณะเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตเกิดจากความสามารถของมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดในการทำให้พื้นผิวเนื้อฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralized) และเกิดการแทรกซึมเข้าเนื้อฟัน ส่งผลให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical retention) และเกิดการยึดติดทางเคมี (chemical interaction) ระหว่างหมู่ฟอสเฟตอะซิดิกและไฮดรอกซีอะพาไทท์ (hydroxyapatite) (Hanabusa et al., 2011) โดยกลไกการยึดติดนี้เกิดในระดับนาโน (nanointeraction) คล้ายกับกลไกการยึดติดของเรซินซีเมนต์ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ (self-adhesive resin cements) (David et al., 2022)

การศึกษานี้ได้เลือกวิธีทดสอบโดยใช้การทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาค เป็นการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือน ซึ่งสามารถวัดความแข็งแรงของการยึดติดได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำการวิเคราะห์พื้นที่และความลึกของพื้นผิวต่างๆ ได้ ข้อดี คือ สามารถสร้างตัวอย่างระดับจุลภาคหลายชิ้นได้จากฟันเพียงหนึ่งซี่ ช่วยให้ใช้ฟันในซี่เดียวกันได้ เพื่อลดความแตกต่างของชิ้นตัวอย่าง เนื่องจากพื้นที่ทดสอบมีขนาดเล็ก ชิ้นงานของการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคจะไม่มีแรงกระทำต่อชิ้นงานงานก่อนการทดสอบ ช่วยในการลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการทดสอบได้ (Sirisha et al., 2014) การศึกษาของ Van Meerbeek และคณะ (Van Meerbeek et al., 2010) พบว่า การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนที่ให้แรงกระทำด้วยห่วงลวดจัดฟัน โดยแรงที่เกิดขึ้นจะใกล้กับรอยต่อแท่งคอมโพสิตที่ติดกับเนื้อฟันหรือเคลือบฟันมากกว่าแรงกระทำด้วยใบมีด จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของการศึกษานี้พบว่า วิธีการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<.001$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bumrungruan และ Sakoolnamarka ในปี 2016 ที่รายงานว่า วิธีการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟัน (Bumrungruan & Sakoolnamarka, 2016) และจากการศึกษานี้พบว่า ในการบูรณะวัสดุซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ กลุ่ม NS มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟันต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เป็นผลมาจากวัสดุมีความหนืดที่สูง (high viscosity) และมีความสามารถต่ำในการทำให้ผิวเนื้อฟันเปียก (surface wettability) ได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการกำจัดแร่ธาตุและการซึมแทรกเข้าสู่เนื้อฟัน ทำให้วัสดุไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ (Hanabusa et al., 2011) อีกทั้งการที่วัสดุไม่สามารถแทรกซึมเข้าท่อเนื้อฟันได้เพียงพอนั้น เป็นผลให้เกิดกลไกการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคไม่เพียงพอ (Bumrungruan & Sakoolnamarka, 2016) ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ลดประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้าของ Nahas และคณะ ในปี 2016 และผลการศึกษาของ Peterson และคณะ ในปี 2018 ที่รายงานว่า ค่าความแข็งแรงพันธะของวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ ต่อเนื้อฟันมีความแข็งแรงในการยึดติดต่ำ (Nahas et al., 2016; Peterson et al., 2018) อีกทั้งการศึกษานี้พบว่า กลุ่ม ES มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันสูงกว่ากลุ่มที่ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) เป็นไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาของ

Sibai และคณะ ซึ่งพบว่าการใช้กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 ในการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันก่อนที่จะบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ ฟูซิโอลิขวิดเดนทิน มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนสูงกว่าการไม่เตรียมพื้นผิวเนื้อฟัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่า การเตรียมพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริก ช่วยเพิ่มความแข็งแรงพันธะต่อเนื้อฟัน แม้ในผิวเนื้อฟันที่ไม่มีชั้นสเมียร์ (Sibai et al., 2022) การศึกษานี้พบว่า กลุ่ม OS มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคต่อเนื้อฟันสูงกว่ากลุ่ม ES และ NS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Memarpour และคณะ ในปี 2016 พบว่า การใช้สารยึดติดชนิดเซล์ฟเอช สามารถเพิ่มความแข็งแรงพันธะของเรซินคอมโพสิต ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความหนืดที่ต่ำและความสามารถในการทำให้เกิดภาวการณ์เปียกของพื้นผิวได้ดีเยี่ยมของระบบสารยึดติด ชนิดเซล์ฟเอช ซึ่งช่วยเสริมการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอะซิดิกมอนอเมอร์กับแคลเซียมไอออน (Memarpour et al., 2016) การใช้สารยึดติดซึ่งมีความหนืดต่ำ จะสามารถไหลแผ่และแทรกซึมไปตามพื้นผิวเนื้อฟันได้ดีกว่าการใช้ซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์โดยไม่ใช้สารยึดติด บ่งชี้ว่าความหนืดและความสามารถในการไหลแผ่และแทรกซึมของพื้นผิวของสารยึดติดเป็นปัจจัยสำคัญในการยึดติดกับเนื้อฟัน (David et al., 2022) เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบของสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช และวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ พบว่ามีองค์ประกอบมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเหมือนกันคือ GPDM ซึ่งศักยภาพในการยึดติดทางเคมีของ GPDM อาจมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการยึดติดของเรซินคอมโพสิตไหลแผ่ได้ดี ชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ แต่การยึดติดทางเคมีของ GPDM กับไฮดรอกซีอะพาไทต์อาจไม่เกิดขึ้นจริงและยังไม่มีหลักฐานยืนยันชัดเจน (Bumrungruan & Sakoolnamarka, 2016) มากไปกว่านั้น อะซิดิกมอนอเมอร์ในเรซินคอมโพสิตชนิดเซล์ฟแอดฮีซีฟ มีความเป็นกรดที่ต่ำกว่าในระบบสารยึดติดชนิดเซล์ฟเอช ซึ่งสามารถอธิบายได้ถึงความแข็งแรงพันธะที่ต่ำกว่าเมื่อไม่ได้ใช้ร่วมกับการทาสารยึดติด จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า การใช้วัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ ควรใช้ร่วมกับสารยึดติดเพื่อให้ได้ความแข็งแรงพันธะต่อเนื้อฟันสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (in vitro) ซึ่งอาจแตกต่างจากสภาพแวดล้อมจริงในช่องปาก และใช้ชิ้นตัวอย่างเพียง 30 ชิ้นตัวอย่าง ซึ่งอาจไม่สามารถสะท้อนลักษณะของประชากรทั้งหมดได้อย่างครบถ้วน และทำการทดลองในระยะเวลาเพียง 24 ชั่วโมง จึงยังไม่สามารถระบุผลของการยึดติดในระยะยาวได้

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

จากผลการศึกษานี้พบว่า การเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนระดับจุลภาคของวัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ ดังนั้นเพื่อให้มีคุณภาพในการยึดติดและคุณภาพการบูรณะฟันที่ดี ควรเลือกวิธีการเตรียมพื้นผิวฟันที่เหมาะสมในการบูรณะ โดยการศึกษานี้พบว่า ในการบูรณะฟันด้วยวัสดุบูรณะซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์ ควรใช้ร่วมกับสารยึดติดเพื่อให้ได้ความแข็งแรงพันธะต่อเนื้อฟันสูงที่สุด

ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรศึกษาเปรียบวิธีเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันแบบอื่นๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์เลือกวิธีการเตรียมพื้นผิวเนื้อฟันก่อนบูรณะวัสดุเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินคอมโพสิตต่อไป

2) ควรเพิ่มการจำลองการใช้งานในทางห้องปฏิบัติการรูปแบบอื่น เช่น การจำลองการใช้งานโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การจำลองการใช้งานด้วยกรดเบส ความชื้น เป็นต้น

3) ควรศึกษาคุณสมบัติการยึดติดของวัสดุเรซินคอมโพสิตเซล์ฟแอดฮีซีฟ ชนิดอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการยึดติดของวัสดุ เนื่องจากเป็นวัสดุที่ยังมีการศึกษาน้อยและเป็นวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่

4) ควรศึกษาคุณสมบัติเชิงกลประเภทอื่น เช่น คุณสมบัติการต้านการแตกหัก ความแข็งแรงต้านแรงกดอัด ความแข็งแรงดัดขวาง เป็นต้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้วัสดุบูรณะในสถานการณ์จริงเช่นกัน

5) ควรมีการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติมเพื่อทดสอบอายุการใช้งานของวัสดุซิมพลิเฉดเซล์ฟแอดฮีซีฟโฟลว์และศึกษาอัตราความสำเร็จในการรักษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Alghamdi, A. A., Athamh, S., Alzhrani, R., & Filemban, H. (2024). Assessment of the Micro-Tensile Bond Strength of a Novel Bioactive Dental Restorative Material (Surefil One). *Polymers, 16*(11), 1558.

Bumrungruan, C., & Sakoolnamarka, R. (2016). Microshear bond strength to dentin of self-adhesive flowable composite compared with total-etch and all-in-one adhesives. *Journal of Dental Sciences, 11*(4), 449-456.

Chen, H., Feng, S., Jin, Y., Hou, Y., & Zhu, S. (2022). Comparison of bond strength of universal adhesives using different etching modes: A systematic review and meta-analysis. *Dental materials journal, 41*(1), 1-10.

David, C., Cardoso de Cardoso, G., Isolan, C. P., Piva, E., Moraes, R. R., & Cuevas-Suarez, C. E. (2022). Bond strength of self-adhesive flowable composite resins to dental tissues: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *The Journal of Prosthetic Dentistry, 128*(5), 876-885.

Ferracane, J. L. (2011). Resin composite—State of the art. *Dental Materials, 27*(1), 29-38.

Hanabusa, M., Mine, A., Kuboki, T., Momoi, Y., Van Landuyt, K. L., Van Meerbeek, B., & De Munck, J. (2011). TEM interfacial characterization of an experimental self-adhesive filling material bonded to enamel/dentin. *Dental Materials, 27*(8), 818-824.

Maas, M. S., Alania, Y., Natale, L. C., Rodrigues, M. C., Watts, D. C., & Braga, R. R. (2017). Trends in restorative composites research: what is in the future?. *Brazilian Oral Research, 31*(suppl 1), e55.

Memarpour, M., Shafiei, F., Razmjoei, F., & Kianimanesh, N. (2016). Effect of laser preparation on adhesion of a self-adhesive flowable composite resin to primary teeth. *Microscopy Research and Technique, 79*(4), 334-341.

Nahas, P., Zeinoun, T., Majzoub, Z., Corbani, K., & Nammour, S. (2016). The effect of energy densities on the shear bond strength of self‐adhering Flowable composite to Er: YAG pretreated dentin. *BioMed research international, 2016*(1), 6507924.

Peterson, J., Rizk, M., Hoch, M., & Wiegand, A. (2018). Bonding performance of self-adhesive flowable composites to enamel, dentin and a nano-hybrid composite. *Odontology, 106*(2), 171-180.

Sarrett, D. C. (2005). Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dental materials, 21*(1), 9-20.

Sibai, N., El Mourad, A., Al Suhaibani, N., Al Ahmadi, R., & Al Dosary, S. (2022). Shear bond strength of self‐adhesive flowable resin composite. *International Journal of Dentistry, 2022*(1), 6280624.

Sirisha, K., Ravishankar, Y., Ravikumar, P., & Rambabu, T. (2014). Validity of bond strength tests: A critical review-Part II. *Journal of Conservative Dentistry, 17*(5), 420.

Van Meerbeek, B., & Frankenberger, R. (2019). Editorial: On our way towards self-adhesive restorative materials?. *The Journal of Adhesive Dentistry, 21*(4), 295-296.

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, 26*(2), e100-e121.

Yao, C., Ahmed, M. H., Zhang, F., Mercelis, B., Van Landuyt, K. L., Huang, C., & Van Meerbeek, B. (2020a). Structural/chemical characterization and bond strength of a new self-adhesive bulk-fill restorative. *Journal of Adhesive Dentistry, 22*(1), 85-97.

Yao, C., Ahmed, M. H., Okazaki, Y., Van Landuyt, K. L., Huang, C., & Van Meerbeek, B. (2020b). Bonding efficacy of a new self-adhesive restorative onto flat dentin vs class-I cavity-bottom dentin. *Journal of Adhesive Dentistry, 22*(1), 65-77.

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: © 2025 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).