

การใช้สารยึดติดต่างชนิดในการยึดติดเรซินคอมโพสิตกับเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

อวิรุทธ์ กล้ายศิริ* ใหม่ สุภัทธ์** พงศภัค จิรอุไรพงศ์** กิตติญา ศรีบุญชวนพัทธ์**
ศุภย์ ศรีอัมพร*** นิยม ขำรงค์อนันต์สกุล**** นันทวรรณ กระง่างคา*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินคอมโพสิตและเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยใช้สารยึดติดชนิดต่าง ๆ เตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในแบบหล่อพลาสติกชนิดรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้น ตัดแบ่ง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น โดยกลุ่ม 1 ทาสารยึดติดคอปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล กลุ่ม 2 ทำการกัดผิวกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยกรดฟอสฟอริก แล้วทาสารยึดติดคอปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล กลุ่ม 3 ทาสารยึดติดคอปติบอนด์เอฟแอล กลุ่ม 4 ทาสารยึดติดคอปติบอนด์เอส และกลุ่ม 5 ทาสารยึดติดคอปติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์ นำท่อพลาสติกทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และสูง 2 มิลลิเมตร วางบนเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ใส่เรซินคอมโพสิตลงในท่อพลาสติก ฉายแสง 40 วินาที นำชิ้นตัวอย่างแช่ในน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบแรงกดประเภทที่ความเร็วหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที แล้วนำชิ้นตัวอย่างที่เกิดการแตกหักไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอเพื่อตรวจสอบรูปแบบการแตกหัก ค่ากำลังแรงยึดเหนื่อนนำมาทดสอบทางสถิติด้วยการทดสอบแบบครัสคาล-วัลลิส พบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยกลุ่มที่ 1 2 3 4 และ 5 คือ 29.67 29.82 31.30 33.00 และ 28.01 เมกะพาสคาลตามลำดับ พบว่าทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยพบรูปแบบของการแตกหักในทุกกลุ่มเป็นแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 100 จึงสรุปได้ว่า การใช้สารยึดติดประเภทต่าง ๆ ให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แตกต่างกันในการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

คำใบ้รหัส: สารยึดติด/เรซินคอมโพสิต/เรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

Received: April 07, 2020

Revised: March 06, 2021

Accepted: March 15, 2021

บทนำ

ปัจจุบันเรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุบูรณะฟันที่นิยมใช้ในงานทันตกรรมเพื่อความสวยงามกันอย่างแพร่หลาย สามารถใช้บูรณะได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง จากการลดการใช้งานอะมัลกัมตามอนุสัญญามินามาตะ ทำให้เรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุทางเลือกที่ใช้บูรณะฟันทดแทนการใช้อะมัลกัม จึงทำให้เรซินคอมโพสิตมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้งานยังมีข้อจำกัดบางประการจากตัววัสดุ เช่น การหดตัวจากการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization shrinkage) ทำให้เกิดการรั่วซึมระดับไมครอน (Microleakage) ตามขอบเรซินคอมโพสิตกับฟัน¹ วัสดุไม่มีสมบัติต่อต้านการเกิดฟันผุ (Anticariogenicity) เป็นต้น ในปี ค.ศ. 1985 McLean และคณะได้พัฒนาเทคนิคการบูรณะฟันแบบแซนด์วิช (Sandwich technique) โดยใช้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุรองฟันก่อนบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต² ด้วยข้อดีของเรซินคอมโพสิตที่

สามารถเกิดการยึดติดกับเคลือบฟันที่ผ่านการใช้กรดฟอสฟอริกกัดได้³ ร่วมกับข้อดีของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่สามารถเกิดการยึดติดด้วยพันธะเคมีกับโครงสร้างฟันและสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้⁴ ดังนั้นการบูรณะแบบแซนด์วิชจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้การบูรณะฟันประสบผลสำเร็จ ซึ่งสามารถลดความเค้นจากการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินคอมโพสิต (Polymerization shrinkage stress) จึงทำให้เกิดการรั่วซึมระดับไมครอนน้อยลง^{5,6}

กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังมีปัญหาบางประการเกี่ยวกับสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกล จึงได้มีการพัฒนาเกิดเป็นเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Resin-modified glass-ionomer cement, RMGIC) ขึ้นมา โดยการผสมเรซินลงไปในกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ทำให้มีสมบัติเชิงกายภาพและเชิงกลที่ดีขึ้น^{7,8} เช่น มีการละลายในน้ำและความ

* สาขาทันตกรรมทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

** นักศึกษาทันตแพทยศาสตร์ ชั้นปีที่ 6 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

*** วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

**** สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ

ไวต่อน้ำลดลง เป็นต้น โดยการศึกษาของ Dijken และคณะ Rusz และคณะ กับ Pamir และคณะ พบว่าการใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์บูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิตให้ผลความสำเร็จที่ดีกว่าการใช้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมบูรณะร่วมกับเรซินคอมโพสิต⁹⁻¹¹ นอกจากนี้การศึกษาของ Rusz และคณะ ยังพบว่าการใช้กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) กัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ก่อนการยึดด้วยเรซินคอมโพสิตจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าการไม่ใช้กรดฟอสฟอริกกัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เนื่องจากการใช้กรดกัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะสามารถทำให้ผิวชั้นบนสุดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เกิดความไม่สมบูรณ์ได้ จึงมีค่าการยึดติดที่ต่ำลง⁹ แต่การศึกษาของ Tate และคณะ กลับพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ใช้กรดฟอสฟอริกกัดผิวกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับกลุ่มที่ไม่ใช้กรดกัดผิวกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ก่อนการยึดด้วยเรซินคอมโพสิต¹² นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยสารยึดติดระบบต่าง ๆ Arora และคณะ รายงานว่าการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etch) แบบขั้นตอนเดียวให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวด้วยสารยึดติดระบบเอทช์แอนดรีนส์ (Etch and rinse) แบบสองขั้นตอน เนื่องจากความเป็นกรดที่เหมาะสมและความหนืดที่ต่ำในสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์แบบขั้นตอนเดียว สามารถละลายผิวชั้นบนสุดของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้ จึงเกิดการยึดติดที่ดี¹³ แต่ Pamir และคณะ กลับพบว่าการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์แบบขั้นตอนเดียวและระบบเอทช์แอนดรีนส์แบบสองขั้นตอนให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แตกต่างกัน¹¹

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (Universal adhesive) ที่สามารถใช้งานได้แบบขั้นตอนเดียว โดยใช้สารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ทำงาน (Functional monomer) ลงในสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล เพื่อหวังผลให้เกิดการยึดติดทั้งแบบเชิงกลระดับจุลภาคและการยึดติดทางเคมี¹⁴ เช่น สารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (Optibond Universal, Kerr Corporation, California, USA) เป็นต้น เนื่องจากยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลกับเรซินคอมโพสิตเป็นจำนวนน้อย และการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยสารยึดติด

ระบบต่าง ๆ ยังมีความแตกต่างกันไม่ชัดเจน จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ โดยวัตถุประสงค์งานวิจัยคือ ศึกษาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ กับเรซินคอมโพสิต โดยสมมติฐานงานวิจัยคือ ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ กับเรซินคอมโพสิตมีค่าไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เข้าข่ายได้รับการขออนุญาตจริยธรรมการทดลองในมนุษย์

เรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ฟูจิฟลูออโรรูปแบบแคปซูลสี่เหลี่ยม (RMGIC, Fuji II LC, capsule, shade A3, CG Corporation, Tokyo, Japan) และสารยึดติดผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา (ตารางที่ 1)

เตรียมชิ้นงานเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร จำนวน 50 ชิ้น แบ่งชิ้นงานแบบสุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น เตรียมชิ้นงานจากแบบพลาสติกเรซินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร จากนั้นทำการฉีดเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ฟูจิฟลูออโรรูปแบบแคปซูลที่ผสมด้วยเครื่องปั่นอัตโนมัติ (Auto mixing) ลงในแม่แบบพลาสติกเรซิน จากนั้นใช้เครื่องมือพายพลาสติก (Plastic spatula) แต่งผิวกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้เรียบ ฉายแสง 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวด้วยเครื่องฉายแสง (Elipar Freelight 2 LED curing light, 3M ESPE, Minnesota, USA) ที่ความเข้มแสง 1000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร จากนั้นทำการเตรียมผิวที่แตกต่างกันของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 (OBU) ทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล โดยใช้พู่กันไมโครบรัชขนาดเล็ก (Applicator Tips, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ชุบสารยึดติดแล้วทาที่ผิวหน้าของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ทั่ว แล้วใช้พู่กันไมโครบรัชด้ามใหม่ซับสารยึดติดส่วนเกินออก จากนั้นใช้ลมจากทริปปิเปิลไซริงจี้ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าเพื่อกำจัดตัวทำละลายให้ระเหยออก ฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวของสารยึดติด

กลุ่มที่ 2 (P+OBU) ทำการกัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 แล้วล้างออกด้วยน้ำ เป่าให้แห้ง จากนั้นทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล โดยมีวิธีการทาเหมือนกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 3 (P+OFL) ทำการกัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 แล้วล้างออกด้วยน้ำ เป่าให้แห้ง จากนั้นทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์เอฟแอล (Optibond FL, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) โดยใช้พุทกันไมโครบรัชขนาดเล็กลบสารไพรเมอร์ทาที่ผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ทั่ว จากนั้นใช้ลมจากทริปปิเลไชรินจ์ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าเพื่อกำจัดตัวทำละลายให้ระเหยออก แล้วใช้

พุทกันไมโครบรัชทาสารยึดติดบนผิวหน้าของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ แล้วใช้พุทกันไมโครบรัชดำใหม่ซ้ำสารยึดติดส่วนเกินออก ใช้ลมจากทริปปิเลไชรินจ์เป่า แล้วฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวของสารยึดติด

กลุ่มที่ 4 (P+OBS) ทำการกัดผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 แล้วล้างออกด้วยน้ำ เป่าให้แห้ง จากนั้นทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์เอส (Optibond S, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) โดยมีวิธีการทาเหมือนกลุ่มที่ 1

กลุ่ม 5 (XTR) ทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออปติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์ (Optibond XTR, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) โดยมีวิธีการทาสารไพรเมอร์และสารยึดติดเหมือนกลุ่มที่ 3

ตารางที่ 1 เรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Table 1 Resin-modified glass-ionomer cement and adhesives used in the study

Material	Composition
Fuji II LC capsule, shade A3 (GC Corporation, Tokyo, Japan) Lot: 1903191	Powder: Fluoroaluminosilicate glass Liquid: Water, polyacrylic acid, HEMA, UDMA, and camphorquinone
Universal adhesive: Optibond universal (Kerr Corporation, California, USA) Lot: 6920782	GPDM, GDM, HEMA, dimethacrylate, acetone, ethanol
3 step etch and rinse: Optibond FL (Kerr Corporation, California, USA) Primer Lot: 7110370 Adhesive Lot: 7100854	Primer: Ethyl alcohol, Alkyl dimethacrylate resins, water Adhesive: HEMA, Ytterbium trifluoride, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate, 2-hydroxy-1,3-propanediyl bismethacrylate, Alkali fluorosilicates
2 step etch and rinse: Optibond S (Kerr Corporation, California, USA) Lot: 6747492	Primer-adhesive: Ethyl alcohol, Alkyl dimethacrylate resins, Barium aluminoborosilicate glass, Fumed silica, Sodium hexafluorosilicate
2 step self-etch: Optibond XTR (Kerr Corporation, California, USA) Primer Lot: 7092369 Adhesive Lot: 7079804	Primer: GPDM, HEMA, water, acetone, Ethyl alcohol Adhesive: Ethyl alcohol, Alkyl dimethacrylate resins, Barium aluminoborosilicate glass, Fumed silica, Sodium hexafluorosilicate

Abbreviations: HEMA, 2-hydroxyethyl methacrylate; UDMA, urethane dimethacrylate; GPDM, glycerol phosphate dimethacrylate; GDM, 1,3-glycerol dimethacrylate.

จากนั้นนำท่อพลาสติกทรงกระบอกอัตราเค้นท์ (Ultradent product, Inc, South Jordan, United States) ที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร วางลงบนผิวหน้าเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยวิธีการต่าง ๆ นำเรซินคอมโพสิตสีเอสี่เนื้อฟัน (Harmonize A4 dentin shade, Kerr Corporation, California, USA) ใส่ในรูท่อพลาสติก ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว โดยให้ปลายท่อนำแสงตั้งฉากและแนบชิดกับผิวหน้าของท่อพลาสติก จากนั้นแกะท่อพลาสติกออกแล้วฉายแสงซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 40 วินาที

เพื่อให้เกิดการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ ได้ชิ้นงานตัวอย่าง (รูปที่ 1) นำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Incubator; Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., Korokoro, Lower Hutt, New Zealand)

นำชิ้นงานยึดเข้ากับอุปกรณ์เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยว โดยให้แนวระนาบของปลายมีดที่จะใช้ทดสอบแรงเฉือน (Shearing blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และให้ปลายมีดที่ใช้ทดสอบแรงเฉือนแตะกับชิ้นทดสอบ (รูปที่ 2)

จากนั้นทำการทดสอบวัดกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินคอมโพสิตกับและเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ชนิดระบบไฮดรอลิก (Universal testing machine; EZ-S 50 0 N, Shimadzu corporation, Kyoto, Japan) ที่ความเร็วของหัวกด (Crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที คำนวณค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเมกะพาสกาล

ศึกษารูปแบบความล้มเหลวภายหลังการแตกหักโดยนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (ML9300 Trinocular Polarizing Microscope, Meiji Techno Co. Ltd., Saitama, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบความล้มเหลว (Mode of failure) สามารถแบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การยึดไม่อยู่ (Adhesive failure) เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของเรซินคอมโพสิตและเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จะไม่พบเรซินคอมโพสิตหลงเหลืออยู่และไม่พบการแตกของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

2. การเชื่อมแน่นล้มเหลว (Cohesive failure) เกิดความล้มเหลวในเนื้อเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ จะพบเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่แตกออกอยู่ทั้งหมด

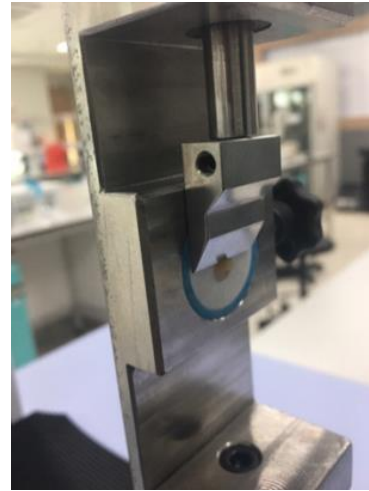
3. การล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) เกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่และการเชื่อมแน่นล้มเหลวผสมกัน

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบแบบครัสคาล-วัลลิส ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 1 ชิ้นงานตัวอย่างแท่งเรซินคอมโพสิตยึดติดกับเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

Figure 1 The specimen; resin composite rod was bonded to resin-modified glass-ionomer cement



รูปที่ 2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเพื่อวัดกำลังแรงยึดเหนี่ยว

Figure 2 The specimen was prepared to shear bond strength test

ผล

การวิจัยนี้ไม่พบการแตกหักของชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Prematurely failed specimen) ในทุกกลุ่มการทดลอง

กำลังแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 2) โดยพบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของทั้ง 5 กลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่นัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การศึกษารูปแบบความล้มเหลวภายหลังการแตกหัก (ตารางที่ 2) โดยพบว่าในทุกกลุ่มการทดลองพบรูปแบบการแตกหักแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ร้อยละ 100

ตารางที่ 2 ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะพาสกาล) และร้อยละรูปแบบความล้มเหลว

Table 2 Mean bond strength, standard deviation (Megapascal) and percentage of failure mode

Group	Mean bond strength (SD)	Adhesive	Mode of failure	
			Mixed	Cohesive
1. OBU	29.67 (1.35) ^a	0	0	100
2. P+OBU	29.82 (2.64) ^a	0	0	100
3. P+OFL	31.30 (2.11) ^a	0	0	100
4. P+OBS	33.00 (1.27) ^a	0	0	100
5. XTR	28.01 (2.41) ^a	0	0	100

The value with the same identical letters indicates no statistically significant difference

บทวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ กับเรซินคอมโพสิตมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มการทดลอง ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้

การบูรณะฟันด้วยวิธีแซนด์วิชสามารถทำได้โดยใช้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุรองพื้นก่อนบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต ซึ่งมีการแนะนำให้ใช้การบูรณะฟันวิธีนี้ในบริเวณที่เสี่ยงต่อการเกิดการรั่วซึมระดับไมครอน เช่น การบูรณะฟันโพรงฟันแบบที่ 5 (Class V) บริเวณใกล้ขอบเหงือก ซึ่งในบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ควบคุมการทำงานจากความชื้นได้ยาก ทำให้เกิดการผิวน้ำที่เนื้อฟันเพื่อให้เกิดการยึดติดของเรซินคอมโพสิตเป็นไปได้ไม่ดีเท่าที่ควร¹⁵ ในกรณีที่โพรงฟันมีขนาดเล็กและใกล้ขอบเหงือกเสี่ยงต่อการรั่วซึมระดับไมครอนเมื่อทำการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตทั้งโพรงฟัน การบูรณะฟันด้วยวิธีแซนด์วิชเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการบูรณะฟันที่ใช้วัสดุบูรณะมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป โดยสามารถใช้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุบูรณะใกล้บริเวณขอบเหงือกให้สัมผัสต่อสภาพแวดล้อมในช่องปากได้เนื่องจากกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีความสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ จึงทำให้ป้องกันการเกิดฟันผุซ้ำ (Secondary caries) อันเนื่องมาจากการรั่วซึมระดับไมครอนได้¹¹

มีรายงานการศึกษามากมายเกี่ยวกับกำลังแรงยึดระหว่างกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิต พบว่าค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิตมีค่าสูงกว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมยึดติดกับเรซินคอมโพสิต^{9-11, 16-18} ซึ่งเกิดจากเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีส่วนประกอบของไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลทหรืออีมาที่เกิดพอลิเมอร์แบบไม่สมบูรณ์ ทำให้สารยึดติดเกิดการไหลแผ่ (Wettability) ไปบนผิวของเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้ดีขึ้น นอกจากนี้เมทาคริเลทที่เกิดพอลิเมอร์แบบไม่สมบูรณ์ยังสามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับสารยึดติดได้อีกด้วย^{11, 16, 18} จึงทำให้เรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยึดติดกับเรซินคอมโพสิตได้ดีกว่ากลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

จากการศึกษากลับนี้พบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ ได้แก่ เอพท์แอนดรีนส์แบบ 3 ชั้นตอน (P+OFL) เอพท์แอนดรีนส์แบบ 2 ชั้นตอน (P+OBS, P+OBU) เซลฟ์เอพท์แบบ 2 ชั้นตอน (XTR) และเซลฟ์เอพท์แบบชั้นตอนเดียว (OBU) กับเรซินคอมโพสิตมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง และพบรูปแบบการแตกหักเป็นแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในทุกกลุ่มการทดลองร้อยละ 100 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pamir และคณะ¹¹ กับ Subrata และคณะ¹⁹ พบว่ารูปแบบของการแตกหักของกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เมื่อยึดติดกับเรซินคอมโพสิต จะพบแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวในเนื้อวัสดุกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มากที่สุด โดยค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่วัดได้ไม่สามารถบ่งบอกค่ากำลังแรงยึดติดที่แท้จริงระหว่างเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิตได้ ซึ่งค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ได้สามารถบ่งบอกได้ว่า การยึดติดบริเวณรอยต่อ (Interphase) ระหว่างเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิต มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์²⁰ ดังนั้นค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ จึงเป็นค่ากำลังแรงยึดภายในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เท่านั้น เนื่องจากเกิดรูปแบบการแตกหักแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งหมดจากเหตุผลข้างต้นนี้จึงทำให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ กับเรซินคอมโพสิตมีค่าไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง

มีรายงานการศึกษามากมายเกี่ยวกับการที่กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เกิดรูปแบบการแตกหักแบบเชื่อมแน่นล้มเหลว อาจมาจากช่องว่างเล็กขนาดเล็ก (Void) ในเนื้อของวัสดุเอง ซึ่งเกิดมาจากการผสมระหว่างส่วนผงและส่วนเหลวของวัสดุ²¹⁻²⁵ โดยการศึกษาของ Jorgensen และคณะ กับ Mitchell และคณะ พบว่าการผสมกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบใช้มือผสม (Hand mixing) จะทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายในเนื้อวัสดุที่มากกว่าการผสมแบบใช้เครื่องปั่นอัดโนมิต²¹⁻²³ แต่ในทางตรงกันข้าม Nomoto และคณะ กับ Kaushik และคณะ พบว่าการผสมกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบใช้เครื่องปั่น

อัดโนมิตีทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กภายในเนื้อวัสดุที่มากกว่าการผสมแบบใช้มือผสม โดยเป็นผลมาจากความเร็วในการผสม^{24,25} พบว่าการผสมกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แบบใช้เครื่องปั่นอัดโนมิตีมีความเร็วในการผสมที่สูงกว่าแบบผสมมือ โดยความเร็วที่เกิดจากการผสมวัสดุจะทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กในเนื้อของวัสดุได้²⁵ จะเห็นได้ว่า การผสมกลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งแบบใช้เครื่องปั่นอัดโนมิตีและแบบผสมมือ ก่อให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กในเนื้อของวัสดุได้ อาจส่งผลให้กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีความแข็งแรงในเนื้อของวัสดุที่ต่ำลงได้ จึงมีผลทำให้เกิดรูปแบบการแตกหักเป็นแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวภายในเนื้อของวัสดุได้

ข้อผิดพลาดในงานวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งคือ ไม่ได้ถ่ายภาพการเชื่อมแน่นล้มเหลวเก็บไว้ แต่ในการตรวจสอบความล้มเหลวของการศึกษานี้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ เนื่องจากมีผู้ตรวจสอบภาพความล้มเหลวอย่างน้อยสองคน โดยผู้อ่านผลการทดสอบทั้งสอง จะได้รับการฝึกอ่านจนมีความเที่ยงตรงในการอ่านและปรับมาตรฐานการให้ผลใกล้เคียงกันทั้ง 2 คน และหากมีการศึกษาในลักษณะแบบนี้ อีกในอนาคต การใช้ภาพถ่ายความล้มเหลวจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) จะให้ความถูกต้องและละเอียดมากขึ้นกว่ากล้องสเตอริโอไมโครสโคป

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ มีข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถจำลองให้เหมือนการทำงานในช่องปากได้อย่างแท้จริง จึงเป็นการยากที่จะประเมินประเด็นในครั้งนี้ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงเป็นแค่ส่วนหนึ่งที่ใช้ประกอบการพิจารณา ร่วมกับการศึกษาทางคลินิก โดยอาจมีการศึกษาต่อไปในอนาคตที่ทำในฟันและจำลองสภาพแวดล้อมให้ใกล้เคียงกับสภาพในช่องปาก เพื่อให้ได้ข้อมูลการวิจัยในเชิงลึกมากขึ้น

บทสรุป

ด้วยข้อจำกัดต่าง ๆ และผลจากการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการปรับสภาพผิวเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยสารยึดติดระบบต่าง ๆ กับเรซินคอมโพสิตมีค่าไม่แตกต่างกัน และพบรูปแบบการแตกหักทั้งหมดเป็นแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินมอดิฟายด์กลาสส์ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องให้ความช่วยเหลือ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Ensaff H, O'Doherty DM, Jacobsen PH. Polymerization shrinkage of dental composite resins. *Proc Inst Mech Eng H* 2001;215(4):367-75.
2. McLean JW, Prosser HJ, Wilson AD. The use of glass ionomer cements in bonding composite resins to dentin. *Br Dent J* 1985;158(11):410-4.
3. Erickson RL, Barkmeier WW, Latta MA. The role of etching in bonding to enamel: a comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dent Mater* 2009;25(11):1459-67.
4. McLean JW, Wilson AD. Glass ionomer cements. *Br Dent J* 2004;196(9):514-5.
5. Loguercio AD, Alessandra R, Mazzocco KC, Dias AL, Busato AL, Singer Jda M et al. Microleakage in class II composite resin restoration: total bonding and open sandwich technique. *J Adhes Dent* 2002;4(2):137-44.
6. Andersson-Wenckert IE, van Dijken JW, Horstedt P. Modified class II open sandwich restoration: evaluation of interfacial adaptation and influence of different restorative techniques. *Eur J Oral Sci* 2002;110(3):270-5.
7. Mathis RS, Ferracane JL. Properties of glass ionomer/ resin-composite hybrid material. *Dent Mater* 1989;5(5):355-8.
8. Sidhu SK, Watson TF. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent* 1995;8(1):59-67.
9. Rusz JE, Antonucci JM, Eichmiller F, Anderson MH. Adhesive properties of modified glass-ionomer cements. *Dent Mater* 1992;8(1):31-6.
10. van Dijken JW, Kieri C, Carlen M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. *J Dent Res* 1999;78(7):1319-25.

11. Pamir T, Sen BH, Evcin O. Effects of etching and adhesive applications on the bond strength between composite resin and glass-ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2012;20(6):636-42.
12. Tate WH, Friedl KH, Powers JM. Bond strength of composite to hybrid ionomers. *Oper Dent* 1996;21(4):147-52.
13. Arora V, Kundabala M, Parolia A, Thomas MS, Pai V. Comparison of the shear bond strength of RMGIC to a resin composite using different adhesive systems: An *in vitro* study. *J Conserv Dent* 2010;13(2):80-3.
14. Cuevas-Suárez CE, da Rosa WLO, Lund RG, da Silva AF, Piva E. Bonding performance of universal adhesives: an updated systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent* 2019;21(1):7-26.
15. Tay FR, Pang KM, Gwinnett AJ, Wei SH. A method for microleakage evaluation along the dentin/restorative interface. *Am J Dent* 1995;8(2):105-8.
16. Kerby RE, Knobloch L. The relative micro-shear bond strength of visible light-curing and chemically curing glass-ionomer cement to composite resin. *Quintessence Int* 1992;23(9):641-4.
17. Farah CS, Orton VG, Collard SM. Shear bond strength of chemical and light-cured glass ionomer cements bonded to resin composites. *Aust Dent J* 1998;43(2): 81-6.
18. Chandak MG, Pattanaik N, Das A. Comparative study to evaluate shear bond strength of RMGIC to composite resin using different adhesive systems. *Contemp Clin Dent* 2012;3(3):252-5.
19. Subrata G, Davidson CL. The effect of various surface treatments on the shear strength between composite resin and glass-ionomer cement. *J Dent* 1989;17(1):28-32.
20. Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strengths of glass ionomer (polyalkenoate) cements to dentine using four conditioners. *J Dent* 2000;28(5):361-6.
21. Jorgensen KD, Iwaku M, Wakumoto S. Vacuum-mixing of silicate cement. *Acta Odontol Scand* 1969;27(5):453-65.
22. Mitchell CA, Douglas WH. Comparison of the porosity of hand-mixed and capsulated glass-ionomer luting cements. *Biomaterials* 1997;18(16):1127-31.
23. Mitchell CA, Douglas WH, Cheng YS. Fracture toughness of conventional, resin-modified glass-ionomer and composite luting cements. *Dent Mater* 1999;15(1):7-13.
24. Nomoto R, McCabe JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *J Dent* 2001;29(3):205-10.
25. Kaushik M, Sharma R, Reddy P, Pathak P, Udameshi P, Jayabal NV. Comparative evaluation of voids present in conventional and capsulated glass ionomer cements using two different conditioners: an *in vitro* study. *Int J Biomater* 2014;2014:935240.

ผู้รับผิดชอบบทความ

อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ

สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 02 986 9051

โทรสาร 02 986 9205

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: Dentton@hotmail.com

The Use of Different Adhesives in Bonding Resin Composite to Resin-Modified Glass-Ionomer Cement

Klaisiri A* Suphat M** Jiraupong P** Sribanchatanapat K** Sriamporn T*** Thamrongananskul N**** Krajangta N*

Abstract

The aim of this study was to evaluate shear bond strength between resin composite and resin-modified glass-ionomer cement using different adhesives. Fifty cylindrical resin-modified glass-ionomer cement were prepared in dental stone mold and randomly divided in to 5 groups ($n=10$ for each group). Group 1 Optibond Universal, group 2 37% phosphoric acid and Optibond Universal, group 3 Optibond FL, group 4 Optibond S and group 5 Optibond XTR. A small plastic cylindrical tube (2 mm in diameter and 2 mm in height) was placed over resin-modified glass-ionomer cement, filled with resin composite and then light cured 40 seconds. All specimens were stored in distilled water for 24 hours. The shear bond strength test was performed using universal testing machine at a cross head speed of 0.5 mm/minute. The interface of fracture specimens was observed under stereo microscope to confirm mode of failure. Shear bond strength test results were statistically calculated by Kruskal-Wallis test. Mean shear bond strength for group 1, 2, 3, 4 and 5 were 29.67, 29.82, 31.30, 33.00 and 28.01 MPa respectively. There was no statistically different in shear bond strength between any groups ($p>0.05$). Mode of failure of all specimens were cohesive failure. In conclusion, all adhesive systems give no different in shear bond strength between resin composite and resin-modified glass-ionomer cement.

Keywords: Adhesive/ Resin composite/ Resin-modified glass-ionomer cement

Corresponding Author

Awiruth Klaisiri

Division of Operative Dentistry,

Faculty of Dentistry, Thammasat University.

Amphur Klong Luang, Pathumthani.

Tel.: +66 2 986 9051

Fax.: +66 2 986 9205

Email: Dentton@hotmail.com

* Division of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University. Amphur Klong Luang, Pathumthani.

** 6th Year Dental Student, Faculty of Dentistry, Thammasat University. Amphur Klong Luang, Pathumthani.

*** College of Dental Medicine, Rangsit University, Amphur Muang, Pathumthani.

**** Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok.