

ความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตด้วยสารยึดติดที่แตกต่างกัน

Microtensile Bond Strength of Resin Composite Repaired with different Bonding Agents

อนรรชนี อนุสรราชกิจ¹, สุชาติ วงศ์ขันตี² และรัชฎา ฉายจิต³

¹สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์ 083-3475771 e-mail anuratchanee@kkumail.com

²สาขาวิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทรศัพท์ 043-202405

³สาขาวิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทรศัพท์ 043-202405

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแข็งแรงยึดติดในการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตโดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้อายัดติดชนิดต่างๆเตรียมชั้นทดสอบเรซินคอมโพสิตทรงกระบอก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร) จำนวน 100 ชิ้น แบ่งออกเป็นสองกลุ่มเท่า ๆ กัน ได้แก่ กลุ่มที่นำไปซ่อมแซมทันทีและกลุ่มที่จำลองอายุการใช้งาน โดยใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นจังหวะ จำนวน 5,000 รอบ มีการเตรียมพื้นผิวด้วยซีเมนต์กรอกากเพชรก่อนนำไปซ่อมแซม แล้วแบ่งทั้งสองกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่มย่อยตามชนิดของสารยึดติด ได้แก่ 1) สก็อตซ์บอนด์มัลติเพอโพส 2) ซิงเกิลบอนด์ทู 3) เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ 4) ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล และ 5) ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล แล้วอุดซ่อมแซมด้วย เรซินคอมโพสิต นำไปแช่ ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนตัดชิ้นงานจนเกิด ชั้นทดสอบรูปแท่ง หน้าตัดสี่เหลี่ยม โดยมีขนาดของพื้นที่หน้าตัด 1 x 1 มิลลิเมตร สูง 8 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดสอบความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยการทดสอบ ความแปรปรวนแบบทางเดียว โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติการทดสอบของบอนเฟอร์โรนี ที่ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารยึดติดในกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 5 ในการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตใหม่ ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคที่ไม่ต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ยกเว้นกลุ่มที่ 2 ให้ค่าที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในกลุ่มที่ผ่านการจำลองอายุการใช้งาน พบว่ากลุ่มยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ (4 และ 5) มีค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคมากกว่ากลุ่มที่ 1, 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กลุ่มที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด ($p < 0.05$) และพบว่า การจำลองอายุการใช้งานเรซินคอมโพสิตโดยวิธีนี้ ทำให้ความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่ม ($p < 0.05$) ผลการศึกษา การใช้สารยึดติดในการซ่อมแซม เรซินคอมโพสิตให้ผลความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคที่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของสารยึดติดและอายุของเรซินคอมโพสิต โดยในกลุ่มเรซินคอมโพสิตใหม่ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคในสารยึดติดชนิดต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่มซิงเกิลบอนด์ทูซึ่งให้ค่าน้อยกว่าทุกกลุ่ม ในกลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการจำลองการใช้งานมาแล้ว พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคลดลง ในทุกกลุ่มของสารยึดติด และการใช้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล และออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคมากกว่าการใช้สารยึดติดชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ : เรซินคอมโพสิต, การซ่อมแซม, สารยึดติดทางทันตกรรม, จำลองอายุการใช้งาน, แรงยึดติด

Abstract

The aim of this study was to evaluate microtensile bond strength (μ TBS) of a resin composite repaired with various types of adhesive. Materials and methods: 100 cylindrical resin composites with 4.5 mm diameter and 4 mm height were prepared and distributed into 2 groups; an immediate repair resin composite and an aging resin composite by thermocycling for 5,000 cycles (5-55°C) before testing. All cylindrical resin composites were ground with medium-coarse diamond burs to create flat surface and randomly divided into 5 subgroups for bonding with one of following adhesives: Scotchbond® Multipurpose (group 1), Single Bond® 2 (group 2), Clearfil SE Bond® (group 3), Single Bond Universal® (group 4) and All Bond Universal® (group 5). Adhesives were use according to manufacturer's instruction and then the new resin composite was placed onto the bonded area. All specimens were soaking in 37°C distilled water for 24 hours and trimmed to obtain a rectangular cylindrical specimen with 1 mm² bonded surface. The μ TBS were tested using a universal testing machine. Data was analyzed by one-way ANOVA and Bonferroni test at significant level of 95%. The result showed that the μ TBS of immediate repair group were not significant difference among group 1, 3, 4 and 5 except group 2 showed significantly lower bond strength than other groups ($p < 0.05$). For repairing on the aging resin composite, lower μ TBS than non-aging groups was observed for all groups of adhesives. Group 4 and 5 showed significantly higher μ TBS ($p < 0.05$) while group 1 showed significantly lower μ TBS ($p < 0.05$) than group 2 and 3. In conclusion, the aging condition of resin composite and types of adhesive affected repaired bond strength.

Keywords: resin composite, repair, dental adhesive, aging, bond strength

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้งานเรซินคอมโพสิตอย่างแพร่หลายในการบูรณะฟัน ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง ข้อดีของเรซินคอมโพสิตคือให้ความสวยงาม มีสีใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ สูญเสียเนื้อฟันน้อยกว่าอะมัลกัม แข็งแรงที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน รวมถึงสามารถซ่อมแซมได้เมื่อเกิดข้อบกพร่อง แต่อย่างไรก็ตามคุณสมบัติที่ไวต่อความชื้นของเรซินคอมโพสิตนั้น ก็ทำให้การอุดด้วยเรซินคอมโพสิตเกิดข้อบกพร่องได้ง่าย ซึ่งจะมีทางเลือกในการรักษาข้อบกพร่องคือ การขัดแต่ง (refurbish) ซ่อมแซมบางส่วน (repair) หรือ ทำการบูรณะใหม่ทั้งหมด (replacement)

การซ่อมแซมคือการกำจัดบางส่วนของวัสดุเดิมออกแล้วทำการบูรณะเพิ่มเติมขึ้นนั้น จะช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายต่อเนื้อฟันและโพรงประสาทฟัน ลดการสูญเสียเนื้อฟัน ลดค่าใช้จ่ายและใช้เวลาน้อยกว่าการบูรณะใหม่ทั้งหมด (Elderton 1990) มีหลายการศึกษาที่แนะนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการซ่อมแซมได้แก่การเตรียมพื้นผิวทางกล (mechanical surface treatment) เช่นการเป่าทราย (sandblast) การกรอผิววัสดุโดยใช้เข็มกรอกากเพชร (diamond bur) และการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีทางเคมี (chemical surface treatment) เช่น การใช้สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) การใช้สารยึดติด (dental adhesive) ซึ่งการใช้สารยึดติดจะเพิ่มแรงยึดระหว่างชั้นของเรซินคอมโพสิตได้ (Staxrud and Dahl 2011, Valente et al.

2016) มีศึกษาจำนวนมากที่พยายามหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการยึดอยู่ระหว่างเรซินคอมโพสิตเดิม และเรซินคอมโพสิตใหม่ แต่ในปัจจุบันก็ยังไม่มียูนิเวอร์ซัล (universal) เป็นมาตรฐาน

ระบบสารยึดติดได้มีการพัฒนาไปจากเดิมมาก ในอดีตจะเป็นแบบหลายขั้นตอน (multistep) เพื่อให้เกิดการยึดติดทางกลในระดับจุลภาค (micromechanical interlock) กับผิวฟันให้ได้มากที่สุด แต่ในปัจจุบันเป็นการพัฒนาเพื่อลดขั้นตอนการใช้งานซึ่งจะช่วยลดความไวต่อวิธีอุด (technique sensitive) สามารถทำงานได้เร็วขึ้น และเพิ่มการยึดติดทางเคมีกับผิวฟันได้ เช่น ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซัล (Single Bond Universal[®]) และอลบอนด์ยูนิเวอร์ซัล (All Bond Universal[®]) มีการเพิ่มสาร 10-เอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, MDP) เข้าไปในส่วนประกอบ นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถที่หลากหลาย โดยเลือกใช้งานได้ทั้งแบบเอชแอนด์รินส์ (etch and rinse) แบบเซลฟ์เอช (self-etch) สามารถยึดติดได้กับวัสดุได้หลายประเภท ทั้งฟัน เรซินคอมโพสิต โลหะ เซอร์โคเนีย สารยึดติดชนิดใหม่นี้ถูกเรียกว่ากลุ่มยูนิเวอร์ซัล (universal adhesive) อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่ทำการทดสอบแรงยึดติดระหว่างการใช้สารยึดติดชนิดต่างๆ ได้แก่ เมื่อใช้ชนิดเอทซ์แอนด์รินส์ ชนิดเซลฟ์เอทซ์ และชนิดยูนิเวอร์ซัลในการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ในขั้นตอนการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิล โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้สารยึดติดชนิดเอทซ์แอนด์รินส์ ชนิดเซลฟ์เอทซ์ และชนิดยูนิเวอร์ซัล

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุเรซินคอมโพสิตและสารยึดติดที่ใช้ ดังแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วัสดุและส่วนประกอบของเรซินคอมโพสิตและสารยึดติดชนิดต่างๆที่ใช้ในงานวิจัย

Materials / Manufacturers		Composition
Resin composite	Filtek Z350 XT (3M ESPE, Minnesota, USA)	Organic matrix: Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA 6, and small quantities of TEGDMA Inorganic particle: silica 20 nm in size and zirconium/silica particles 0.6 to 1.4 mm in size
	Adper Scotch bond multipurpose (3M ESPE, Minnesota, USA)	Primer: HEMA, polycarboxylic acid copolymer, water Adhesive: BIS-GMA, HEMA, photoinitiator
Dental adhesives	Single bond 2 (3M ESPE, Minnesota, USA)	Dimethacrylate resin, HEMA, Vitrebond™ Copolymer, filler, ethanol, water, initiators
	Clearfil SE Bond (Kuraray, Osaka, Japan)	Primer: 10-MDP, HEMA, hydrophilic dimethacrylate, dl-camphorquinone, N,N diethanol p-toluidine, water Adhesive: 10-MDP, BIS-GMA, HEMA, hydrophobic aliphatic demethacrylate, dl-camphorquinone, N,N diethanol p-toluidine
	Scotchbond Universal (3M ESPE, Minnesota, USA)	10-MDP, dimethacrylate resins, HEMA, polyacrylic acid copolymer, silane, filler, initiators, ethanol, water
	All-Bond Universal (Bisco, Illinois, USA)	10-MDP, BIS-GMA, HEMA, Initiators, ethanol, water

2.1 การเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

เตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตสี A1 จำนวน 100 ชิ้น เป็นรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร โดยใส่เรซินคอมโพสิตเข้าไปในแม่แบบพลาสติกใสทรงกระบอกปลายเปิดแล้ว ปิดทับปลายทั้งสองข้างด้วยแผ่นแก้วสไลด์ ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (Demi Plus, Kerr, USA) ความเข้มแสง 1,100 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร วางปลายท่อ นำแสงให้ติดกับแผ่นแก้ว ฉายแสง 20 วินาที ทั้งด้านบนและล่างของชิ้นงาน นำชิ้นงานออกจากแม่แบบ แล้วนำมาขัดพื้นผิวหน้าตัดด้วยแผ่นขัดซอพ-เลกซ์ (Sof-lex disc, 3M ESPE, Minnesota, USA) เป็นจำนวน 5 รอบต่อแผ่นขัดในแต่ละความละเอียด แล้วแบ่งกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่ม ออกเป็น 2 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 50 ชิ้น

2.2 การจำลองอายุของชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

นำชิ้นงานจากขั้นตอนที่แล้วจำนวน 50 ชิ้น มาแช่น้ำในเครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 5,000 รอบ โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิใช้เวลารอบละ 30 วินาที พัก 10 วินาที ชิ้นทดสอบกลุ่มนี้ถือเป็นเรซินคอมโพสิตเก่า (aged resin composite) สำหรับชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตที่เหลือ 50 ชิ้น ที่ไม่ได้ผ่านการจำลองอายุ ถือเป็นกลุ่มเรซินคอมโพสิตใหม่ (immediate repair)

2.3 การเตรียมพื้นผิว

นำชิ้นทดสอบเรซินคอมโพสิตทั้ง 2 กลุ่มข้างต้น จำนวน 100 ชิ้น มาทำการเตรียมพื้นผิวโดยใช้ ด้ามกรอความเร็วสูงร่วมกับเข็มกรอจากเพชรทรงกระบอกปลายตัดหมายเลข 837L (Jota, Rütli, Switzerland) ความหยาบปานกลาง ที่มีความยาว 7 มิลลิเมตร กรอพื้นผิว 4 รอบ ไปในทิศทางเดียวกัน ใช้เข็มกรอจากเพชร 1 ชิ้นต่อชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้นแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 20 วินาทีและ เป่าให้แห้งด้วยลมจากหัวฉีดลมและน้ำ (triple syringe)

2.4 การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิต

นำชิ้นงานที่ได้มาแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มละ 5 กลุ่มย่อย จะได้ 10 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 10 ชิ้น โดยแบ่งออกตามชนิดและวิธีการใช้สารยึดติดทั้ง 5 ชนิด นำชิ้นทดสอบไปใส่ในแม่แบบทรงกระบอกปลายเปิดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าเดิม แต่สูง 8 มิลลิเมตร แบ่งกลุ่มการทดลองตามการใช้สารยึดติดดังนี้

กลุ่ม 1 และกลุ่ม 6 : สก๊อตช์บอนด์มัลติเพอโพส

กลุ่ม 2 และกลุ่ม 7 : ซิงเกิลบอนด์ทู

กลุ่ม 3 และกลุ่ม 8 : เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์

กลุ่ม 4 และกลุ่ม 9 ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล

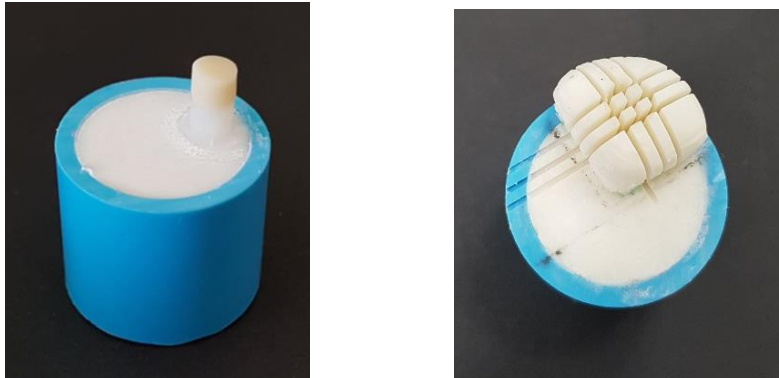
กลุ่ม 5 และกลุ่ม 10 ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล

ชิ้นงานที่ผ่านการทาสารยึดติดมาแล้วนั้น จะนำไปซ่อมแซมโดยการอุดด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดนาโนฟิลด์ สี A3 โดยอุดเป็นชั้นๆ ชั้นละ 2 มิลลิเมตร ฉายแสง 20 วินาที จนเต็มแม่แบบ นำชิ้นงานออกจากแม่แบบแล้วไปแช่น้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทดสอบ

2.5 การตัดชิ้นทดสอบ

ชิ้นงานมายึดกับท่อพีวีซี ที่มีขนาดหน้าตัด 18 มิลลิเมตร สูง 2 เซนติเมตร ที่บรรจุอะคริลิกจนเต็มท่อเพื่อใช้เป็นฐาน ตัดชิ้นงานไว้บนอะคริลิกโดยใช้กาวไซยาโนอะคริเลต แล้วใช้ท่อพลาสติกบางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร สูง 8 มิลลิเมตรวางครอบชิ้นงานแล้วเทอะคริลิกในท่อจนเต็ม ตัดท่อพลาสติกบางออกจากชิ้นงาน แล้วยึดฐานเข้ากับอุปกรณ์โลหะเพื่อเข้าเครื่องตัด (Mecatome T210, Presi, France) ตัดชิ้นงานด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาทีโดยใช้ใบเลื่อยหนา 0.55 มิลลิเมตร ในขั้นแรกจะตัดตามแนวขนานไปตามความยาวโดยให้แต่ละแถวมีความกว้างและยาวด้านละ 1 มิลลิเมตร (± 0.1 มิลลิเมตร) ดังภาพที่ 1 หลังจากนั้น

จะตัดบริเวณฐาน เพื่อนำชิ้นทดสอบออกจากฐานอะคริลิก โดย 1 ชิ้นงาน จะสามารถตัดแบ่งเป็นชิ้นทดสอบทรงแท่งสี่เหลี่ยมขนาดเล็กได้ 4 ชิ้นดังรูปที่ 1

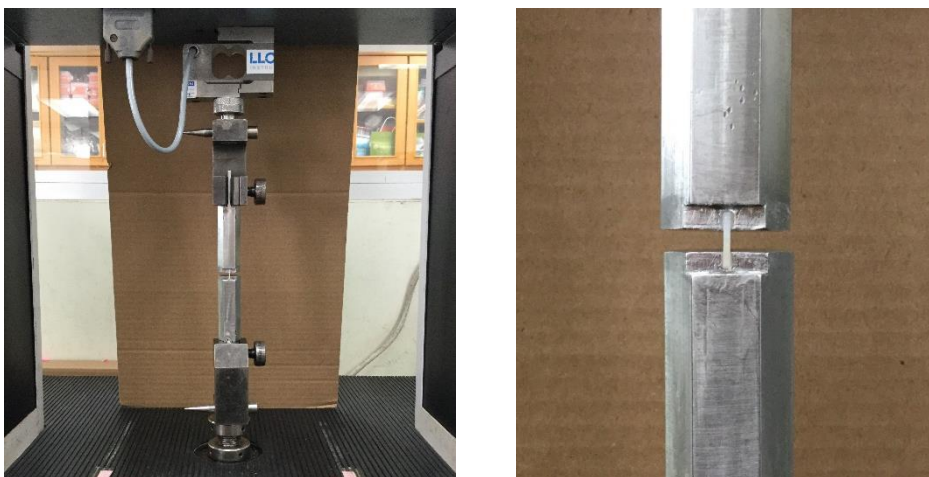


รูปที่ 1 การยึดชิ้นงานเข้ากับฐานท่อพีวีซีและการตัดชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นทดสอบทรงแท่งสี่เหลี่ยม

2.6 การทดสอบด้วยวิธีแรงดึงขนาดเล็ก

นำชิ้นทดสอบที่ได้ มาวัดความหนาด้วยเครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล แล้วนำมายึดเข้ากับแท่นโลหะที่เป็นอุปกรณ์ทดสอบความแข็งแรงยึดดึงด้วยกาวกาวไซยาโนอะคริเลต แล้วยึดอุปกรณ์ให้เข้ากับเครื่องทดสอบแรงดึง (universal testing machine: Instron 5566 series 5000, London, UK) ให้รอยต่อของชิ้นงานอยู่ขนานกับรอยต่อของอุปกรณ์ทดสอบ ดังรูปที่ 2 ทำการทดสอบแรงดึงด้วยน้ำหนัก 50 นิวตัน ที่ความเร็ว 1 มม./นาที จนชิ้นงานแตกหัก บันทึกแรงยึดเป็นหน่วยนิวตัน หาค่าแรงยึดเป็นหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) ดังสมการ

$$\text{ความแข็งแรงยึดดึงระดับจุดภาค (MPa)} = \frac{\text{ขนาดของแรงที่ทำให้เกิดการแยกแยะหลุด (N)}}{\text{ขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงาน (mm²)}}$$



รูปที่ 2 การยึดชิ้นทดสอบเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบความแข็งแรงยึดดึง

2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของสารยึดติดทั้ง 5 ชนิด โดยใช้สถิติการทดสอบของบอนเฟอโรนีย์ (Bonferroni test)

ใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระหว่างสองประชากร (independent sample T-test) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอายุของเรซินคอมโพสิต โดยการศึกษาที่กำหนดค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

วิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 21

3. ผลการศึกษา

ค่าความแข็งแรงยึดติดในการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิตที่มีอายุต่างกัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการใส่สารยึดติดทั้ง 5 ชนิด ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Adhesives	Age of resin composite	
	Immediate repair	Aging composite
1) Scotchbond® Multipurpose	40.97 ± 4.31 ^{Aa}	22.66 ± 3.99 ^{Cb}
2) Single Bond® 2	34.53 ± 2.37 ^{Ba}	29.93 ± 4.34 ^{Bb}
3) Clearfil SE Bond®	43.64 ± 4.79 ^{Aa}	28.48 ± 2.85 ^{Bb}
4) Single Bond Universal®	40.52 ± 4.32 ^{Aa}	35.75 ± 3.42 ^{Ab}
5) All Bond Universal®	41.66 ± 4.23 ^{Aa}	37.09 ± 4.41 ^{Ab}

The value with identical letters indicates no statistically significant difference

Uppercase letter showed significantly in a column

Lowercase letter showed significantly in a row

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าการใช้สารยึดติดที่แตกต่างกันมีผลต่อความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาค ในกลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ซ่อมแซมทันที เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคมากที่สุด คือ 43.64 ± 4.79 เมกาปาสคาล ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล 41.66 ± 4.23 เมกาปาสคาล สก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพล 40.97 ± 4.31 เมกาปาสคาล ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล 40.52 ± 4.32 เมกาปาสคาล ซึ่งให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่มากกว่ากลุ่มซิงเกิลบอนด์ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาค 34.53 ± 2.37 เมกาปาสคาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคในกลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ซ่อมแซมทันทีทั้ง 5 กลุ่ม

Group	1	2	3	4	5
1		0.10	1.000	1.000	1.000
2			<0.001	0.021	0.003
3				0.947	1.000
4					1.000
5					

สำหรับเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการจำลองอายุการใช้งานพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคลดลงในทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือสารยึดติดชนิดยูนิเวอร์แซล ได้แก่ ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล 37.09 ± 4.41 เมกาปาสกาล และซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล 35.75 ± 3.42 เมกาปาสกาล ซึ่งมากกว่ากลุ่มซิงเกิลบอนด์ทูและเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ ที่ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาค 29.93 ± 4.34 , 28.48 ± 2.85 เมกาปาสกาลตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มสก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพล 22.66 ± 3.99 เมกาปาสกาล ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคน้อยกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคในกลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการจำลองอายุการใช้งานทั้ง 5 กลุ่ม

Group	1	2	3	4	5
1		0.01	0.015	<0.001	<0.001
2			1.000	0.015	0.001
3				0.001	<0.001
4					1.000
5					

4. อภิปรายผล

ในการทดสอบแรงยึดของสารยึดติด โดยการหาค่ากำลังแรงเฉือนเป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากเตรียมขั้นตอนได้ง่ายกว่า แต่การศึกษานี้เลือกทดสอบด้วยความแข็งแรงยึดติดเนื่องจากทำให้เกิดการกระจายแรงอย่างสม่ำเสมอบนผิวของวัสดุ แสดงให้เห็นถึงค่าแรงยึดที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด (Braga et al. 2010) และการทดสอบในชิ้นงานขนาดเล็กก็ลดโอกาสเกิดจุดบกพร่องในเนื้อวัสดุ ซึ่งทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคที่ได้จากการศึกษานี้พบว่า มีค่าสูงกว่าที่พบในการศึกษาอื่น ๆ ที่มีการแนะนำว่าแรงยึดที่เหมาะสมระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและใหม่ควรจะมีค่าสูงกว่า 18 เมกาปาสกาลหรือควรมีค่าเท่ากับ 20-25 เมกาปาสกาล (Kupiec and Barkmeier 1996, Jafarzadeh Kashi, Erfan et al. 2011)

การทำให้เกิดความหยابบนพื้นผิว จะทำให้แรงยึดติดระหว่างวัสดุเพิ่มขึ้นได้ จากหลายการศึกษาพบว่าการใช้ผงอะลูมินัมออกไซด์จะให้กำลังยึดติดมากกว่าการใช้เซรามิก (da Costa, Serrano et al. 2012) อย่างไรก็ตามการใช้ผงอะลูมินัมออกไซด์ในขั้นตอนการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตในช่องปาก อาจเป็นอันตรายต่ออวัยวะปริทันต์และทางเดินหายใจของผู้ป่วยได้หากไม่ได้รับการป้องกันอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังพบว่าการซ่อมแซมโดยใช้เซรามิกออกเพอร์ก็เป็นที่ปฏิบัติที่นิยมในการซ่อมแซมมากที่สุด (Lynch, Hayashi et al. 2013, Brunton, Ghazali et al. 2017) ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ใช้เซรามิกออกเพอร์เพื่อเตรียมพื้นผิว

จากผลการศึกษาพบว่าชนิดของสารยึดติดและอายุของเรซินคอมโพสิตมีผลต่อค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคในขั้นตอนการซ่อมแซม ดังนั้นการใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็นจังหวะ จำนวน 5,000 รอบสามารถทำให้เกิดกระบวนการจำลองอายุได้จริง เป็นจำลองอายุของเรซินคอมโพสิตเป็นเวลา 6 เดือน (da Costa, 2012) ในกลุ่มของเรซินคอมโพสิตใหม่พบว่าสารยึดติด 4 ชนิดให้ค่าแรงยึดที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ได้แก่กลุ่มสก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพล, เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์, ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล และออลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ยกเว้นกลุ่มซิงเกิลบอนด์ทู ที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคน้อยกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากเรซินคอมโพสิตที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและได้รับการซ่อมแซมทันทีที่ยังมีอนุภาคอิสระ

(free radical) และมอนอเมอร์อิสระ (free monomer) ที่ยังหลงเหลือจากปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันซึ่งสามารถเขาทำปฏิกิริยากับสารยึดติดได้ทันที (Valente, Sarkis-Onofre et al. 2016)

เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารยึดติดชนิดเดียวกันพบว่าเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการจำลองอายุการใช้งานจะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่ลดลงในทุก ๆ กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มของออลบอนด์ยูนิเวอร์แซลและซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคมากกว่ากลุ่มซิงเกิลบอนด์ทูและเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ โดยที่กลุ่มสก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพลให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมานั้นจะเกิดปฏิกิริยาดูดความชื้น (hygroscopic) เข้าไปในโครงสร้างตาข่ายสามมิติ เกิดการบวมของพอลิเมอร์ (polymer swelling) ส่งผลให้พันธะระหว่างสายพอลิเมอร์เกิดการคลายตัว (relaxation) ทำให้มอนอเมอร์อิสระและสารตั้งต้นที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยาถูกชะล้างด้วยน้ำ เกิดการย่อยสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) (Ferracane 2006) ดังนั้นคุณสมบัติของสารยึดติดแต่ละชนิดจึงส่งผลโดยตรงต่อค่าความแข็งแรงยึด ในกลุ่มที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดสูงสุดเป็นกลุ่มยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ ได้แก่ ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซลและซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Cakir และคณะในปี ค.ศ. 2018 ที่พบว่าซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่มากกว่าซิงเกิลบอนด์ทู ซึ่งอาจเพราะการที่ออลบอนด์ยูนิเวอร์แซลและซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลมีส่วนประกอบของ 10-เอ็มดีพี เป็นมอนอเมอร์ทำงาน (functional monomer) สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนที่ให้แรงยึดเหนี่ยวสูงกับเซอร์โคเนีย ซึ่งเป็นส่วนประกอบของฟิลเลอร์ในเรซินคอมโพสิตนาโนฟิลล์ (Nagaoka, Yoshihara et al. 2017) ในขณะที่ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลมีส่วนประกอบของสารคู่ควบไซเลนในผลิตภัณฑ์ที่อ้างว่าทำให้การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเนื่องจากทำให้เกิดพันธะไซลอกเซนกับซิลิกาซึ่งเป็นส่วนประกอบของฟิลเลอร์ กลับพบว่าไม่ได้ช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดมากกว่าออลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแต่อย่างใด อาจเนื่องจากว่าสารคู่ควบไซเลนที่ผสมในซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลที่มีสภาพเป็นกรดอ่อน ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yao, Yu et al. 2018) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาของกลุ่มของสารยึดติดที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic adhesive) ได้แก่กลุ่มเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ ที่ให้ค่าแรงยึดต่ำกว่ากลุ่มยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ และสก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพล ที่ให้ค่าแรงยึดต่ำกว่าทุกกลุ่มนั้น อาจเป็นผลมาจากตัวทำละลายซึ่งให้ค่าแรงดันไอ (vapor pressure) ที่ต่างกัน โดยเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์และสก็อตช์บอนด์มัลติเพอโพลต่างก็มีน้ำเป็นตัวทำละลายเพียงชนิดเดียว ซึ่งมีแรงดันไต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีเอทานอลเป็นส่วนประกอบทำให้ระเหยได้ยากกว่าและส่งผลโดยตรงต่อแรงยึดเนื่องจากเกิดพอลิเมอร์ของสารยึดติดได้น้อยกว่า (Sofan, Sofan et al. 2017)

5. สรุป

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้สารยึดติดมีผลต่อความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคในขั้นตอนการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิต โดยพบว่า

1) ในการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทันทีหลังเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ทุกกลุ่มของสารยึดติดจะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ยกเว้นซิงเกิลบอนด์ทูที่ให้ค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

2) กลุ่มเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการจำลองอายุการใช้งาน พบว่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกลุ่มของสารยึดติด ($p < 0.05$) การใช้สารยึดติดออลบอนด์ยูนิเวอร์แซลและซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ซึ่งเป็นยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ จะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แตกต่างจากสารยึดติดชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6. เอกสารอ้างอิง

- Braga, R. R., J. B. C. Meira, L. C. C. Boaro and T. A. Xavier (2010). "Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods." *Dental Materials* 26(2): e38-e49.
- Brunton, P. A., A. Ghazali, Z. H. Tarif, C. Loch, C. Lynch, N. Wilson and I. R. Blum (2017). "Repair vs replacement of direct composite restorations: a survey of teaching and operative techniques in Oceania." *J Dent* 59: 62-67.
- da Costa, T. R., A. M. Serrano, A. P. Atman, A. D. Loguercio and A. Reis (2012). "Durability of composite repair using different surface treatments." *J Dent* 40(6): 513-521.
- Elderton, R. J. (1990). "Clinical studies concerning re-restoration of teeth." *Adv Dent Res* 4: 4-9.
- Ferracane, J. L. (2006). "Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks." *Dental Materials* 22(3): 211-222.
- Jafarzadeh Kashi, T. S., M. Erfan, V. Rakhshan, N. Aghabaigi and F. S. Tabatabaei (2011). "An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites." *Oper Dent* 36(6): 608-617.
- Kupiec, K. A. and W. W. Barkmeier (1996). "Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair." *Oper Dent* 21(2): 59-62.
- Lynch, C. D., M. Hayashi, L. L. Seow, I. R. Blum and N. H. Wilson (2013). "The management of defective resin composite restorations: current trends in dental school teaching in Japan." *Oper Dent* 38(5): 497-504.
- Nagaoka, N., K. Yoshihara, V. P. Feitosa, Y. Tamada, M. Irie, Y. Yoshida, B. Van Meerbeek and S. Hayakawa (2017). "Chemical interaction mechanism of 10-MDP with zirconia." *Scientific reports* 7: 45563-45563.
- Sofan, E., A. Sofan, G. Palaia, G. Tenore, U. Romeo and G. Migliau (2017). "Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type." *Annali di stomatologia* 8(1): 1-17.
- Staxrud, F. and J. E. Dahl (2011). "Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations." *Eur J Oral Sci* 119(4): 316-322.
- Valente, L. L., R. Sarkis-Onofre, A. P. Gonçalves, E. Fernández, B. Loomans and R. R. Moraes (2016). "Repair bond strength of dental composites: systematic review and meta-analysis." *International Journal of Adhesion and Adhesives* 69: 15-26.
- Yao, C., J. Yu, Y. Wang, C. Tang and C. Huang (2018). "Acidic pH weakens the bonding effectiveness of silane contained in universal adhesives." *Dental Materials* 34(5): 809-818.