

ผลของยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟและการทำเทอร์โมไซคลิง ต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของการซ่อมแซมวัสดุเรซินคอมโพสิต

Effect of Universal Adhesive and Thermocycling on Shear Bond Strength of Resin Composite Repair

วีรณัฐ ทองงาม¹, ศิริณาด ชีวะเกรียงไกร²

¹ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร

Weeranuch Thong-ngarm¹, Sirinart Cheewakriengkrai²

¹Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

²Faculty of Dentistry, Bangkokthongburi University

ชม. ทันตสาร 2562; 40(2) : 81-92

CM Dent J 2019; 40(2) : 81-92

Received: 10 July, 2018

Revised: 26 September, 2018

Accepted: 25 December, 2018

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ที่ทำกรซ่อมแซมด้วยยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟกับการใช้ระบบสารยึดติดแบบดั้งเดิมทั้งก่อนและหลังการทำเทอร์โมไซคลิง

วัสดุและวิธีการ: เตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทกแซด 350 เอกซ์ที รูปร่างทรงกระบอก จำนวน 90 ชิ้น นำไปทำเทอร์โมไซคลิงจำนวน 5,000 รอบ ยึดชิ้นงานด้วยเรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวได้เองลงในท่อพีวีซี และนำไปขัดผิวหน้าของเรซินคอมโพสิตด้วยกระดาษทรายความละเอียด 320 กริต เตรียมผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตทุกชิ้นด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 นาน 15 วินาที สุ่มแบ่งชิ้นงานเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น (n=15) กลุ่ม

Abstract

Objectives: To compare the effect of universal adhesive and conventional adhesive system on shear bond strength of resin composite repair before and after thermocycling.

Methods: Ninety resin composite (Filtek™ Z350 XT) rods were aged by 5,000 cycles of thermocycling and mounted with self-cured resin acrylic in PVC tubes. Resin composite surface was polished with 320-grit silicon carbide paper disc. Each resin composite surface was prepared with 37% phosphoric acid for 15 s. Specimens were randomly divided into 6 groups of 15 specimens

Corresponding Author:

วีรณัฐ ทองงาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Weeranuch Thong-ngarm

Assistant Professor; Department of Restorative Dentistry and
Periodontology, Faculty of Dentistry,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: weeranuch.th@cmu.ac.th

SM และกลุ่ม SM+T ทาสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลติ-เพอร์โพสพลัส กลุ่ม SiSM และกลุ่ม SiSM+T ทาไฮเลนรีไลย์เอกซ์ เซรามิกไพรเมอร์ และทาสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลติเพอร์โพสพลัส กลุ่ม SBU และกลุ่ม SBU+T ทาสารซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ ฉายแสงทุกชิ้นงาน 20 วินาที อุดเรซินคอมโพสิตบนผิวชิ้นงานที่เตรียมแล้ว ฉายแสง 40 วินาที แช่ชิ้นงานทั้งหมดในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานกลุ่ม SM, SiSM และ SBU ไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้เครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอนโดยไม่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง นำชิ้นงานกลุ่ม SM+T, SiSM+T และ SBU+T ไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังจากการทำเทอร์โมไซคลิง 5,000 รอบ นำค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและสถิติทดสอบที ตรวจสอบลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับ

ผลการทดลอง: ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิต 24 ชั่วโมง กลุ่ม SBU (113.62 ± 24.80 MPa) มีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม SM (63.92 ± 17.82 MPa) และกลุ่ม SiSM (85.82 ± 9.82 MPa) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังการทำเทอร์โมไซคลิงในกลุ่ม SM+T (36.41 ± 7.01 MPa) มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม SM กลุ่ม SiSM+T (63.01 ± 14.44 MPa) มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม SiSM และกลุ่ม SBU+T (84.48 ± 6.86 MPa) มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม SBU อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะความล้มเหลวทั้งหมดในกลุ่ม SM, SM+T, SiSM และ SiSM+T พบการยึดติดล้มเหลว กลุ่ม SBU ทั้งหมดพบความเชื่อมแน่นล้มเหลว และกลุ่ม SBU+T พบความล้มเหลวทั้งสองรูปแบบ

สรุปผล: เรซินคอมโพสิตที่ทำการซ่อมแซมโดยการใช้น้ำยาอุดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟมีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการยึดติดด้วยสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลติเพอร์โพสพลัส ทั้งในวิธีการที่ร่วมและไม่ร่วมกับการใช้ไฮเลน และค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมีค่าลดลงเมื่อผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง

each (n=15). SM group and SM+T group: apply Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Adhesive. SiSM group and SiSM+T group: apply silane (RelyX™ Ceramic Primer) and Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Adhesive. SBU group and SBU+T group: apply Single Bond Universal Adhesive. All specimens were light cured for 20 s. Resin composite were filled on prepared surfaces and light cured for 40 s. Specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hour. Specimens in SM, SiSM and SBU groups were loaded in a Universal Testing Machine for shear bond strength testing without thermocycling. Specimens in SM+T, SiSM+T and SBU+T groups were loaded after 5,000 thermocycles. Bond strength data was statistically analyzed by One-way ANOVA and T-test. Failure modes were examined by an inverted phase contrast microscope.

Results: After 24 hour of composite repair, SBU group (113.62 ± 24.80 MPa) showed the statically significant difference in the highest shear bond strength compared to SM group (63.92 ± 17.82 MPa) and SiSM group (85.82 ± 9.82 MPa). After thermocycling, SM+T group (36.41 ± 7.01 MPa) showed significant lower bond strength than SM group, SiSM+T group (63.01 ± 14.44 MPa) was lower than SiSM group, and SBU+T group (84.48 ± 6.86 MPa) was lower than SBU group. All specimens in SM, SM+T, SiSM and SiSM+T groups showed adhesive failure, while SBU group showed cohesive failure and SBU+T group showed both failure types.

Conclusion: Resin composite repair with Single Bond Universal Adhesive showed higher shear bond strength than Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Adhesive, either with silane or not, and the bond strength decrease after thermocycling.

คำสำคัญ: ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ ไซเลน การซ่อมแซมวัสดุ เรซินคอมโพสิต ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว การทำเทอร์โมไซคลิง

Keywords: universal adhesive, silane, resin composite repair, shear bond strength, thermocycling

บทนำ

การบูรณะฟันในปัจจุบันมีแนวโน้มให้เกิดความสวยงามด้วยวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันมากขึ้น ความบกพร่องของวัสดุบูรณะ (defective restoration) เป็นความล้มเหลวที่พบได้มากตามปริมาณการใช้งานของวัสดุเรซินคอมโพสิตที่เพิ่มจำนวนขึ้น โดยมีหลายสาเหตุ เช่น การรั่วซึมบริเวณขอบวัสดุบูรณะ (marginal leakage) วัสดุดุดเปลี่ยนสี (discoloration) การกะเทาะแตกของวัสดุ (chipping) และการเกิดฟันผุซ้ำ (secondary caries) การพิจารณาวัสดุบูรณะออกเพื่อทำการบูรณะใหม่ทั้งหมดมักทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อฟันมากขึ้น และอาจเป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อในได้ รวมทั้งเป็นการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายของผู้ป่วย การซ่อมแซมเฉพาะส่วนที่ล้มเหลวจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ไขจุดบกพร่องของการบูรณะ⁽¹⁻²⁾ และสอดคล้องกับหลักการของการรักษาทันตกรรมเชิงอนุรักษ์ (minimally invasive dentistry) ซึ่งประกอบด้วยการรักษาโดยการป้องกัน (preventive treatment) และการรักษาโดยการบูรณะ (restorative treatment)⁽³⁾ และให้ความสำคัญกับการรักษารอยโรคเริ่มแรกและใช้หลักการการกร่อนเนื้อฟันให้น้อยที่สุด เพื่อรักษาโครงสร้างฟันให้มากที่สุด⁽⁴⁾

การซ่อมแซมวัสดุบูรณะที่มีความบกพร่อง มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดการกับวัสดุบูรณะที่ล้มเหลวในเชิงอนุรักษ์ โดยลดโอกาสการสูญเสียโครงสร้างของฟันจากการกรอวัสดุบูรณะเดิมออกทั้งหมด ตามการศึกษาที่พบว่าทำให้สูญเสียเนื้อฟันเพิ่มขึ้นจากโพรงฟันเดิมร้อยละ 71-75⁽⁵⁾ การอนุรักษ์โครงสร้างของฟันที่เหลืออยู่ยังเป็นการลดโอกาสเกิดความล้มเหลวของการบูรณะจากการที่มีโครงสร้างฟันที่อ่อนแอและเป็นการยืดอายุของฟันให้ยาวนานขึ้นด้วย⁽⁶⁾

การยึดติดของเรซินคอมโพสิตขึ้นอยู่กับกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ระหว่างมอนอเมอร์ในเรซินคอมโพสิตใหม่กับกลุ่มเมทาไครเลต (methacrylate groups) ที่อยู่ในเรซินคอมโพสิตเก่า⁽⁷⁾ ซึ่งคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมานานเกิดการดูดซึมน้ำจะมีการลดลงของกลุ่ม

คาร์บอนพันธะคู่ (carboxyl double bond) ทำให้เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันกับคอมโพสิตใหม่ได้น้อย⁽⁸⁾ การซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตจึงต้องมีการเตรียมพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตเก่าเพื่อให้เกิดกระบวนการยึดติดทางกล (micro-mechanical bond) และทางเคมี (chemical bond) โดยการเพิ่มการยึดติดทางกลเป็นการทำให้เกิดความขรุขระที่ผิว⁽⁹⁾ เช่น การใช้หัวกรอกากเพชรชนิดละเอียด (fine-grit diamond bur) การเป่าทราย (sandblasting) การพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (airborne particle abrasion with aluminum oxide) หรือการขัดด้วยแผ่นกระดาษทราย (silicon carbide paper)⁽¹⁰⁾ หลายการศึกษาเลือกใช้การเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายที่ความละเอียด 320 กริต ซึ่งมีความขรุขระของพื้นผิวเท่ากับการกรอด้วยหัวกรอกากเพชร⁽¹¹⁻¹³⁾

การทาสารยึดติดภายหลังการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตที่จะซ่อมแซมให้เกิดความขรุขระแล้ว เป็นวิธีการที่หลายการศึกษาพบว่าสามารถช่วยเพิ่มค่ากำลังยึดติดของการซ่อมแซมให้ดีขึ้นกว่าการทำให้ผิววัสดุขรุขระเพียงอย่างเดียว⁽¹³⁻¹⁵⁾ ทั้งนี้ถือว่าการทาสารยึดติดเป็นการช่วยส่งเสริมให้เกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างกลุ่มเมทาไครเลตของเรซินคอมโพสิตส่วนเดิมกับส่วนใหม่ที่ใช้ซ่อมแซม⁽⁸⁾ สำหรับการใส่สารคู่ควบไซเลนร่วมในขั้นตอนซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตเพื่อหวังผลเพิ่มกำลังการยึดติดระหว่างวัสดุอุดแทรก (filler) ของเรซินคอมโพสิตเก่ากับสารยึดติดนั้นยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน

ปัจจุบันมีการพัฒนาสารยึดติดชนิดใหม่คือ ซิงเกิลบอนด์ ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ (Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Neuss, Germany) ซึ่งมีการเติมวิทรีบอนด์โคพอลิเมอร์ (Vitrebond™ Copolymer) ลงไปเพื่อเพิ่มการยึดติดกับเนื้อฟันได้ดีขึ้นทั้งในสภาวะที่มีความชื้นหรือแห้ง (moist or dry dentin) เติมน้ำเอดิทีฟ (MDP) ที่ทำหน้าที่เป็นฟังก์ชันนอลมอนอเมอร์ (functional monomer) ให้การยึดติดทางเคมีกับโครงสร้างฟันและเป็นไพรเมอร์ (primer) สำหรับวัสดุประเภทโลหะ และยังมีการเติมสารคู่ควบไซเลนซึ่งทำหน้าที่เป็นไพรเมอร์ของวัสดุบูรณะประเภทกลาสเซรามิก (glass

ceramic) โดยรูปแบบการใช้งานของซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอตชีฟสามารถใช้ได้ทั้งระบบแอตชีแอนด์รีนส์และเซลฟ์เอตซ์⁽¹⁶⁾

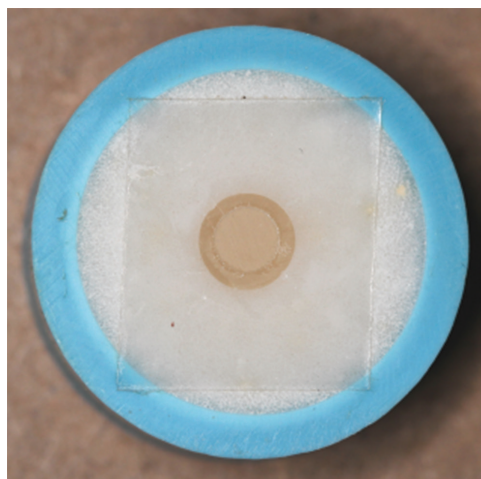
การศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติด (bond strength) โดยการซ่อมแซมระหว่างวัสดุบูรณะเรซิน คอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ด้วยวิธีการต่าง ๆ ยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน⁽¹⁷⁾ โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับแอตชีฟชนิดใหม่ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ ที่ทำการซ่อมแซมด้วยยูนิเวอร์แซลแอตชีฟกับการใช้ระบบสารยึดติดแบบดั้งเดิมทั้งก่อนและหลังการจำลองสภาวะเสื่อม และศึกษาลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและวิธีการในการซ่อมแซมวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตในทางคลินิก สมมติฐานของการศึกษานี้คือ ไม่พบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทั้งก่อนและหลังการทำเทอร์โมไซคลิง

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง: เตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทกแซด 350 เอกซ์ที สี A4 (Filtek™ Z350 XT shade A4, 3M ESPE, MN, USA) จำนวน 90 ชิ้น ด้วยแบบหล่อแยกส่วน (split mold) ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร โดยการอุดเป็นชั้นเดียว ฉายแสง 40 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสงบลูเฟส (Bluephase®, Ivoclar Vivadent, Schaan, Leichtenstein) แปะชิ้นงานทั้งหมดในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปทำเทอร์โมไซคลิง (Thermo Cycling, model HWB332R CWB332R TC301, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand) ที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียสจำนวน 5,000 รอบ

ยึดชิ้นงานด้วยเรซินอะคริลิกชนิดปั๊มตัวได้เองลงในท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร โดยให้ชิ้นงานอยู่ตรงกึ่งกลาง และผิวหน้าตัดสูงกว่าเรซินอะคริลิกเล็กน้อย นำไปขัดผิวหน้าของเรซินคอมโพสิตโดยใช้เครื่องขัดกระดาษทราย (Grinding and polishing machine, MoPao® 160E, MEGA Advance Co., Ltd,

China) ที่ความละเอียด 320 กริต (grit) ร่วมกับน้ำ และให้ผิวหน้าตัดของชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเสมอกับขอบของท่อพีวีซี ดัดกระดาษกาวเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร บนผิวเรซินคอมโพสิตเพื่อควบคุมพื้นที่การยึดติดให้เท่ากันทุกชิ้นงาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทกแซด 350 เอกซ์ที สี A4 ที่เตรียมเสร็จสมบูรณ์และนำไปติดกระดาษกาวเจาะรู
Figure 1 Filtek™ Z350 XT shade A4 specimen was prepared completely and adhering with punched sticker



รูปที่ 2 ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทกแซด 350 เอกซ์ที สี B1 ที่อุดลงบนพื้นผิวเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการเตรียมมาแล้ว
Figure 2 Filtek™ Z350 XT shade B1 specimen was filled on treated resin composite surface

ทำความสะอาดผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตทุกชิ้นด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, MN, USA) เป็นเวลา 15 วินาที เป่าให้

แห้ง แล้วสุมตัวอย่างชิ้นงาน 90 ชิ้น แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น เพื่อเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตตามกลุ่มทดลองที่แบ่งไว้ดังนี้

กลุ่ม SM และ SM+T ทาสารยึดติดสกอตช์บอนด์ มัลติเพอร์โพสพลัส (Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Adhesive, 3M ESPE, Neuss, Germany) นาน 20 วินาที เป่าลมเบาๆ 5 วินาที ฉายแสง 20 วินาที

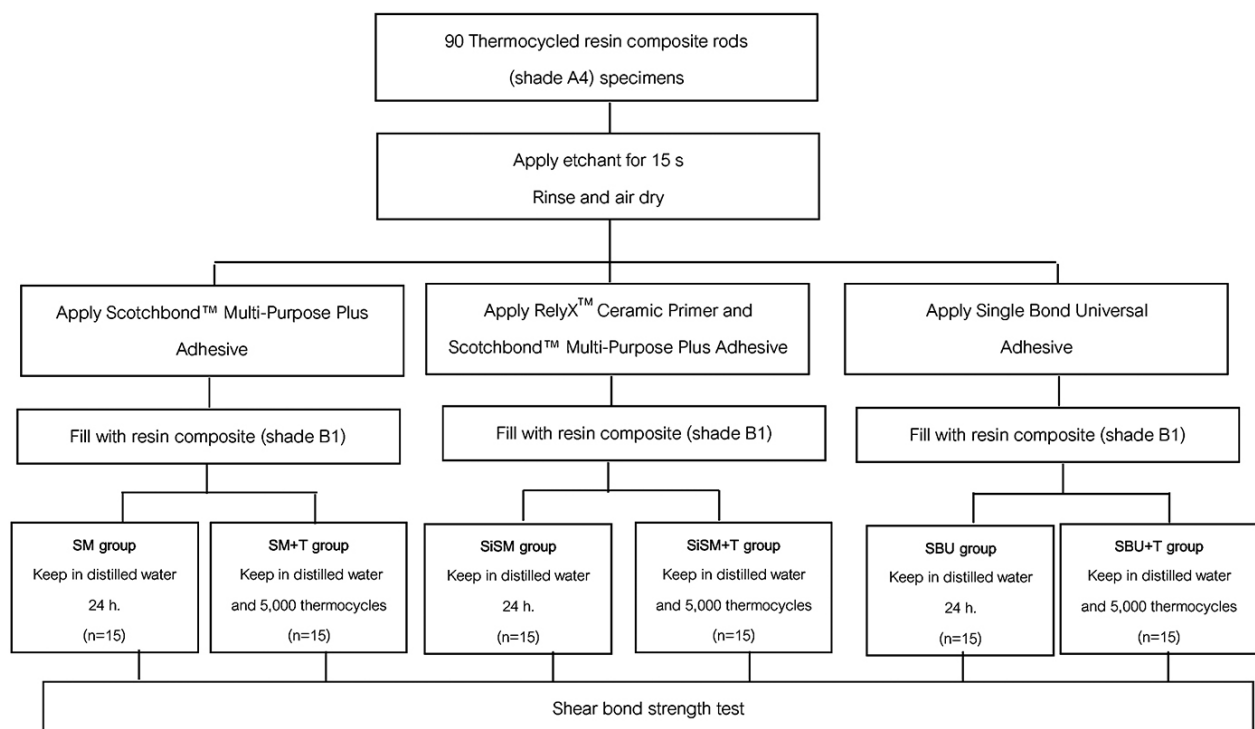
กลุ่ม SiSM และ SiSM+T ทาสารคู่ควบไซเลน (RelyX™ Ceramic Primer, 3M ESPE, Neuss, Germany) นาน 60 วินาที เป่าลมให้แห้ง และทาสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลติเพอร์โพสพลัสนาน 20 วินาที เป่าลมเบาๆ 5 วินาที ฉายแสง 20 วินาที

กลุ่ม SBU และ SBU+T ทาสารซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอสแซดอีซีฟ (Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Neuss, Germany) นาน 20 วินาที เป่าลมเบาๆ 5 วินาที ฉายแสง 20 วินาที

อุดเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเทกแซด 350 เอกซ์ที สี B1 (Filtek™ Z350 XT shade B1, 3M ESPE, MN, USA) บนผิวชิ้นงานที่เตรียมแล้วทุกชิ้นด้วยการใช้แบบหล่อ

ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร โดยการอุดเป็นชั้นเดียว ฉายแสง 40 วินาที ได้ชิ้นงานดังรูปที่ 2 แซ่ชิ้นงานทั้งหมดในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานในกลุ่ม SM+T, SiSM+T และ SBU+T ไปทำเทอร์โมไซคลิงที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียสจำนวน 5,000 รอบ โดยมีกลุ่มการทดลองโดยสรุปแสดงดังรูปที่ 3 และส่วนประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 1

วิธีการทดสอบชิ้นงานตัวอย่าง: นำชิ้นงานไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้เครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (Universal testing machine, Instron® 5566; Instron Limited, Thailand) โดยใช้หัวกดปลายลิ้มวางบริเวณพื้นผิวยึดติด (interface) ของคอมโพสิตทั้ง 2 ส่วน ด้วยความเร็วของหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดที่ทำให้เรซินคอมโพสิตใหม่หลุดออกจากเรซินคอมโพสิตเก่า โดยมีหน่วยเป็นเมกะปาสกาล (MPa) และนำชิ้นงานไปตรวจสอบลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบหัวกลับและชุดถ่ายภาพอัตโนมัติ (Inverted phase contrast microscope and digital



รูปที่ 3 แผนผังวิธีการเตรียมชิ้นทดลองแต่ละกลุ่ม

Figure 3 Diagram of manipulation methods of each experimental group

ตารางที่ 1 ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต และส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

Table 1 Trade names, manufacturers and compositions of experimental materials

Trade names and manufacturers	Compositions	Lot No.
Filtek™ Z350 XT shade A4 and B1 (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	Resin: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA and PEGMA resins Filler: non-agglomerated/ non-aggregated 20 nm silica filler, non-agglomerated/ non-aggregated 4-11 nm zirconia filler, and aggregated zirconia/silica filler cluster filler (comprised of 20 nm silica and 4-11 nm zirconia particles)	7018A4B and 7018B1B
Scotchbond™ Etchant (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)	37% Phosphoric acid	N595762
Scotchbond™ Multi-Purpose Plus Adhesive (3M ESPE, Deutshland GmbH, Neuss, Germany)	Bis-GMA, HEMA, tertiary amines, photo-initiator	N557534
RelyX™ Ceramic Primer (3M ESPE, Deutshland GmbH, Neuss, Germany)	Prehydrolyzed, single-phase silane (MPS)<2%, Ethyl alcohol 70-80%, water 20-30%	N633274
Single Bond Universal Adhesive (3M ESPE, Deutshland GmbH, Neuss, Germany)	MDP phosphate monomer, dimethacrylate resins, HEMA, polyalkenoic acid copolymer (Vitrebond™ Copolymer), filler, ethanol, water, initiators, silane	545693

Abbreviations: Bis-GMA, bisphenol A-diglycidyl ether dimethacrylate; TEGDMA, Triethyleneglycol dimethacrylate; Bis-EMA: Ethoxylated bisphenol A-dimethacrylate; UDMA, Urethane dimethacrylate; PEGMA, Polyethylene glycol methacrylate; HEMA, 2-hydroxyethylmethacrylate; MDP, 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; MPS – Methacryloxypropyl trimethoxysilane

camera, model CK 40 culture microscope and DP 12 digital camera, Olympus, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อจำแนกลักษณะการแตกหักของเรซินคอมโพสิต เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ การยึดติดล้มเหลว (adhesive failure) ความเชื่อมแน่นล้มเหลวในชั้นเรซินคอมโพสิต (cohesive failure) และความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) โดยจำแนกลักษณะการแตกหักที่ร้อยละ 80 ของพื้นที่ยึดติด

การวัดและประเมินผล: นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบ่งการทดสอบเป็นกลุ่มที่ทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิต 24 ชั่วโมงและไม่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง ได้แก่ กลุ่ม SM, SiSM และ SBU และกลุ่มที่ทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังการทำเทอร์โมไซคลิง 5,000 รอบ ได้แก่ กลุ่ม SM+T, SiSM+T และ SBU+T นำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS V17.0 (SPSS Inc., IL, USA) โดยใช้การจำแนกความ

แปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ (Tukey Multiple comparison test) ส่วนการเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ใช้สารยึดติดเดียวกันที่ผ่านและไม่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง นำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที (T-Test) ได้แก่ กลุ่ม SM เปรียบเทียบกับกลุ่ม SM+T กลุ่ม SiSM เปรียบเทียบกับกลุ่ม SiSM+T และกลุ่ม SBU เปรียบเทียบกับกลุ่ม SBU+T

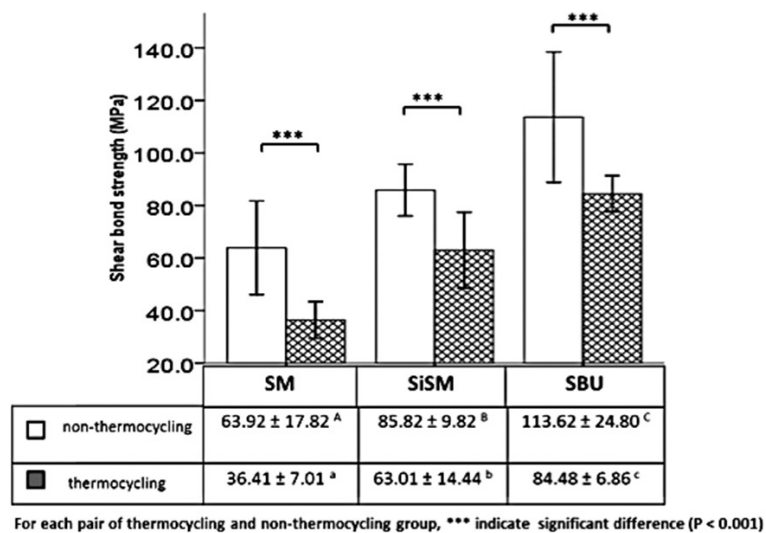
ผลการศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่ม SM, SiSM และ SBU ซึ่งนำไปทดสอบหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่ากลุ่ม SBU มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุด ตามด้วยกลุ่ม SiSM และ SM ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลุ่ม SM+T, SiSM+T และ SBU+T ซึ่งนำไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังทำการยึดติดและผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง พบว่ากลุ่ม SBU+T มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวมากที่สุด ตามด้วยกลุ่ม SiSM+T และ SM+T ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

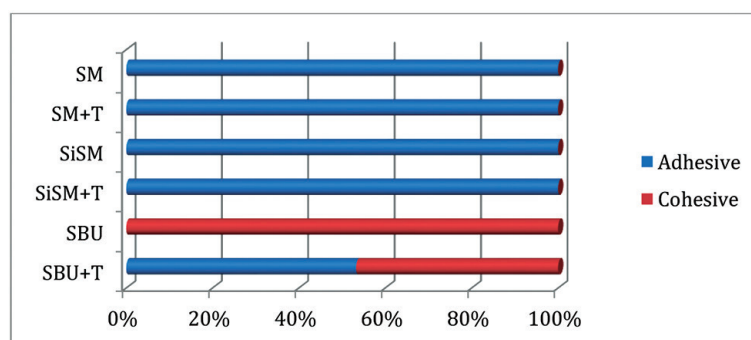
ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวภายหลังการทำเทอร์โมไซคลิงของทุกวิธีการเตรียมผิวคอมโพสิตมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในแต่ละกลุ่มทดลองแสดงดังรูปที่ 4

ลักษณะความล้มเหลวที่พบในแต่ละกลุ่มทดลองแสดงดังรูปที่ 5 โดยความล้มเหลวทั้งหมดในกลุ่ม SM, SM+T, SiSM และ SiSM+T พบเป็นการยึดติดล้มเหลว แสดงตัวอย่างลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 6 กลุ่ม SBU ทั้งหมดพบความเชื่อมแน่นล้มเหลวในชั้นของชั้นงานคอมโพสิต แสดงตัวอย่างลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 7 และกลุ่ม SBU+T พบการยึดติดล้มเหลวย้อยละ 53.3 และความเชื่อมแน่นล้มเหลวย้อยละ 46.7 โดยไม่พบความล้มเหลวแบบผสม



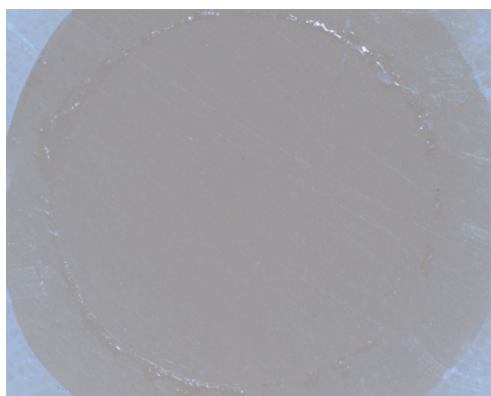
รูปที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยว ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างกลุ่มที่ไม่ผ่านเทอร์โมไซคลิงและผ่านเทอร์โมไซคลิงในแต่ละกลุ่มทดลอง

Figure 4 Bar chart shows comparative means and standard deviations of shear bond strength between non-thermocycling and thermocycling process in each experimental group.



รูปที่ 5 แสดงลักษณะความล้มเหลวในแต่ละกลุ่มทดลอง

Figure 5 Failure modes of specimens in each group.



รูปที่ 6 แสดงความล้มเหลวของการยึดติด พบเฉพาะพื้นผิวของเรซินคอมโพสิต สี A4

Figure 6 Representative adhesive failure that found only surface of resin composite shade A4



รูปที่ 7 แสดงความเชื่อมแน่นล้มเหลว พบการแตกในชั้นของเรซินคอมโพสิต สี A4

Figure 7 Representative cohesive failure that found fracture of resin composite shade A4

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการทดสอบค่าการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและเรซินคอมโพสิตใหม่ วิธีการนำเรซินคอมโพสิตไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถจำลองการถูกใช้งานในช่องปาก โดยการนำเรซินคอมโพสิตไปกระตุ้นให้เกิดการเสื่อมสลายจากการดูดซึมน้ำ (hydrolytic degradation) และเสื่อมสลายจากอุณหภูมิ (thermal degradation) ที่มีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างกันทั้งที่แบบซ้ำไปซ้ำมาหลายครั้ง⁽¹⁸⁾ ซึ่งทำให้เรซินคอมโพสิตเกิดความเครียดจากการหดและขยายตัว ส่งผลโดยตรงกับการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตใหม่⁽¹⁷⁾ จากการศึกษาของ Gale

และ Darvell⁽¹⁹⁾ ได้แนะนำการทำเทอร์โมไซคลิง จำนวน 10,000 รอบ ซึ่งเทียบได้กับการใช้งานในช่องปากเป็นเวลา 1 ปี แต่การศึกษานี้ใช้การทำเทอร์โมไซคลิงจำนวน 5,000 รอบที่อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียสตามการศึกษาของ Özcan และคณะ⁽²⁰⁾

เมื่อเรซินคอมโพสิตเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันเริ่มต้น (initial polymerization) พบมีการลดลงของอนุมูลอิสระ (free radicals) และบริเวณผิวของเรซินคอมโพสิตที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมีการลดลงของกลุ่มเมทาไครเลตที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยา (unreactive methacrylate groups) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ลดการยึดติดระหว่างสารยึดติดสำหรับการซ่อมแซมโดยการอุดเรซินคอมโพสิตใหม่^(10,21) หลายการศึกษาได้แนะนำวิธีการต่าง ๆ ในการเตรียมผิวและการใช้สารปรับสภาพผิวเรซินคอมโพสิตเพื่อเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและใหม่ ทั้งจากการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical bond) และทางเคมี (chemical bond)^(11,22-24)

Staxrud และคณะ⁽²⁵⁾ พบว่าทันตแพทย์นอร์เวย์มากกว่าร้อยละ 80 ซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตโดยเลือกการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตเก่าให้ขรุขระด้วยการใช้หัวกรอกรากเพชร จากนั้นตามด้วยการใช้กรดกัดและการทำสารยึดติดตามลำดับ และวิธีการนี้เป็นขั้นตอนที่นิยมสอนในโรงเรียนทันตแพทย์⁽²⁶⁻²⁹⁾ แต่ในการศึกษานี้ใช้การขัดพื้นผิวด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายจนถึงความละเอียด 320 กริต เนื่องจากสามารถควบคุมพื้นผิวให้เป็นระนาบเดียวกันได้ดีกว่าการกรอด้วยหัวกรอกรากเพชร และการใช้กรดกัดส่วนของผิวเรซินคอมโพสิตเป็นการช่วยทำความสะอาดผิว กำจัดส่วนผงที่เกิดจากการกรอด้วยหัวกรอ⁽³⁰⁻³¹⁾ การศึกษานี้เลือกใช้สารยึดติดคือสกอตซ์บอนด์ มัลทิเพอร์โพสพลัส เนื่องจากเป็นสารยึดติดที่มีประสิทธิภาพในการยึดติดที่ดีทั้งกับโครงสร้างฟันและเรซินคอมโพสิต⁽³²⁾ ประสบความสำเร็จทางคลินิกในการบูรณะฟันหลังมาอย่างยาวนาน⁽³³⁾ ในการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตด้วยสารยึดติดชนิดนี้จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของสารยึดติดที่ดีในการนำมาเปรียบเทียบกับสารยึดติดชนิดใหม่คือ ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าการยึดติดของการใช้สารยึดติดที่แตกต่างกันหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิต 24 ชั่วโมง กลุ่ม SBU มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดเมื่อเทียบกับ

กลุ่ม SiSM และ SM ตามลำดับ โดยกลุ่ม SM เป็นกลุ่มควบคุมผลลบ (negative control) ที่ไม่มีการใช้ไซเลนในการสร้างให้เกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างอนุภาคซิลิกาที่เป็นวัสดุอุดแทรกของเรซินคอมโพสิตเก่ากับสารยึดติดที่ทาบนพื้นผิวก่อนอุดด้วยเรซินคอมโพสิตใหม่ การยึดติดที่เกิดขึ้นในกลุ่มนี้จึงเป็นเพียงการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคที่เกิดจากความขรุขระของการขัดพื้นผิวของเรซินคอมโพสิตเก่าด้วยกระดาษทรายเท่านั้น

กลุ่ม SiSM มีการทาไซเลนบนพื้นผิวของของเรซินคอมโพสิตเก่าก่อนการทาสารยึดติด ผลจากการศึกษานี้พบว่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มนี้มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทาไซเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากไซเลนเป็นสารคู่ควบที่ทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีที่ติระหว่างเรซินคอมโพสิตเก่าและสารยึดติดของเรซินคอมโพสิตใหม่ ซึ่งผลที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับหลายการศึกษา^(25,34,35)

กลุ่ม SBU มีการใช้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟซึ่งเป็นสารยึดติดชนิดใหม่ที่มีการผสมวัสดุอุดแทรกและมีการเพิ่มไซเลนลงไปด้วย โดยพบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่ากลุ่ม SM และ SiSM อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลายการศึกษา^(34,36) กลุ่ม SM และ SiSM มีการทาผิวเรซินคอมโพสิตด้วยสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลทิเพอร์โพสพลัส ซึ่งเป็นสารยึดติดที่ไม่ชอบน้ำและไม่มีส่วนอุดแทรก (hydrophobic unfilled adhesive)⁽³⁷⁾ ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของการยึดติดน้อยกว่ากลุ่ม SBU และไซเลนที่อยู่ในซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟอาจเป็นอีกส่วนประกอบหนึ่งที่ช่วยให้เกิดการยึดติดกับวัสดุอุดแทรกในเรซินคอมโพสิตเก่า

ผลการยึดติดของซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟในการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตมีความแตกต่างกับหลายการศึกษาที่ทดสอบการยึดติดกับพื้นผิวกระจกเซรามิก⁽³⁸⁻⁴⁰⁾ โดยพบว่าค่าการยึดติดของซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟไม่ได้ช่วยเพิ่มการยึดติดกับกระจกเซรามิก แสดงถึงไซเลนที่อยู่ในสารยึดติดชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับอนุภาคซิลิกาบนพื้นผิวพอร์ซเลนน้อยกว่าการใช้ไซเลนแบบแยกขวด สาเหตุที่ผลการศึกษาในการยึดติดกับกระจกเซรามิกมีความแตกต่างกับการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตอาจเนื่องมาจากผลของไซเลนที่ผสมอยู่กับไดเมทาไครเลตเรซิน (dimethacrylate resin) ในสารยึดติดชนิดนี้ ทำให้มีความเข้ากันได้กับพื้นผิวหรือเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) ของ

เรซินคอมโพสิตเก่าและช่วยเพิ่มปริมาณการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตใหม่ได้⁽⁴¹⁾

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวหลังการนำเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดแล้วไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง พบว่ากลุ่ม SBU+T มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม SiSM+T และ SM+T ตามลำดับ แสดงถึงภายหลังจากผ่านการใช้งานแล้วการยึดติดของทั้ง 3 กลุ่มทดลองยังคงมีความแตกต่างกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกับการทดสอบภายหลังการยึดติด 24 ชั่วโมง หลังการนำชิ้นงานที่ยึดติดด้วยวิธีการต่าง ๆ ไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงพบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวลดลงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Özcan และคณะ⁽⁴²⁾ ที่พบว่าการทำเทอร์โมไซคลิงทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (degradation) ของการยึดติดระหว่างสารยึดติดกับเรซินคอมโพสิต จึงทำให้ค่าการยึดติดของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตลดลง

ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในกลุ่ม SM, SM+T, SiSM และ SiSM+T พบเป็นการยึดติดล้มเหลวระหว่างชั้นสารยึดติดกับเรซินคอมโพสิตเก่าทั้งหมด แตกต่างจากกลุ่ม SBU และ SBU+T ที่พบความเชื่อมแน่นล้มเหลวในชั้นเรซินคอมโพสิตเก่าด้วย ผลของความล้มเหลวที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่กลุ่ม SM, SM+T, SiSM และ SiSM+T มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม SBU และ SBU+T อย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงประสิทธิภาพของการยึดติดระหว่างไซเลนในซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟที่มากกว่าการยึดติดระหว่างไซเลนแบบแยกขวดที่ทำก่อนสกอตช์บอนด์มัลทิเพอร์โพสพลัส และยังมีค่าการยึดติดที่สูงกว่าค่าความเชื่อมแน่นในชั้นเรซินคอมโพสิตเก่าด้วย

สรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาสรุปได้ว่าเรซินคอมโพสิตที่ทำการซ่อมแซมโดยใช้สารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟมีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการยึดติดด้วยสารยึดติดสกอตช์บอนด์มัลทิเพอร์โพสพลัส ทั้งในวิธีการที่ร่วมและไม่ร่วมกับการใช้ไซเลน และการทำเทอร์โมไซคลิงมีผลให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวลดลงในทุกกลุ่มการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Wattanapanich S. Resin composite repair. *CM Dent J* 2011; 32: 29-37. (in Thai)
2. Blum IR, Lynch CD, Wilson NHF. Factors influencing repair of dental restorations with resin composite. *Clin Cosmet Investig Dent* 2014; 6: 81-87.
3. Muangmingsuk A, Senawong P. Shift in operative management. *J Thai Oper Dent* 2008; 9: 22-41. (in Thai)
4. Mount GJ. Minimal intervention dentistry: cavity classification and preparation. *J Minim Interv Dent* 2009; 2: 150-162.
5. Millar BJ, Robinson PB, Davies BR. Effects of the removal of composite resin restorations on class II cavities. *Br Dent J* 1992; 173: 210-212.
6. Tyas MJ. Minimally intervention dentistry, a review. *Int Dent J* 2000; 50: 1-12.
7. Söderholm KJ, Roberts MJ. Variables influencing the repair strength of dental composites. *Scand J Dent Res* 1991; 99: 173-180.
8. Malacarne J, Carvalho RM, de Goes MF, et al. Water sorption/solubility of dental adhesive resins. *Dent Mater* 2006; 22: 973-980.
9. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J, Bush PJ. Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent* 2005; 7: 41-49.
10. Swift EJ. Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater* 1992; 8: 362-365.
11. Eliasson ST, Tibballs J, Dahl JE. Effect of difference surface treatments and adhesives on repair bond strength of resin composites after one and 12 months of storage using an improved microtensile test method. *Oper Dent* 2014; 39: E206-E216.
12. Hamano N, Chiang YC, Nyamaa I, et al. Repair of silorane-based dental composites: influence of surface treatments. *Dent Mater* 2012; 28: 894-902.
13. Tezvergil A, Lassila LVJ, Vallittu PK. Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent* 2003; 31: 521-525.
14. Oztas N, Alacam A, Bardakcy Y. The effect of air abrasion with two new bonding agents on composite repair. *Oper Dent* 2003; 28: 149-154.
15. Padipatvuthikul P, Mair LH. Bonding of composite to water aged composite with surface treatment. *Dent Mater* 2007; 23: 519-525.
16. "Technical product profile Scotchbond™ Universal Adhesive." [cited 2015 November 22]. Available from: <http://multimedia.3m.com/mws/media/7547510/scotchbond-universal-adhesive-technical-product-profile.pdf>
17. Özcan M, Koc-Dundar B. Composite-composite adhesion in dentistry: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Sci Technol* 2014; 28: 2209-2229.
18. Brendeke J, Özcan M. Effect of physicochemical aging conditions on the composite-composite repair bond strength. *J Adhes Dent* 2007; 9: 399-406.
19. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999; 27: 89-99.
20. Özcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GAP, Bottino MA. Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dent Mater* 2007; 23: 1276-1282.

21. Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Res* 1998; 42: 465-472.
22. da Costa TRF, Serrano AM, Atman APF, et al. Durability of composite repair using different surface treatments. *J Dent* 2012; 40: 513-521.
23. Hickel R, Brushaver K, Ilie N. Repair of restorations – criteria for decision making and clinical recommendation. *Dent Mater* 2013; 29: 28-50.
24. Hemadri M, Saritha G, Rajasekhar V, Pachlag KA, Purushotham R, Reddy VKK. Shear bond strength of repaired composites using surface treatments and repair materials: an in vitro study. *J Int Oral Health* 2014; 6: 22-25.
25. Staxrud F, Tveit AB, Rukke HV, et al. Repair of defective composite restorations. A questionnaire study among dentists in the Public Dental Service in Norway. *J Dent* 2016; 52: 50-54.
26. Lynch CD, Blum IR, Frazier KB, Haisch L, Wilson NHF. Repair or replacement of defective direct composite restoration: Contemporary teaching in US and Canadian dental schools. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 157-163.
27. Blum IR, Lynch CD, Wilson NHF. Teaching of direct composite restoration repair in undergraduate dental schools in United Kingdom and Ireland. *Eur J Dent Edu* 2012; 16: E53-E58.
28. Blum IR, Lynch CD, Wilson NHF. Teaching of the repair of defective composite restoration in Scandinavian dental schools. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 210-216.
29. Blum IR, Lynch CD, Schreiver A, Heidemann D, Wilson NHF. Repair versus replacement of defective composite restoration in German dental schools. *Eur J Prosth Restor Dent* 2011; 19: 56-61.
30. Jafarzadeh Kashi TS, Erfan M, Rakhshan V, Aghabaigi N, Tabatabaei FS. An in vitro assessment of the effects of three surface treatments on repair bond strength of aged composites. *Oper Dent* 2011; 36: 608-617.
31. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J Jr, Bush PJ. Evaluation of varied repair protocol applied to aged composite resin. *J Adhes Dent* 2005; 7: 41-49.
32. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-132.
33. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-235.
34. Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J* 2015; 65: 311-315.
35. Eliasson ST, Dahl JE. Effect of curing and silanizing on composite repair bond strength using an improved micro-tensile test method. *Acta Biomater Odontol Scand* 2017; 3: 21-29.
36. Çakir NN, Demirbuga S, Balkaya H, Karadaş M. Bonding performance of universal adhesives on composite repairs, with or without silane application. *J Conserv Dent* 2018; 21: 263-268.
37. Gajewski VE, Pfeifer CS, Froes-Salgado NR, Boaro LC, Braga RR. Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/ solubility. *Braz Dent J* 2012; 23: 508-514.
38. Thonglert T, Thong-ngarm W. Effect of universal adhesive on shear bond strength of resin composite to feldspathic ceramic. *CM Dent J* 2016; 37: 81-89. (in Thai)

39. Sukprapaporn C, Kanjantra P. Effect of silane coupling agent in universal adhesive agent on shear bond strength between resin composite and lithium disilicate. *CM Dent J* 2017; 38: 111-126. (in Thai)
40. Moro AFV, Ramos AB, Rocha GM, Perez CDR. Effect of prior silane application on the bond strength of a universal adhesive to a lithium disilicate ceramic. *J Prosthet Dent* 2017; 118: 666-671.
41. Ilie N, Stawarczyk B. Efficiency of different repair kits on bonding to age dental resin composite substrates. *Int J Adhes Adhes* 2015; 58: 7-12.
42. Özcan M, Alander P, Vallittu PK, Huysmans MC, Kalk W. Effect of three surface conditioning methods to improve bondstrength of particulate filler resin composites. *J Mater Sci Mater Med* 2005; 16: 21-27.