

ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล และรีเลย์เอกซ์อัลติเมทเรซินซีเมนต์กับเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต Shear Bond Strength of Scotchbond™ Universal Adhesive and RelyX™ Ultimate Resin Cement to Lithium-disilicate Ceramic

ศิริพงศ์ ศิริมงคลวัฒน์¹, สุรศักดิ์ บุญแก้ว², อารินทร์ เพียงสุข¹, ธีระพงษ์ ม้ามณี¹
¹ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²โรงพยาบาลหลังสวน ต.วังตะกอก จ.ชุมพร

Siripong Sirimongkolwattana¹, Surasak Boonkaew², Tarin Piangsuk¹, Teerapong Mamanee¹

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

²Langsuan Hospital, Wang-tago, Langsuan, Chumphon

ชม. ทันตสาร 2559; 37(2) : 71-80

CM Dent J 2016; 37(2) : 71-80

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลและเรซินซีเมนต์ชนิดรีเลย์เอกซ์อัลติเมทกับเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต เปรียบเทียบกับเซลฟ์เอตซ์เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น เรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิดรีเลย์เอกซ์ยูนิเซม สร้างชิ้นงานเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต รูปร่างทรงกระบอกจำนวน 40 ชิ้น นำชิ้นงานฝังในท่อพีวีซี จัดชิ้นงานให้เรียบแบ่งเป็น 4 กลุ่มทดลอง (n=10) ทำการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิก ด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 นาน 20 วินาที ล้างน้ำ 60 วินาที ทาไฮเลนบนพื้นผิวเซรามิกในกลุ่มที่ 1 2 และ 3 นาน 60 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัท

Abstract

The propose of this study was to compare the mean shear bond strength of a universal adhesive (Scotchbond™ Universal) and a resin cement (RelyX™ Ultimate), two self-etch resin cements (Multilink® N, Panavia™ F2.0) and a self-adhesive resin cement (RelyX™ Unicem) bonded to lithium-disilicate ceramic (IPS e.max Press). Forty cylindrical lithium-disilicate ceramics were embedded into PVC molds and polished. The specimens were divided into four groups (n=10) according to type of resin cements. The specimens were surface pretreated with 5% HF acid for 20

Corresponding Author:

ศิริพงศ์ ศิริมงคลวัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Siripong Sirimongkolwattana

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

ผู้ผลิต ยึดติดชิ้นงานกับแท่งเรซินคอมโพสิต ด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดคือ เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ และชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม ตามลำดับ ฉายแสงแต่ละด้าน ด้านละ 40 วินาที ในกลุ่มที่ 4 ทาสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล 20 วินาที ยึดติดชิ้นงานกับแท่งเรซินคอมโพสิต ด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมท ฉายแสงแต่ละด้าน ด้านละ 40 วินาที นำชิ้นทดสอบทั้งหมดไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบทั้งหมดไปทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ชนิดอินสตรอนความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตร/นาที และดูลักษณะพื้นผิวของการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง นำค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการทดลองพบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมท (15.12 ± 3.46 เมกะปาสคาล) กับเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตไม่แตกต่างกันกับเซลฟ์เอตซ์เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น (14.27 ± 2.92 เมกะปาสคาล) เรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (14.72 ± 3.86 เมกะปาสคาล) และเซลฟ์แอตชีฟเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม (16.90 ± 2.68 เมกะปาสคาล) ที่ใช้ร่วมกับสารควบคุมไซเลนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะความล้มเหลวที่พบส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวแบบผสม ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลองนี้ การใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมท มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่แตกต่างกันกับเซลฟ์เอตซ์เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ หรือเซลฟ์แอตชีฟเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม

คำสำคัญ: สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล ความแข็งแรงยึดเหนี่ยว ลิเทียมไดซิลิเกต เรซินซีเมนต์ เซรามิก

seconds and rinsed for 60 seconds. Then silane was applied on the ceramic surfaces in Groups 1, 2 and 3 for 60 seconds according to the manufacturers' recommendations. The specimens were bonded with resin composite rods using three resin cements, Multilink[®] N, Panavia[™] F2.0 and RelyX[™] Unicem. In Group 4, a universal adhesive was applied on the ceramic surfaces for 20 seconds instead of silane, and RelyX[™] Ultimate resin cement was used to bond the specimens to resin composite. All specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. The shear bond strength test was performed using a universal testing machine at a constant crosshead speed of 0.5 mm/min. Statistical analysis of the mean shear bond strength values was performed using One-way ANOVA and the Tukey's multiple comparison test. No significant difference in mean shear bond strength was detected between the new universal adhesive (Scotchbond[™] Universal) and RelyX[™] Ultimate (15.12 ± 3.46 MPa) when compared with Multilink[®] N (14.27 ± 2.92 MPa), Panavia[™] F2.0 (14.72 ± 3.86 MPa) and RelyX[™] Unicem used with the silane coupling agent (16.90 ± 2.68 MPa). Within the limitations of this study, the mean shear bond strength of the universal adhesive (Scotchbond[™] Universal) and the resin cement RelyX[™] Ultimate on lithium-disilicate ceramic was not significantly different from those of the self-etch resin cements (Multilink[®] N, Panavia[™] F2.0) or the self-adhesive resin cement (RelyX[™] Unicem).

Keywords: Scotchbond[™] universal adhesive, shear bond strength, lithium-disilicate ceramic, resin cement, ceramic

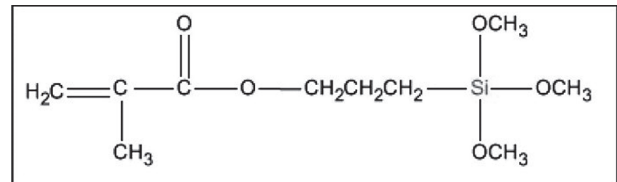
บทนำ

ปัจจุบันการบูรณะฟันเพื่อความสวยงามเป็นที่ต้องการของผู้ป่วยมากขึ้น การบูรณะโดยใช้ครอบฟันกระเบื้องล้วน (all-ceramic restorations) เป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับค่านิยมและมีการพัฒนาคุณภาพดีขึ้น⁽¹⁻³⁾ โดยเฉพาะกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate ceramic) เช่น ไอพีเอสอีแมกซ์เพรส (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) เป็นกลาสเซรามิกที่มีความแข็งแรงมีค่ากำลังดัดขวาง (flexural strength) ประมาณ 350-450 เมกะปาสคาล (MPa: Megapascal) มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในช่องปาก (biocompatibility) ให้ความสวยงามสูงและเป็นธรรมชาติ นิยมนำมาใช้ในการบูรณะงานวีเนียร์ (veneer) อินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) ครอบฟันหน้า และฟันหลัง หรือสะพานฟัน 3 ซี่ บริเวณฟันหน้าถึงฟันกรามน้อยซี่ที่สอง^(2,4)

ขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่งของการบูรณะโดยใช้ครอบฟันกระเบื้องล้วนคือ การยึดชิ้นงานเซรามิกกับฟัน โดยอาศัยการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับผิวฟันและเซรามิก⁽⁵⁾ เพื่อให้เกิดความทนทาน (durability) ของการยึดติด และชิ้นงานบูรณะสามารถคงทนอยู่ในช่องปากได้ยาวนาน หลีกเลี่ยงความล้มเหลวที่เกิดขึ้น เช่น การหลุดของชิ้นงานบูรณะ การรั่วซึม (microleakage) ระหว่างรอยต่อของวัสดุและตัวฟัน การเกิดฟันผุต่อ และฟันแตกหัก จำเป็นต้องมีการปรับสภาพผิวฟันและพื้นผิวกลาสเซรามิกก่อนการยึดติด^(2,6)

จากการศึกษาพบว่าการปรับสภาพพื้นผิวกลาสเซรามิกด้วยการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก^(7,8) (hydrofluoric acid etching) บริเวณพื้นผิวกลาสเซรามิกก่อนการยึดติดชิ้นงานบูรณะด้วยเรซินซีเมนต์ทำให้เกิดความแข็งแรงการยึดติดดี โดยกรดจะละลายพื้นผิวกลาสเซรามิกบริเวณเมทริกซ์ที่เป็นแก้ว (glassy matrix) เกิดเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิว (surface area) ในการยึดติด ส่งผลเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติด^(5,8-10) เมื่อใช้ร่วมกับการเตรียมพื้นผิวกลาสเซรามิกด้วยวิธีการทางเคมี ด้วยการใช้สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) คือ แกมมาเมทาโครลอกซิโพรพิลไตรเมโทกซิไซเลน (γ -methacryloxypropyl-trimethoxy silane) สี่ใส ลักษณะโครงสร้างโมเลกุลที่มีกลุ่มทำงาน 2 กลุ่ม ดังรูปที่ 1 ปลายข้างหนึ่งเป็นซิลอกเซน (siloxane) สามารถทำปฏิกิริยากับพื้นผิวกลาสเซรามิก และปลายอีกข้างหนึ่งเป็น

เมทาโครเลต (methacrylate) สามารถทำปฏิกิริยากับเรซินซีเมนต์ได้^(11,12) สารคู่ควบไซเลนช่วยเพิ่มความแข็งแรงยึดติดทางเคมีระหว่างเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ และเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ของเรซินซีเมนต์บนพื้นผิวเซรามิก^(13,14)



รูปที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของสารคู่ควบไซเลน

Figure 1 Silane coupling agent structure

ปัจจุบันเรซินซีเมนต์มีการพัฒนาคุณสมบัติขึ้น ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูง ด้านทานการละลายตัว (solubility) ดี ให้ความสวยงาม และสามารถทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับพื้นผิวหลายประเภท เช่น พื้นผิวโลหะผสมพื้นฐาน (base metal alloy) เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม^(3,15) เรซินซีเมนต์สามารถจำแนกตามการใช้สารยึดติดได้ดังนี้⁽¹⁶⁾ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโท-ทอลเอตซ์ (resin cement with total etch adhesive system) เป็นเรซินซีเมนต์ที่อาศัยการยึดติดด้วยพันธะทางจุลกลศาสตร์ (micromechanical retention) โดยใช้ระบบสารยึดติดโททอลเอตซ์แบบ 2-4 ขั้นตอน จากการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์ระบบนี้ ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดกับเนื้อฟันสูงที่สุด แต่มีข้อเสียคือ มีขั้นตอนการทำงานมากและมีความอ่อนไหว^(2,5) เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ (self-etch adhesive resin cement) เป็นการพัฒนาระซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบสารยึดติดที่มีการรวมขั้นตอนไพรเมอร์และบอนด์ดีงด้วยการทาในขั้นตอนเดียว ลดขั้นตอนในการทำงาน และลดอาการเสียวฟัน โดยอาศัยกลุ่มทำงานที่มีความสามารถในการยึดติดกับผิวฟันด้วยจุลกลศาสตร์และพันธะเคมี⁽³⁾ เซลฟ์แอตชีฟเรซินซีเมนต์ (self-adhesive resin cement) เป็นเรซินซีเมนต์ที่ไม่ต้องปรับสภาพพื้นผิวฟันก่อนการยึดติดชิ้นงานบูรณะกับฟัน เนื่องจากสามารถยึดติดกับพื้นผิวฟันได้โดยตรงด้วยพันธะเคมี จากการศึกษาพบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับเรซินซีเมนต์อีกสองระบบข้างต้น^(5,15,16)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารยึดติดชนิดใหม่คือ สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล (Scotchbond™ Universal adhesive, 3M ESPE, Germany) โดยมีองค์ประกอบที่ช่วยในการยึดติดทางเคมี เช่น สารคู่ควบไซเลน หมู่ทำงานเท็น-เอ็มดีพี (10-MDP: methacryloxydecyl dihydrogen phosphate monomer) ไวทรีบอนด์ โคโพลิเมอร์ (vitrebond copolymer)⁽¹⁷⁾ เป็นต้น มีคุณสมบัติสามารถยึดติดกับผิวเคลือบฟัน (enamel) เนื้อฟัน (dentin) กลาสเซรามิก เซรามิกชนิดเซอร์โคเนีย (zirconia ceramic) และโลหะผสมพื้นฐานลดขั้นตอนการทำงาน ลดขั้นตอนในการปรับสภาพผิวฟันและชิ้นงาน⁽¹⁸⁾ สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล สามารถใช้ได้ทั้งระบบโททอลเอตช์ (total etch) ระบบซีเลกทีฟเอตช์ (selective etch) และระบบเซลฟ์เอตช์ (self etch) สามารถใช้ในงานบูรณะทั้งโดยตรงและโดยอ้อม (indirect restoration) บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำการใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมท (RelyX™ Ultimate, 3M ESPE, Germany) เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูง เรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมทมีส่วนประกอบเคมีที่สามารถกระตุ้นให้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลเกิดปฏิกิริยาบ่มตัวสองแบบ (dual-cured) จากการศึกษาของ Amaral และคณะ⁽¹⁷⁾ พบว่าประสิทธิภาพของหมู่ทำงานเท็นเอ็มดีพี ที่เป็นองค์ประกอบของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่ดีเมื่อยึดติดกับเซรามิกชนิดเซอร์โคเนีย อย่างไรก็ตามการศึกษมาถึงประสิทธิภาพของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล เมื่อยึดกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตยังมีน้อย จากการศึกษาของ Kalavacharla และคณะ⁽¹⁹⁾ พบว่าประสิทธิภาพของสารคู่ควบไซเลนที่เป็นองค์ประกอบของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขูดเดียวหาก่อนการยึดติดชิ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์⁽¹⁹⁾ จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษาประสิทธิภาพของสารคู่ควบไซเลนที่เป็นองค์ประกอบในสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล ต่อค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตกับเรซินซีเมนต์งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลและเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมทกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต เปรียบเทียบ

กับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น โดยมีสมมติฐานงานวิจัย คือ ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลและเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมทกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตไม่แตกต่างกับค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ชนิดอื่นกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต

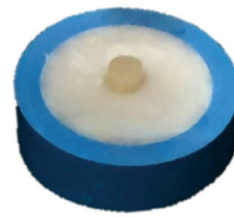
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สร้างชิ้นงานกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตชนิดแสงผ่านได้น้อย (low translucent) รูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 40 ชิ้น นำชิ้นงานฝังในแบบท็อพวีซี ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มตัวเอง ชัดชิ้นงานด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide abrasive paper) ความละเอียด 600 กริต (grits) ให้เรียบและอยู่ระนาบเดียวกัน ล้างน้ำแล้วเป่าให้แห้ง ติดเทปกาวยที่มีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร บนผิวเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตเพื่อกำหนดพื้นที่ยึดติดของแท่งเรซินคอมโพสิต

สร้างชิ้นงานแท่งเรซินคอมโพสิตฟิลเท็กซ์แซดสามห้า ศูนย์เอ็กซ์ที ซีโอ 3 (Filtex Z350XT A3.0, 3M ESPE, USA) ด้วยแบบหล่อโลหะ (split mold) ทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร โดยอุดเป็นชั้น เพื่อลดการหดตัวของเรซินคอมโพสิต ปิดทับด้านบนและด้านล่างของแบบหล่อโลหะด้วยแผ่นกระจกสไลด์ ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงบลูเฟส (Bluephase® LED curing light, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) รูปแบบความเข้มแสงจากน้อยไปมาก (soft start mode) ชั้นละ 20 วินาที ทำการปรับสภาพพื้นผิวเรซินคอมโพสิตโดยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ ขนาด 50 ไมโครเมตร ความดัน 2.5 บาร์ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ล้างน้ำ 60 วินาที

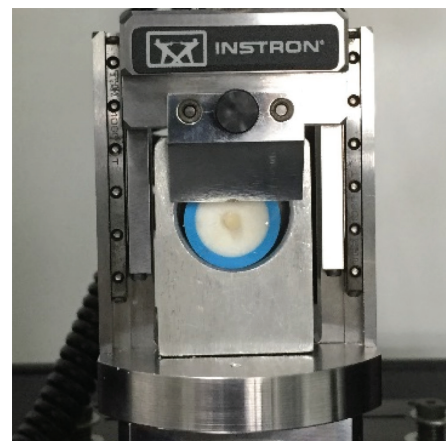
เตรียมผิวชิ้นงานกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตด้วยการปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร้อยละ 5 (Ceramic etching gel 5%; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) นาน 20 วินาที ล้างน้ำ 60 วินาที ทำความสะอาดแท่งเรซินคอมโพสิตและชิ้นงานกลาสเซรามิกด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิคส์ นาน 10 นาที เป่าแห้ง แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 4 กลุ่มตามชนิดเรซินซีเมนต์โดยวิธีการสุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น คือ กลุ่มที่ 1 เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น และกลุ่มที่ 2 ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ เป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วม

กับสารปรับสภาพผิวฟันระบบเซลฟ์เอตซ์ กลุ่มที่ 3 ชนิดรีไลย์เอ็กซ์ยูนิเซม เป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอตชีฟ ทาสารคู่ควบไซเลนชนิดโมโนบอนด์เอ็น (Monobond N; Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) ที่ผิวเซรามิกนาน 60 วินาที เป่าแห้ง เตรียมผิวแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยการทาสารคู่ควบไซเลนชนิดโมโนบอนด์เอ็น นาน 60 วินาที เป่าแห้ง จากนั้นยัดแท่งเรซินคอมโพสิตบนผิวเซรามิกด้วยเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่มตามคำแนะนำของบริษัท กลุ่มที่ 4 เรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมท ทาสารยัดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลที่ผิว เซรามิกนาน 20 วินาที เป่าแห้ง ยัดแท่งเรซินคอมโพสิตบนผิวเซรามิกด้วยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมท ขณะยัดขึ้นงานทุกกลุ่มวางทับด้วยตุ้มน้ำหนัก 500 กรัมบนแท่งเรซินคอมโพสิต กำจัดเรซินซีเมนต์ส่วนเกิน ฉายแสงแต่ละด้านละ 40 วินาที ดังสรุปในรูปที่ 2 รายละเอียดส่วนประกอบของเรซินซีเมนต์และสารยัดติดแสดงในตารางที่ 1 นำขึ้นงานทดสอบทั้งหมด (รูปที่ 3) แช่น้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำขึ้นงานทดสอบมาทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้เครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (universal testing machine, Instron 5566 ; Instron Limited, USA) ด้วยอัตราเร็วของหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังรูปที่ 4 บันทึกค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดที่ทำให้แท่งเรซินคอมโพสิตหลุดออก



รูปที่ 3 ลักษณะชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบ

Figure 3 Specimen for testing



รูปที่ 4 ทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยอัตราเร็วของหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที

Figure 4 Shear bond strength test with cross-head speed 0.5 mm/min.

Group	Surface treatment		Resin cement
Group 1 (n=10)	5% Hydrofluoric acid	Monobond N	Multilink® N
Group 2 (n=10)			Panavia™ F2.0
Group 3 (n=10)			RelyX™ Unicem Aplicap
Group 4 (n=10)		Scotchbond™ Universal	RelyX™ Ultimate

รูปที่ 2 แผนผังวิธีการเตรียมชิ้นทดลองแต่ละกลุ่ม

Figure 2 Diagram of manipulation methods of each experimental group

นำค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยการจำแนกความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ (Tukey's multiple comparison test)

นำขึ้นงานทดสอบทั้งหมดมาส่องดูลักษณะพื้นผิวของการแตกหักโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (light stereo microscope) ที่กำลังขยาย 30 เท่าเพื่อจำแนกลักษณะการแตกหักของขึ้นงานทดสอบเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ความล้มเหลวในชั้นกลาสเซรามิก การแตกทั้งหมดอยู่ภายในเนื้อกลาสเซรามิกไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (cohesive failure within the ceramic) ความล้มเหลวระหว่างพื้นผิวกลาสเซรามิกกับชั้นเรซินซีเมนต์ การแตกทั้งหมดอยู่ระหว่างชั้นกลาสเซรามิกกับชั้นเรซินซีเมนต์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (adhesive failure

ตารางที่ 1 ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต ส่วนประกอบ ของเรซินซีเมนต์และสารยึดติด

Table 1 Trade names, manufacturers, compositions and application techniques of resin cements and adhesive agents.

Product names and manufacturers	Compositions	Batch number
IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	SiO ₂ (silicon dioxide), Li ₂ O(lithium oxide), K ₂ O(potassium oxide),P ₂ O ₅ (phosphorus pentoxide),ZrO ₂ (zirconium dioxide), ZnO(zinc oxide) other oxides colour oxides	-
IPS Ceramic Etching Gel (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	5% Hydrofluoric acid, water	T29351
Monobond N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Ethanol, water, silane methacrylate, phosphoric acid methacrylate, sulphide methacrylate	T29371
SingleBond™Universal Adhesive (3M ESPE 3M, Seefeld, Germany)	MDP(methacryloxydecyl dihydrogen phosphate monomer), Dimethacrylate resins, HEMA(hydroxyethylmethacrylate), Vitrebond™ Copolymer, Filler, Ethanol, Water, Initiators, Silane	517568
Multilink® N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Base: Dimethacrylate and HEMA (hydroxyethylmethacrylate), filler, t-amine Catalyst: Dimethacrylate and HEMA (hydroxyethylmethacrylate), filler, dibenzoyl peroxide	T34718
Panavia™ F2.0 (Kuraray Co Ltd, Osaka, Japan)	Paste A: 10-MDP(10- methacryloxydecyl dihydrogen phosphate monomer), dimethacrylates, silanated silica, chemical and initiators Paste B: Dimethacrylates, sodium aromatic sulfonate, accelerator, sodium fluoride, silanated barium glass	00292F 00586D
RelyX™ Unicem Aplicap (3M ESPE 3M Seefeld, Germany)	Base: glass powder, methacrylated phosphoric acid esters, TEG-DMA(triethyleneglycoldimethacrylate), silane-treated silica,sodium persulfate Catalyst: glass powder, substituted dimethacrylate, silane-treated silica, sodium p-toluene sulfinate, calcium hydroxide	544943
RelyX™Ultimate Clicker™ (3M ESPE 3M Seefeld, Germany)	Base paste : methacrylate monomers, radiopaque silanated fillers, initiator, stabilizer, rheological additives Catalyst paste : methacrylate monomers, radiopaque alkaline (basic) fillers, initiator, stabilizer, pigments, rheological additives, fluorescence dye, dark cure activator for Scotch-bond Universal	536759

at the ceramic-resin cement interface) ความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ การแตกหักทั้งหมดอยู่ในเนื้อเรซินซีเมนต์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (cohesive failure within the resin cement) และความล้มเหลวแบบผสม มีการแตกระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับกลาสเซรามิก ร่วมกับในเนื้อเรซินซีเมนต์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 (mixed failure at the ceramic-resin cement interface and within cement)

ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดสอบทั้ง 4 กลุ่มและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนมากที่สุดคือ กลุ่มทดสอบเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซม (16.90±2.68 MPa) ตามด้วยกลุ่มทดสอบเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลติเมท (15.12±3.46 MPa) กลุ่มทดสอบเรซินซีเมนต์ชนิด

พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (14.72 ± 3.86 MPa) และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยที่สุดคือ กลุ่มทดสอบเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น (14.27 ± 2.92 MPa)

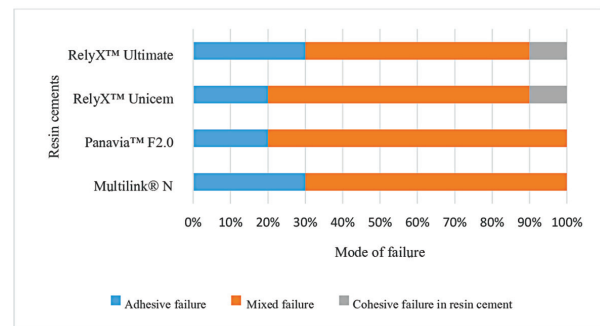
เมื่อนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของทุกกลุ่มทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลักษณะพื้นผิวการแตกหัก

เมื่อนำชิ้นทดสอบมาตรวจดูลักษณะพื้นผิวการแตกหักที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าความล้มเหลวที่พบส่วนใหญ่ เป็นความล้มเหลวแบบผสม มีการแตกหักระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับเซรามิกร่วมกับในเนื้อเรซินซีเมนต์ ความล้มเหลวระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับชั้นเรซินซีเมนต์ และความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ตามลำดับ ทุกกลุ่มทดสอบไม่พบความล้มเหลวในชั้นกลาสเซรามิก ร้อยละของความล้มเหลวที่เกิดขึ้นแต่ละกลุ่มจำแนกได้ตามแผนภาพดังรูปที่ 5

บทวิจารณ์

จากผลการทดลองได้ยอมรับสมมติฐานงานวิจัยว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตชบอนด์ยูนิเวอร์แซลและเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์อัลทิเมตกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตไม่แตกต่างกับเซลฟ์เอตซ์เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น เรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ และเซลฟ์เอตซ์ซีฟเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูนิเซม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Figure 5 Diagram of modes of failure of each experimental group

ปัจจุบันมีคำแนะนำในการปรับสภาพพื้นผิวกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 5-9.5 โดยใช้เวลาในการกัดพื้นผิวเซรามิก 10 วินาที จนถึง 5 นาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต^(5,7-9,20) ในการศึกษาได้ปรับสภาพพื้นผิวกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 20 วินาทีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต โดยการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก กรดจะละลายเมทริกซ์ของกลาสเซรามิกออกทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบลักษณะพื้นผิวกลาสเซรามิกมีความขรุขระมากขึ้น ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติดทางจุลกลศาสตร์ ทำให้เพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติด⁽¹⁴⁾ จากการศึกษาของ Kato และคณะ⁽⁷⁾ เปรียบเทียบการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกด้วยการเป่าทราย ร่วมกับการใช้กรดชนิดต่างๆ พบว่าการกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกและกรดซัลฟิวริก

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มการทดลอง

Table 2 Means and standard deviations of shear bond strengths from each experimental group.

Resin cements	Mean shear bond strengths (MPa)
Multilink® N	14.27 ± 2.92^A
Panavia™ F2.0	14.72 ± 3.86^A
RelyX™ Unicem	16.90 ± 2.68^A
RelyX™ Ultimate	15.12 ± 3.46^A

Groups with the same upper case superscripts are not significantly different ($p > 0.05$).

ไฮโดรฟลูออริก (sulfuric hydrofluoric acid) ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดที่สูงที่สุดสอดคล้องกับการศึกษาของ Özcan และ Vallittu⁽⁸⁾ พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวกระจกเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดสูง แตกต่างจากการปรับสภาพพื้นผิวออกไซด์เซรามิกต้องปรับสภาพพื้นผิวด้วยการเป่าทรายร่วมกับการเคลือบผิวด้วยซิลิกา

ปัจจัยที่สำคัญอีกประการในการเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดคือ การทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีด้วยการทาสารคู่ควบไซเลน ที่เกิดพันธะเคมีกับซิลิกาที่เป็นองค์ประกอบของกระจกเซรามิกและกลุ่มเมทราโครเลตของเรซินซีเมนต์ เป็นวิธีการทางเคมีที่ช่วยเพิ่มพลังงานพื้นผิว (surface energy) ของเซรามิกส์ เพิ่มความสามารถในการไหลแผ่ของเซรามิกส์เสริมให้เรซินซีเมนต์สามารถแทรกซึมเข้าไปในพื้นผิวเซรามิกดีขึ้น^(12,13,21) จากการศึกษาของ Nagai และคณะ⁽¹⁴⁾ ได้นำการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตร่วมกับสารคู่ควบไซเลน พบว่าช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดกับกระจกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต สอดคล้องกับการศึกษาของ Meng และคณะ⁽¹³⁾ พบว่าการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวหรือสองขวดทาบนพื้นผิวของเซรามิก ก่อนการยึดติดขึ้นงานทำให้เกิดการไหลแผ่ของ เรซินซีเมนต์บนพื้นผิวเซรามิกได้ดีขึ้น ส่งผลให้เพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดของขึ้นงานบูรณะ โดยสารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวที่เลือกใช้ในการศึกษานี้คือ โมโนบอนด์เอ็น เป็นสารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียว ใช้งานง่าย และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยส่วนประกอบของโมโนบอนด์เอ็นประกอบด้วย สารคู่ควบไซเลนที่สามารถยึดติดกับกระจกเซรามิก กลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีพี ซึ่งสามารถยึดกับออกไซด์เซรามิก โลหะผสมพื้นฐาน และกลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีดีที (10-MDDT: 10-methacryloyloxydecyl 6,8-dithiooctanoate) ซึ่งสามารถยึดกับโลหะมีตระกูลได้ (noble alloy) ด้วยพันธะเคมี จากการศึกษาของ Azimian และคณะ⁽²²⁾ พบว่าประสิทธิภาพของสารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวชนิดโมโนบอนด์เอ็นร่วมกับเรซินซีเมนต์ในการยึดติดกับกระจกเซรามิกหลังการปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกส์ด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกเปรียบเทียบกับการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวในการเตรียมพื้นผิวกระจกเซรามิก ก่อนการยึดติดขึ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์ พบว่าให้ค่าความแข็งแรงยึดติดดีและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมท มีค่า 15.12 ± 3.46 เมกะปาสคาล ไม่แตกต่างกับเรซินซีเมนต์ระบบอื่น ทำให้ทันตแพทย์สามารถเตรียมผิวกระจกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตเซรามิก ด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดความเข้มข้นร้อยละ 5 และใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลที่มีสารคู่ควบไซเลนเป็นส่วนประกอบร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมท ทำให้ลดขั้นตอนการปรับสภาพขึ้นงานก่อนการยึดติด จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของสารคู่ควบไซเลนที่เป็นส่วนประกอบหนึ่งของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล มีประสิทธิภาพเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวชนิดโมโนบอนด์เอ็นร่วมกับเรซินซีเมนต์ในการยึดขึ้นงานบูรณะชนิดกระจกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมท ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Isolan และคณะ⁽²³⁾ พบว่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารคู่ควบไซเลนในสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลมีค่าไม่แตกต่างกับการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวปรับสภาพพื้นผิวเซรามิกก่อนการใช้เรซินซีเมนต์เมื่อยึดกับกระจกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Kalavacharla และคณะ⁽¹⁹⁾ เปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างการปรับสภาพพื้นผิวด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 9.5 ร่วมกับการใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล และการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวทาบนพื้นผิวกระจกเซรามิกก่อน การใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล พบว่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของการใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลอย่างเดียวมีค่าน้อยกว่าการใช้สารคู่ควบไซเลนแบบขวดเดียวร่วมด้วย การศึกษานี้ได้อภิปรายว่า ประสิทธิภาพของสารคู่ควบไซเลนในสารยึดติดยูนิเวอร์แซลไม่เพียงพอในการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับกระจกเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต จึงได้มีคำแนะนำภายหลังจากการปรับสภาพผิวเซรามิกด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัด และทาสารคู่ควบไซเลนก่อนทำการทาสารยึดติดยูนิเวอร์แซล สามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดของขึ้นงานบูรณะได้มากกว่าการใช้สารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลเพียงอย่างเดียวร่วมกับเรซินซีเมนต์ ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมทอย่างไรก็ตามผลการทดสอบพันธะทางเคมีของการยึดติดควรมีการทดสอบความคงทนในระยะยาว

(long-term) หรือการทดสอบความเสื่อม (aging) ร่วมด้วย ปัจจุบันยังมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารยึดติดสก็อตซ์ บอนด์ยูนิเวอร์แซลกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตน้อย ด้วยข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสารยึดติดยูนิเวอร์แซลกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมทต่อไป

บทสรุป

แนวทางการยึดชิ้นงานกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตกับฟัน การศึกษาส่วนใหญ่ได้แนะนำการปรับสภาพพื้นผิวกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต ด้วยการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดร่วมการใช้สารคู่ควบไซเลน เนื่องจากจะให้ความแข็งแรงยึดติดที่ดีขึ้น^(5,9,14) จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวระยะสั้นของสารยึดติดยูนิเวอร์แซลและเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมทกับกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกตที่ 24 ชั่วโมง ไม่แตกต่างกับเรซินซีเมนต์ระบบอื่น เป็นอีกทางเลือกในการใช้งานทางคลินิก

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม เอส เป้ ประเทศไทย จำกัด (3M ESPE, Thailand) บริษัท ยูนิตี้ เด็นทัล ประเทศไทย จำกัด (Unity Dental, Thailand) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเพื่อการศึกษา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ที่ให้ความแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003; 89(3): 268-274.
2. Toman M TS, Akin A. Bond strength of all-ceramics to tooth structure: using new luting systems. *J Adhes Dent* 2008; 10(5): 373-378.

3. Marocho SM, Özcan M, Amaral R, Bottino MA, Valandro LF. Effect of resin cement type on the microtensile bond strength to lithium disilicate ceramic and dentin using different test assemblies. *J Adhes Dent* 2013; 15(4): 361-368.
4. Peampring C, Sanohkan S. All-ceramic systems in esthetic dentistry: A review. *M Dent J* 2014; 34: 82-90.
5. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil* 2005; 32(2): 128-133.
6. Zortuk M, Kilic K, Gurbulak AG, Kesim B, Uctasli S. Tensile bond strength of a lithium-disilicate pressed glass ceramic to dentin of different surface treatments. *Dent Mater J* 2010; 29(4): 418-424.
7. Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil* 2000; 27(2): 103-110.
8. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003; 19(8): 725-731.
9. Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Valandro LF, et al. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent* 2006; 96(6): 412-417.
10. Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent* 2004; 92(3): 265-273.

11. Della Bona A. Important aspects of bonding resin to dental ceramics. *J Adhes Sci Technol* 2009; 23(7-8): 1163-1176.
12. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater* 2012; 28(5): 467-477.
13. Meng X, Yoshida K, Taira Y, Kamada K, Luo X. Effect of siloxane quantity and ph of silane coupling agents and contact angle of resin bonding agent on bond durability of resin cements to machinable ceramic. *J Adhes Dent* 2011; 13(1): 71-78.
14. Nagai T, Kawamoto Y, Kakehashi Y, Matsumura H. Adhesive bonding of a lithium disilicate ceramic material with resin-based luting agents. *J Oral Rehabil* 2005; 32(8): 598-605.
15. Pekperdahci TTY, Özcan O, Seker E. The effects of different adhesive agents on the shear bond strength of a self-adhesive resin cement. *J Appl Biomater Funct Mater* 2012; 10(2): 149-156.
16. Sirimongkolwattana S, Im-udom P, Adchariyapitak N. Resin cement: Clinical application. *CM Dent J* 2009; 30(1): 266-273. (In Thai)
17. Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *J Dent* 2014; 42(1): 90-98.
18. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? *Compend Contin Educ Dent* 2015; 36(1): 15-28.
19. Kalavacharla V, Lawson N, Ramp L, Burgess J. Influence of etching protocol and silane treatment with a universal adhesive on lithium disilicate bond strength. *Oper Dent* 2015; 40(4): 372-378.
20. Rüttermann S FL, Raab WH, Janda R. The effect of different bonding techniques on ceramic/ resin shear bond strength. *J Adhes Dent* 2008; 10(3): 197-203.
21. Corazza PH, Cavalcanti SC, Queiroz JR, Bottino MA, Valandro LF. Effect of post-silanization heat treatments of silanized feldspathic ceramic on adhesion to resin cement. *J Adhes Dent* 2013; 15(5): 473-479.
22. Azimian F, Klosa K, Kern M. Evaluation of a new universal primer for ceramics and alloys. *J Adhes Dent* 2012; 14(3): 275-282.
23. Isolan CP, Vallente LL, Münchow EA, et al. Bond strength of a universal bonding agent and other contemporary dental adhesives applied on enamel, dentin, composite, and porcelain. *Appl Adhes Sci* 2014; 2(1): 1-10.