การศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างวัสดุบูรณะลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิกและเรซินซีเมนต์สามชนิด

Comparative Study of Shear Bond Strength between Lithium Disilicate Glass Ceramic Restoration and Three Resin Cements

วีรนุช ทองงาม, ศิรินาถ ชีวะเกรียงไกร
ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Weeranuch Thong-ngarm, Sirinart Cheewakriengkrai
Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2558; 36(1) : 13-22
CM Dent J 2015; 36(1) : 13-22

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดใหม่ (รีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท) กับลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิก เปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์สองชนิด คือมัลติลิงค์เอ็นและชนิดเน็กซัสทรี

วัสดุและวิธีการ: เตรียมชิ้นงานจากแท่งเซรามิกไอพีเอสอีแม็กซ์เพรส รูปร่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น เตรียมผิวชิ้นงานเซรามิกด้วย กรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 20 วินาที แล้วสุ่มแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น (n=15) นำชิ้นทดสอบแต่ละกลุ่มมาทาสารคู่ควบไซเลนและยึดด้วยเรซินซีเมนต์ดังนี้ กลุ่มที่ 1 โมโนบอนด์เอ็นร่วมกับมัลติลิงค์เอ็น (MM) กลุ่มที่ 2 ไซเลนไพรเมอร์ร่วมกับเน็กซัสทรี (SN) กลุ่มที่ 3 ซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอด-ฮีซีฟร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัล

Abstract

Objective: To compare shear bond strength of a new resin cement (RelyX™ Ultimate) on two resin cements (Multilink® N and Nexus 3) to lithium disilicate glass ceramic.

Materials and Methods: Sixty cylindrical glass ceramics (IPS e.max press) were fabricated in 4 mm diameter and 3 mm height and surface treated with 5% hydrofluoric acid for 20 s. They were randomly divided into four groups (n=15) by type of silane coupling agent and resin cement: group 1 Monobond N + Multilink® N (MM), group 2 Silane primer + Nexus 3 (SN), group 3 Single bond universal + RelyX™ Ultimate (SR) and group 4 Monobond N + RelyX™ Ultimate (MR)

Corresponding Author:

วีรนุช ทองงาม
อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Weeranuch Thong-ngarm
Lecturer, Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chaing Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.
E-mail: ***weeranuch.th@cmu.ac.th***

ติเมท (SR) กลุ่มที่ 4 โมโนบอนด์เอ็นร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท (MR) ฉายแสง 40 วินาที นำชิ้นงานทั้งหมดแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนของชิ้นงานทั้งหมดด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน นำค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนที่ได้ของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) จำแนกพื้นผิวการแตกหักของแต่ละตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ

ผลการศึกษา: กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนมากที่สุดคือ MR (164.40 ± 45.25 เมกะปาสคาล) และกลุ่ม SR (160.26 ± 55.04 เมกะปาสคาล) ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่ม SN (147.92 ± 39.03 เมกะปาสคาล) ส่วนกลุ่ม MM มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยที่สุด (105.26 ± 38.37 เมกะปาสคาล) ซึ่งมีความแตกต่างกับกลุ่ม MR และ SR แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม SN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะความล้มเหลวส่วนใหญ่เป็นแบบผสมระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับชั้นเรซินซีเมนต์

สรุป: การยึดติดระหว่างลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตทั้งแบบที่ใช้ร่วมกับซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟและใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลน ไม่แตกต่างกับการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดเน็กซัสทรี แต่มีค่าการยึดติดที่ดีกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น

คำสำคัญ: ลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิก ความแข็งแรงยึดเฉือน เรซินซีเมนต์

and light curing 40 s. Specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 h and then loaded in the Universal Testing Machine for shear bond strength test. Statistical analysis of the mean shear bond strength were performed by One-way ANOVA and the Tukey multiple comparison test ($p<0.05$). The failure mode was investigated under Inverted Phase Contrast Microscope.

Results: The mean shear bond strength of MR group was highest (164.40 ± 45.25 MPa) and SR group (160.26 ± 55.04 MPa), but not significant different from SN group (147.92 ± 39.03 MPa). The mean shear bond strength of MM group was lowest (105.26 ± 38.37 MPa) and significantly lower than MR and SR group but not significant different from SN group. The failure mode mostly demanstrated mixed failure.

Conclusion: The bond strength between lithium disilicate glass ceramic to RelyX™ Ultimate resin cement that treated with both of Single bond universal and silane coupling agent were not different from Nexus 3 resin cement but was higher bond strength than Multilink® N resin cement.

Keywords: lithium disilicate glass ceramic, shear bond strength, resin cement

บทนำ

ปัจจุบันการรักษาทางทันตกรรมมุ่งเน้นความสวยงามมากขึ้น ครอบฟันเซรามิกล้วนเป็นที่ต้องการมากกว่าครอบฟันโลหะเคลือบกระเบื้องและครอบฟันโลหะล้วน เนื่องจากเซรามิกเป็นวัสดุที่ให้ความสวยงามสูง มีความโปร่งแสงใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ มีคุณสมบัติที่ไม่นำความร้อน ต้านทานต่อการสึกกร่อนจากสารเคมีและเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในช่องปาก[1]

ครอบฟันเซรามิกล้วนสามารถสร้างขึ้นได้จากเซรามิกหลายชนิดได้แก่ กลาสเซรามิกชนิดเฟลด์สปา (feldspathic porcelain) ครอบฟันระบบนี้มีความใสและสวยงามแต่ความแข็งแรงต่ำ จึงมักใช้พอกผิวด้านนอกของชิ้นงานที่ด้านในมีวัสดุชนิดที่แข็งแรงกว่ารองรับอยู่ กลุ่มต่อไปคือออกไซด์-เซรามิกเช่น อะลูมินาออกไซด์ (alumina oxide) และเซอร์-โคเนียออกไซด์ (zirconia oxide) มักใช้เป็นแกนด้านในของชิ้นงานบูรณะเนื่องจากมีความแข็งแรงมากขึ้นแต่มีสีขาวขุ่น

ไม่สวยงาม เซรามิกที่มีการใช้มากในปัจจุบันอยู่ในกลุ่มของลิวไซด์รีอินฟอร์ซกลาสเซรามิก (leucite reinforced glass ceramic) และลิเทียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิก (lithium disilicate glass ceramic) เป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กลาสเซรามิกโดยการเติมผลึกของสารทั้งสองชนิดเข้าไปให้มีความแข็งแรงมากขึ้นแต่ยังคงความสวยงามอยู่ จึงสามารถใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

ครอบฟันเซรามิกล้วนชนิดขึ้นรูปด้วยการกดอัด (pressable ceramic) เป็นเซรามิกที่ใช้ความร้อนในการหลอมแท่งเซรามิก (ceramic ingot) ที่อุณหภูมิสูง แล้วกดเข้าแม่แบบ (mold) โดยใช้เทคนิกลอสแวกซ์ (lost wax technique) สามารถสร้างชิ้นงานเป็นครอบฟันหรือทำเป็นแกนแล้วใช้พอร์ซเลนพอกทับอีกชั้นหนึ่งได้[2] วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีชื่อทางการค้าคือ ไอพีเอสอีแม็กซ์เพรส (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) โดยมีองค์ประกอบของผลึกลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate crystal) ร้อยละ 60-80 โดยปริมาตร มีค่าความแข็งแรงยึดหยุ่น (flexural strength) สูง สามารถใช้สร้างชิ้นงานอินเลย์ ออนเลย์ ครอบฟันได้ทั้งฟันหน้าและฟันหลัง และสะพานฟัน 3 ยูนิต บริเวณฟันหน้าและฟันกรามน้อย[3,4] และยังมีความโปร่งแสงของวัสดุ มีความต้านทานต่อสารเคมี และมีอัตราการสึกใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติจึงใช้ได้ดีกับคู่สบที่เป็นฟันธรรมชาติ[5]

การยึดชิ้นงานเซรามิกล้วนเข้ากับฟันหลักเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการบูรณะฟันด้วยครอบฟันเซรามิกล้วนให้ประสบความสำเร็จและสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การยึดติดนั้นประกอบด้วยพื้นผิวที่ยึดกันสองส่วน ส่วนแรกคือพื้นผิวของฟันกับเรซินซีเมนต์ (resin cement) อีกส่วนคือเรซินซีเมนต์กับพื้นผิวเซรามิก ปัจจุบันเรซินซีเมนต์เป็นซีเมนต์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความแข็งแรงสูง การละลายตัวภายในช่องปากต่ำ และมีสีเหมือนฟันธรรมชาติให้ความสวยงาม สามารถแบ่งกลุ่มได้อย่างหลากหลายตามเกณฑ์ที่ใช้จัดจำแนก[6,7] เช่น

[1] การจำแนกกลุ่มเรซินซีเมนต์ตามรูปแบบปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ด้วยตัวเอง (auto-cured) การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ด้วยแสง (light-cured) และการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ด้วยตัวเองร่วมกับแสง (dual-cured)

[2] การจำแนกกลุ่มเรซินซีเมนต์ตามระบบและขั้นตอนการใช้สารยึดติด ได้แก่ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอช (total-etch adhesive system) เช่น วาริ-โอลิงค์ทู (Variolink® II) เน็กซัสทรี (Nexus 3) เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอชท์ (self-etch) เช่น มัลติลิงค์เอ็น (Multilink® N) พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (Panavia F® 2.0) และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self adhesive resin cement) เช่น รีไลย์เอ็กซ์ยูสองร้อย (Rely X™ U200) รีไลย์เอ็กซ์ยูนิเซม (Rely X™ Unicem) สปีดเซ็ม (Speedcem™)

การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับวัสดุบูรณะเซรามิกควรมีการปรับสภาพพื้นผิว (surface treatment) ของชิ้นงานเซรามิกให้เกิดความขรุขระโดยเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับชนิดขององค์ประกอบในเซรามิก ถ้าชิ้นงานบูรณะนั้นทำด้วยกลุ่มอะลูมินาออกไซด์เซรามิกควรใช้วิธีการเป่าทราย ถ้าทำด้วยกลาสเซรามิก (glass ceramic) และกลาสอินฟิลเตรทเซรา-มิก (glass infiltrated ceramic) ควรใช้กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) กัดบริเวณพื้นผิวที่เป็นซิลิกา (silica) ร่วมกับใช้สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) เพื่อให้เกิดการยึดติดทางเคมี (chemical bond) ซึ่งให้ค่าแรงยึดติดที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ[8] โดยสารคู่ควบไซเลนเป็นสารที่มีโครงสร้างที่ปลายข้างหนึ่งสามารถจับกับกลุ่มไฮดรอกซี (OH group) บนพื้นผิวของเซรามิกและปลายอีกข้างหนึ่งมีกลุ่มทำงานที่เชื่อมสารยึดติดหรือเรซินซีเมนต์ได้[9]

ปัจจุบันมีการพัฒนาสารยึดติดชนิดใหม่คือ ซิงเกอร์-บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟ (Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) ซึ่งมีการเติมสารบางชนิดลงไปเพื่อเพิ่มการยึดติดกับเนื้อฟันได้ดีขึ้นทั้งในสภาวะที่มีความชื้นหรือแห้ง (moist or dry dentin) เติมสารเอ็มดีพี (MDP) ที่ทำหน้าที่เป็นฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ (functional monomer) ให้การยึดติดทางเคมีกับโครงสร้างฟัน[10,11] และเป็นไพรเมอร์ (primer) สำหรับวัสดุประเภทโลหะ และยังมีการเติมสารคู่ควบไซเลนซึ่งทำหน้าที่เป็นไพร-เมอร์ของวัสดุบูรณะประเภทกลาสเซรามิก (glass ceramic) โดยรูปแบบการใช้งานของซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอด-ฮีซีฟสามารถใช้ได้ทั้งระบบโททัลเอชท์และเซลฟ์เอชท์

การยึดติดวัสดุบูรณะโดยอ้อมเข้ากับเนื้อฟันนั้นซิงเกอร์-บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟถูกแนะนำให้ใช้งานร่วมกับเรซิน

ซีเมนต์ชนิดใหม่คือ รีไลเอ็กซ์อัลติเมท (RelyX™ Ultimate Adhesive Resin Cement, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) การใช้รีไลเอ็กซ์อัลติเมทเป็นซีเมนต์ฉาบยึด (luting cement) ของวัสดุบูรณะชนิดกลาสเซรามิก บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้เตรียมผิววัสดุบูรณะด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid) ตามด้วยการทาซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟซึ่งมีไซเลนเป็นองค์ประกอบ และหากเลือกใช้สารยึดติดในระบบเซลฟ์เอชท์สามารถใช้ซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟในการเตรียมผิวฟันก่อนการยึดด้วยรีไลเอ็กซ์อัลติเมทต่อไป

การศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างวัสดุบูรณะชนิดกลาสเซรามิกและรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมทร่วมกับซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟยังคงมีแต่เพียงข้อมูลของทางบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการใช้งานของสารยึดติดและเรซินซีเมนต์ชนิดดังกล่าวนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานในคลินิกอย่างสูงสุด

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงยึดเฉือน (shear bond strength) ระหว่างวัสดุบูรณะลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิกและเรซินซีเมนต์สามชนิดคือ เน็กซัสทรี (Nexus 3, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) มัลติลิงค์เอ็น (Multilink® N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) และเรซินซีเมนต์ชนิดใหม่คือ รีไลเอ็กซ์อัลติเมท

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมชิ้นงานกลาสเซรามิกชนิดลิเทียมไดซิลิเกต (lithium disilicate) จากแท่งเซรามิกไอพีเอสอีแม็กซ์เพรส (IPS e.max Press) สีเอ็มโอ (MO; Medium Opacity shade) รูปร่างทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น ใช้เรซินอะคริลิกชนิดบ่มตัวได้เอง ยึดชิ้นงานลงในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร โดยให้ชิ้นงานอยู่ตรงกึ่งกลางและผิวหน้าตัดสูงกว่าเรซินอะคริลิก 0.5 มิลลิเมตร ใช้เครื่องขัดกระดาษทราย (Grinder polisher รุ่น MoPaoTM 160E) ในการขัดให้ผิวหน้าตัดของชิ้นงานเสมอขอบของท่อพีวีซี ติดกระดาษกาวเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรบนผิวชิ้นงานเซรามิกเพื่อควบคุมพื้นที่การยึดติดให้เท่ากันทุกชิ้นงาน

เตรียมผิวชิ้นงานเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 5 (IPS ceramic etching gel, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) นาน 20 วินาที แล้วสุ่มแบ่งชิ้นงานเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 15 ชิ้น (n=15) นำไปทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิกนาน 10 นาที เป่าให้แห้ง แล้วทำการทาสารคู่ควบไซเลนและยึดด้วยเรซินซีเมนต์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต กลุ่มที่ 1 (MM) ใช้โมโนบอนด์เอ็น (Monobond N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ร่วมกับมัลติลิงค์เอ็น กลุ่มที่ 2 (SN) ใช้ไซเลนไพรเมอร์ (Silane primer, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) ร่วมกับเน็กซัสทรี กลุ่มที่ 3 (SR) ใช้ซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท กลุ่มที่ 4 (MR) ใช้โมโนบอนด์เอ็นร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท โดยมีกลุ่มการทดลองแสดงดังรูปที่ 1 และส่วนประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 1 โดยหลังจากการทาสารคู่ควบไซเลนลงบนผิวชิ้นงานเซรามิกแล้ววางแบบหล่อ (split mold) ทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตรให้ตรงกับบริเวณที่เจาะรูของกระดาษกาว ทำการผสมเรซินซีเมนต์ลงในแบบหล่อ ปิดทับผิวด้านบนด้วยแผ่นแก้ว จากนั้นฉายแสงบนชั้นเรซินซีเมนต์ด้วยเครื่องฉายแสงบลูเฟส (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) นาน 40 วินาที โดยให้หน้าตัดของเครื่องฉายแสงตั้งฉากกับแผ่นแก้วและผิวหน้าของเรซินซีเมนต์ นำแบบหล่อออกจากชิ้นทดสอบ และนำชิ้นทดสอบทั้งหมดแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนของชิ้นงานทั้งหมดด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (Universal testing machine, Instron® 5566; Instron Limited, Thailand) ความเร็วของหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าความแข็งแรงยึดเฉือนสูงสุดที่ทำให้เรซินซีเมนต์หลุดออกจากเซรามิก โดยมีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล (MPa) นำค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนที่ได้ของแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ (Tukey Multiple Comparison Test)

นำชิ้นทดสอบทั้งหมดมาส่องดูลักษณะพื้นผิวของการแตกหัก โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ และชุดถ่ายภาพอัตโนมัติ (Inverted Phase Contrast Microscope and

Digital camera, Model CK 40 Culture microscope and DP 12 digital camera, Olympus, Japan) กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อจำแนกลักษณะการแตกหักระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ ความล้มเหลวในชั้นเซรามิก (cohesive failure within the ceramic) ความล้มเหลวของการยึดติด (A) ระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure at the ceramic-resin cement interface) ดังแสดงในรูปที่ 2 ความล้มเหลวแบบผสม รูปแบบที่ 1 (M1) เกิดความล้มเหลวของการยึดติดมากกว่าความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ (Mixed failure 1; majority adhesive failure) ดังแสดงในรูปที่ 3 ความล้มเหลวแบบผสม รูปแบบที่ 2 (M2) เกิดความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์มากกว่าความล้มเหลวของการยึดติด (Mixed failure 2; majority cohesive failure within resin cement) ดังแสดงในรูปที่ 4 และความล้มเหลวในชั้นเรซิน-ซีเมนต์ (cohesive failure within resin cement)

ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ากลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนมากที่สุดคือ กลุ่มโมโนบอนด์เอ็นร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท (MR) คือ 164.40 ± 45.25 เมกะปาสคาล ตามด้วยกลุ่มซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์-ซอลแอดฮีซีฟร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมท (SR) คือ 160.26 ± 55.04 เมกะปาสคาล ซึ่งทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มไซเลนไพรเมอร์ร่วมกับเน็กซัสทรี (SN) ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน 147.92 ± 39.03 เมกะปาสคาล ส่วนกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือนน้อยที่สุดคือ กลุ่มโมโนบอนด์เอ็นร่วมกับมัลติลิงค์เอ็น (MM) 105.26 ± 38.37 เมกะปาสคาล ซึ่งมีความแตกต่างกับกลุ่ม MR และ SR แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม SN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 *ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต และส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง*

Table 1 *Trade names, manufacturers and compositions of experimental materials*

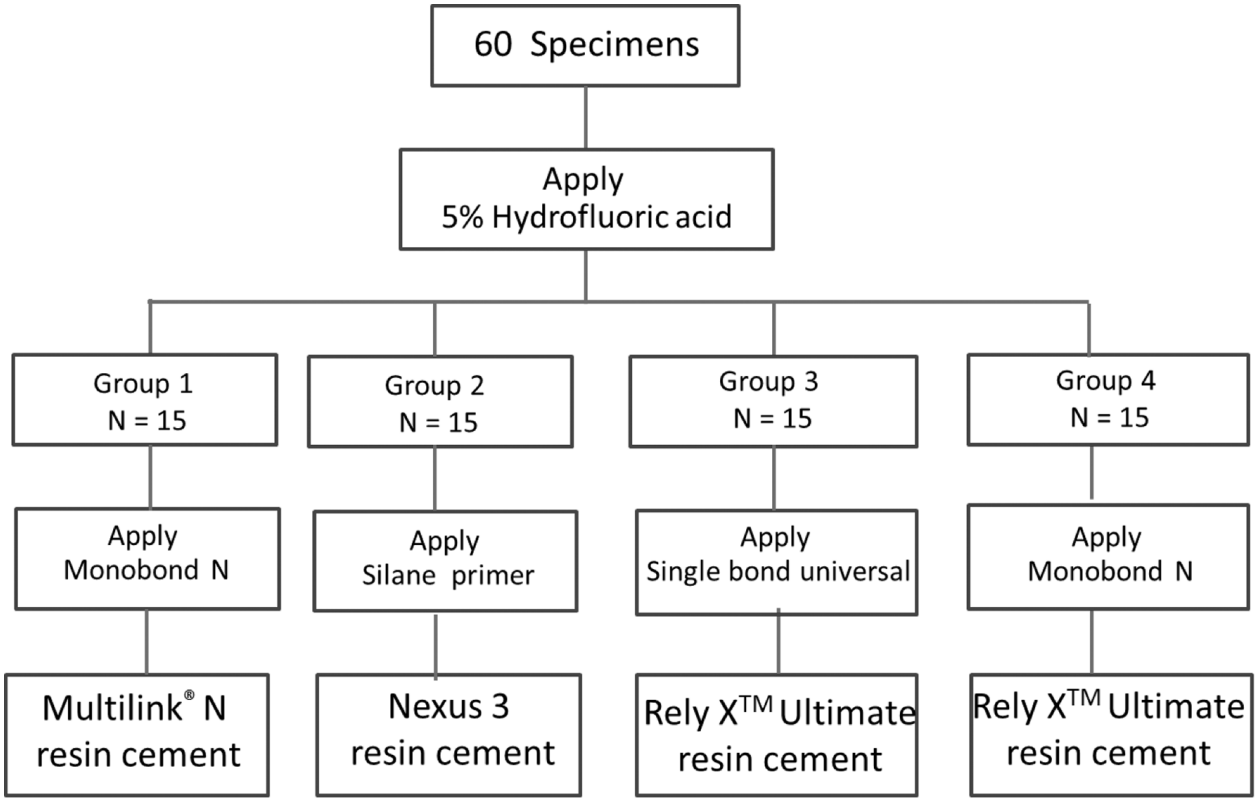
ชื่อทางการค้าของผลิตภัณฑ์ (Trade name)	บริษัทผู้ผลิต (Manufacturer)	ส่วนประกอบ (Composition)	เลขที่ผลิต (Lot No.)
IPS Ceramic Etching Gel (5% HF- Hydrofluoric acid)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Powder of calcium carbonate and sodium carbonate	S 24989
Multilink® N resin cement	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Dimethacrylate, HEMA, barium glass filler and silicon, dioxide filler, ytterbiumtrifluoride, catalysts, stabilizers, pigments	S 17391
Monobond N (primer)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	3-Methacryloxypropyltrimethoxysilane, aethyl alcohol, distrilled water	S 02134
Rely X™ Ultimate resin cement	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Base Paste: Methacrylate monomers, radiopaque, silanated fillers, initiator components, stabilizers, rheological additives Catalyst Paste: Methacrylate monomers, radiopaque alkaline(basic) fillers, initiator components, stabilizers, rheological additives, fluorescence dye, dual-cure activator for Single Bond Universal adhesive	499059
Single Bond Universal Adhesive	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Methacryloxydecyl Phosphate (MDP)Monomer, dimethacrylate resins, HEMA, Methacrylate-modifed polyalkenoic acid copolymer (Vitrebond ™ Copolymer), filler, ethanol, water, initiators, silane	486647
Nexus 3 resin cement	Kerr Corporation, Orange, CA, USA	Uncured Methacrylate Ester Monomers Non-hazardous inert mineral fillers, activators, stabilizers and radiopaque agent	5088544
Silane primer	Kerr Corporation, Orange, CA, USA	Ethyl alcohol, organosilane ester	5035699
IPS e.max Press ceramic (Lithium disilicate - LS_2)	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	SiO_2, LiO_2, K_2O, MgO, ZnO, Al_2O_3, P_2O_5, other oxides	-

ตารางที่ 2 *แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเฉือน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบความล้มเหลวในแต่ละกลุ่มทดลอง*

Table 2 *Means, standard deviations of shear bond strength (MPa) and failure modes of specimens in each Groups.*

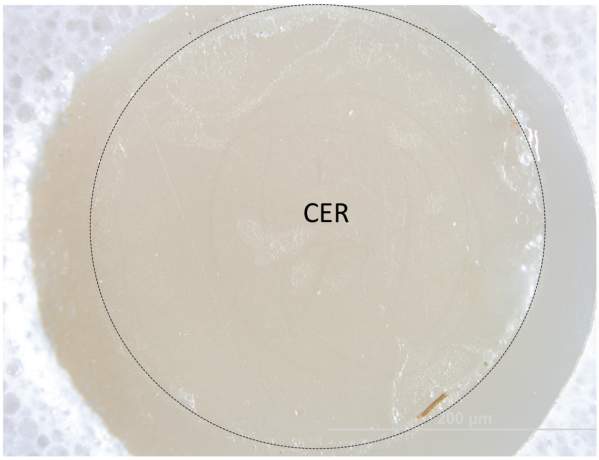
Groups	Code	Type of failure*			Means, standard deviations of shear bond strength (MPa)
		A	M1	M2	
I. Monobond N + Multilink® N	MM	13%	60%	27%	105.26 ± 38.37^{A}
II. Silane primer + Nexus 3	SN	33%	54%	13%	147.92 ± 39.03^{AB}
III. Single bond universal + RelyXTM Ultimate	SR	20%	60%	20%	160.26 ± 55.04^{B}
IV. Monobond N + RelyXTM Ultimate	MR	27%	67%	6%	164.40 ± 45.25^{B}

Within each resin cement, values with the same subscript indicate significant difference ($P < 0.05$)
*Failure type was categorized as : A (Adhesive failure that occurred along the resin cement-ceramic interface);
M1 (Mixed failure majority adhesive failure);
M2 (Mixed failure majority cohesive failure within resin cement)



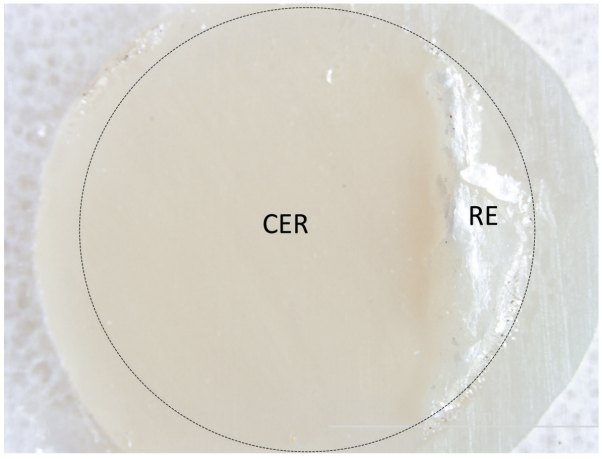
รูปที่ 1 *แผนผังการแบ่งกลุ่มชิ้นงานเซรามิกตามชนิดการเตรียมผิวและชนิดเรซินซีเมนต์*

Figure 1 *Diagram of test groups by type of surface treatment and resin cement.*



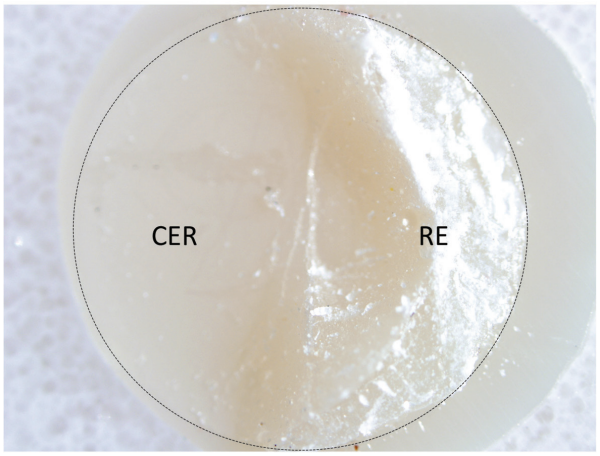
รูปที่ 2 *แสดงความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างพื้นผิวเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ (CER= พื้นผิวกลาสเซรามิก)*

Figure 2 *Representative adhesive failure at the ceramic-resin cement interface. (CER= glass ceramic surface)*



รูปที่ 3 *แสดงความล้มเหลวแบบผสม รูปแบบที่ 1 (M1) เกิดความล้มเหลวของการยึดติดมากกว่าความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ (CER= พื้นผิวกลาสเซรามิก, RE=เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ)*

Figure 3 *Representative mixed failure category 1 (M1); adhesive failure more than cohesive failure within resin cement. (CER= glass ceramic surface, RE=remaining resin cement after shear test)*



รูปที่ 4 *แสดงความล้มเหลวแบบผสม รูปแบบที่ 2 (M2) เกิดความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์มากกว่าความล้มเหลวของการยึดติด (CER= พื้นผิวกลาสเซรามิก, RE=เรซินซีเมนต์ที่หลงเหลืออยู่หลังการทดสอบ)*

Figure 4 *Representative mixed failure category 2 (M2); cohesive failure within resin cement more than adhesive failure. (CER= glass ceramic surface, RE=remaining resin cement after shear test)*

ผลการตรวจสอบลักษณะความล้มเหลว ร้อยละของความล้มเหลวที่เกิดขึ้นสำหรับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่มจำแนกตามตารางที่ 2 โดยไม่พบความล้มเหลวในชั้นเซรามิกหรือในชั้นเรซินซีเมนต์ในทุกกลุ่มการทดลอง โดยส่วนใหญ่พบความล้มเหลวแบบผสมรูปแบบที่ 1 (M1) ซึ่งมีลักษณะของความล้มเหลวของการยึดติดมากกว่าความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการศึกษาค่าการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิก ซึ่งนิยมใช้สร้างชิ้นงานครอบฟันเซรามิกล้วน การเตรียมผิวกลาสเซรามิกนั้นมีหลายวิธีการ เช่น การเป่าทราย (sand blasting) การใช้เลเซอร์ (laser irradiation) หรือการเคลือบผิวด้วยซิลิกา (silica-coating) แต่พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดบริเวณผิวกลาสเซรามิกตามด้วยการทาสารคู่ควบไซเลนเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับในวงกว้าง เนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยาก

และได้ผลการยึดติดที่ดี[12-14]

การประเมินการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิกด้วยการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเฉือนแม้จะมีหลายการศึกษาพบว่าเป็นวิธีการที่ไม่สามารถสะท้อนถึงคุณภาพการยึดติดที่แท้จริงได้[15,16] แต่วิธีการนี้สามารถเตรียมชิ้นงานได้ง่าย เกิดความผิดพลาดในขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานน้อย และแรงเฉือนยังเป็นแรงที่เกิดขึ้นได้บ่อยในทางคลินิก ดังนั้นการทดสอบความแข็งแรงยึดเฉือนจึงเป็นที่นิยมใช้ในการประเมินการยึดติดระหว่างวัสดุสองชนิด[17]

การศึกษานี้มุ่งศึกษาคุณสมบัติการยึดติดระหว่างลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตที่บริษัทแนะนำให้ใช้ร่วมกับซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟ ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ทั้งระบบโททัลเอทช์และเซลฟ์เอทช์ ดังนั้นเรซินซีเมนต์ที่นำมาเปรียบเทียบกันจึงเป็นมัลติลิงค์เอ็น ซึ่งเป็นระบบเซลฟ์เอทช์ และเน็กซัสทรีซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งในระบบโททัลเอทช์หรือเซลฟ์เอทช์ก็ได้ โดยบริษัทผู้ผลิตเรซินซีเมนต์ทั้งสามชนิดมีคำแนะนำในขั้นตอนการเตรียมผิวกลาสเซรามิกเหมือนกัน คือการกัดผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟูออริกแล้วตามด้วยการทาสารคู่ควบไซเลนก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์

จากผลการศึกษาพบว่าค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่ม SN, SR และ MR ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงถึงประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันของระบบการยึดติดของเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตและเน็กซัสทรีกับลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิก และยังแสดงถึงประสิทธิผลของไซเลนที่ผสมอยู่ในซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟที่ให้การยึดติดที่ไม่แตกต่างกับสารคู่ควบไซเลนแบบปกติเมื่อใช้ร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ แต่เนื่องจากซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟเป็นสารยึดติดชนิดใหม่จึงยังไม่พบผลการศึกษาอื่น ๆ ที่ทดสอบผลของไซเลนที่เป็นองค์ประกอบของสารยึดติดชนิดนี้

การศึกษานี้พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเฉือนของกลุ่ม MM มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม SR และ MR อย่างมีนัยสำคัญ เปรียบเทียบกับหลายการศึกษาที่พบค่าความแข็งแรงยึดติดของมัลติลิงค์สูงกว่าเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟ (Panavia™ F, Kuraray, Japan)[13] แต่มีค่าการยึดติดใกล้เคียงกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์ยูนิเซม (RelyX™ Unicem, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) และแม็กเซมอีลีท (Maxcem Elite™, Kerr, Orange, CA, USA)[13,18] สาเหตุหนึ่งที่ในการศึกษานี้พบการยึดติดของมัลติลิงค์เอ็นมีค่าต่ำ อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของซีเมนต์ที่มีความหนืดมากกว่ารีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตและเน็กซัสทรี ทำให้ความแนบสนิทระหว่างเรซินซีเมนต์กับผิวเซรามิกลดลง หลายการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์ที่มีความเปียก (wettability) ที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของการยึดติดสูงขึ้น[17,19]

ลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบโดยส่วนใหญ่เป็นความล้มเหลวแบบผสม รูปแบบที่ 1 (M1) ซึ่งพบความล้มเหลวของการยึดติด (adhesive failure) เกินครึ่งหนึ่งของพื้นที่ยึดติดทั้งหมด และไม่พบความล้มเหลวในเนื้อเซรามิกหรือในเรซินซีเมนต์ (cohesive failure) ในทุกกลุ่มทดลอง แสดงถึงจุดที่มีความอ่อนแอมากที่สุดในการยึดติดคือบริเวณรอยต่อ (interface) ระหว่างเรซินซีเมนต์และผิวของกลาสเซรามิก สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhang และคณะ[17] ซึ่งพบลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกัน

เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการยึดติดของเซรามิกทางทันตกรรมโดยส่วนใหญ่มักจะทดสอบโดยการใช้เรซินซีเมนต์ยึดเซรามิกเข้ากับเนื้อฟัน และความล้มเหลวที่พบส่วนใหญ่มักเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ ซึ่งเป็นจุดที่มีความอ่อนแอมากกว่ารอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิก[20,21] ดังนั้นผลการศึกษาที่คล้ายคลึงและสามารถนำมาอ้างอิงหรือเปรียบเทียบกับการศึกษาในครั้งนี้จึงยังมีไม่มากนัก นอกจากนี้รีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์และซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผู้ผลิตมุ่งหวังในการลดขั้นตอนการทำงาน จึงควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสมต่อไป

บทสรุป

ภายใต้ขอบเขตการศึกษานี้สรุปได้ว่าการยึดติดระหว่างลิเธียมไดซิลิเกตกลาสเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตทั้งแบบที่ใช้ร่วมกับซิงเกอร์บอนด์ยูนิเวอร์ซอลแอดฮีซีฟและใช้ร่วมกับสารคู่ควบไซเลนไม่แตกต่างกับการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดเน็กซัสทรี แต่มีค่าการยึดติดที่ดีกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม ประเทศไทย จำกัด (แผนก 3M ESPE) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเพื่อทำการศึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Keneth JA. Dental ceramics. *Phillip's Science of Dental Material* Vol.11th Edition. 2003; 655-715.
2. Denry IL. All ceramic restoration. *Contemporary fixed Prosthodontics* 2000; 643-672.
3. Giodano RA. Dental ceramic restorative system. *Compend Contin Educ Dent* 1996; 17: 779-782.
4. Van Dijken JW. All-ceramic restorations: classification and clinical evaluations. *Compend Contin Educ Dent* 1999; 20: 1115-1124.
5. Sorensen JA. The IPS Empress 2 System: Defining the Possibilities. *QDT* 1999; 2: 153-163.
6. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007; 28: 3757-3785.
7. Thong-ngarm W, Boonsiri I, Arunpraditkul S. Consideration factors for post and core with crown restorations. *CM Dent J* 2011; 32: 15-28.
8. Jardel V, Degrange M, Picaerd B, Derrien G. Correlation of topography to bond strength of etched ceramic. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 59-64.
9. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007; 51: 453-471.
10. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83: 454-458.
11. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-235.
12. Stewart GP, Jain P, Hodges J. Shear bond strength of resin cements to both ceramic and dentin. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 277-284.
13. Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Valandro LF, Gutierrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, Del Castillo-Salmeron R, Bottino MA. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 412-417.
14. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater* 2014; 30: e147-162.
15. ISO TS 11405:2003, Dental materials-Testing of adhesion to tooth structure.
16. Schreiner RF, Chappell RP, Glaros AG, Eick JD. Microtensile testing of dentin adhesives. *Dent Mater* 1998; 14: 194-201.
17. Zhang X, Chai ZG, Wang H, Wang YJ, Chen JH. Influence of different adherend materials and combinations on in vitro shear bond strength. *Dent Mater J* 2013; 32: 622-627.
18. Sabatini C, Patel M, D'Silva E. In vitro shear bond strength of three self-adhesive resin cements and a resin-modified glass ionomer cement to various prosthodontic substrates. *Oper Dent* 2013; 38: 186-196.

19. Fleming GJ, El-Lakwah SF, Harris JJ, Marquis PM. The influence of interfacial surface roughness on bilayered ceramic specimen performance. *Dent Mater* 2004; 20: 142-149.
20. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent* 2011; 36: 266-273.
21. Toman M, Toksavul S, Akin A. Bond strength of all-ceramics to tooth structure: using new luting systems. *J Adhes Dent* 2008; 10: 373-378.