

## กำลังแรงยึดเหนี่ยวของเซอรโคเนียกับเรซินซีเมนต์เมื่อใช้สารยึดติดชนิดต่าง ๆ

### Shear Bond Strengths of Zirconia/Resin Cement Using Different Adhesives

อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ<sup>1</sup>, นันทวรรณ กระจ่างตา<sup>1</sup>, ตุลย์ ศรีอัมพร<sup>2</sup>, นียม อังรงค์อนันต์สกุล<sup>3</sup>

Awiruth Klaisiri<sup>1</sup>, Nantawan Krajangta<sup>1</sup>, Tool Sriamporn<sup>2</sup>, Niyom Thamrongananskul<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาทันตกรรมทันตการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี

<sup>1</sup>Division of Operative dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Pathumthani.

<sup>2</sup>สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี

<sup>2</sup>Division of Prosthodontics, College of Dental medicine, Rangsit University, Pathumthani.

<sup>3</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

<sup>3</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok.

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาลำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินซีเมนต์ เมื่อใช้สารยึดติดที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันในองค์ประกอบ 2 ผลิตภัณฑ์ (adhesives) ได้แก่ ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลและตัวกระตุ้นบ่มตัวสองรูปแบบ (Single Bond Universal+dual cure activator, SU) เอ็กไซท์เอฟดีเอสซี (Excite F DSC, EX) และสารไพรเมอร์ (primer) 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ อัลลอยไพรเมอร์ (Alloy primer, AP) ฟังชันงานเซอรโคเนียขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้นลงในท่อพีวีซีด้วยยิปซัมทางทันตกรรม นำไปขัดผิวหน้าด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์ที่ระดับความหยาบ 600 กริท แบ่งกลุ่มของชิ้นงานออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ตามการปรับสภาพผิวหน้าของเซอรโคเนีย ได้แก่ กลุ่มที่ 1 AP กลุ่มที่ 2 SU กลุ่มที่ 3 AP+SU กลุ่มที่ 4 EX กลุ่มที่ 5 AP+EX กลุ่มที่ 6 ไม่มีการปรับสภาพผิว (no tx) ใช้แม่แบบซิลิโคนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร วางบนผิวหน้าของชิ้นงานที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว ฉีดเรซินซีเมนต์ลงในรูแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที แกะแม่แบบออกและนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นแล้วเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำชิ้นงานไปหาลำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากลที่ความเร็วหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที คำนวณกำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ผิวรอยต่อระหว่างเซอรโคเนียและเรซินซีเมนต์ในหน่วยเมกะพาสคาล วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทุกคู่ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่า กำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 6 คือ AP;14.12±2.56 SU;19.25±2.00 AP+SU;23.53±2.15 EX;18.93±1.93 AP+EX;22.91±2.14 และ no tx;8.05±1.64 เมกะพาสคาลตามลำดับ โดยกำลังแรงยึดเหนี่ยวกลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 5 ไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) โดยกลุ่มที่ 6 มีกำลังแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p<0.05$ ) จึงสรุปได้ว่า การใช้สารไพรเมอร์ที่มีเอมตีฟร่วมกับสารยึดติดจะทำให้กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียและเรซินซีเมนต์ที่สูงกว่าการใช้สารยึดติดหรือการใช้สารไพรเมอร์เพียงอย่างเดียว การใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล/สารยึดติดที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันสามารถใช้ทดแทนการใช้สารไพรเมอร์ที่มีเอมตีฟในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียได้

**คำสำคัญ:** กำลังแรงยึดเหนี่ยว, เซอรโคเนีย, เรซินซีเมนต์, สารยึดติด, เอ็มตีฟ

## Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of two different adhesives containing phosphate monomer [Single Bond Universal+dual activator (SU), Excite F DSC (EX)] and one primer containing MDP [Alloy primer (AP)] application on zirconia/resin cement bond strength. Sixty zirconia disks (6 mm diameter, 4 mm thick) were prepared and embedded in dental gypsum. Specimens were polished with 600 grit silicon carbide paper. The samples were randomly divided into six groups (N=10 in each group) according to different treatments applied on zirconia surfaces: Group1 (AP), Group2 (SU), Group3 (AP+SU), Group4 (EX), Group5 (AP+EX) and Group6 (no tx). A silicone template (3 mm diameter, 2 mm thick) was placed on top of treated zirconia surface. The resin cement was filled into the mold and then light-cured for 40 seconds. All bonded specimens were kept in distilled water at 37°C for 24 hours and they were subjected to shear bond strength measurement using a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The data were statistically analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test ( $\alpha=0.05$ ). The shear bond strengths of Group1 to Group 6 were AP;14.12±2.56, SU;19.25±2.00, AP+SU;23.53±2.15, EX;18.93±1.93, AP+EX;22.91±2.14, and no tx;8.05±1.64 MPa, respectively. The bond strengths of Group3 and Group5 were significantly higher than those of Group1, Group2, Group4, and Group6 ( $p<0.05$ ). However, Group6 showed the lowest bond strength ( $p<0.05$ ). In conclusion, the primer containing MDP application followed by adhesive application increased shear bond strength between zirconia and resin cement. The universal adhesive/adhesive containing phosphate monomer may be alternative to the primer containing MDP for zirconia surface treatment.

**Keywords:** Shear bond strength, Zirconia, Resin cement, Adhesive, MDP

Received Date: Jan 28, 2019

Revised Date: Mar 22, 2019

Accepted Date: May 7, 2019

Doi: 10.14456/jdat.2019.43

### ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

อวิรุทธ์ คล้ายศิริ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 99 หมู่ 18 ถ.พหลโยธิน อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 ประเทศไทย  
โทรศัพท์ 02-9869051 โทรสาร 02-9869205 อีเมล: Dentton@hotmail.com

### Correspondence to:

Awiruth Klaisiri, Faculty of Dentistry, Thammasat University 99 M.18 Klongluang, Pathumthani, 12120 Thailand. Tel: 02-9869051  
Fax: 02-9869205 E-mail: Dentton@hotmail.com

## บทนำ

เซอร์โคเนีย (zirconia) เป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานทันตกรรม โดยเฉพาะการผลิตชิ้นงานจากห้องปฏิบัติการ เช่น อินเลย์ ออนเลย์ ครอบฟัน และ สะพานฟัน เป็นต้น เซอร์โคเนียเป็นเซรามิกที่มีความแข็งแรงและสวยงาม สามารถเข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี (biocompatibility) มีความคงทนของสี (long-term color stability) ต้านทานต่อการสึก (wear resistance) และมีความสำเร็จทางคลินิกที่ดี<sup>1-3</sup>

ความสำเร็จทางคลินิกของเซอร์โคเนียขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งคือ การเตรียมผิวเซอร์โคเนีย และการยึดชิ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์ การเตรียมผิวของเซอร์โคเนียมีทั้งแบบเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical bond) และแบบการยึดติดทางเคมี (chemical bond) โดยการเตรียมผิวเซอร์โคเนียแบบเชิงกลระดับจุลภาคทำได้หลายวิธีเพื่อให้เกิดแรงยึดที่สูง เช่น การพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum oxide sandblasting)<sup>4</sup>

การทำไตรโบเคมีคอลด้วยซิลิกา (tribochemical silica coating)<sup>5</sup> การกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกในสภาวะที่ไม่ปกติ<sup>6</sup> เป็นต้น ส่วนการยึดติดทางเคมีทำได้โดยใช้สารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน (phosphate functional monomer) ปรับสภาพผิวของเซอริโคเนีย โดยสารมอนอเมอร์เหล่านั้นจะไปเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวของเซอริโคเนีย ส่งผลให้เกิดแรงยึดที่สูงขึ้น มีการศึกษามากมาย รายงานถึงการใส่สารไพรเมอร์ที่ประกอบด้วยสารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันสามารถเพิ่มค่าแรงยึดติดระหว่างเซอริโคเนียและเรซินซีเมนต์/เรซินคอมโพสิตได้<sup>7-11</sup>

สารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ สารเทิน-เมทาคริลอยด์ออกซีดีซิลไดไฮโดรเจนฟอสเฟต หรือสารเอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, MDP) สารเอ็มดีพีสามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของวัสดุทางทันตกรรมได้ เช่น โลหะผสมพื้นฐาน (base metal alloy)<sup>12,13</sup> และเซอริโคเนีย<sup>7-11</sup> ยิ่งไปกว่านั้นสารเอ็มดีพียังสามารถเกิดพันธะทางเคมีกับโครงสร้างของฟันทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันได้อีกด้วย<sup>14,15</sup> จึงได้มีการนำสารเอ็มดีพีมาใส่ในสารไพรเมอร์ เช่น อัลลอยไพรเมอร์ (alloy primer) ซีไพรเมอร์พลัส (Z primer plus) เป็นต้น เพื่อปรับสภาพผิวของเซอริโคเนียให้เกิดการยึดติดทางเคมีที่ดีขึ้นระหว่างเซอริโคเนียและเรซินซีเมนต์<sup>11</sup> ปัจจุบันได้มีการนำสารเอ็มดีพีหรือสารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันมาใช้ไว้ในสารยึดติด เช่น สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (universal adhesive) สารยึดติดผลิตภัณฑ์เอกไซต์เอฟดีเอสซี (excite F DSC) เป็นต้น เพื่อหวังผลให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับโครงสร้างฟันและวัสดุที่มีชั้นออกไซด์ มีการศึกษามากมายรายงานถึงความสำเร็จของการนำสารยึดติดที่มีเอ็มดีพีมาใช้ในการปรับสภาพผิวเซอริโคเนีย เพื่อเพิ่มกำลังแรงยึดระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์<sup>16-19</sup> Al Jaedi และคณะ ปี ค.ศ. 2017 รายงานว่า ค่ากำลังแรงยึดของกลุ่มที่ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอริโคเนียมีค่า 10.74 เมกะพาสคาล และเมื่อทำการปรับสภาพผิวเซอริโคเนียด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลที่มีเอ็มดีพี ค่ากำลังแรงยึดระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์เพิ่มขึ้นอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติเป็น 20.21 เมกะพาสคาล<sup>17</sup> นอกจากนี้ Kim และคณะ ปี ค.ศ. 2015 ได้รายงานค่ากำลังแรงยึดของการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลในการปรับสภาพผิวของเซอริโคเนียมีค่า 37.7 เมกะพาสคาล ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้อัลลอยไพรเมอร์ปรับสภาพผิวเซอริโคเนียซึ่งมีค่า 26.9 เมกะพาสคาล<sup>11</sup> แต่การศึกษาของ Xie และคณะ ปี ค.ศ. 2016 กลับไม่พบความแตกต่างของการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลและสารไพรเมอร์ที่มีเอ็มดีพีในการปรับสภาพผิวเซอริโคเนีย<sup>19</sup>

ปัจจุบันยังมีการศึกษาที่รายงานค่ากำลังแรงยึดของการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลในการปรับสภาพผิวของเซอริโคเนียที่แตกต่างกันออกไป และการศึกษาที่ใช้สารไพรเมอร์ที่มีเอ็มดีพีแล้วตามด้วยการทาสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลนั้นยังมีรายงานออกมาไม่มาก และผลการศึกษาที่ได้ยังมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์โดยการปรับสภาพผิวเซอริโคเนียด้วยอัลลอยไพรเมอร์ สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล และสารยึดติดที่มีมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน เปรียบเทียบกับการศึกษานี้ โดยมีสมมติฐานการศึกษาคือ กำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ โดยใช้สารไพรเมอร์ที่มีเอ็มดีพีร่วมกับสารยึดติด และการใช้สารยึดติด/สารไพรเมอร์ที่มีเอ็มดีพีเพียงอย่างเดียวมีค่าแตกต่างกัน และกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ โดยใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล สารยึดติดที่มีมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน และสารไพรเมอร์ที่มีเอ็มดีพีมีค่าแตกต่างกัน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สารไพรเมอร์ (Alloy primer) สารยึดติด (Singlebond universal, Excite F DSC) และเรซินซีเมนต์ (Multilink N) ที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารไพรเมอร์ สารยึดติดและเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษานี้

Table 1 Primer, adhesives and resin cement used in the study.

Material	Composition
Alloy primer (Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japan) Lot: 580093	MDP, VBATDT, acetone
Singlebond universal (3M, Deutschland GmbH, Neuss, Germany) Lot: 483316	MDP, Bis-GMA, HEMA, DMA, methacrylate functional copolymer, silane, filler, initiators, ethanol, water

ตารางที่ 1 สารไพรเมอร์ สารยึดติดและเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

Table 1 Primer, adhesives and resin cement used in the study. (cont.)

Material	Composition
Singlebond universal dual cure activator (3M, Deutschland GmbH, Neuss, Germany) Lot: 472079	sodium toluene sulfinate and ethanol
Excite F DSC (Ivoclar vivadent, AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein) Lot: W86930	Bis-GMA, ethanol, HEMA, phosphonic acid acrylate, potassium fluoride
Multilink N (Ivoclar vivadent, AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein) Lot: W34404	Pastes of dimethacrylates, HEMA, inorganic fillers, ytterbiumtrifluoride, benzoylperoxide, initiators, stabilizers and pigments

Abbreviations: 10-MDP, 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; VBATDT, 6-(4-vinylbenzyl-n-propyl) amino-1,3,5-triazine-2,4-dithione; Bis-GMA, bisphenol A-glycidyl methacrylate; HEMA, 2-hydroxyethyl methacrylate; DMA, dimethacrylate.

### การเตรียมชิ้นงานเซอโรโคเนีย

เตรียมชิ้นงานเซอโรโคเนียที่เผาอย่างเต็มที่ (fully sintered zirconia disk) จากเซอโรโคเนียบล็อก (VITA YZ HT, VITA Zahnfabrik, Germany) จำนวน 60 ชิ้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และสูง 4 มิลลิเมตร ทำรอยบากที่ด้านข้างของเซอโรโคเนียเพื่อสร้างการยึดติดเชิงกลกับยิปซัมทางทันตกรรม ผึ่งชิ้นเซอโรโคเนียลงในท่อพีวีซีโดยยึดด้วยยิปซัมทางทันตกรรม จัดให้ผิวหน้าของเซอโรโคเนียสูงจากผิวของยิปซัมประมาณ 1 มิลลิเมตร<sup>20</sup> ทิ้งไว้จนยิปซัมแข็งตัว จากนั้นนำชิ้นงานไปขัดผิวหน้าด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ที่ความหยาบ 600 กริท (3M Wetordry abrasive sheet, 3M, Minnesota, USA) ภายใต้น้ำหล่อเลี้ยงด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ (Nano 2000 grinder-polisher with a FEMTO 1000 polishing head, Pace Technologies, Arizona, USA) ด้วยน้ำหนักรัด 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที ในทิศทางเข็มนาฬิกา ขณะที่ชิ้นงานจะหมุนตามเข็มนาฬิกา ซึ่งใช้เวลาขัด 2 นาทีต่อชิ้นงาน จากนั้นนำชิ้นงานไปทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaner VI, Yoshida dental trade distribution Co., Tokyo, Japan) เป็นเวลา 15 นาที

แบ่งกลุ่มของชิ้นงานออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ตามการปรับสภาพผิวหน้าของเซอโรโคเนีย ดังต่อไปนี้

- กลุ่มที่ 1: อัลลอยไพรเมอร์ (AP)
- กลุ่มที่ 2: ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลและตัวกระตุ้นบ่มตัวสองรูปแบบ (SU)
- กลุ่มที่ 3: อัลลอยไพรเมอร์+ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลและตัวกระตุ้นบ่มตัวสองรูปแบบ (AP+SU)
- กลุ่มที่ 4: เอ็กซีไซต์เอพดีเอสซี (EX)

กลุ่มที่ 5: อัลลอยไพรเมอร์+เอ็กซีไซต์เอพดีเอสซี (AP+EX)

กลุ่มที่ 6: ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอโรโคเนีย

### การปรับสภาพผิวของเซอโรโคเนียก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์

#### การทำด้วยอัลลอยไพรเมอร์

นำเทปกาวหน้าเดียว (Scotch blue Painter's tape, 3M, Minnesota, USA) ที่มีความหนาประมาณ 80 ไมโครเมตร ตัดให้มีความกว้างและความยาว 10 มิลลิเมตร และเจาะรูให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร พร้อมกับตัดด้านข้างให้ถึงรูวงกลมด้านใดด้านหนึ่ง การตัดนี้เพื่อให้ง่ายต่อการดึงเทปกาวออกในภายหลัง ติดเทปกาวดังกล่าวลงบนผิวเซอโรโคเนีย แล้วใช้ฟู่กันขนาดเล็ก (applicator Tips, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ชุบอัลลอยไพรเมอร์แล้วทาที่ผิวของเซอโรโคเนียที่เตรียมไว้ให้ทั่ว 1 รอบ แล้วใช้ฟู่กันด้ามใหม่ชุบสารไพรเมอร์ที่กองอยู่ตามขอบในวงของแผ่นเทปกาวให้หมด จากนั้นเป่าด้วยลมจากทริปปิเปิ้ลไชรินจ์ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าจนอัลลอยไพรเมอร์บนผิวเซอโรโคเนียแห้งสนิท เก็บชิ้นงานในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการสัมผัสกับฝุ่นละอองสกปรก ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป

#### การทำด้วยสารยึดติด

ใช้ฟู่กันขนาดเล็ก ชุบสารยึดติดแล้วทาที่ผิวหน้าของเซอโรโคเนียให้ทั่ว 1 รอบ แล้วใช้ฟู่กันด้ามใหม่ชุบสารยึดติดที่กองอยู่ตามขอบในวงของแผ่นเทปกาวให้หมด จากนั้นใช้ลมจากทริปปิเปิ้ลไชรินจ์ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าเพื่อกำจัดตัวทำละลายให้ระเหยออกจากผิวหน้าของเซอโรโคเนียจนแห้งสนิท โดยสังเกตได้จากไม่มีการไหลของสารและผิวหน้าเซอโรโคเนียมีความมันเงา

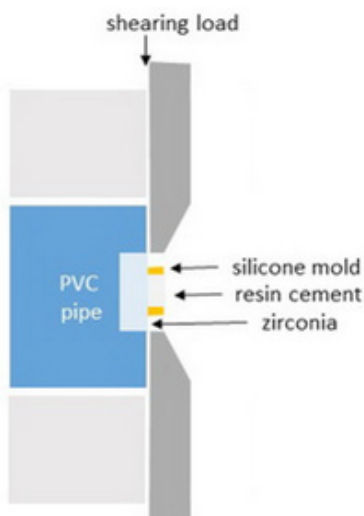
เก็บชิ้นงานในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการสัมผัสกับฝุ่นละอองสกปรก ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป

### การยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ

นำแม่แบบซิลิโคน (Honigum putty, DMG GmbH, Hamburg, Germany) ที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร วางลงบนผิวหน้าเซอริโคเนียที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยให้แม่แบบที่จะใช้บรรจุเรซินซีเมนต์นั้นอยู่ตรงและครอบคลุมรูของเทปกาวหน้าเดียว จากนั้นฉีดเรซินซีเมนต์ (Multilink N, Ivoclar vivadent, AG, FL-9494 Schaan, Liechtenstein) ลงในแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว โดยให้ปลายท่อหน้าแสงตั้งฉากและแนบชิดกับผิวหน้าของแม่แบบ จากนั้นค่อย ๆ แกะแม่แบบและเทปกาวออกด้วยความระมัดระวัง ฉายแสงซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 40 วินาที ที่ตั้งไว้ 10 นาที เพื่อให้เกิดพอลิเมอร์สมบูรณ์ จากนั้นนำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่น โดยเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Incubator; Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., Korokoro, Lower Hutt, New Zealand)

### การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

นำชิ้นทดสอบยึดเข้ากับอุปกรณ์เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน โดยให้แนวระนาบของปลายมีดที่ใช้ทดสอบแรงเฉือน (shearing blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ และให้อยู่ห่างประมาณ 1 มิลลิเมตร (รูปที่ 1) แล้วทำการทดสอบวัดกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine; EZ-S 500N, Shimadzu corporation, Kyoto, Japan) ที่ความเร็วของหัวกด (crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที ค่าแรงยึดเฉือนโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของเรซินซีเมนต์ที่สัมผัสกับเซอริโคเนีย ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเมกะพาสคาล



รูปที่ 1 องค์ประกอบของการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน

Figure 1 Shear bond strength test configuration

### การศึกษารูปแบบความล้มเหลว

การศึกษารูปแบบความล้มเหลวหลังการแตกหัก โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อดูรูปแบบความล้มเหลว (mode of failure) ของแรงยึดติดระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ สามารถแบ่งเป็น 3 แบบ คือ 1) การยึดไม่อยู่ (adhesive failure) เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของเซอริโคเนียและเรซินซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวเซอริโคเนียจะไม่พบเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่เลย 2) การเชื่อมแน่นล้มเหลว (cohesive failure) เกิดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ เมื่อดูบนผิวเซอริโคเนียจะพบเรซินซีเมนต์ติดที่ผิวเซอริโคเนียอยู่ทั้งหมด 3) การล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) เกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่และการเชื่อมแน่นล้มเหลว เมื่อดูผิวเซอริโคเนียจะพบเรซินซีเมนต์ติดบนผิวเซอริโคเนียอยู่เป็นหย่อม ๆ

### สถิติที่ใช้ทดสอบ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ (Tukey's multiple comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### ผลการศึกษา

การวิจัยนี้ไม่พบการแตกหักของชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน (prematurely failed specimen) ในทุกกลุ่มการทดลอง

ค่ากำลังแรงยึดเฉือนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงไว้ในตารางที่ 2

โดยค่ากำลังแรงยึดเฉือนของ กลุ่มที่ 3 (AP+SU) และ กลุ่มที่ 5 (AP+EX) มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 (AP) กลุ่มที่ 2 (SU) กลุ่มที่ 4 (EX) และกลุ่มที่ 6 (no tx) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และพบว่ากลุ่มที่ 6 (no tx) มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

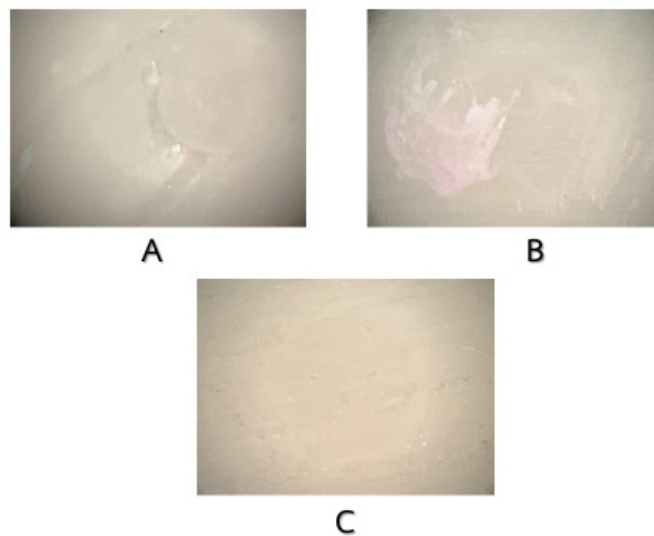
รูปแบบความล้มเหลวที่พบภายหลังจากการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอริโคเนียกับเรซินซีเมนต์ (ตารางที่ 2) โดยกลุ่มที่ 1 (AP) พบการล้มเหลวแบบผสมร้อยละ 90 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 10 กลุ่มที่ 2 (SU) และ กลุ่มที่ 4 (EX) พบการล้มเหลวแบบผสมร้อยละ 80 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 20 กลุ่มที่ 3 (AP+SU) และ กลุ่มที่ 5 (AP+EX) พบการล้มเหลวแบบผสมร้อยละ 60-70 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 30-40 และในกลุ่มที่ 6 (no tx) พบการล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 ตัวอย่างรูปแบบความล้มเหลวได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ค่ากำลังแรงยึดเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะพาสคาล) และรูปแบบความล้มเหลว

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

Group	Mean bond strength (SD)	Mode of failure		
		Adhesive	Mixed	Cohesive
1. (AP)	14.12 (2.56) <sup>a</sup>	0	90	10
2. (SU)	19.25 (2.00) <sup>b</sup>	0	80	20
3. (AP+SU)	23.53 (2.15) <sup>c</sup>	0	60	40
4. (EX)	18.93 (1.93) <sup>b</sup>	0	80	20
5. (AP+EX)	22.91 (2.14) <sup>c</sup>	0	70	30
6. (no tx)	8.05 (1.64) <sup>d</sup>	100	0	0

The value with identical letters indicates no statistically significant difference



รูปที่ 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปแสดงรูปแบบความล้มเหลว

- A. การเชื่อมแน่นล้มเหลวในเรซินซีเมนต์
- B. การล้มเหลวแบบผสม
- C. การยึดไม่อยู่บนผิวของเซอร์โคเนีย

Figure 2 Illustrations from stereo microscope Show mode of failure

- A. Cohesive failure in resin cement
- B. Mixed failure
- C. Adhesive failure in zirconia surface

## บทวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์ โดยใช้สารไพรเมอร์ที่มีเอมดีพีร่วมกับสารยึดติด (AP+SU, AP+EX) และการใช้สารยึดติด/สารไพรเมอร์ที่มีเอมดีพีเพียงอย่างเดียว (AP, SU, EX) มีค่าแตกต่างกัน และกำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ โดยใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (SU) สารยึดติดที่มีมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน (EX) และสารไพรเมอร์ที่มีเอมดีพี (AP) มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานแรกที่ตั้งไว้และปฏิเสธสมมติฐานที่สอง

รูปแบบความล้มเหลวที่เกิดขึ้น พบว่ากลุ่มที่ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียเป็นแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 ส่วนกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพรเมอร์ หรือสารยึดติดเป็นแบบผสมร้อยละ 80-90 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวย้อยละ 10-20 ส่วนกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพรเมอร์แล้วตามด้วยการทาสารยึดติดเป็นแบบผสมร้อยละ 60-70 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวย้อยละ 30-40 ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดที่ได้ โดยพบว่ากลุ่มที่มีกำลังแรงยึดต่ำจะให้รูปแบบความ

ล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่มากที่สุด<sup>17</sup> โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim และคณะ ปี ค.ศ. 2015<sup>11</sup> และ Al Jeaidi และคณะ ปี ค.ศ. 2017<sup>17</sup> เซอร์โคเนียเป็นเซรามิกที่มีชั้นออกไซด์เป็นองค์ประกอบ<sup>21</sup> โดยชั้นออกไซด์นี้มีความสำคัญในการเกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างเซอร์โคเนียกับสารเคมีที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน เช่น อัลลอยไพโรเมอร์ สารยึดติด เป็นต้น เมื่อทาสารไพโรเมอร์หรือสารยึดติดที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันลงบนผิวเซอร์โคเนีย ปลายข้างที่มีหมู่ฟอสเฟตจะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของเซอร์โคเนีย<sup>9</sup> ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นคาร์บอนพันธะคู่จะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์กับสารยึดติดหรือเรซินซีเมนต์ได้

อัลลอยไพโรเมอร์เป็นสารไพโรเมอร์ที่มีเอมตีพีเป็นมอนอเมอร์หลัก โดยเอมตีพีเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันซึ่งสามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของเซอร์โคเนียได้ มีการศึกษามากมาย พบว่าสารเอมตีพีเกิดการยึดติดทางเคมีที่ดีกับเซอร์โคเนีย<sup>7-10</sup> จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อทาสารที่มีเอมตีพีหรือสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันบนผิวเซอร์โคเนียจะให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim และคณะ ปี ค.ศ. 2015 พบว่าการใช้อัลลอยไพโรเมอร์ทาบนเซอร์โคเนียก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะเพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ได้<sup>11</sup> การศึกษาของ Tanis และคณะ ปี ค.ศ. 2015 รายงานว่า การใช้สารไพโรเมอร์ที่มีเอมตีพีปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะทำให้ได้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงขึ้น<sup>10</sup> และการศึกษาของ Al Jeaidi และคณะ ปี ค.ศ. 2017 พบว่าเซอร์โคเนียที่ไม่มีการปรับสภาพผิวด้วยสารเอมตีพีหรือสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันจะให้แรงยึดที่ต่ำเมื่อทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ เนื่องจากเรซินซีเมนต์มีความหนืดที่สูงเมื่อเทียบกับสารไพโรเมอร์หรือสารยึดติด จึงไม่สามารถเกิดการไหลแผ่เข้าไปในผิวที่มีความขรุขระของเซอร์โคเนียได้<sup>17</sup>

จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยสารอัลลอยไพโรเมอร์กับสารยึดติดที่มีเอมตีพีหรือมีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน พบว่าการทาสารยึดติดที่มีเอมตีพีหรือมีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน ให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยสารอัลลอยไพโรเมอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim และคณะ ปี ค.ศ. 2015 ได้ศึกษาถึงค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลและสารอัลลอยไพโรเมอร์ พบว่าการทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าการทาสารอัลลอยไพโรเมอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล ประกอบด้วยสารเอมตีพีและเรซินมอนอเมอร์ซึ่งเรซินมอนอเมอร์นี้จะไปทำให้ชั้นรอยต่อระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์มีความแข็งแรงขึ้น จึงส่งผลให้มีกำลังแรงยึดที่สูงขึ้น<sup>11</sup> และการศึกษาของ Ferreira da Silva และคณะ ปี ค.ศ. 2018

รายงานว่าการทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าการทาสารเอมตีพีไพโรเมอร์ (MZ primer) เนื่องจากสารเอมตีพีไพโรเมอร์มีมอนอเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งหมู่คาร์บอกซิลจะเกิดการจับกับชั้นออกไซด์บนผิวเซอร์โคเนียได้บางและไม่เสถียร จึงให้ค่าแรงยึดที่ต่ำเมื่อเทียบกับการทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลที่มีเอมตีพีเป็นมอนอเมอร์ แต่จากการศึกษาเดียวกันกลับพบว่า การทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่ไม่แตกต่างกับการทาสารซีไพโรเมอร์พลัส (Z primer plus) เนื่องจากสารซีไพโรเมอร์พลัส ประกอบด้วยเอมตีพีและมอนอเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน ดังนั้นค่าแรงยึดที่ได้จึงเกิดจากรวมกันของสารเอมตีพีและมอนอเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน จับกับชั้นออกไซด์บนผิวเซอร์โคเนีย จึงทำให้มีค่าแรงยึดที่ไม่แตกต่างกับการทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล<sup>22</sup> ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xie และคณะ ปี ค.ศ. 2016 ที่พบว่า การทาสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่ไม่แตกต่างกับการทาสารซีไพโรเมอร์พลัส<sup>19</sup> แต่ตรงข้ามกับการศึกษาของ Amaral และคณะ ปี ค.ศ. 2014 และ Seabra และคณะ ปี ค.ศ. 2014 รายงานว่าการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวด้วยสารซีไพโรเมอร์พลัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>16,18</sup>

Amaral และคณะ ปี ค.ศ. 2014 และ Al Jeaidi และคณะ ปี ค.ศ. 2017 รายงานว่าการใช้สารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเกิดการยึดติดทางเคมีระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ได้<sup>6,17</sup> Seabra และคณะ ปี ค.ศ. 2014 พบว่าสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลสามารถเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตได้<sup>18</sup> Kim และคณะ ปี ค.ศ. 2015 และ Xie และคณะ ปี ค.ศ. 2016 รายงานว่าการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลทำให้เกิดการยึดติดที่ติระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์<sup>19,23</sup> นอกจากนี้ยังสามารถต้านทานการสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) บริเวณรอยต่อของเซอร์โคเนียกับเรซินซีเมนต์ได้อีกด้วย<sup>19</sup> ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้นี้พบว่า ค่ากำลังแรงยึดเฉือนของการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยสารยึดติดที่มีเอมตีพีหรือมีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันมีค่าสูงกว่าการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียด้วยสารอัลลอยไพโรเมอร์ จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลหรือสารยึดติดที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันเป็นอีกทางเลือกหนึ่งแทนการใช้สารไพโรเมอร์ที่มีเอมตีพีในการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนีย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพโรเมอร์แล้วตามด้วยการทาสารยึดติดจะให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวด้วยสารยึดติดหรืออัลลอยไพโรเมอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพโรเมอร์

จะเป็นการเพิ่มการยึดติดทางเคมี และยิ่งไปกว่านั้นอัลลอยไพโรเมอร์ จะทำให้เพิ่มการไหลแผ่ (wettability) ของเรซินมอนอเมอร์เข้าไป ในผิวของเซอร์โคเนียได้ดียิ่งขึ้น เกิดเป็นชั้นรอยต่อที่แข็งแรงขึ้น<sup>11</sup> ส่งผลให้มีค่าการยึดติดที่สูงขึ้นตามมาได้ โดยการศึกษาของ Xie และคณะ ปี ค.ศ. 2016 รายงานว่าการปรับสภาพผิวของเซอร์โคเนียด้วยสารไพโรเมอร์ที่มีเอมิตีฟแล้วตามด้วยการทาสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลที่มีเอมิตีฟ มีผลทั้งให้ค่าแรงยึดที่สูงขึ้นและให้ค่าแรงยึดที่ไม่แตกต่างกับการทาสารยึดติดเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ของสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล<sup>19</sup>

ด้วยข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ที่ทำการเตรียมผิว เซอร์โคเนียโดยการขัดผิวหน้าด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ที่ความหยาบ 600 กริท เพียงอย่างเดียว จึงทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบกับวิธีการเตรียมผิวเซอร์โคเนียโดยวิธีอื่น ๆ ได้ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าเมื่อทำการเตรียมผิวโดยการพ่นอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์จะทำให้มีค่าการยึดติดที่สูงขึ้น ดังนั้นควรมีการศึกษาต่อไปถึงวิธีการเตรียมผิว เซอร์โคเนียวิธีต่าง ๆ ร่วมกับการใช้สารไพโรเมอร์และสารยึดติด เพื่อเปรียบเทียบค่าการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์

## บทสรุป

การใช้สารไพโรเมอร์ที่มีเอมิตีฟร่วมกับสารยึดติดจะให้กำลังแรงยึดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์ที่สูงกว่าการใช้สารยึดติดหรือการใช้สารไพโรเมอร์ที่มีเอมิตีฟเพียงอย่างเดียว การใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลหรือสารยึดติดที่มีมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันสามารถใช้ทดแทนการใช้สารไพโรเมอร์ที่มีเอมิตีฟในการปรับสภาพผิวเซอร์โคเนียได้

## เอกสารอ้างอิง

- Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20(1):1-25.
- Denry I, Kelly J. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008;24(3):299-307.
- Sailor I, Gottnerb J, Kanelb S, Hammerle C. Randomized controlled clinical trial of zirconia-ceramic and metal-ceramic posterior fixed dental prostheses: 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009;22(6):553-60.
- Torres SM, Borges GA, Spohr AM, Cury AA, Yadav S, Platt JA. The effect of surface treatments on the micro-shear bond strength of a resin luting agent and four all-ceramic systems. *Oper Dent* 2009;34(4):399-407.
- Wandscher VF, Fraga S, Pozzobon JL, Soares FZ, Foletto EL, May LG, et al. Tribochemical Glass Ceramic Coating as a New Approach for Resin Adhesion to Zirconia. *J Adhes Dent* 2016;18(5):435-40.
- Sriamporn T, Thamrongananskul N, Busabok C, Poolthong S, Uo M, Tagami J. Dental zirconia can be etched by hydrofluoric acid. *Dent Mater J* 2014;33(1):79-85.
- de Souza G, Hennig D, Aggarwal A, Tam LE. The use of MDP-based

- materials for bonding to zirconia. *J Prosthet Dent* 2014;112(4):895-902.
- Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, Zhu L, Ikeda M, Foxton RM, et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2010;26(5):426-32.
- Koizumi H, Nakayama D, Komine F, Blatz MB, Matsumura H. Bonding of resin-based luting cements to zirconia with and without the use of ceramic priming agents. *J Adhes Dent* 2012;14(4):385-92.
- Tanis MC, Akay C, Karakis D. Resin cementation of zirconia ceramics with different bonding agents. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2015;29(2):363-7.
- Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesive on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent* 2015;40(1):55-62.
- Bulbul M, Kesim B. The effect of primers on shear bond strength of acrylic resin to different types of metals. *J Prosthet Dent* 2010;103(5):303-8.
- Nima G, Ferreira PVC, de Paula AB, Consani S, Giannini M. Effect of metal primers on bond strength of a composite resin to nickel-chrome metal alloys. *Braz Dent J* 2017;28(2):210-5.
- Yokota Y, Fujita KN, Uchida R, Aida E, Aoki NT, Aida M, et al. Quantitative Evaluation of MDP-Ca Salt and DCPD after Application of an MDP-based One-step Self-etching Adhesive on Enamel and Dentin. *J Adhes Dent* 2016;18(3):205-13.
- Yokota Y, Nishiyama N. Determination of molecular species of calcium salts of MDP produced through decalcification of enamel and dentin by MDP-based one-step adhesive. *Dent Mater J* 2015; 34(2):270-9.
- 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):90-8.
- Al Jeaidi ZA, Alqahtani MA, Awad MM, Rodrigues FP, Alrahlah AA. Bond strength of universal adhesives to air-abraded zirconia ceramics. *J Oral Sci* 2017;59(4):565-70.
- Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent* 2014;112(2):182-7.
- Xie H, Li Q, Zhang F, Lu Y, Tay FR, Qian M, et al. Comparison of resin bonding improvements to zirconia between one-bottle universal adhesives and tribochemical silica coating, which is better? *Dent Mater* 2016;32(3):403-11.
- International Organization for Standardization. ISO/TR 11405 Dental materials-Guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva:ISO;2003.
- Lohbauer U, Zipperle M, Rischka K, Petschelt A, Müller FA. Hydroxylation of dental zirconia surfaces: characterization and bonding potential. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008;87(2):461-7.
- Ferreira da Silva DF, de Oliveira Lopes R, de Souza NC, Marcondes ML, Danesi P, Spohr AM. Bond to Zirconia Ceramic: Evaluation of Different Primers and a Universal Adhesive. *Open Dent J* 2018;12(1):929-36.
- Kim TW, Yang DK, Kim SI, Shin SJ, Park JW. Evaluation of universal bonding agent containing MDP on zirconia bonding. *Dent Mater* 2015;31(1):e37-e38.