

ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน

ปาริษฐ์ วัฒนศักดิ์ชัย* ทิพย์ศิษฐ์ ชัยจรินนท์** ฉวีวรรณ ปลื้มสำราญ** ธนพัฒน์ ศาสตร์ระรุจิ***

บทคัดย่อ

ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของเซอร์โคเนียภายหลังการยึดติดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน โดยนำแผ่นเซอร์โคเนียชนิดวางที่ซีพีตัดเป็นชิ้น ขนาด 7x7x1 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น ใส่ในท่อพลาสติกทรงกระบอกหน้าตัดกลม และยึดด้วยวัสดุอีพอกซีเรซิน นำไปแช่น้ำลายเทียมเป็นเวลา 3 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด แบ่งชิ้นทดสอบออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ชิ้น ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้โดยตรง กลุ่มที่ 2 เป่าทรายด้วยอนุภาคลูมินาขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 2 บาร์ นาน 20 วินาที แล้วยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้โดยตรง เตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร จำนวน 36 ชิ้น สำหรับกลุ่มที่ 3-5 กลุ่มละ 12 ชิ้น โดยกลุ่มที่ 3 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยพานาเวียร์เอฟ 2.0 กลุ่มที่ 4 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตโดยใช้เซรามิกไพโรเมออร์ร่วมกับพานาเวียร์เอฟ 2.0 กลุ่มที่ 5 เป่าทรายและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบสากล ที่ความเร็วหัวกด 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและการทดสอบเอชเอสดีของคูกี พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ยมากที่สุดในกลุ่มที่ 5 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มที่ 3 และ 4 แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสรุปพบว่าเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเซอร์โคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไฮลแฟ้ได้

คำิขรหัด: เซอร์โคเนีย/ โมโนเมอร์ทำงาน/ เรซินซีเมนต์/ เรซินคอมโพสิต

Received: April 07, 2020

Revised: March 06, 2021

Accepted: March 15, 2021

บทนำ

เซอร์โคเนียในทางทันตกรรม เป็นสารประกอบของธาตุเซอร์โคเนียม (Zirconium) และออกซิเจน (Oxygen) ได้เป็นเซอร์โคเนียไดออกไซด์ มีลักษณะเป็นโพลีคริสตัลไลน์เซรามิก (Polycrystalline ceramics) ที่มี 3 วัฏภาค คือ โมโนคลินิก (Monoclinic) เททระโกนอล (Tetragonal) และคิวบิก (Cubic)^{1,2} เซอร์โคเนียมีความแข็งแรงเชิงกลสูง (High mechanical strength) มีความต้านทานการสึกกร่อนสูง (High wear resistance)^{1,2} รวมทั้งมีคุณสมบัติทางชีวภาพ (Biological property) ที่ดี คือมีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (Biocompatibility) มีความเป็นพิษต่ำ (Low cytotoxicity) และเกิดการยึดเกาะของแบคทีเรียที่น้อย (Minimal adhesion of bacteria)³ มีความทึบและมีสีขาวขุ่นช่วยปิดสีโลหะและป้องกันเหงือกที่อาจมีการเปลี่ยนสีจากการใช้วัสดุจำพวกโลหะได้⁴ เซอร์โคเนียจึงถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในทางทันตกรรม โดยเฉพาะใช้เป็นส่วนหนึ่งของงานบูรณะ และรากฟันเทียม

ปัญหาสำคัญอันดับต้นๆ สำหรับการนำเซอร์โคเนียมาใช้เป็นวัสดุในการบูรณะทางทันตกรรม คือการยึดเซอร์โคเนียกับฟันธรรมชาติหรือกับวัสดุอื่นๆ เนื่องจากเซอร์โคเนียเป็นวัสดุจำพวกโพลีคริสตัลไลน์ที่ไม่มีซิลิกา (Silica) เป็นส่วนประกอบ ทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับสารคู่ควบไซเลน (Silane coupling agent) และไม่สามารถใช้กรดปรับสภาพฟันผิวได้ จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับสภาพผิวทั้งทางเชิงกลและทางเคมี เพื่อเพิ่มการยึดติดและความคงทนของเซอร์โคเนียขึ้น⁵⁻⁸

การปรับสภาพฟันผิวเชิงกลมีหลากหลายวิธี เช่น การเป่าทราย (Airborne particle abrasion) การใช้หัวกรอกกากเพชร (Diamond bur) การใช้เลเซอร์ (Laser) การกัดขึ้นรูปโลหะด้วยไฟฟ้า (Elective discharge machine) การทำซีเล็คทีฟอินฟิลเทรชันเอทซิง (Selective infiltration etching technique) หรือการใช้กรด (Acid etching)⁹⁻¹³ วิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามี

* นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

** สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

*** คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

ประสิทธิภาพคือ การเป่าทรายด้วยอนุภาคอุณหภูมิต่ำขนาดเล็ก ความดันปานกลาง เพื่อทำให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคขึ้น (Micromechanical retention)⁸ โดยมีการศึกษาพบว่า การเป่าทรายนอกจากจะช่วยเพิ่มความขรุขระ เพิ่มความเปียก (Wettability) และเพิ่มพลังงานพื้นผิวแล้ว ยังสามารถช่วยเพิ่มหมู่ไฮดรอกซิลที่พื้นผิวของเซอร่าโคเนีย ทำให้เพิ่มการทำปฏิกิริยาทางเคมีกับเรซินซีเมนต์มากขึ้นด้วย^{7,14} โดยการเป่าทรายด้วยอนุภาคอุณหภูมิต่ำขนาด 30-50 ไมครอน ที่ความดัน 1.0-2.5 บาร์ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร ร่วมกับเคลื่อนที่เป็นวงกลม ระยะเวลา 20 วินาที พบว่าให้ผลดีในการทดลองทางห้องปฏิบัติการ และเหมาะแก่การนำไปใช้ทางคลินิก¹⁵⁻¹⁷

ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวทางเคมี เช่น การเพิ่มซิลิกา (Silicization) หรือการใช้โมโนเมอร์ทำงาน (Functional monomer) รวมไปถึงการใช้วิธีเชิงกลและทางเคมีร่วมกัน เช่น ไตรโบเคมีคอลซิลิกาโคทติ้ง (Tribochemical silica coating) เป็นวิธีที่นำมาใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเซอร่าโคเนียเช่นกัน โดยวิธีที่เป็นที่นิยมคือ การเป่าทรายและการใช้โมโนเมอร์ทำงานร่วมกัน^{18,19}

โมโนเมอร์ทำงานที่ใช้บ่อยในทางทันตกรรม เช่น เอ็มเอ็มเอ (MMA) ฮีมา (HEMA) เท็นเอ็มดีพี (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; 10-MDP) และ โฟว์เมตา (4-Methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride; 4-META)²⁰ เป็นต้น มีการศึกษาที่พบว่าการใช้โมโนเมอร์ทำงานชนิดเท็นเอ็มดีพี ที่มีหมู่ทำงานคือ หมู่ฟอสเฟต และ โมโนเมอร์ทำงานชนิดโฟว์เมตา ที่มีหมู่ทำงานเป็นหมู่คาบอซิดิก ล้วนสามารถช่วยเพิ่มค่าแรงยึดติด (Bond strength) ระหว่างเซอร่าโคเนียและเรซินซีเมนต์ได้ โดยจะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างหมู่ทำงานกับหมู่ไฮดรอกซิลที่พื้นผิวของเซอร่าโคเนียดังกล่าว^{21,22} โดยที่ Oba และคณะในปี ค.ศ. 2014²³ และ Yagawa และคณะในปี ค.ศ. 2018²⁴ พบว่าเท็นเอ็มดีพีให้ค่าแรงยึดติดที่สูงกว่าโฟว์เมตา ในขณะที่การศึกษาอื่นๆพบว่า โฟว์เมตาให้ค่าแรงยึดติดมากกว่าการใช้เท็นเอ็มดีพี ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ^{7,22,25,26}

นอกจากนี้มีการศึกษานำไพรเมอร์ (Primer) มาใช้ในการช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่าง 2 วัสดุ ใช้ในขั้นตอนก่อนที่จะมีการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ โดยมีส่วนประกอบคือสารคู่ควาไซเลนและโมโนเมอร์ทำงานอยู่ร่วมกัน หลายการศึกษาพบว่าการใช้ไพรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงาน จะช่วยเพิ่มแรงยึดติดให้แก่เซอร่าโคเนียและเรซินซีเมนต์ได้^{8,14,21} ในขณะที่บางการศึกษาพบว่าการใช้ไพรเมอร์ดังกล่าว ไม่ได้

ทำให้แรงยึดติดของเซอร่าโคเนียเพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานเพียงอย่างเดียว²⁷

จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Russo และคณะในปี ค.ศ. 2019²⁸ พบว่ายังไม่สามารถหาข้อสรุปสำหรับชนิดของโมโนเมอร์ทำงาน และการใช้ไพรเมอร์ได้ แม้ว่าจะมีงานวิจัยและการศึกษาจำนวนมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา แต่ผลการศึกษาไม่ได้เป็นไปทางเดียวกันทั้งหมดและยังคงไม่มีข้อสรุปสำหรับหลักมาตรฐานสากลในการเตรียมพื้นผิวเซอร่าโคเนียก่อนทำการยึดติดในทางคลินิก

จากเหตุผลที่กล่าวมา การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาถึงผลของหมู่โมโนเมอร์ทำงาน ผ่านทางการศึกษาความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร่าโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้ ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน โดยมีสมมติฐานงานวิจัยคือ เรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร่าโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย (ตารางที่ 1) ทำการตัดแผ่นเซอร่าโคเนีย (YTZP, Bruxzir™, Glidewell, Newport Beach, USA) ที่ผ่านการเผาโดยสมบูรณ์จากห้องปฏิบัติการ ขนาด กว้าง 7 มิลลิเมตร ยาว 7 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น ด้วยงานกากเพชร ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำ นำมาขัดด้วยกระดาษทรายน้ำ เบอร์ 100 400 และ 600 ตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดชิ้นงาน (Grinder polisher, Weiyi MaPao™ 160E, Qingdao, China) ความเร็ว 200 รอบต่อนาที นาน 1 นาที ภายใต้การหล่อเย็นด้วยน้ำเพื่อปรับความขรุขระของพื้นผิว จากนั้นทำความสะอาดชิ้นทดสอบด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค (Ultrasonic cleaner, Coltene/ Whaldent UC125H BioSonic®, Ohio, USA) ร่วมกับน้ำกลั่นเป็นเวลา 5 นาที ทั้งไว้ให้แห้ง นำชิ้นทดสอบใส่ในท่อพลาสติกพีวีซีทรงกระบอกหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบใน 15 มิลลิเมตรและมีความสูง 10 มิลลิเมตร และใช้วัสดุอีพอกซีเรซิน (Epoxy resin) ในการยึดชิ้นงาน โดยให้พื้นผิวชิ้นงานที่ต้องทำการทดสอบอยู่ด้านบน (รูปที่ 1A) นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว แช่ในน้ำลายเทียม เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดเป็นเวลา 20 วินาที และเป่าให้แห้ง

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1 materials used in this study

วัสดุ	บริษัทผู้ผลิต	ส่วนประกอบ	Lot No.
แผ่นเซอร์โคเนียซirconia วายทีซีพี (YTZP Bruxzir)	Glidewell, Newport Beach, USA	Zirconium dioxide, 5%wt yttrium oxide (Y ₂ O ₃)	BZ0020906
อนุภาคทรายอลูมินาออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน (Cobra)	Renfert, Hilzingen, Germany		2169666
น้ำลายเทียม	คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่, ประเทศไทย	Distilled water, Sodium sulfide, Magnesium pyrophosphate, Mucin, Disodium phosphate, Calcium chloride, Potassium chloride	-
เคลียร์ฟิล เซรามิกไพรเมอร์ Clearfil Ceramic Primer	Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan	3-Methacryloxypropyl trimethoxy silane, 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP), Ethanol	1G0041
พานาเวียร์เอฟ 2.0 Panavia F 2.0	Kuraray Noritake dental Inc., Toyko, Japan	<u>Paste A:</u> Dimethacrylate (DMA), 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (10-MDP), silanized silica, photoinitiator, dibenzoylperoxide <u>Paste B:</u> Dimethacrylate (DMA), N,N-diethanolp-toluidine, accelerator, functionalized sodium fluoride, silanated barium glass	320083
ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี Superbond C&B	Sun Medical Co, Shiga, Japan	<u>Powder:</u> Polymethyl Methacrylate (PMMA) <u>Liquid:</u> Methyl Methacrylate (MMA), 4-Methacryloxyethyl trimellitate anhydride (4-META) <u>Initiator:</u> Tri-n-butyl borane (TBB)	SG111
เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ฟิลเทค 350 เอกซ์ที Filtek™ Z350XT flowable resin composite	3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA	Methacrylate resin monomers Bis-GMA, TEGDMA and Bis-EMA; dimethacrylate polymer; silica (75 nm) and zirconia (5-10 nm) nanofiller; approximately 65% wt filler load	NA34996

ทำการสุ่มและแบ่งชิ้นงานออกเป็น 5 กลุ่ม (n=12) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (Con) กลุ่มควบคุมยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรง กลุ่มที่ 2 (SB) เป่าทรายและยึดกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรง กลุ่มที่ 3 (Pan) เป่าทรายร่วมกับใช้พานาเวียร์เอฟ 2.0 (Panavia F2.0, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ กลุ่มที่ 4 (PPan) เป่าทรายใช้เซรามิกไพรเมอร์ (Ceramic primer, Kuraray Noritake dental Inc., Tokyo, Japan) ร่วมกับพานาเวียร์เอฟ 2.0 และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ กลุ่มที่ 5 (Sup) เป่าทรายร่วมกับใช้ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Superbond C&B, Sun Medical Co, Shiga, Japan) และยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยการเตรียมพื้นผิวด้วยการเป่าทรายใช้อุณหภูมิขนาด 50 ไมครอน ที่ความดันบรรยากาศ 2 บาร์ เป็นเวลา 20 วินาที ด้วยเครื่องเป่าทราย (Sandblasting machine, Renfert basic classic, Hilzingen, Germany)

ในกลุ่มที่ 1 และ 2 ทำการวางแบบพิมพ์โลหะที่มีช่องว่างตรงกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร บนชิ้นทดสอบ ตรวจสอบให้แบบพิมพ์ดังกล่าวประกบกันสนิทโดยถือให้แน่น จากนั้นฉีดเรซินคอมโพสิต

ชนิดไหลแผ่ได้ (Flowable resin composite, Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, St Paul, Minnesota, USA) ให้เต็มโลหะดังกล่าวโดยตรง ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม (Dental curing light: Elipar™, 3M Deutschland GmbH, Neuss, Germany) ที่ความเข้มแสง 600 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรเป็นเวลา 40 วินาที นำแบบพิมพ์ออก ฉายแสงซ้ำอีกเป็นเวลา 40 วินาที

ในกลุ่มที่ 3, 4 และ 5 ทำการเตรียมแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ ให้มีรูปร่างเป็นแท่งทรงกระบอกหน้าตัดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และมีความสูง 2 มิลลิเมตร โดยฉีควัสดุดังกล่าวลงในแบบพิมพ์เดียวกันข้างต้น และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงทางทันตกรรม เป็นเวลา 40 วินาที นำแบบพิมพ์ออกและฉายแสงซ้ำอีก 40 วินาที นำแท่งเรซินคอมโพสิตดังกล่าวยึดบริเวณกึ่งกลางผิวชิ้นทดสอบ โดยใช้เรซินซีเมนต์และเซรามิกไพรเมอร์ที่ทำการผสมตามบริษัทผู้ผลิตแนะนำ จากนั้นใช้เครื่องกด กดด้วยแรงคงที่ 10 นิวตัน และกำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน โดยในกลุ่มที่ 3 และ 4 ฉายแสง 40 วินาที ส่วนในกลุ่มที่ 5 รอให้แข็งตัวเต็มที่ 8.5 นาที

วิธีการศึกษาลักษณะพื้นผิวเซอร์โคเนียภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

ศึกษาลักษณะของพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Low vacuum (LV)-Scanning Electron Microscope: JSM 5910 LV, Massachusetts, USA) โดยเตรียมชิ้นทดสอบเพิ่มเติม 4 ชิ้น แช่น้ำลายเทียมนาน 3 นาที โดยไม่ได้ทำการเตรียมผิวใดๆ จำนวน 1 ชิ้น ผ่านการเป่าทรายแล้วจำนวน 1 ชิ้น ผ่านการเตรียมผิวด้วยเซรามิกไพรเมอร์จำนวน 1 ชิ้น และผ่านการเป่าทรายร่วมกับเตรียมผิวด้วยเซรามิกไพรเมอร์จำนวน 1 ชิ้น นำมาติดกับส่วนแท่งโลหะด้วยเทปกาวคาร์บอน จากนั้นนำไปเข้าสู่อบความชื้นและทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า และส่องดูลักษณะของพื้นผิว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 5,000 และ 10,000 เท่า ด้วยอัตราเร่งอนุภาค 15 กิโลโวลต์

สำหรับการควบคุมความหนาของเรซินซีเมนต์ ทำการตรวจสอบโดยเตรียมชิ้นทดสอบขนาดกว้าง 3 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร นำมาติดกับแผ่นเรซินคอมโพสิตขนาดกว้าง 3 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร หนา 1 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน โดยยึดด้วยเรซินซีเมนต์ในกลุ่มที่ 3, 4 และ 5 อย่างละ 1 ชิ้น และทำการกดด้วยแรงคงที่ขนาด 10 นิวตัน จากนั้นนำชิ้นทดสอบดังกล่าวมาตัดกึ่งกลางเพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิวการยึดติด โดยทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างอัลตราโซนิค และนำเข้าสู่อบความชื้น ทำการเคลือบทองเพื่อเพิ่มการนำไฟฟ้า จากนั้นทำการวัดชั้นความหนาของเรซินซีเมนต์ทั้งสามกลุ่มดังกล่าว ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วยวิธีข้างต้นที่กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อศึกษาและควบคุมความหนาของชั้นซีเมนต์ให้เป็นมาตรฐานในการทดลอง

วิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (Shear bond test)

นำชิ้นทดสอบแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างแผ่นเซอร์โคเนีย และแท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้ด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine: Instron 5566, Massachusetts, USA) ตามมาตรฐาน

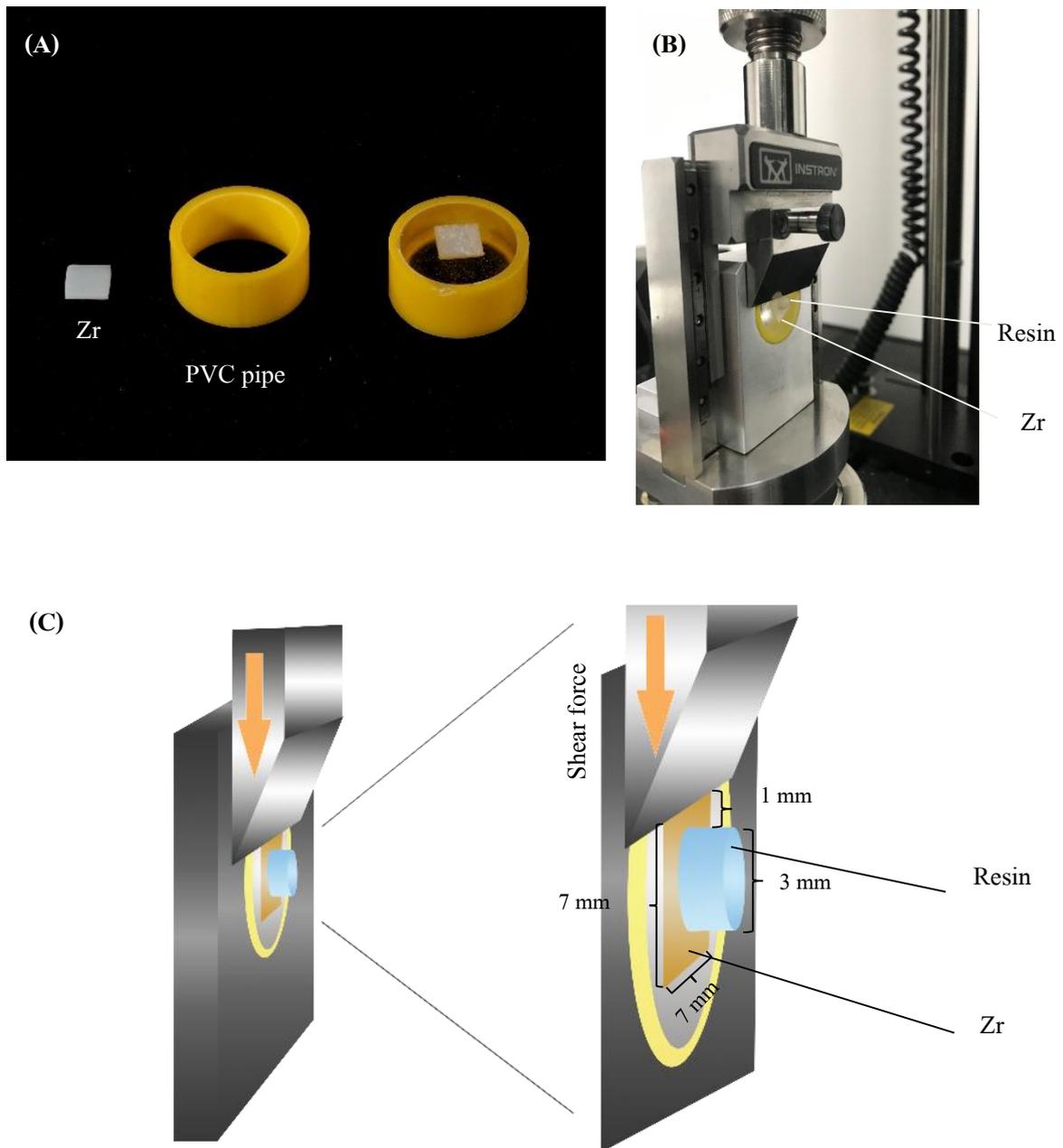
ISO 29022:2013 โดยกำหนดค่าความเร็วหัวตัดอยู่ที่ 1.0 มิลลิเมตรต่อนาที (รูปที่ 1B) กดจนส่วนของแท่งเรซินคอมโพสิต ชนิดไหลแห้งได้หลุดออก บันทึกค่าแรงมากที่สุดที่แยกวัสดุออกจากกัน นำมาคำนวณค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในหน่วย เมกะปาสคาลด้วยสูตร F/A โดย F คือค่าแรงที่ทำให้แท่งเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแห้งได้หลุดออก (นิวตัน) A คือพื้นที่ยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตและเซอร์โคเนีย (ตารางมิลลิเมตร)

การวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (Mode of failure)

นำชิ้นทดสอบที่แตกหักไปตรวจสอบรูปแบบการความล้มเหลวของการยึดติด ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพร้อมตัวบันทึกภาพ (Stereomicroscope with digital camera: Olympus SZX7 & SZ2-ILST led illuminator stand & E-330, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 20 เท่า และบันทึกโดยแบ่งลักษณะรูปแบบของความล้มเหลว ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ความล้มเหลวระหว่างชั้น (Adhesive failure) คือ การแตกหักทั้งหมด อยู่ระหว่างชั้นวัสดุเรซินคอมโพสิตกับผิวเซอร์โคเนีย หรือภายในเนื้อสารยึดติด
2. ความล้มเหลวในเนื้อวัสดุ (Cohesive failure)
 - 2.1 ความล้มเหลวในเซอร์โคเนีย (Cohesive failure in zirconia) คือ การแตกหักทั้งหมดอยู่ในเซอร์โคเนีย
 - 2.2 ความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต (Cohesive failure in resin composite) คือ การแตกหักทั้งหมดอยู่ในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต
3. ความล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) คือ มีการแตกระหว่างชั้นวัสดุเรซินคอมโพสิตกับผิวเซอร์โคเนีย หรือภายในเนื้อสารยึดติด ร่วมกับการแตกภายในผิวเซอร์โคเนีย หรือในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต

วิเคราะห์ข้อมูลค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ทางสถิติด้วย สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ร่วมกับการทดสอบเอชเอสดีของคูกี (Tukey's HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดด้วยไคสแควร์ (Chi-Square Test) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 24.0 (IBM SPSS Statistics 24.0, IBM, New York, USA)



รูปที่ 1 (A) แสดงชิ้นทดสอบ (B) แสดงการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (C) รูปวาดแสดงการทดสอบความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

Figure 1 (A) specimen (B) shear bond strength testing (C) schematic diagram of shear bond strength testing (Zr: zirconia, Resin: resin composite)

ผล

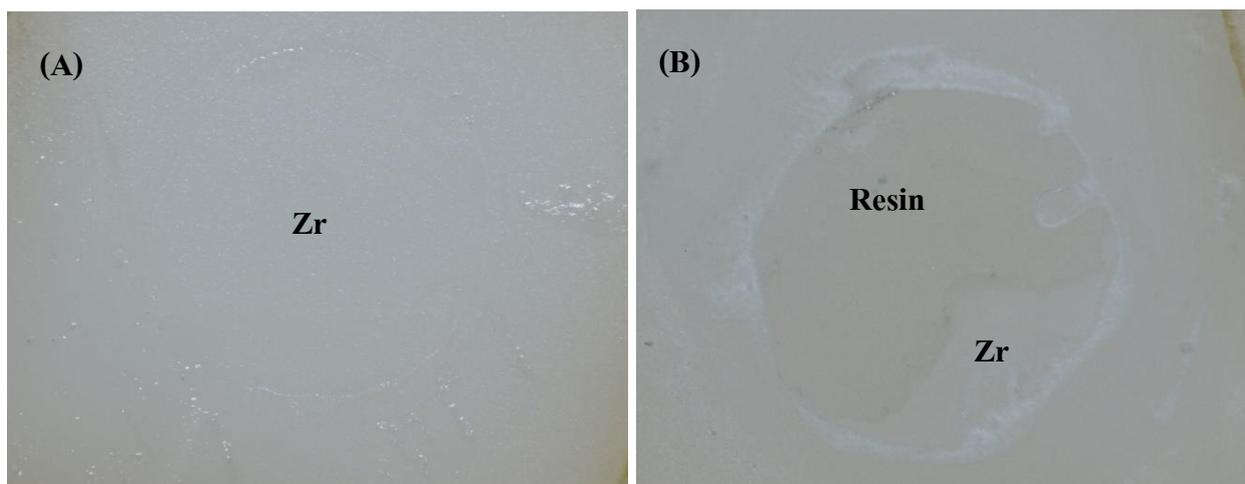
ผลการศึกษาที่ได้ (ตารางที่ 2) พบว่ากลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์ซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Sup) มีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย (Mean) และค่า SD เท่ากับ 13.33±2.75 เมกะปาสกาล แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้เซรามิกไฟโรเมอร์ร่วมกับพานาเวียร์ เอฟ2.0 (PPan) (12.02±1.80) และกลุ่มที่ใช้พานาเวียร์ เอฟ2.0 (Pan) เพียงอย่างเดียว (12.57±3.43) แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุม (Con) และกลุ่มที่เป่าทรายร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้เพียงอย่างเดียว (SB) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ($p<0.05$) โดยเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นมากที่สุดในทุกกลุ่มการทดลอง โดยที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้โดยตรงเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นขึ้นเพียงอย่างเดียว พบความล้มเหลวแบบผสมในกลุ่ม Pan คิดเป็นร้อยละ 41.67 กลุ่ม PPan ร้อยละ 16.67 และกลุ่ม Sup ร้อยละ 25 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และลักษณะความล้มเหลวที่พบ (รูปที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงผลการศึกษาค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวและรูปแบบความล้มเหลวของการยึดติดในแต่ละกลุ่มการทดลอง
Table 2 mean shear bond strength and mode of failure of each experimental group

Group	Mean shear bond strength (MPa) [n=12] (SD)	Mode of failure [n=12]		
		Adhesive (%)	Cohesive (%)	Mixed (%)
Con	0.90(0.96) ^A	12 (100)	0	0
SB	2.76(0.83) ^A	12 (100)	0	0
Pan	12.57(3.43) ^B	7 (58.33)	0	5 (41.67)
PPan	12.02(1.80) ^B	10 (83.33)	0	2 (16.67)
Sup	13.33(2.75) ^B	9 (75)	0	3 (25)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
Same letter indicates no statistically significant difference.



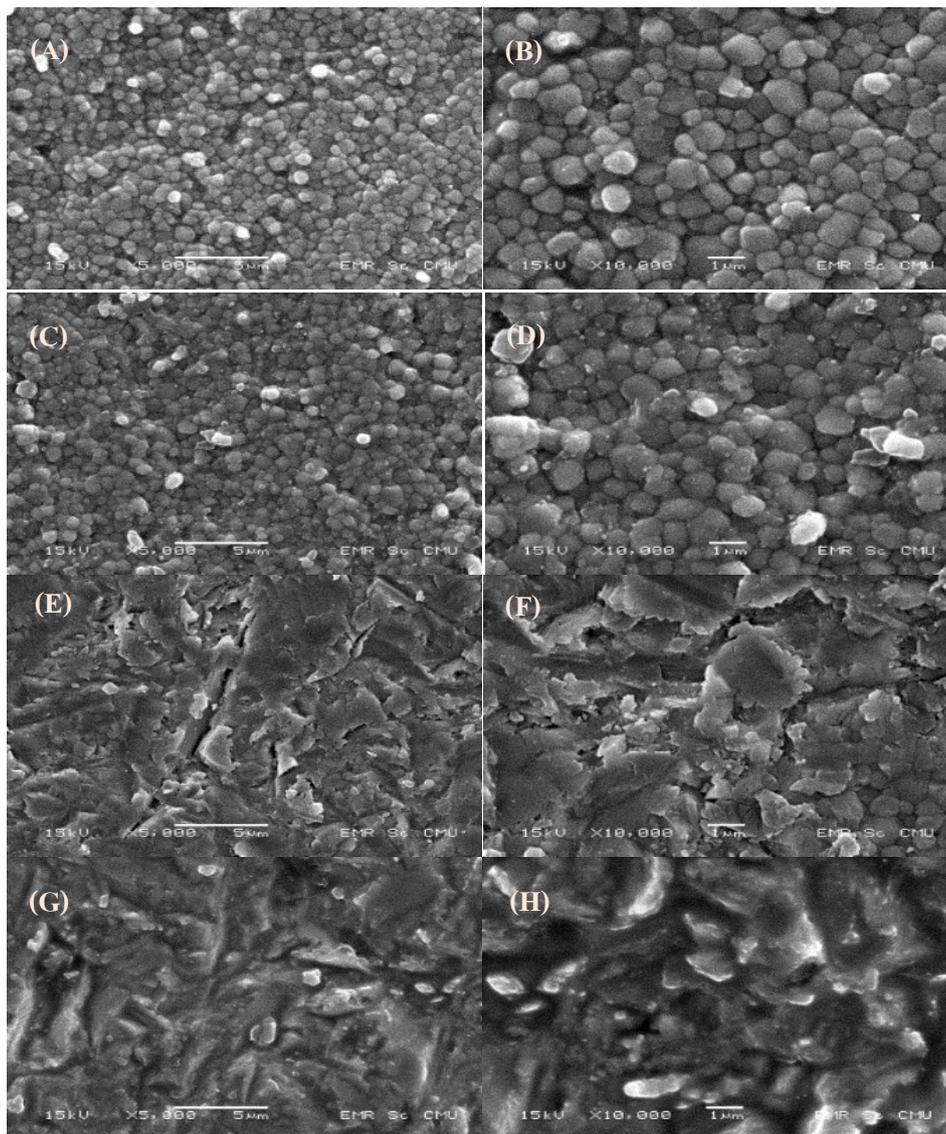
รูปที่ 2 แสดงลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (A) แสดงความล้มเหลวระหว่างชั้น (B) แสดงความล้มเหลวแบบผสม
Figure 2 mode of failure found in this study (A) Adhesive failure (B) Mixed failure (Zr: zirconia, Resin: resin composite)

การศึกษาภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเซอร์โคเนียที่พื้นผิว (รูปที่ 3) พบว่าผลึกเซอร์โคเนียที่พื้นผิวกลุ่มควบคุมเป็นดังรูป 3A และ 3B ภายหลังจากเตรียมด้วยเซรามิกไพรเมอร์ ไม่พบว่ามีความแตกต่างที่พื้นผิว (รูป 3C และ 3D) แต่ภายหลังจากเตรียมด้วยการเป่าทรายขนาด 50 ไมครอน พบว่าพื้นผิวมีความ

เปลี่ยนแปลงโดยที่อนุภาคเซอร์โคเนียเป็นแท่งกระจายลักษณะเป็นร่องหลุม ดังรูป 3E และ 3F และไม่แตกต่างจากการเป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ (รูป 3G และ 3H) เมื่อพิจารณาภาพถ่ายตัดขวาง (รูปที่ 4) จะพบชั้นเรซินซีเมนต์ที่อยู่ระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ โดยมีขนาดความหนาเฉลี่ยของชั้นอยู่ในช่วง 40-60 ไมครอน

กำลังขยาย 5,000 เท่า

กำลังขยาย 10,000 เท่า



รูปที่ 3 แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอร์โคเนียหลังการเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราด โดยที่ (A) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (B) กลุ่มควบคุมที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (C) เซรามิกไพรเมอร์ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (D) เซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (E) เป่าทราย ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (F) เป่าทราย ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า (G) เป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า (H) เป่าทรายร่วมกับเซรามิกไพรเมอร์ ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า

Figure 3 various zirconia surfaces after different surface treatment methods with SEM (A) control at 5,000x (B) control at 10,000x (C) Ceramic primer at 5,000x (D) Ceramic primer at 10,000x (E) Sandblasting at 5,000x (F) Sandblasting at 10,000x (G) Sandblasting followed by ceramic primer at 5,000x (H) Sandblasting followed by ceramic primer at 10,000x

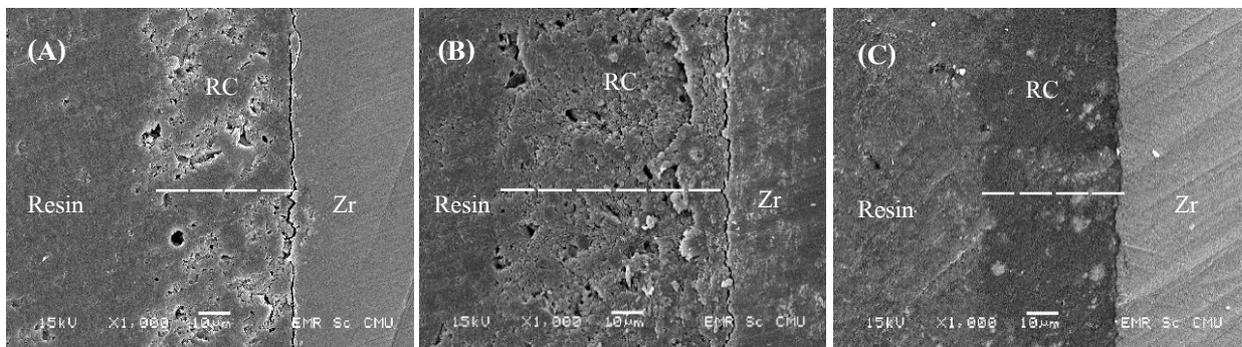
บทวิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup มีค่าไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่า ความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร่าโคเนียกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้ที่ยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานที่ต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

การนำความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมาเป็นหนึ่งในการศึกษาคูสมบัติเชิงกลของเซอร่าโคเนียครั้งนี้ มีการออกแบบการทดลองเพื่อลดปัจจัยการเกิดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุ โดยการวางหัวตัดที่ระยะ 1 มิลลิเมตร ห่างจากรอยต่อ (Interface) และแนบไปกับชิ้นทดสอบ เพื่อลดแรงงอ (Bending moment) ที่อาจเกิดขึ้น²⁹ (รูปที่ 1B) และมีการนำเรซินคอมโพสิตมาใช้ในการทดสอบ เพื่อให้เกิดการยึดติดที่ระหว่างเรซินซีเมนต์และ เรซินคอมโพสิต เนื่องจากมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกัน ลดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ดังกล่าวลง³⁰ อีกทั้งการศึกษาค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวยังสามารถทำการเตรียมชิ้นงานที่มีจำนวนชิ้นทดสอบมากและทำการทดสอบได้ง่ายอีกด้วย

การเป่าทรายด้วยความดันและอนุภาคขนาดเล็กนับเป็นวิธีการเตรียมพื้นผิวที่ได้รับการยอมรับว่าได้ผลดีมีประสิทธิภาพ และยังเป็นหนึ่งในวิธีทำความสะอาดพื้นผิวภายในของเซอร่าโคเนีย หลังจากการปนเปื้อนในระหว่างการลองวัสดุบูรณะในช่องปาก ไม่ว่าจะจากน้ำลาย เลือด หรือวัสดุตรวจสอบความแนบชนิดซีลิโคน (Fit checker) หลายการศึกษาแนะนำให้ทำการเป่าทรายก่อนที่จะมีการยึดติดวัสดุบูรณะ

เซอร่าโคเนียในช่องปาก^{15, 30, 31} โดยแนะนำขนาดอนุภาค 30-50 ไมครอน ที่ความดัน 1.0-2.5 บาร์ ระยะเวลา 20 วินาที¹⁵⁻¹⁷ การทดลองนี้ได้นำวิธีและขั้นตอนการเป่าทรายดังกล่าวมาเป็นวิธีในการเตรียมพื้นผิวก่อนที่จะทำการยึดติด หากพิจารณาในกลุ่มควบคุม เทียบกับกลุ่ม SB พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวเฉลี่ย มีค่า 0.90 ± 0.96 เมกะปาสคาล และ 2.76 ± 0.83 เมกะปาสคาล ตามลำดับ หากพิจารณาจากค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกลุ่ม SB เทียบกับกลุ่มที่มีการใช้เรซินซีเมนต์ (กลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup) อาจกล่าวได้ว่าการเป่าทรายหรือการเตรียมพื้นผิวเชิงกลเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถให้การยึดติดระหว่างเซอร่าโคเนียกับเรซินคอมโพสิตได้ ต้องอาศัยการเตรียมพื้นผิวทางเคมีร่วมด้วย โดยการเป่าทรายจะช่วยให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิว (รูปที่ 3E และ 3F) พบลักษณะความเป็นหลุมบ่อ ร่วมกับลักษณะอนุภาคของเซอร่าโคเนียมีการเปลี่ยนแปลงเป็นกระจัดกระจายและมีรูปร่างไม่แน่นอน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีรูปร่างกลมมีการเรียงตัวเป็นระเบียบ (รูปที่ 3A และ 3B) การเป่าทรายช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด ส่งผลให้เกิดหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มขึ้นที่พื้นผิวเซอร่าโคเนีย ทำให้เพิ่มการยึดติดทางเคมีกับเรซินซีเมนต์ได้มากขึ้นตามลำดับ^{7, 14} ตรงกับหลายการศึกษาที่มีการแนะนำถึงการเตรียมพื้นผิวเซอร่าโคเนียก่อนทำการยึดติด สรุปไปแนวทางเดียวกันว่า การเตรียมพื้นผิวเชิงกลไม่ว่าจะด้วยวิธีใดก็ตาม ควรมีการเตรียมพื้นผิวเชิงเคมี เช่นการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานควบคู่ไปด้วยเช่นกัน^{19, 28, 32}



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของพื้นผิวแผ่นเซอร่าโคเนียในแนวตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000 เท่า หลังการยึดติดโดยใช้ (A) พานาเวียร์เอฟ 2.0 (B) เซรามิกไพรเมอร์ร่วมกับพานาเวียร์เอฟ 2.0 และ (C) ซุปเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี

Figure 4 cross-sectioned of zirconia-composite interface using different type of resin cements at 1,000x magnification; (A) Panavia F2.0, (B) Ceramic primer followed by Panavia F2.0, (C) Superbond C&B. (Zr: zirconia, Resin: resin composite, RC: resin cement)

ในปัจจุบันการใช้เรซินซีเมนต์ นับเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับยึดวัสดุบูรณะกับพื้นธรรมชาติ เนื่องจากเรซินซีเมนต์สามารถให้การยึดติดกับส่วนประกอบของเนื้อฟันได้โดยตรงผ่านโมโนเมอร์ทำงาน ในการศึกษาเมื่อพิจารณาจากความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่ม Pan และกลุ่ม Sup พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แม้ว่าทั้งสองกลุ่มจะเป็นเรซินซีเมนต์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานต่างชนิดกัน ซึ่งตรงกับการวิเคราะห์ห่อภิมาณของ Inokoshi และคณะในปี ค.ศ. 2014³³ ที่ทำการรวบรวมผลการศึกษาค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างเซอร์โคเนีย และโมโนเมอร์ทำงานหลายชนิด พบว่าค่าความแข็งแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดนั้น ไม่แตกต่างกัน และสรุปผลว่าการยึดติดกับเซอร์โคเนีย สามารถใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ทั้งชนิดที่มีเห็นเอมิตีฟหรือไม่มีเห็นเอมิตีฟเป็นส่วนประกอบ การศึกษาของ Shimoe และคณะใน ปี ค.ศ. 2018³⁴ ทำการวิเคราะห์ห่อภิประอบที่ผิวผิวเซอร์โคเนียด้วยวิธีเอกซเรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโตรสโกปี (X-ray photoelectron spectroscopy; XPS) หลังการเตรียมพื้นผิวด้วยไพโรเมอร์ที่มีโมโนเมอร์ทำงานชนิดต่างๆ พบว่าทั้งเห็นเอมิตีฟและโพวเมตลส่วนสามารถถูกดูดซับที่พื้นผิวเซอร์โคเนียได้ โดยผ่านหมู่ฟอสเฟตและหมู่คาบอซิลิกตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอน และเซอร์โคเนีย (C/Zr ratio) ที่พื้นผิวกลับพบว่าเห็นเอมิตีฟ อาจเกิดการดูดซับที่พื้นผิวของเซอร์โคเนียได้มากกว่า³⁴

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม Pan และกลุ่ม PPan พบว่าค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของทั้งสองกลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยในกลุ่ม PPan ที่มีการใช้เซรามิกไพโรเมอร์ที่มีสารเห็นเอมิตีฟ ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมิตีฟเป็นส่วนประกอบนั้น ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิตได้ Zhao และคณะในปี ค.ศ. 2016³⁵ พบว่าการใช้ไพโรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมิตีฟเป็นส่วนประกอบให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่ต่างจากการใช้เฉพาะเรซินซีเมนต์ที่มีเห็นเอมิตีฟ และยังให้ค่าต่ำกว่าการมีเห็นเอมิตีฟเป็นส่วนประกอบในไพโรเมอร์เพียงอย่างเดียว อีกทั้งจากการวิเคราะห์ห่อภิประอบ³³ มีการสรุปไว้ว่ายังไม่ชัดเจนในเรื่องการใช้ไพโรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของเห็นเอมิตีฟ ว่าสามารถช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงยึดติดให้แก่เซอร์โคเนียได้แต่อย่างใด

เซรามิกไพโรเมอร์ที่นำมาใช้ในกลุ่ม PPan เป็นสารที่ช่วยปรับสภาพพื้นผิววัสดุจำพวกเซรามิก ก่อนที่จะทำการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ จากตารางที่ 1 พบว่าเซรามิกไพโรเมอร์

ดังกล่าวมีส่วนผสมของสารคูควบไซเลนชนิดเอ็มพีเอส (MPS silane) ซึ่งเป็นสารที่ให้การยึดติดระหว่างเซรามิกและเรซินคอมโพสิต อยู่ร่วมกับโมโนเมอร์ทำงานเห็นเอมิตีฟ จากการศึกษาของ Chuang และคณะในปี ค.ศ. 2017²⁷ ทำการศึกษาเกี่ยวกับลำดับการใช้เอ็มพีเอสและเห็นเอมิตีฟในการยึดติดของเซอร์โคเนีย โดยใช้แมสสเปกโตรเมตรีแบบไอออนทุติยภูมิ (Secondary ion mass spectrometry; SIMS) พบว่าการใช้ไพโรเมอร์ที่มีส่วนประกอบของสารทั้งสองดังกล่าวไม่สามารถเพิ่มค่าการยึดติดระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินซีเมนต์ได้ อีกทั้งยังทำให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ดังกล่าวต่ำกว่าการใช้เห็นเอมิตีฟเพียงอย่างเดียว รวมไปถึงต่ำกว่าการใช้ทั้งเอ็มพีเอสตามด้วยเห็นเอมิตีฟตามลำดับ การศึกษาดังกล่าวพบว่า PO_3^- เป็นอนุพันธ์หมู่ฟอสเฟตที่ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ P-O-Zr ขึ้น ซึ่งหากพบ PO_3^- มาก บ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้มาก โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้ไพโรเมอร์ที่มีเห็นเอมิตีฟเพียงอย่างเดียว พบมีอัตราส่วนของ PO_3^-/PO_2^- มากกว่ามีมุมสัมผัส (Contact angle) ต่ำกว่า และมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ไพโรเมอร์ที่มีสารทั้งสองผสมกัน เหตุผลที่เป็นไปได้คือ เอ็มพีเอสทำให้เกิดการเปลี่ยนอนุพันธ์จาก PO_3^- เป็น PO_2^- ทำให้เกิดการเกิดพันธะ P-O-Zr ดังกล่าวลดลง อาจส่งผลต่อความสามารถในการยึดติดของหมู่ฟอสเฟตและเซอร์โคเนียได้²⁷ ซึ่งสามารถอธิบายถึงค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม PPan ที่ไม่ได้สูงกว่ากลุ่ม Pan ข้างต้น

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดในแนวตัดขวาง พบว่ามีชั้นเรซินซีเมนต์อยู่ระหว่างเซอร์โคเนียและเรซินคอมโพสิต โดยรูปที่ 4 แสดงเรซินซีเมนต์สามชนิดคือกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup ตามลำดับ โดยความหนาเฉลี่ยของชั้นเรซินซีเมนต์ดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยประมาณ 40-60 ไมครอน ในทุกกลุ่ม ซึ่งใกล้เคียงจากค่าความหนาที่กำหนดโดย ISO 4049 (2019) กล่าวว่าความหนาของซีเมนต์ต้องมีค่าไม่เกิน 50 ไมครอน ทำให้การทดลองนี้ไม่มีปัจจัยจากความหนาของเรซินซีเมนต์ที่ต่างชนิดกันเข้ามาเกี่ยวข้อง และไม่ส่งผลถึงความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ต้องการทำการทดลอง

จากลักษณะความล้มเหลว (ตารางที่ 2) พบว่าเกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นมากที่สุดในทุกกลุ่มการทดลอง หากพิจารณาในกลุ่ม Pan กลุ่ม PPan และกลุ่ม Sup พบว่าเกิดความล้มเหลวแบบระหว่างชั้นคิดเป็นร้อยละ 58.33 ร้อยละ 83.33 และร้อยละ 75 ตามลำดับ และเกิดความล้มเหลวแบบ

ผสมขึ้น คิดเป็นร้อยละ 41.67 ร้อยละ 16.67 และร้อยละ 25 ตามลำดับ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ โดยความล้มเหลวแบบผสมจะพบเรซินซีเมนต์บางส่วนติดอยู่บนพื้นผิวชั้นทดสอบ บ่งบอกถึงการยึดติดระหว่างเซอร่าโคเนียและเรซินซีเมนต์ที่ดีที่สุดในกลุ่ม Pan PPan และ Sup

การนำเซอร่าโคเนียมาใช้ในงานทางทันตกรรมในปัจจุบัน แม้จะยังไม่มีการศึกษาที่ออกมาสรุปแนวทางการเตรียมพื้นผิว และการใช้เรซินซีเมนต์ที่แน่ชัด แต่การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเชิงกลร่วมกับทางเคมีนั้น เป็นวิธีที่ควรนำมาใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเซอร่าโคเนียก่อนทำการยึดติดเสมอ อีกทั้งการเลือกใช้ชนิดของเรซินซีเมนต์ แม้จะพบว่าโมโนเมอร์ทำงานทั้งสองชนิดให้ผลดีต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยว แต่การเลือกใช้เรซินซีเมนต์ให้ดูกระบวนการทำความสะอาดพื้นผิวเซอร่าโคเนียหลังการปนเปื้อน รวมไปถึงการเตรียมพื้นผิว ส่วนมีความสำคัญในการทำให้เกิดการยึดติดที่ดีของวัสดุเซอร่าโคเนียกับพื้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาทางห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้มีการจำลองสภาวะในช่องปาก และศึกษาถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ชนิดโมโนเมอร์ทำงานที่แตกต่างกัน รวมทั้งการจำลองสภาวะบ่มเทียม การเตรียมพื้นผิว รวมไปถึงวิธีการทำความสะอาดพื้นผิวเซอร่าโคเนีย อีกทั้งความสามารถในการยึดติดระหว่างเซอร่าโคเนียและผิวฟันโดยตรง ควรพิจารณาด้วย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาดังกล่าวต่อไปในอนาคต

บทสรุป

ภายใต้ขอบเขตของการศึกษานี้ สามารถสรุปได้ว่า

1. การเตรียมพื้นผิวด้วยวิธีเชิงกลด้วยการเป่าทราย หลังจากมีการปนเปื้อนน้ำลายเทียม ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีหมู่โมโนเมอร์ทำงานคือเท็นเอ็มดีพี และโพวิเมตา ให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวแก่เซอร่าโคเนียและเรซินคอมโพสิตไม่แตกต่างกัน
2. การใช้ไพรเมอร์ที่มีเท็นเอ็มดีพี ร่วมกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นส่วนประกอบ ให้ค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอร่าโคเนียและเรซินคอมโพสิต ไม่แตกต่างจากการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีเท็นเอ็มดีพีเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบพระคุณ ดร.ชนพัฒน์ ศาสตราวุฒิจิ นักวิจัยประจำคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และให้คำปรึกษาทางด้านสถิติในงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบพระคุณศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20(1):1-25.
2. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007;35(11):819-26.
3. Chen YW, Moussi J, Drury JL, Wataha JC. Zirconia in biomedical applications. *Expert Rev Med Devic* 2016; 13(10):945-63.
4. Gautam C, Joyner J, Vajtai R, Gautam A, Rao J. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Trans* 2016; 45(48):19194-215.
5. Magne P, Paranhos MP, Burnett LH, Jr. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater* 2010;26(4):345-52.
6. Moraes RR, Guimaraes GZ, Oliveira AS, Faot F, Cava SS. Impact of acidic monomer type and concentration on the adhesive performance of dental zirconia primers. *Int J Adhes Adhes* 2012;39(8):49-53.
7. Ozcan M, Cura C, Valandro LF. Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. *Odontology* 2011;99(1):62-7.
8. Ahn JS, Yi YA, Lee Y, Seo DG. Shear bond strength of MDP-containing self-adhesive resin cement and Y-TZP ceramics: effect of phosphate monomer-containing primers. *Biomed Res Int* 2015;2015:389234.

9. Sanli S, Comlekoglu MD, Comlekoglu E, Sonugelen M, Pamir T, Darvell BW. Influence of surface treatment on the resin-bonding of zirconia. *Dent Mater* 2015;31(6): 657-68.
 10. Qeblawi DM, Munoz CA, Brewer JD, Monaco EA, Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent* 2010;103(4):210-20.
 11. Esteves-Oliveira M, Jansen P, Wehner M, Dohrn A, Bello-Silva MS, Eduardo CP, et al. Surface characterization and short-term adhesion to zirconia after ultra-short pulsed laser irradiation. *J Adhes Dent* 2016;18(6):483-92.
 12. Rona N, Yenisey M, Kucukturk G, Gurun H, Cogun C, Esen Z. Effect of electrical discharge machining on dental Y-TZP ceramic-resin bonding. *J Prosthodont Res* 2017;61(2):158-67.
 13. Salem R, Naggat GE, Aboushelib M, Selim D. Microtensile bond strength of resin-bonded hightranslucency zirconia using different surface treatments. *J Adhes Dent* 2016; 18(3):191-6.
 14. Yi YA, Ahn JS, Park YJ, Jun SH, Lee IB, Cho BH, et al. The effect of sandblasting and different primers on shear bond strength between yttria-tetragonal zirconia polycrystal ceramic and a self-adhesive resin cement. *Oper Dent* 2015;40(1):63-71.
 15. Kern M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. *Dent Mater* 2015;31(1):8-14.
 16. Souza RO, Valandro LF, Melo RM, Machado JP, Bottino MA, Ozcan M. Air-particle abrasion on zirconia ceramic using different protocols: effects on biaxial flexural strength after cyclic loading, phase transformation and surface topography. *J Mech Behav Biomed Mater* 2013; 26:155-63.
 17. Ozcan M. Air abrasion of zirconia resin-bonded fixed dental prostheses prior to adhesive cementation: why and how? *J Adhes Dent* 2013;15(4):394.
 18. Ozcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent* 2015;17(1):7-26.
 19. Khan AA, Al Kheraif AA, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent trends in surface treatment methods for bonding composite cement to zirconia: a review. *J Adhes Dent* 2017;19(1):7-19.
 20. Van Landuyt KL, Snaauwaert 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(26):3757-85.
 21. Al-Harbi FA, Ayad NM, Khan ZA, Mahrous AA, Morgano SM. In vitro shear bond strength of Y-TZP ceramics to different core materials with the use of three primer/ resin cement systems. *J Prosthet Dent* 2016; 115(1):84-9.
 22. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000; 13(2):131-5.
 23. Oba Y, Koizumi H, Nakayama D, Ishii T, Akazawa N, Matsumura H. Effect of silane and phosphate primers on the adhesive performance of atri-n-butylborane initiated luting agent bonded to zirconia. *Dent Mater J* 2014; 33(2):226-32.
 24. Yagawa S, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Kimura F, Matsumura H. Effect of priming agents on shear bond strengths of resin-based luting agents to a translucent zirconia material. *J Prosthodont Res* 2018;62(2):204-9.
 25. Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 2005;93(6):551-8.
 26. Moon JE, Kim SH, Lee JB, Ha SR, Choi YS. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements. *Dent Mater* 2011;27(7):651-63.
 27. Chuang SF, Kang LL, Liu YC, Lin JC, Wang CC, Chen HM, et al. Effects of silane-and MDP-based primers application orders on zirconia-resin adhesion-a ToF-SIMS study. *Dent Mater* 2017;33(8):923-33.
-

28. Russo DS, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to zirconia: a systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dent J* 2019;7(3):74.
29. Valente F, Mavriqi L, Traini T. Effects of 10-MDP based primer on shear bond strength between zirconia and new experimental resin cement. *Materials* 2020;13(1):235.
30. Angkasith P, Burgess JO, Bottino MC, Lawson NC. Cleaning methods for zirconia following salivary contamination. *J Prosthodont* 2016;25(5):375-9.
31. Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, Wille S, Polonskyi O, Johannes M, et al. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater* 2016;32(5):631-9.
32. Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. Zirconia as a dental biomaterial. *Materials* 2015;8(8):4978–91.
33. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res* 2014;93(4):329-34.
34. Shimoe S, Hirata I, Otaku M, Matsumura H, Kato K, Satoda T. Formation of chemical bonds on zirconia surfaces with acidic functional monomers. *J Oral Sci* 2018;60(2):187-93.
35. Zhao L, Jian Y-T, Wang X-D, Zhao K. Bond strength of primer/cement systems to zirconia subjected to artificial aging. *J Prosthet Dent* 2016;116(5):790-6.

ผู้รับผิดชอบบทความ

พิสัยศิษย์ ชัยจรีนนท์

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์: 053 944 438

โทรสาร: 053 222 844

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: pisaisit.c@cmu.ac.th

Shear Bond Strength of Zirconia to Flowable Resin Composite with Resin Cement Containing Different Functional Monomers

Thanomsakchai P* Chaijareenont P** Pleumsamran N** Sastraruji T***

Abstract

The objective was to study mechanical properties of zirconia after bonded with flowable resin composite using resin cement containing different functional monomers. A sintered YTZP zirconia blank was cut into 60 blocks (7x7x1mm³) then embedded in cylindrical tube with epoxy resin. All specimens were soaked in artificial saliva for 3 minutes then cleaned and dried. Specimens were divided into 5 groups; Group1: directly bonded with flowable resin composite (control), Group2: sandblasted with 50 micron aluminum oxide particle at 2.0 bar pressure for 20 seconds then directly bonded with resin composite. A total of 36 resin composite rods (3mm diameter and 2mm height) were fabricated for group 3-5; Group3: sandblasted then bonded with resin composite rod using Panavia F2.0, Group4: sandblasted then bonded with resin composite rod using Clearfil ceramic primer and Panavia F2.0, Group5: sandblasted then bonded with resin composite rod using Superbond C&B. All specimens were tested for shear bond strength using universal testing machine with a crosshead-speed of 1.0 mm/min. All data were statistically analyzed using One-way ANOVA and Tukey's HSD test. Group5 had the highest mean shear bond strength, not significantly different with Group3 and 4, but significantly higher than Group1 and 2 ($p < 0.05$). In conclusion, different functional monomers in resin cement had no effect on shear bond strength between zirconia and resin composite.

Keywords: Zirconia/ Functional monomer/ Resin cement/ Resin composite

Corresponding Author

Pisaisit Chaijareenont

Department of Prosthodontics,

Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,

Amphur Muang, Chiang Mai, 50200.

Tel.: +66 5 394 4438

Fax.: +66 5 322 2844

Email: pisaisit.c@cmu.ac.th

* Master student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

** Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.

*** Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Amphur Muang, Chiang Mai.