

ผลของสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต

อวิรุทธ์ คล้ายศิริ* นันทวรรณ กระจำตา* ตฤย์ ศรีอัมพร** นิยม อารังคณ์นันทสกุล***

Received: August 26, 2019

Revised: October 30, 2019

Accepted: December 3, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต เมื่อใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล ได้แก่ ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (SU) จี-พรีมีโอบอนด์ (GP) และออปติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (OU) สารปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย ได้แก่ อัลลอยไพรเมอร์ (AP) และสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ (SB) นำแผ่นเซอรโคเนียขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรหนา 4 มิลลิเมตร ผังลงในท่อพีวีซีด้วยยิปซัมทางทันตกรรม จากนั้นนำชิ้นงานไปขัดและพ่นด้วยอนุภาคอะลูมินาเพื่อเตรียมผิวเซอรโคเนียสำหรับการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค แบ่งชิ้นงานออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ชิ้น ตามการปรับสภาพผิวเพื่อให้เกิดการยึดติดทางเคมี ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย (No tx) กลุ่มที่ 2 AP กลุ่มที่ 3 SB กลุ่มที่ 4 AP+SB กลุ่มที่ 5 SU กลุ่มที่ 6 GP และกลุ่มที่ 7 OU นำแม่แบบอัลตราเด็นท์ที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร วางบนผิวหน้าของชิ้นงานที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว นำเรซินคอมโพสิตใส่ลงในรูแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที แกะแม่แบบออกและนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่นแล้วเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานไปหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ที่ความเร็วหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ต่อนาที วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนทางเดียว และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูเกีย ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 7 คือ 3.35(1.87) 16.29(2.05) 9.84(2.21) 24.05(1.66) 23.73(2.00) 23.47(2.52) และ 22.91(2.19) เมกะพาสคาล ตามลำดับ โดยค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 4-7 มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มที่ 1 มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่าการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียก่อนการยึดติดหรือซ่อมแซมด้วยเรซินคอมโพสิต

คำชี้แจง: เอ็มดีพี/ เรซินคอมโพสิต/ กำลังแรงยึดเหนี่ยว/ สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล/ เซอรโคเนีย

บทนำ

ปัจจุบันงานทันตกรรมเพื่อความสวยงามได้เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย วัสดุสีเหมือนฟันโดยการบูรณะทางตรง (Direct restorative materials) เช่น เรซินคอมโพสิต กลาสส์ ไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และวัสดุสีเหมือนฟันโดยการบูรณะทางอ้อม (Indirect restorative materials) เช่น เซรามิก เป็นต้น ได้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในงานทันตกรรมเพื่อความสวยงาม เซอรโคเนีย (Zirconia) เป็นวัสดุสีเหมือนฟันโดยการบูรณะทางอ้อมที่ได้รับความนิยมมากขึ้น โดยเฉพาะการผลิตชิ้นงานจากห้องปฏิบัติการ เช่น อินเลย์ ออแนลย์ ครอปฟัน และ สะพานฟัน เป็นต้น เซอรโคเนียมีความแข็งแรงและสวยงาม มีความคงทนของสี ด้านทานต่อการสึก สามารถ

เข้ากับเนื้อเยื่อได้ดี (Biocompatibility) และมีความสำเร็จทางคลินิกที่ดี¹⁻³ แม้ว่าเซอรโคเนียจะให้ผลสำเร็จทางคลินิกที่ดี แต่ก็ยังพบการแตกหัก หรือบิ่นออก (Chipping) ในช่วงร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 44⁴⁻⁶ ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของการแตกหัก หรือบิ่นออกของเซอรโคเนียเกิดจากการได้รับแรงที่มากเกินไป⁷

การซ่อมแซมเซอรโคเนียที่เกิดการแตกหักหรือบิ่นออก สามารถทำได้ในช่องปากด้วยวัสดุบูรณะฟันชนิดเรซินคอมโพสิต ซึ่งการซ่อมแซมเซอรโคเนียด้วยเรซินคอมโพสิตมักปฏิบัติในกรณีฉุกเฉินหรือการรักษาเชิงอนุรักษ์เท่านั้น เนื่องจากเรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุที่มีความเหนียวสูง

*สาขาวิชาทันตกรรมทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอดอนหลวง จังหวัด ปทุมธานี

**สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ วิทยาลัยทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี

***ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ

จึงจำเป็นต้องเตรียมผิวเซอรโคเนียแบบเชิงกลระดับจุลภาค (Micromechanical bond) ร่วมกับการใช้สารปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย (Zirconia primer) และ/หรือสารยึดติด (Adhesive) เพื่อให้เกิดการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคและการยึดติดทางเคมี (Chemical bond) โดยการเตรียมผิวของเซอรโคเนียแบบเชิงกลระดับจุลภาคทำได้หลายวิธีเพื่อให้เกิดแรงยึดที่สูง เช่น การพ่นผงอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum oxide sandblasting)⁸ การทำไตรโบเคมีคอลด้วยซิลิกา (Tribochemical silica coating)⁹ การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกกัดในสภาวะที่ไม่ปกติ¹⁰ เป็นต้น ส่วนการยึดติดทางเคมีทำได้โดยใช้สารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตหรือคาร์บอกซีเลตเป็นหมู่ฟังก์ชัน (Phosphate/carboxylate functional monomer) ปรับสภาพผิวของเซอรโคเนีย โดยสารมอนอเมอร์จะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์บนผิวของเซอรโคเนีย ส่งผลให้มีแรงยึดสูงขึ้น มีการศึกษาถึงการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียที่ประกอบด้วยสารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน สามารถเพิ่มค่าแรงยึดติดระหว่างเซอรโคเนียและเรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์ได้¹¹⁻¹⁵

สารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตหรือคาร์บอกซีเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ สารเทินเมทาคริลอยลิกซีดิลไฮโดรเจนฟอสเฟต หรือเอ็มดีพี (10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, MDP) และสารโพรมะทาคริลอยลิกซีดิลไฮโดรเจนฟอสเฟต หรือเอ็มดีพี หรือโพรมะทา (4-Methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride, 4-META) โดยสารเหล่านี้สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของวัสดุทางทันตกรรมได้ เช่น โลหะผสมพื้นฐาน (Base metal alloy)^{16,17} และเซอรโคเนีย¹¹⁻¹⁵ ยิ่งไปกว่านั้นสารเอ็มดีพียังสามารถเกิดพันธะทางเคมีที่เสถียรกับโครงสร้างของฟันทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันได้อีกด้วย^{18,19} ดังนั้นจึงได้มีการนำสารเอ็มดีพีหรือโพรมะทาใส่ในสารปรับสภาพโลหะ/เซอรโคเนีย (Metal/zirconia primer) เช่น อัลลอยไพรเมอร์ (Alloy primer) ซีไพรเมอร์พลัส (Z primer plus) เป็นต้น เพื่อปรับสภาพผิวของโลหะผสมพื้นฐานหรือเซอรโคเนียให้เกิดการยึดติดทางเคมีที่ดีขึ้นกับเรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์¹⁵ ในปัจจุบันได้มีการนำสารมอนอเมอร์ที่มีหมู่ฟอสเฟตหรือคาร์บอกซีเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันมาใส่ไว้ในสารยึดติด เช่น สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอล (Universal adhesive) เป็นต้น เพื่อหวังผลให้เกิดการยึดติด

ทางเคมีกับโครงสร้างฟันและวัสดุที่มีชั้นออกไซด์ Balckenhol และคณะ รายงานว่าการปรับสภาพเซอรโคเนียด้วยสารโพรมะทาให้แรงยึดติดที่ดีกว่าการปรับสภาพเซอรโคเนียด้วยสารเอ็มดีพี²⁰ มีการศึกษามากมายรายงานถึงความสำเร็จของการนำสารยึดติดที่มีเอ็มดีพีมาใช้ในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย เพื่อเพิ่มกำลังแรงยึดระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์^{19,21-23} นอกจากนี้ Kim และคณะ ได้รายงานค่ากำลังแรงยึดในการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลปรับสภาพผิวเซอรโคเนียมีค่า 37.7 เมกะพาสคาล ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้อัลลอยไพรเมอร์ปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย ซึ่งมีค่า 26.9 เมกะพาสคาล¹⁵ แต่การศึกษาของ Xie และคณะ กลับไม่พบความแตกต่างของการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลและสารปรับสภาพผิวที่มีเอ็มดีพีในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย²³

ปัจจุบันยังมีการศึกษาเกี่ยวกับค่ากำลังแรงยึดของการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในการซ่อมแซมเซอรโคเนียที่เกิดการแตกหักด้วยเรซินคอมโพสิตเป็นจำนวนน้อย และผลการศึกษาที่ได้ยังมีค่าแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตโดยการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการซ่อมแซมเซอรโคเนียที่เกิดการแตกหักด้วยเรซินคอมโพสิต จึงมีความน่าสนใจและเป็นที่มาของการศึกษานี้ โดยมีสมมติฐานการศึกษาคือ 1. กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารปรับสภาพที่มีเอ็มดีพีร่วมกับสารยึดติด และการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลมีค่าไม่แตกต่างกัน 2. กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สารปรับสภาพผิวเซอรโคเนียและสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษานี้ (ตารางที่ 1)

การเตรียมชิ้นงานเซอรโคเนีย ชิ้นงานเซอรโคเนียที่เผาอย่างเต็มที่ (Fully sintered zirconia disk) จากเซอรโคเนียบล็อด (VITA YZ HT, VITA Zahnfabrik, Germany) จำนวน 140 ชิ้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และหนา 4 มิลลิเมตร ผิงลงในท่อน้ำที่เดือดแล้วยึดด้วยยิปซัมทางทันตกรรม

โดยให้ชิ้นเซอรโคเนียสูงจากผิวของยิปซัมประมาณ 1 มิลลิเมตร²⁴ 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) ใช้เวลาขัด 2 นาทีต่อชิ้นงาน จากนั้นนำชิ้นงานไปพ่นด้วยอนุภาคอะลูมินา ขนาด 50 ไมโครเมตร เป็นเวลา 10 วินาที ที่ความดัน 2.3 บาร์ ระยะห่างจากเซอรโคเนีย 10 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมผิวเซอรโคเนียสำหรับการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคในทุกชิ้นงาน จากนั้นนำไป

ทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaner VI, Yoshida dental trade distribution Co., Tokyo, Japan) เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นแบ่งชิ้นงานออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มละ 20 ชิ้น ตามการปรับสภาพผิวของเซอรโคเนีย เพื่อให้เกิดการยึดติดทางเคมี ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารปรับสภาพผิวหรือสารยึดติด (No tx) กลุ่มที่ 2 อัลลอยไพรเมอร์ (AP) กลุ่มที่ 3 ซิงเกิลบอนด์ยู (SB) กลุ่มที่ 4 อัลลอยไพรเมอร์+ซิงเกิลบอนด์ยู (AP+SB) กลุ่มที่ 5 ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (SU) กลุ่มที่ 6 จี-พรีมีโอบอนด์ (GP) และกลุ่มที่ 7 ออฟติบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (OU)

ตารางที่ 1 สารปรับสภาพผิวเซอรโคเนียและสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษา

Table 1 Zirconia primer and adhesives used in the study

Material	Composition
Alloy primer (Kuraray Noritake Dental Inc., Okayama, Japan) Lot: 580093	MDP, VBATDT, acetone
Single bond 2 (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA) Lot: N378816	Bis-GMA, HEMA, DMA, methacrylate functional copolymer, filler, photoinitiators, ethanol, water
Singlebond universal (3M, Deutschland GmbH, Neuss, Germany) Lot: 483316	MDP, Bis-GMA, HEMA, DMA, methacrylate functional copolymer, silane, filler, initiators, ethanol, water
G-premio bond (GC Corporation, Tokyo, Japan) Lot: 1611221	4-MET, MDP, HEMA, dimethacrylate, ethanol, acetone
Optibond universal (Kerr Corporation, California, USA) Lot: LK02785	GPDM, GDM, HEMA, dimethacrylate, acetone, ethanol

Abbreviations: MDP, 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; VBATDT, 6-(4-vinylbenzyl-n-propyl) amino-1,3,5-triazine-2,4-dithion; Bis-GMA, bisphenol A-glycidyl methacrylate; HEMA, 2-hydroxyethyl methacrylate; DMA, dimethacrylate; 4-MET, 4-methacryloxyethyl trimellitic acid; GPDM, glycerol phosphate dimethacrylate; GDM, 1,3-glycerol dimethacrylate

การปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย

การทำอัลลอยไพรเมอร์ นำเทปกาวยาเดียว (Scotch blue Painter's tape, 3M, Minnesota, USA) ที่มีความหนาประมาณ 80 ไมโครเมตร ตัดให้มีขนาดกว้างและความยาว 10 มิลลิเมตร เจาะรูให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วติดลงบนเซอรโคเนีย ใช้ฟุ้งไมโครบรัชขนาดเล็ก (Applicator Tips, Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany) ชุบอัลลอยไพรเมอร์แล้วทาที่ผิวของเซอรโคเนียให้ทั่ว แล้วใช้ฟุ้งไมโครบรัชตามไหม้ซึบสารไพรเมอร์ส่วนเกินออก จากนั้นเป่าด้วยลมจากทริปเปิลไชรินจ์ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์

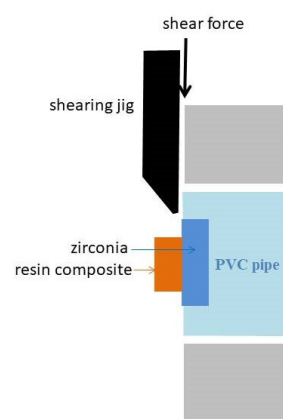
ต่อตารางนี้ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าจนอัลลอยไพรเมอร์บนผิวเซอรโคเนียแห้งสนิท เก็บชิ้นงานในภาชนะที่มีฝาปิด เพื่อป้องกันการสัมผัสกับฝุ่นละออง ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป

การทาสารยึดติด ใช้ฟุ้งไมโครบรัชขนาดเล็ก ชุบสารยึดติดแล้วทาที่ผิวหน้าของเซอรโคเนียให้ทั่ว แล้วใช้ฟุ้งไมโครบรัชตามไหม้ซึบสารยึดติดส่วนเกินออก จากนั้นใช้ลมจากทริปเปิลไชรินจ์ที่ปราศจากละอองน้ำและน้ำมัน ด้วยแรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนี้ ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่าเพื่อกำจัดตัวทำละลายให้ระเหยออกจากผิว

หน้าของเซอรโคเนียจนแห้งสนิทและไม่เกิดการเคลื่อนไหวของสารยึดติด ฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวด้วยเครื่องฉายแสง (Elipar Freelight 2 LED curing light, 3M ESPE, Minnesota, USA) ที่ความเข้มแสง 1000 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เก็บชิ้นงานในภาชนะที่มีฝาปิดเพื่อป้องกันการสัมผัสกับฝุ่นละออง ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนต่อไป

การยึดด้วยเรซินคอมโพสิต นำแม่แบบอัลตราเด็นท์ (Ultradent product, Inc, South Jordan, United States) ที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตร วางลงบนผิวหน้าเซอรโคเนียที่ผ่านการปรับสภาพผิวด้วยวิธีการต่างๆ โดยให้แม่แบบที่ใช้บรรจุเรซินคอมโพสิตอยู่ตรงรูของเทปกาวหน้าเดียว จากนั้นนำเรซินคอมโพสิตสีเอสามเนื้อฟัน (Harmonize A3 dentin shade, Kerr Corporation, California, USA) อัดในรูแม่แบบ ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัว โดยให้ปลายท่อแสงตั้งฉากและแนบชิดกับผิวหน้าของแม่แบบ จากนั้นแกะแม่แบบและเทปกาวออกแล้วฉายแสงซ้ำอีกครั้งเป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้เกิดการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์ จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำกลั่น โดยเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Incubator; Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., Korokoro, Lower Hutt, New Zealand)

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน นำชิ้นทดสอบยึดเข้ากับอุปกรณ์เพื่อทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน โดยให้แนวระนาบของปลายมีดที่จะใช้ทดสอบแรงเฉือน (Shearing blade) ขนานกับรอยต่อระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต และให้อยู่ห่างประมาณ 1 มิลลิเมตร (รูปที่ 1) ทำการทดสอบวัดกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต ด้วยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮดรอลิก (Universal testing machine; EZ-S 500N, Shimadzu corporation, Kyoto, Japan) ที่ความเร็วของหัวกด (Crosshead speed) เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที คำนวณค่ากำลังแรงยึดเฉือนโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ของเรซินคอมโพสิตที่สัมผัสกับเซอรโคเนีย ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเมกะพาสคาล



รูปที่ 1 องค์ประกอบของการทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน

Figure 1 Shear bond strength test configuration

การศึกษารูปแบบความล้มเหลว การศึกษารูปแบบความล้มเหลวภายหลังการแตกหัก โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแรงยึดเฉือนไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบความล้มเหลว (Mode of failure) ของแรงยึดระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต สามารถแบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การยึดไม่อยู่ (Adhesive failure) เกิดความล้มเหลวระหว่างรอยต่อของเซอรโคเนียและเรซินคอมโพสิต เมื่อดูบนผิวเซอรโคเนียจะไม่พบเรซินคอมโพสิตหลงเหลืออยู่เลย

2. การเชื่อมแน่นล้มเหลว (Cohesive failure) เกิดความล้มเหลวในเนื้อวัสดุเรซินคอมโพสิต เมื่อดูบนผิวเซอรโคเนียจะพบเรซินคอมโพสิตติดที่ผิวเซอรโคเนียอยู่ทั้งหมด

3. การล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure) เกิดความล้มเหลวทั้งแบบการยึดไม่อยู่และการเชื่อมแน่นล้มเหลว เมื่อดูบนผิวเซอรโคเนียจะพบเรซินคอมโพสิตติดบนผิวเซอรโคเนียอยู่เป็นหย่อม ๆ

สถิติที่ใช้ทดสอบ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ (Tukey's multiple comparisons) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผล

การวิจัยนี้ไม่พบการแตกหักของชิ้นทดสอบก่อนการทดสอบกำลังแรงยึดเหนี่ยว (Prematurely failed specimen) ในทุกกลุ่มการทดลอง

ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ตารางที่ 2) โดยค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ 4-7 มีค่าไม่แตกต่างกัน และมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ 1-3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะพาสคาล) และร้อยละรูปแบบความล้มเหลว

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

Group	Mean bond strength (SD)	Mode of failure		
		Adhesive	Mixed	Cohesive
1. (No tx)	3.35 (1.87) ^a	100	0	0
2. (AP)	16.29 (2.05) ^b	10	90	0
3. (SB)	9.84 (2.21) ^c	15	85	0
4. (AP+SB)	24.05 (1.66) ^d	0	65	35
5. (SU)	23.73 (2.00) ^d	0	75	25
6. (GP)	23.47 (2.52) ^d	0	70	30
7. (OU)	22.91 (2.19) ^d	0	65	35

The value with identical letters indicates no statistically significant difference

บทวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า 1. กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารปรับสภาพที่มีเอมิตีฟร่วมกับสารยึดติด และการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลมีค่าไม่แตกต่างกัน 2. กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้อที่ 1 และข้อที่ 2

ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นพบในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป โดยพบว่ากลุ่มที่ไม่มีการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียเป็นแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 ส่วนกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพโรเมอร์หรือสารยึดติดเพียวอย่างเดียวนั้นเป็นแบบผสมร้อยละ 85-90 การล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 10-15 ส่วนกลุ่มที่มีการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพโรเมอร์แล้วตามด้วยการทาสารยึดติด และกลุ่มปรับสภาพผิวด้วย

รูปแบบความล้มเหลวที่พบภายหลังจากการทดสอบ

กำลังแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิต (ตารางที่ 2) โดยกลุ่มที่ 1 พบการล้มเหลวแบบแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 100 กลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 พบการล้มเหลวแบบผสมร้อยละ 85-90 และการล้มเหลวแบบแบบยึดไม่อยู่ร้อยละ 10-15 ส่วนกลุ่มที่ 4-7 พบการล้มเหลวแบบผสมร้อยละ 65-75 และการล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 25-35

สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลเป็นแบบผสมร้อยละ 65-75 การล้มเหลวแบบเชื่อมแน่นล้มเหลวร้อยละ 25-35 ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ โดยพบว่ากลุ่มที่มีกำลังแรงยึดต่ำจะให้รูปแบบความล้มเหลวแบบยึดไม่อยู่มากที่สุด

ชั้นออกไซด์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซอรโคเนียในการทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับกับสารที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชัน²⁵ เช่น อัลลอยไพโรเมอร์ สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลเป็นต้น เมื่อทาสารปรับสภาพผิวเซอรโคเนียหรือสารยึดติดที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตเป็นหมู่ฟังก์ชันลงบนผิวเซอรโคเนีย ปลายข้างที่มีหมู่ฟอสเฟต/คาร์บอกซิเลตจะเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นออกไซด์ของเซอรโคเนีย ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งเป็นคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) จะเกิดปฏิกิริยาการป่นตัวเป็นพอลิเมอร์กับสารยึดติดหรือเรซินคอมโพสิตได้

อัลลอยไพรมอร์เป็นสารปรับสภาพผิวเซอรโคเนียที่มีเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบหลัก โดยเอ็มดีพีเป็นสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชัน ซึ่งสามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นนอกไฮดรอกไซด์ของเซอรโคเนียได้ มีการศึกษาพบว่าสารเอ็มดีพีเกิดการยึดติดทางเคมีที่ดีกับเซอรโคเนีย¹¹⁻¹⁴ โดยการศึกษาของ Han และคณะ พบว่าเมื่อใช้สารเอ็มดีพีปรับสภาพผิวเซอรโคเนียเพื่อเชื่อมแซมเซอรโคเนียด้วยเรซินคอมโพสิตจะให้แรงยึดที่สูงขึ้น²⁶ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารอัลลอยไพรมอร์เพียงอย่างเดียวจะให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำการปรับสภาพผิวและกลุ่มที่ทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่ เนื่องจากสารเอ็มดีพีในอัลลอยไพรมอร์มีหมู่ฟอสเฟตสามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับชั้นนอกไฮดรอกไซด์ของเซอรโคเนียได้ และปลายอีกข้างหนึ่งของสารอัลลอยไพรมอร์เป็นคาร์บอนพันธะคู่จะเกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวเป็นพอลิเมอร์กับเรซินคอมโพสิตได้ นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยอัลลอยไพรมอร์แล้วตามด้วยการทาสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพรมอร์หรือสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยอัลลอยไพรมอร์จะเป็นการเพิ่มการยึดติดทางเคมีและเพิ่มการไหลแผ่ (Wettability) ของเรซินมอนอเมอร์ในสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่ให้เข้าไปในผิวของเซอรโคเนียได้ดียิ่งขึ้น เกิดเป็นชั้นรอยต่อที่แข็งแรงและเสถียรมากขึ้น¹⁴ ทำให้มีค่าแรงยึดที่สูงขึ้น

จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยอัลลอยไพรมอร์ร่วมกับสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่กับการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าในกลุ่มที่ไม่ได้ปรับสภาพผิว กลุ่มที่ปรับสภาพผิวด้วยอัลลอยไพรมอร์หรือสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Amaral และคณะ Seabra และคณะ และ Celik และคณะ พบว่าการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลให้ค่าแรงยึดที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารปรับสภาพผิวเซอรโคเนีย^{19,22,27} เนื่องจากสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล ประกอบด้วยสารเอ็มดีพีและเรซินมอนอเมอร์ ซึ่งเรซินมอนอเมอร์นี้จะไปทำให้ชั้น

รอยต่อระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินซีเมนต์มีความแข็งแรงและเสถียรขึ้น จึงส่งผลให้มีกำลังแรงยึดที่สูงขึ้น ในสารยึดติดผลิตภัณฑ์ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอลมีสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันคือ เอ็มดีพี สารยึดติดผลิตภัณฑ์จี-พรีมีโอบอนด์มีสารที่มีหมู่ฟอสเฟตและคาร์บอกซิเลทเป็นหมู่ฟังก์ชัน คือ เอ็มดีพี และกรดโพร์เมทาคริโกลออกซิเอทิลไตรเมลลิติก หรือโพร์เมท (4-Methacryloxyethyl trimellitic acid, 4-MET) และสารยึดติดผลิตภัณฑ์ออดิบอนด์ยูนิเวอร์ซอลมีสารที่มีหมู่ฟอสเฟตเป็นหมู่ฟังก์ชันคือ กลีเซอรอลฟอสเฟตไดเมทาคริเลท (Glycerol phosphate dimethacrylate, GPDM) จากการศึกษาพบว่า การปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าในสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะมีมอนอเมอร์ที่เป็นหมู่ฟังก์ชันแตกต่างกัน และในผลิตภัณฑ์จี-พรีมีโอบอนด์มีทั้งสารที่มีหมู่ฟอสเฟตและคาร์บอกซิเลทเป็นหมู่ฟังก์ชันก็ให้ค่าแรงยึดติดที่ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เนื่องจากการเกิดพันธะเคมีของมอนอเมอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชันจะเกิดการจับกับชั้นนอกไฮดรอกไซด์บนผิวเซอรโคเนียได้บางส่วนและไม่เสถียร²⁸

Seabra และคณะ²² รายงานว่าสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลสามารถเพิ่มแรงยึดติดระหว่างเซอรโคเนียกับเรซินคอมโพสิตได้ นอกจากนี้ Amaral และคณะ¹⁹ แนะนำว่าการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลสามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียก่อนการยึดด้วยเรซินมอนอเมอร์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ จึงอาจสรุปได้ว่าการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียก่อนการยึดติดด้วยเรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์

บทสรุป

การปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยอัลลอยไพรมอร์ร่วมกับสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่และการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยสารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลจะให้กำลังแรงยึดระหว่างเซอรโคเนียและเรซินคอมโพสิตที่สูงกว่าการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียด้วยอัลลอยไพรมอร์หรือสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ทู่เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการใช้สารยึดติดแบบยูนิเวอร์ซอลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับสภาพผิวเซอรโคเนียก่อนการยึดติดหรือเชื่อมแซมด้วยเรซินคอมโพสิต

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.
- Dogan S, Raigrodski AJ, Zhang H, Mancl LA. Prospective cohort clinical study assessing the 5-year survival and success of anterior maxillary zirconia-based crowns with customized zirconia copings. *J Prosthet Dent* 2017; 117(2):226-32.
- Rinke S, Gersdorff N, Lange K, Roediger M. Prospective Evaluation of Zirconia Posterior Fixed Partial Dentures: 7-Year Clinical Results. *Int J Prosthodont* 2013;26(2): 164-71.
- Larsson C, Vult von Steyern P. Five-Year Follow-up of Implant-Supported Y-TZP and ZTA Fixed Dental Prostheses. A Randomized, Prospective Clinical Trial Comparing Two Different Material Systems. *Int J Prosthodont* 2010; 23(6):555-61.
- Kim MJ, Oh SH, Kim JH, Ju SW, Seo DG, Jun SH, et al. Wear evaluation of the human enamel opposing different Y-TZP dental ceramics and other porcelains. *J Dent* 2012; 40(11):979-88.
- 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. *Biotechnology & biotechnology equipment* 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, 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.
- Balkenhol M, Nothdurft FP, Hannig M, Schindler A, Lehmann A, Arnold T et al. Bonding to zirconia ceramic: the effect of cold plasma treatment and 4-META. *Clin Plasma Med* 2017;5-6:8-13.
- 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.

25. 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 Biomedmater 2008;87(2):461-7.
26. Han IH, Kang DW, Chung CH, Choe HC, Son MK. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. J Adv Prosthodont 2013;5(3):248-55.
27. Celik G, Ismatullaev A, Sari T, Usumez A. Comparison of the effectiveness of bonding composite to zirconia as a repair method. Int J Appl Ceram Technol 2016;13(2):405-11.
28. 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.

ผู้รับผิดชอบบทความ:

อวิรุทธิ์ คล้ายศิริ

สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์: 0 2986 9051

โทรสาร: 0 2986 9205

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: dentton@hotmail.com

The Effects of Universal Adhesives on Zirconia/Resin Composite Shear Bond Strength

Klaisiri A* Krajangta N* Sriamporn T** Thamrongananskul N***

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of different universal adhesives on zirconia/resin composite shear bond strength. Three universal adhesives [Single Bond Universal (SU), G-Premio bond (GP) and Optibond Universal (OU)], one zirconia primer [Alloy primer (AP)] and one adhesive [Single bond II (SB)] were used in this study. Zirconia disks (6 mm diameter, 4 mm thick) were prepared and embedded in dental gypsum. Specimens were polished and alumina sandblasted for micromechanical retention. The samples were randomly divided into seven groups (N=20 in each group) according to zirconia surfaces treatments for chemical bond: Group1 (No tx), Group2 (AP), Group3 (SB), Group4 (AP+SB), Group5 (SU), Group6 (GP) and Group7 (OU). An Ultradent template (2 mm diameter, 2 mm thick) was placed on top of treated zirconia surface. The resin composite 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 7 were 3.35(1.87), 16.29(2.05), 9.84(2.21), 24.05(1.66), 23.73(2.00), 23.47(2.52) and 22.91(2.19) MPa, respectively. The bond strengths of Group4-7 were significantly higher than those of Group1-3 ($p<0.05$). However, Group1 showed the lowest bond strength ($p<0.05$). In conclusion, the universal adhesive may be alternative to the zirconia primer for zirconia surface treatment before repair with resin composite.

Keywords: MDP/ Resin composite/ Shear bond strength/ Universal adhesive/ Zirconia

Corresponding author:

Awiruth Klaisiri

Division of Operative Dentistry,

Faculty of Dentistry, Thammasat University,

Klongluang, Pathumthani, 12120.

Tel.: +66 2986 9051

Fax: +66 2986 9205

E-mail: dentton@hotmail.com

*Division of Operative dentistry, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Amphur Klongluang, Pathumthani.

**Division of Prosthodontics, College of Dental medicine, Rangsit University, Amphur Muang, Pathumthani.

***Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok.