ความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลและรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมทเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันส่วนตัวฟัน

Micro-tensile Bond Strength of Scotchbond™ Universal Adhesive and RelyX™ Ultimate Resin Cement to Coronal Dentin

พิมพรรณ์ สัทธาชัย[1], ศิริพงศ์ ศิริมงคลวัฒนะ[2], ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์[2]
[1]โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชปัว จังหวัดน่าน
[2]ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Pimpun Satthachai[1], Siripong Sirimongkolwattana[2], Pavisuth Kanjantra[2],
[1]Pua Crown Prince Hospital, Nan
[2]Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2559; 37(2) : 101-111
CM Dent J 2016; 37(2) : 101-111

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ 3 ชนิดคือ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ เนกซัสธรีและรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมต กับเนื้อฟันส่วนตัวฟัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ใช้ฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ที่ไม่มีพยาธิสภาพ ทำการตัดเคลือบฟันด้านบดเคี้ยวออก เตรียมผิวเนื้อฟันให้เรียบและมีลักษณะของชั้นสเมียร์มาตรฐาน ทำการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตลงบนเนื้อฟันตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตด้วยเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ 3 ชนิด คือ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทู เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติด

Abstract

Objective: To evaluate micro-tensile bond strength of three resin cements used with self-etch adhesives which are Panavia™ F2.0, Nexus® 3 and RelyX™ Ultimate Adhesive Resin Cement to coronal dentin.

Materials and methods: Human third molars without any pathological conditions were used in this study. After occlusal enamel was removed, dentin surfaces were flattened and standardized smear layers were created. Resin composite blocks were luted onto dentin with three resin cements

Corresponding Author:

ศิริพงศ์ ศิริมงคลวัฒนะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

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

ออพติบอนด์ออลอินวัน และรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล ฉายแสงชิ้นงานที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ แช่ชิ้นงานในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการตัดด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ ได้ชิ้นทดสอบรูปแท่งที่มีพื้นที่หน้าตัด 1 ตารางมิลลิเมตร จำนวน 15 ชิ้นในแต่ละชนิดของเรซินซีเมนต์ นำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบสากล ความเร็วหัวทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการจำแนกความแปรปรวนแบบทางเดียว และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ ทำการศึกษาลักษณะพื้นผิวบริเวณแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์-เอตช์ทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่ทำการยึดด้วยรีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูงสุด รองลงมาคือกลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูและกลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันตามลำดับ

บทสรุป: เรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันส่วนตัวฟันสูงกว่าเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูและเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวัน

คำสำคัญ: ความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาค เรซินซีเมนต์ สารยึดติด สารยึดติดยูนิเวอร์แซล

used with their specific self-etch adhesives according to the manufacturer's instructions; namely (1) Panavia F2.0 used with ED Primer II (PAF/ED), (2) Nexus 3 used with Optibond All-in-one (NX3/AIO), and (3) RelyX Ultimate Adhesive Resin Cement used with Scotchbond Universal Adhesive (RXU/SBU). All bonded specimens were light-cured and stored in distilled water at 37°C for 24 hours. After that, the specimens were cut by a slow-speed saw into 15 pieces of square resin-dentin sticks for each resin cement, with the cross section of 1 mm^2. Specimens in each group were tested for micro-tensile bond strength testing using a universal testing machine at crosshead speed of 1 mm/min. Statistical analyses were computed by one-way ANOVA followed by Tukey's post-hoc test. The fractured samples were analyzed using a scanning electron microscope.

Results: The means of micro-tensile bond strength of the three resin cements used with their self-etch adhesives were significantly different ($p<0.05$). The mean of micro-tensile bond strength of RXU/SBU was the highest and significantly higher than those of PAF/ED and NX3/AIO respectively.

Conclusions: RXU/SBU demonstrated higher micro-tensile bond strength than PAF/ED and NX3/AIO.

Keywords: micro-tensile bond strength, resin cement, adhesive system, universal adhesive

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้เรซินซีเมนต์ยึดชิ้นงานบูรณะโดยอ้อมมากขึ้น เนื่องจากเรซินซีเมนต์มีกลสมบัติ (mechanical properties) ดี ให้ความสวยงามสูงกว่าซีเมนต์ดั้งเดิม (conventional cement) สามารถยึดติดกับฟันและชิ้นงานบูรณะ มีการละลายตัวต่ำ ลดรอยซึมเล็ก (microleakage) ระหว่างผิวฟันกับชิ้นงานบูรณะ[1-3] ลดการติดสีบริเวณขอบ ลดภาวะเสียวฟันหลังการบูรณะ (postoperative sensitivity) และการผุกลับซ้ำ (secondary caries)[4] เรซินซีเมนต์แบ่งเป็น 3 ประเภทตามการใช้ร่วมกับระบบสารยึดติดกับฟัน (adhesive system)[5] ได้แก่ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโท-ทอลเอตช์ (total-etch adhesive system) เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ (self-etch adhesive system) และเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive) การใช้เรซินซีเมนต์ยึดชิ้นงานบูรณะกับฟันจำเป็นต้องมีการเตรียมผิวฟันหรือชิ้นงานบูรณะก่อนการยึดติด การเตรียมพื้นผิวชิ้นงานบูรณะด้วยสารเคมีมีความแตกต่างกันตามประเภทวัสดุ เช่น เมทัลแอดฮีซีฟไพรเมอร์ (metal adhesive primer) หรืออัลลอยไพรเมอร์ (alloy primer) สำหรับชิ้นงานบูรณะประเภทโลหะ (metal) หรือเซอร์โคเนีย (zirconia) และสารไซเลน (silane) สำหรับชิ้นงานบูรณะเรซินคอมโพสิต (resin composite) หรือเซรามิกชนิดพื้นฐานเป็นซิลิกา (silica-based ceramics)[6] เป็นต้น ทำให้เพิ่มขั้นตอนการทำงานและจำเป็นต้องมีสารปรับสภาพพื้นผิวชิ้นงานบูรณะหลายชนิดในคลินิกทันตกรรม การพัฒนาคุณสมบัติของเรซินซีเมนต์ทำให้ใช้งานง่าย สะดวก ให้การยึดติดดีกับฟันและชิ้นงานบูรณะ เรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมต (RelyX™ Ultimate Adhesive Resin Cement, 3M ESPE, Germany) ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล (Scotchbond™ Universal Adhesive, 3M ESPE, Germany) เป็นเรซินซีเมนต์ระบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น สามารถใช้งานได้กับการบูรณะโดยตรง (direct restoration) หรือใช้ยึดชิ้นงานบูรณะโดยอ้อม สามารถยึดชิ้นงานบูรณะประเภทโลหะ เซรามิก (ceramic) และเรซินคอมโพสิต โดยไม่ต้องใช้สารปรับสภาพพื้นผิวชิ้นงานบูรณะเพิ่มเติม ใช้ยึดชิ้นงานบูรณะกับฟันทุกชี่ในขากรรไกรและกรณีที่ต้องการความสวยงาม[7] ทำให้เรซินซีเมนต์ระบบนี้มีแนวโน้มถูกนำมาใช้ในคลินิกทันตกรรมมากขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงความแข็งแรงยึดติด (bond strength) ของเรซินซีเมนต์ระบบนี้กับเนื้อฟันส่วนตัวฟันมีน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ชนิดอื่นจึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาค (micro-tensile bond strength) กับเนื้อฟันส่วนตัวฟันของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ 3 ชนิด คือ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (Panavia™ F2.0, Kuraray Noritake Dental Inc., Japan) เนกซัสธรี (Nexus® 3, Kerr Corporation, USA) และรีไลย์เอ็กซ์-อัลทิเมต

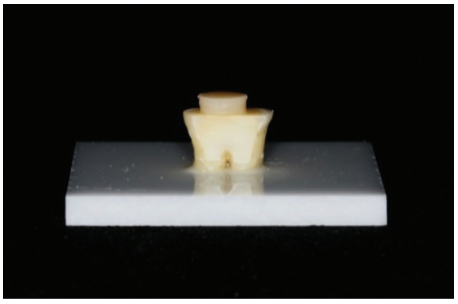
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมฟัน ฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ที่ไม่มีพยาธิสภาพและการบูรณะ จำนวน 12 ซี่ เก็บในสารละลายไทมอล (thymol solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิห้อง โดยทำการทดลองหลังจากถอนฟันระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือน ทำการตัดรากฟันออกโดยให้แนวแกนฟันตั้งฉากกับพื้น ให้ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) 3 มิลลิเมตร ในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยเครื่องตัดแต่ง (model trimmer, Renfert MT3, Renfert, USA) นำฟันยึดติดกับฐานพลาสติก ทำการตัดเคลือบฟันด้านบดเคี้ยว (occlusal enamel) ออกด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำไอโซเมต (Isomet® 1000, Buehler-Jebsen & Jessen Marketing, USA) ทำการเตรียมผิวเนื้อฟันให้เรียบและเกิดชั้นสเมียร์มาตรฐาน (standardized smear layer) ตามข้อกำหนดขององค์การมาตรฐานนานาชาติ ทีเอส 11405[8] ด้วยการขัดผิวฟันด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) ความละเอียด 600 กริต (grit) และเครื่องขัดผิว (Grinding/Polishing Machine, MoPao® 160E, MEGA Advance Co. Ltd., China) ร่วมกับน้ำ เป็นเวลา 1 นาที

การเตรียมชิ้นเรซินคอมโพสิต (composite resin block preparation) นำเรซินคอมโพสิตฟิลเทคแซดสามห้าศูนย์เอ็กซ์ที (Filtek™ Z350 XT, 3M ESPE, Germany) ขึ้นรูปด้วยแบบแยกส่วน (split mold) ฉายแสงด้วยเครื่องบลูเฟส (Bluephase® LED curing light, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 40 วินาที ได้ชิ้นงานเรซินคอมโพสิตรูปร่างทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร นำมาใช้ภายใน 1 สัปดาห์ เตรียมผิวชิ้นเรซินคอม-

โพสิตโดยการเป่าทราย (sandblasting) ด้วยผงอะลูมินาออกไซด์ ขนาด 50 ไมครอน ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร 10 วินาที[9] ทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic) 10 นาที เป่าแห้ง และทาด้วยสารไซเลนรีไลย์เอ็กซ์เซรามิกไพรเมอร์ (RelyX™ Ceramic primer, 3M ESPE, Germany) ทิ้งไว้ 1 นาที เป่าแห้ง

การยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน (cementation) ทำการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตติดกับเนื้อฟันด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดคือ เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ใช้ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทู (ED primer II, Kuraray Noritake Dental Inc., Japan) (PAF/ED) เรซินซีเมนต์เนกซัสธรีใช้ร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวัน (OptiBond® All-In-One, Kerr Corporation, USA) (NX3/AIO) และเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตใช้ร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล (RXU/SBU) ใช้ฟันจำนวน 4 ซี่โดยสุ่มในแต่ละชนิดของเรซินซีเมนต์ ทำการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตดังตารางที่ 1 กดด้วยตุ้มน้ำหนัก 10 นิวตัน (newton) เป็นเวลา 10 วินาที[8] กำจัดเรซินซีเมนต์ส่วนเกิน จากนั้นฉายแสง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านใกล้กลาง ไกลกลาง ใกล้แก้ม ใกล้ลิ้น และด้านบดเคี้ยว ด้านละ 20 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสงบลูเฟสรูปแบบความเข้มแสงต่ำไปสูง (soft start mode) ได้ตัวอย่างดังรูปที่ 1 ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปแช่น้ำกลั่นในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator, Memmert BE-200, Memmert GmbH. Co. KG, Germany) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง



รูปที่ 1 *ชิ้นตัวอย่างที่ทำการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันด้วยซีเมนต์*

Figure 1 *Resin composite block was luted onto dentin with resin cement*

การเตรียมและแบ่งกลุ่มชิ้นทดสอบ (specimen preparation) ทำการตัดชิ้นงานตัวอย่างด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำไอโซเมต ด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที แรงกด 100 กรัม ให้ได้ชิ้นทดสอบรูปแท่ง มีพื้นที่ผิวหน้าตัด 1x1 ตารางมิลลิเมตร กลุ่มการทดลอง 3 กลุ่มได้ชิ้นทดสอบแต่ละชนิดของเรซินซีเมนต์จำนวน 15 ชิ้น

การทดสอบความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาค นำชิ้นทดสอบแต่ละกลุ่มทดลองวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของบริเวณยึดติดด้วยเครื่องวัดดิจิตอล (digital vernier caliper, Keiba, Japan) หน่วยเป็นตารางมิลลิเมตร จากนั้นนำมายึดกับแท่นสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคด้วยกาวไซยาโนอะไครเลตโมเดลรีแพร์ทู (cyanoacrylate glue, Model repair II blue, Dentsply, USA) นำไปทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน 5566 (Instron® 5566 universal testing machine, Instron Engineering Corporation, USA) ที่ความเร็วหัวทดสอบ 1 มิลลิเมตรต่อนาที (รูปที่ 2) บันทึกค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นทดสอบ หน่วยเป็นนิวตัน ทำการคำนวณโดยหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของบริเวณยึดติด ได้ค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาค หน่วยเมกะปาสคาล (Megapascal, newton/mm^2=MPa)

รูปที่ 2 *ชิ้นทดสอบบนแท่นสำหรับทดสอบค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาค*

Figure 2 *Specimen on a micro-tensile bond strength testing device*

ตารางที่ 1 *ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต ส่วนประกอบ วิธีการใช้งานและเลขที่การผลิตของสารยึดติดและเรซินซีเมนต์*

Table 1 *Trade names, manufacturers, compositions, application techniques and batch numbers of adhesives and resin cements*

Product names and manufacturers	Compositions	Application techniques	Batch numbers
ED primer II (Kuraray Noritake Dental Inc., Japan)	Primer A: HEMA, 10-MDP, 5-NMSA, water, DEPT Primer B: 5-NMSA, water, DEPT, sodium benzene sulfinate	- Mix equal amounts of ED primer II A&B (must be used within 5 minutes after mixing). - Apply to the dentin surface, wait 30 seconds, gently air dry.	ED primer II A 00324A ED primer II B 00197C Paste A 00586D Paste B 00292F
Panavia™ F2.0 (Kuraray Noritake Dental Inc., Japan)	Paste A: 10-MDP, 5-NMSA, silica, dimethacrylate monomer, photoinitiator, BPO Paste B: barium glass, sodium fluoride, dimethacrylate monomer, DEPT, Sodium 2,4,6-TPBSA	- Dispense equal amounts of paste A&B (half a turn), mix for 20 seconds. - Apply to the resin composite block, cement the block to the dentin surface. - Remove excess cement, light-cure 5 sides of block for 20 seconds per side.	
OptiBond® All-In-One (Kerr Corporation, USA)	acetone, ethyl alcohol, uncured methacrylate ester monomers, inert mineral fillers, Ytterbium fluoride, photoinitiators, accelerators, stabilizers, water	- Apply first application with scrubbing motion for 20 seconds. - Apply second application with scrubbing motion for 20 seconds. - Gently air dry, then use medium force to air dry for at least 5 seconds.	5337197
Nexus® 3 (Kerr Corporation, USA)	Base: methacrylate ester monomer, HEMA, 2-PTU Catalyst: methacrylate ester monomer, HEMA, CHPO, TiO2, pigments	Dispense the mixed cement on the mixing paper. - Apply to the resin composite block, cement the block to the dentin surface. - Remove excess cement, light-cure 5 sides of block for 20 seconds per side.	5003794 (clear)
Scotchbond™ Universal Adhesive (3M ESPE, Germany)	MDP, dimethacrylate resins, HEMA, Vitrebond™ copolymer, filler, ethanol, water, initiators, silane	- Apply to tooth structure and rub it in for 20 seconds with a light brushing motion. - Blow a gentle air stream for 5 seconds.	504840
RelyX™ Ulitimate (3M ESPE, Germany)	Base: methacrylate monomers, radiopaque, silanated fillers, initiator, stabilizers, rheological additives Catalyst: methacrylate monomers, radiopaque alkaline (basic) fillers, initiator, stabilizers, pigments, rheological additives, fluorescence dye, dark cure activator for ScotchbondTM Universal Adhesive	- Mix base and catalyst paste into a homogeneous paste within 20 seconds. - Apply to the composite resin block, cement the block to dentin surface. - Remove excess cement, light-cure 5 sides of block for 20 seconds per side.	514268 (A1)
RelyX™ Ceramic primer (3M ESPE, Germany)	ethyl alcohol, water, methacry-loxypropyltrimethoxysilane	Apply on the prepared surface and gently blow oil free air across the surface.	N479421
Filtek™ Z350XT (3M ESPE, Germany)	Resin: Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, Bis-EMA and PEGDMA resins Filler: non-agglomerated/non-aggregated 20 nm silica filler, non-agglomerated/non-aggregated 4 to 11 nm zirconia filler, and aggregated zirconia/silica cluster filler (comprised of 20 nm silica and 4 to 11 nm zirconia particles)		N420627 (A2B)

HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate, 10-MDP: 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, 5-NMSA: N-methacryloyl 5-aminosalicylic acid, DEPT: N,N-Bis(2-hydroxyethyl)-p-toluidine, BPO: Benzoyl peroxide, Sodium 2,4,6-TPBSA: Sodiun 2,4,6-triisopropyl benzene sulfinate, 2-PTU: (2-Pyridyl)thiourea, CPHO: Cumene hydroperoxide, Tio2: Titanium dioxide, Bis-GMA: Bisphenol A-glycidyl methacrylate, UDMA: Urethane dimethacrylates, TEGDMA: Triethylene glycol dimethacrylate, Bis-EMA: Ethoxylated bisphenol A glycol dimethacrylate, PEGDMA: Polyethylene glycol dimethyacrylate

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการจำแนกความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์ (Tukey's post-hoc test) โดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอสเวอร์ชั่น 17.0 (SPSS V17.0, SPSS Inc.,USA)

การศึกษาลักษณะความล้มเหลวบริเวณแตกหัก (failure mode) นำชิ้นทดสอบที่แตกหักมาศึกษาพื้นผิวบริเวณแตกหักด้านเนื้อฟัน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JEOL JSM-5910 LV SEM, Japan) ที่กำลังขยาย 90 และ 500 เท่า โดยการวิเคราะห์ลักษณะการแตกหักดัดแปลงมาจาก Yang และคณะในปี 2006[1] จำแนกเป็น 4 แบบ ได้แก่ การแตกหักในชั้นเนื้อฟัน (cohesive failure in dentin) คือ การแตกหักอยู่ภายในเนื้อฟันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่บริเวณแตกหัก การแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ (adhesive failure along dentin surface) คือ การแตกหักอยู่ระหว่างชั้นเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่บริเวณแตกหัก การแตกหักในชั้นเรซิน (cohesive failure in luting resin and resin composite) คือ การแตกหักอยู่ภายในชั้นเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่บริเวณแตกหัก การแตกหักแบบผสม (mixed failure: adhesive failure with layer of luting resin remaining on the dentin surface) คือ มีการแตกหักภายในเนื้อฟัน หรือระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในชั้นเรซินซีเมนต์

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคและการวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มการทดลองทั้งหมด หน่วยเป็นเมกะปาสคาล แสดงในตารางที่ 2 ค่าสูงสุดที่ได้คือกลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล มีค่า 34.46±3.05 เมกะปาสคาล ค่าต่ำสุดที่ได้คือกลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันมีค่า 16.50±2.82 เมกะปาสคาล จากการวิเคราะห์ด้วยการจำแนกความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ร่วมกับสารยึดติดอย่างน้อย 2 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกีย์ พบว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูงสุด รองลงมาคือเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทู และเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันตามลำดับ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 *ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มการทดลองทั้งหมด*

Table 2 *Means and standard deviations of micro-tensile bond strength from all experimental groups*

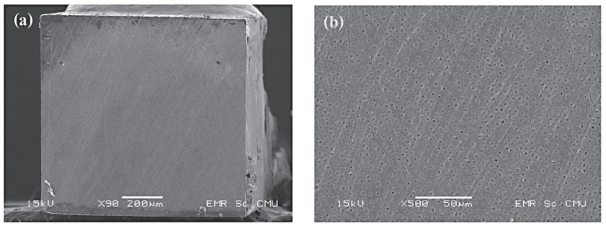
Adhesives/Resin cements	Means ± SD of micro-tensile bond strength (MPa)
ED/PAF	28.63B±2.95[b]
AIO/NX3	16.50C±2.82[a]
SBU/RXU	34.46A±3.05[c]
Means with the same upper case superscript letter are not significantly different ($p>0.05$).	

ผลการศึกษาลักษณะความล้มเหลวบริเวณแตกหัก การศึกษาครั้งนี้ไม่พบการแตกหักในชั้นเนื้อฟันในทุกกลุ่มการทดลอง จึงพบลักษณะความล้มเหลวบริเวณแตกหัก 3 แบบ คือ การแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ (รูปที่ 3) การแตกหักในชั้นเรซิน (รูปที่ 4) และการแตกหักแบบผสม (รูปที่ 5) ร้อยละของลักษณะความล้มเหลวบริเวณแตกหักของกลุ่มการทดลองทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6

บทวิจารณ์

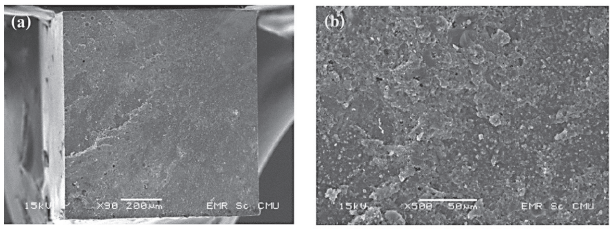
จากผลการศึกษาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ทั้ง 3 ชนิดกับเนื้อฟันส่วนตัวฟันมีความแตกต่างกัน

สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์เกิดการยึดติดกับโครงสร้างของฟันด้วย 2 กลไกร่วมกัน คือการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาคและการยึดติดทางเคมี สำหรับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ที่มีความเป็นกรดอ่อน การยึดติดทางจุลกลสาสตร์และทางเคมีเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการยึดติดที่ดีกับผิวฟัน โดยเกิดกระบวนการละลายแร่ธาตุบนผิวฟันเพียงบางส่วน (partial de-



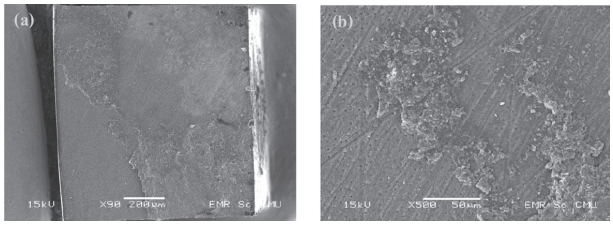
รูปที่ 3 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 90 เท่า (a) และ 500 เท่า (b) ของตัวอย่างชิ้นทดสอบที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ พบลักษณะเนื้อฟันพื้นผิวเรียบที่มีท่อเนื้อฟันเผยผึ่งและมีร่องรอยการถูกขัดด้วยกระดาษทราย*

Figure 3 *SEM micrographs of a representative fractured specimen (dentin side) in adhesive failure mode (a) x90 magnification (b) x500 magnification revealing smooth dentin surface with exposed dentinal tubules and abrasion traces from polishing*



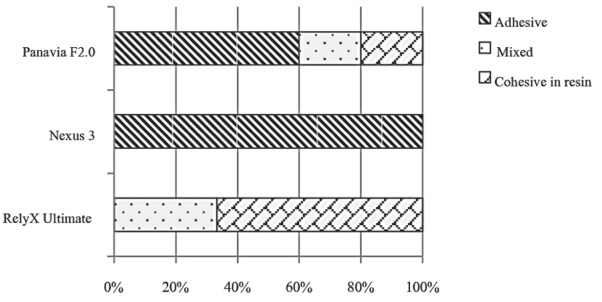
รูปที่ 4 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 90 เท่า (a) และ 500 เท่า (b) ของตัวอย่างชิ้นทดสอบที่มีการแตกหักในชั้นเรซินซีเมนต์ พบลักษณะของเรซินซีเมนต์ที่มีวัสดุอัดแทรกและเรซินเมทริกซ์*

Figure 4 *SEM micrographs of a representative fractured specimen (dentin side) in cohesive failure in resin mode (a) x90 magnification (b) x500 magnification revealing the characteristic of resin cement that consists of fillers and resin matrix.*



รูปที่ 5 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดกำลังขยาย 90 เท่า (a) และ 500 เท่า (b) ของตัวอย่างชิ้นทดสอบที่มีการแตกหักแบบผสม พบลักษณะของท่อเนื้อฟันพื้นผิวเรียบที่มีร่องรอยการถูกขัดด้วยกระดาษทราย ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่มีวัสดุอัดแทรกและเรซินเมทริกซ์*

Figure 5 *SEM micrographs of a representative fractured specimen (dentin side) in mixed failure mode (a) x90 magnification (b) x500 magnification revealing both smooth dentin surface with abrasion traces from polishing and characteristic of resin cement that consists of fillers and resin matrix.*



รูปที่ 6 *แผนภูมิแสดงร้อยละของลักษณะความล้มเหลวบริเวณแตกหักของกลุ่มการทดลองทั้งหมด*

Figure 6 *Diagram showing the percentages of failure mode of all experimental groups*

mineralization) หลงเหลือไฮดรอกซีอะพาไทต์ติดกับคอลลาเจน (collagen) การมีไฮดรอกซีอะพาไทต์หลงเหลือรอบคอลลาเจนช่วยปกป้องคอลลาเจนต่อการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และเป็นส่วนสำคัญในการเกิดพันธะเคมีกับมอนอเมอร์กลุ่มทำงาน[10,11]

จากแนวคิดการยึดติดและการละลายแร่ธาตุ (Adhesion-Decalcification concept หรือ AD-concept)[12,13] อธิบายถึงกลไกการยึดติดของโมเลกุลกับเนื้อเยื่อที่มีพื้นฐานเป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite-based tissues) โดยมอนอเมอร์กลุ่มทำงานสามารถทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุและการยึดติดกับโครงสร้างฟัน โดยเริ่มจากมอนอ-เมอร์กลุ่มทำงานสร้างพันธะไอออนิก (ionic bond) กับแคลเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทต์ เกิดเป็นเกลือแคลเซียมหรือสารประกอบเชิงซ้อนของแคลเซียมกับมอนอเมอร์ (calcium-monomer complex) หากเกลือแคลเซียมที่เกิดขึ้นมีความเสถียรจะทำให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับแคลเซียม แต่ถ้าเกลือแคลเซียมที่เกิดขึ้นไม่เสถียรจะเกิดการแตกออกของพันธะไอออนิก เกิดการละลายแร่ธาตุบนผิวฟันทำให้เกิดการเผยผึ่งของคอลลาเจนและเกิดการเสื่อมสลายของการยึดติด สารยึดติดที่มีมอนอเมอร์กลุ่มทำงานแตกต่างกันส่งผลให้กลไกและประสิทธิภาพการยึดติดกับโครงสร้างฟันแตกต่างกัน[14,15]

จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูและเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลซึ่งมีมอนอเมอร์กลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีพี มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูงกว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันซึ่งมีมอนอเมอร์กลุ่มทำงานชนิดจีพีดีเอ็ม (glycerol phosphate dimethacrylate, GPDM)

มอนอเมอร์กลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีพีเป็นมอนอเมอร์กลุ่มทำงานที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพดีในการยึดติดกับโครงสร้างฟันและมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน[10,14,16] พบเป็นส่วนประกอบในสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทู เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล จากแนวคิดการยึดติดและการละลายแร่ธาตุ มีการศึกษาพบว่าหมู่ฟอสเฟตในมอนอเมอร์กลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีพีทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุเพียงเล็กน้อย พร้อมกับเกิดการยึดติดทางเคมีด้วยพันธะไอออนิกกับแคลเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทต์ เกิดเป็นเกลือแคลเซียมฟอสเฟต (calcium-phosphate salts, Ca-10-MDP salt) ที่มีความคงตัวสูง การละลายตัวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกลือแคลเซียมที่เกิดจากมอนอเมอร์กลุ่มทำงานอื่น ๆ เช่น โฟร์เมต (4-MET) และฟีนิลพี (phenyl-P) ส่งผลให้มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพการยึดติดดี[14,15]

มอนอเมอร์กลุ่มทำงานจีพีดีเอ็ม เป็นมอนอเมอร์กลุ่มทำงานหมู่ฟอสเฟต พบเป็นส่วนประกอบในสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันซึ่งใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์เนกซัสธรี จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคต่ำสุดอาจเนื่องมาจากตามหลักการของแนวคิดการยึดติดและการละลายแร่ธาตุ มอนอเมอร์กลุ่มทำงานจีพีดีเอ็มทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุบนผิวฟันมากกว่าทำให้เกิดการยึดติด[17] เนื่องจากสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันมีค่าความเป็นกรดสูงกว่าสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูที่มีเท็นเอ็มดีพีเป็นองค์ประกอบ สอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคต่ำกว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูและเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซล และเนื่องจากการวิจัยนี้ไม่มีการฉายแสงสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันก่อนการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีเพื่อไม่ให้ความหนาของสารยึดติด (film thickness) ออพติบอนด์ออลอินวันมากเกินไป อาจทำให้สารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันเกิดการบ่มตัวไม่สมบูรณ์ สอดคล้องกับลักษณะความล้มเหลวที่เกิดแบบการแตกหักระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูงสุด เนื่องจากอาจเกิดการยึดติดทางเคมีของไวทรีบอนด์โคพอลิเมอร์กับเนื้อฟันเพิ่มเติมเสริมกับมอนอเมอร์กลุ่มทำงานเท็นเอ็มดีพี ไวทรีบอนด์โคพอลิเมอร์เป็นโคพอลิเมอร์ของกรดพอลิอัลคิโนอิกซึ่งปรับสภาพด้วยการเติมกลุ่มเมทาไครเลต มีกลุ่มคาร์บอกซิล (carboxyl groups) สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับแคลเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทต์ด้วยพันธะไอออนิก เกิดเป็นเกลือแคลเซียมคาร์บอกซิเลต (cal-

cium-carboxylate salts) ที่มีความเสถียรและละลายตัวต่ำ ทำให้เกิดการยึดติดที่ดีกับเนื้อฟันสอดคล้องตามแนวคิดการยึดติดและการละลายแร่ธาตุ[10,18] และมีความชอบน้ำช่วยให้สารยึดติดแทรกซึมได้ดีขึ้น[19] มีการศึกษาพบว่ามอนอเมอร์กลุ่มพอลิคาร์บอกซิลิก (polycarboxylic monomer) เช่น โคพอลิเมอร์ของกรดพอลิอัลคิโนอิกซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการยึดติดที่มีประสิทธิภาพกับไฮดรอกซีอะพาไทต์[20,21] จากการศึกษาของ Perdigão และคณะในปี 2013[19] พบว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ที่มีไวทรีบอนด์โคพอลิเมอร์ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดกับเนื้อฟันมากกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ที่ไม่มีไวทรีบอนด์โคพอลิเมอร์เป็นองค์ประกอบ

สาเหตุอีกประการที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคในกลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์ อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทู อาจเนื่องมาจากเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูมีเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์และสารประกอบเอมีนตติยภูมิเป็นส่วนประกอบของสารตั้งต้นปฏิกิริยา มอนอเมอร์กลุ่มทำงานที่มีความเป็นกรดในสารยึดติดอีดีไพรเมอร์ทูอาจทำปฏิกิริยากรดด่าง (acid-base reaction) กับสารประกอบเอมีนตติยภูมิที่มีความเป็นด่าง เหลือสารประกอบเอมีนตติยภูมิที่จะไปทำปฏิกิริยากับเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ลดลง ทำให้การเกิดเป็นพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ลดลง ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของเรซินซีเมนต์และลดค่าความแข็งแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน[22,23] แตกต่างจากเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตซึ่งมีระบบตั้งต้นปฏิกิริยาที่ปราศจากเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์และเอมีน อย่างไรก็ตาม เรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการเติมเกลือโซเดียมเบนซีนซัลฟิเนต (sodium benzene sulfinate salts) เพื่อเป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยาร่วม (co-initiator) กับเบนโซอิลเพอร์ออกไซด์และสารประกอบเอมีนตติยภูมิ[24] เกลือโซเดียมเบนซีนซัลฟิเนตสามารถทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์กลุ่มทำงานที่มีความเป็นกรดเกิดเป็นอนุมูลอิสระที่สามารถเริ่มต้นการเกิดพอลิเมอร์ได้ ส่งผลลดการเกิดปฏิกิริยากรดเบสระหว่างสารประกอบเอมีนตติยภูมิกับมอนอเมอร์กลุ่มทำงานที่มีความเป็นกรด[25]

ปัจจุบันมีการศึกษาเปรียบเทียบการเตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกก่อนการใช้สารยึดติดยูนิเวอร์แซลร่วมกับเรซินคอมโพสิตยึดติดกับผิวเนื้อฟัน พบว่าค่าความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคไม่แตกต่างจากการใช้สารยึดติดยูนิเวอร์แซลเพียงอย่างเดียว ทั้งก่อนและหลังการทำเทอร์โมไซคลิง[26,27] เป็นต้น ในการวิจัยนี้เป็นการทดสอบความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคระยะสั้น ดังนั้นควรศึกษาถึงผลในระยะยาว ผลของการฉายแสงสารยึดติดก่อนหรือหลังการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ และวิธีการเตรียมผิวฟันก่อนการใช้สารยึดติดยูนิเวอร์แซลร่วมกับเรซินซีเมนต์ เพื่อนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการใช้งานทางคลินิก

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์เมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ทั้ง 3 ชนิดกับเนื้อฟันส่วนตัวฟันมีความแตกต่างกันโดยเรซินซีเมนต์รีไลย์เอ็กซ์อัลทิเมตร่วมกับสารยึดติดสก็อตช์บอนด์ยูนิเวอร์แซลมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดดึงระดับจุลภาคระยะสั้น 24 ชั่วโมง สูงสุด รองลงมาคือเรซินซีเมนต์ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดอีดี ไพรเมอร์ทูและเรซินซีเมนต์เนกซัสธรีร่วมกับสารยึดติดออพติบอนด์ออลอินวันตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม เอสเป้ ประเทศไทย จำกัด (3M ESPE, Thailand) บริษัทเคอร์คอร์เปอเรชั่น ประเทศไทย จำกัด (Kerr Corporation, Thailand) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเพื่อทำการศึกษา ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater* 2006; 22(1): 45-56.

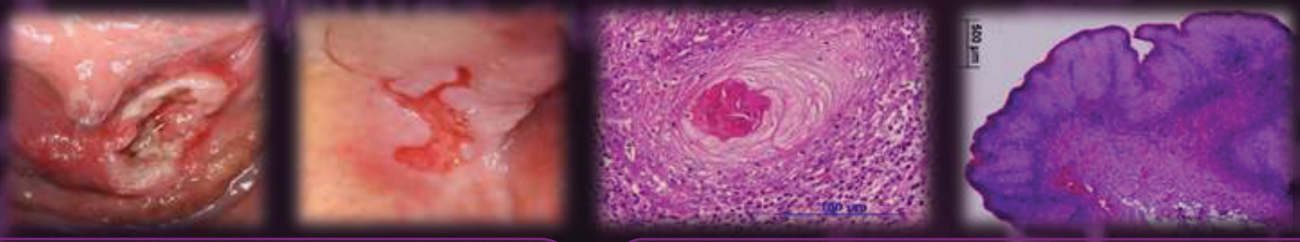
2. Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater* 2002; 18(8): 609-621.
3. De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. *Dent Mater* 2004; 20(10): 963-971.
4. Hikita K, Van Meerbeek B, De Munck J, Ikeda T, Van Landuyt K, Maida T, et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mater* 2007; 23(1): 71-80.
5. Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. *Compend Contin Educ Dent* 2013; 34(1): 42-44, 46.
6. Simon JF, Darnell LA. Considerations for proper selection of dental cements. Compend Contin Educ Dent 2012; 33(1): 28-30, 32, 34-25; quiz 36, 38.
7. 3M ESPE. RelyX™ Ultimate adhesive resin cement technical data sheet 2012. Available from: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=66666UgxGCuNyXTtO8TXO8TyEVtQEcuZgVs6EVs6E666666--.
8. International Organization for Standardization. ISO/TS 11405. Dentistry-Testing of adhesion to tooth structure2003.
9. D'Arcangelo C, Vanini L. Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. *J Adhes Dent* 2007; 9(3): 319-326.
10. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2011; 27(1): 17-28.
11. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28(3): 215-235.
12. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, et al. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res* 2001; 80(6): 1565-1569.
13. Yoshioka M, Yoshida Y, Inoue S, et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *J Biomed Mater Res* 2002; 59(1): 56-62.
14. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83(6): 454-458.
15. Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I, et al. Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. *J Dent Res* 2008; 87(8): 757-761.
16. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 2014; 42(7): 800-807.
17. Garcia RN, Morelli AE, Da Silva BS, et al. Bonding performance of a self-adhering flowable composite to substrates used in direct technique. *RSBO* 2013; 10(4): 343-349.
18. Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, et al. Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials* 2003; 24(11): 1861-1867.
19. Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC. Effect of substrate age and adhesive composition on dentin bonding. *Oper Dent* 2013; 38(3): 267-274.
20. Lin A, McIntyre NS, Davidson RD. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. *J Dent Res* 1992; 71(11): 1836-1841.

21. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res* 2000; 79(2): 709-714.
22. Salz U, Zimmermann J, Salzer T. Self-curing, self-etching adhesive cement systems. *J Adhes Dent* 2005; 7(1): 7-17.
23. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007; 51(2): 453-471.
24. Carvalho RM, Pegoraro TA, Tay FR, Pegoraro LF, Silva NR, Pashley DH. Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentine. *J Dent* 2004; 32(1): 55-65.
25. Cavalcanti SC, de Oliveira MT, Arrais CA, Giannini M. The effect of the presence and presentation mode of co-initiators on the microtensile bond strength of dual-cured adhesive systems used in indirect restorations. *Oper Dent* 2008; 33(6): 682-689.
26. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R, Lohbauer U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. *J Dent* 2014; 42(7): 800-807.
27. Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *Am J Dent* 2012; 25(3): 153-158.

หลักสูตรบัณฑิตศึกษา

แขนงวิชา วิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปาก

- วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
- ประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูง



วิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปาก

เป็นศาสตร์ที่ครอบคลุมงานในหลายสาขาวิชา ซึ่งจะนำไปสู่การวินิจฉัยโรคในบริเวณกระดูกขากรรไกรและใบหน้า และการจัดการรักษาผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต่อไป วิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปากเป็นศาสตร์ที่ประกอบไปด้วยหลายสาขาวิชาได้แก่ สาขาวิชาพยาธิวิทยาช่องปาก (ORAL PATHOLOGY) เวชศาสตร์ช่องปาก (ORAL MEDICINE) รังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล (ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY) รวมทั้งงานทางด้านระบบบดเคี้ยวและข้อต่อขากรรไกร(OCCLUSION AND TEMPOROMANDIBULAR JOINT) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยสาขาวิชาชีววิทยาช่องปาก ซึ่งเป็นการนำเอาความรู้พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์มาอธิบายสมมติฐานการเกิดโรค ทำให้เข้าใจกลไกการเกิดโรค และยังนำไปสู่การพัฒนาการรักษาโรคที่ดีขึ้นต่อไป

คณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มีศักยภาพ และความพร้อมอย่างสูงในการเรียนการสอนระดับบัณฑิตศึกษา มีคณาจารย์ และบุคลากรที่มีความชำนาญในทุกสาขาวิชาของวิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปาก มีทุนสนับสนุนการทำวิจัย การทำวิทยานิพนธ์ และการค้นคว้าอิสระ รวมถึงสนับสนุนการไปประชุมวิชาการและเผยแพร่ผลงานทางด้านวิชาการ ทั้งใน และนอกประเทศ

นอกจากนี้ยังมีห้องปฏิบัติการ รวมทั้งวัสดุ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่เอื้อต่อการเรียนการสอนและการบริการผู้ป่วย พร้อมทั้งสิ่งแวดล้อม บรรยากาศที่สวยงาม เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างมีความสุข

หลักสูตร ประกาศนียบัตรบัณฑิตชั้นสูง

ระยะเวลาศึกษา : 1 ปี

ตัวอย่างกระบวนวิชาในหลักสูตร ได้แก่

- Advanced oral diagnosis sciences, radiology, oral medicine, pathology, occlusion, and laboratory in oral pathology, and etc.
- Basic sciences: biomedical sciences, oral biology, and etc.
- รายละเอียดหลักสู
  http://www.dent.cmu.ac.th/web/UserFiles/File/course/WK0XK1CB.pdf

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

ผศ.ทพญ.ดร.อภิรุม จันทน์หอม

โทร.053-944-454 e-mail: aganhom@gmail.com

หลักสูตร วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

ระยะเวลาศึกษา : 2 ปี *วัตถุประสงค์ : เพื่อให้ทันตแพทย์*

- มีความรู้ ความสามารถและทักษะในการดูแลสุขภาพช่องปากให้แก่ผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องเหมาะสมในฐานะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในสาขาวิชาวิทยาการวินิจฉัยโรคช่องปาก
- มีความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้ ความก้าวหน้าทางวิชาการหรือเทคโนโลยีเพื่อนำไปประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม
- มีความสามารถในการพัฒนาความรู้ทางวิชาการให้สูงขึ้น จากประสบการณ์การทำงานวิจัยอย่างมีคุณภาพ

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

รศ.ทพ.สุรวุฒน์ พงษ์ศิริเวทย์

โทร.053-944-451 e-mail: surawut1@yahoo.com