

ผลของสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงในเรซินซีเมนต์ ต่อความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์

Effect of Dark Cure Activators in Resin Cements on Shear Bond Strength of Self-etch Adhesives

ศิวพร สุภประภาวณิชย์¹, ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์², วีรณัฐ ทองงาม²

¹คลินิกเอกซน กรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Siwaphon Suphaphravanit¹, Pavisuth Kanjantra², Weeranuch Thong-ngarm²

¹Private Practice, Bangkok

²Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2560; 38(1) : 49-62

CM Dent J 2017; 38(1) : 49-62

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงในเรซินซีเมนต์ต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์กับเนื้อฟัน เมื่อใช้ร่วมกับวัสดุบูรณะที่ทึบแสงหรือแสงผ่านได้บางส่วน

วิธีการวิจัย: นำฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ตัดผิวฟันให้เนื้อฟันเผยผิงเป็นระนาบ สุ่มแบ่งขึ้นทดสอบเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ใช้รีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ (RXU+SBU) กลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ใช้เนกซ์สทรีเรซินซีเมนต์ร่วมกับออปติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์ (NX3+XTR) กลุ่มที่ 7, 8 และ 9

Abstract

Objective: To evaluate the effect of dark cure activators on shear bond strength of resin cements with self-etch-adhesive-luted, opaque and translucent restorations on dentin.

Methods: Human third molars were ground flat to expose dentin and randomly divided into 9 groups. For groups 1, 2 and 3, RelyX™ Ultimate resin cement and Single Bond Universal adhesive (RXU+SBU) was used to bond the specimens with resin composite rods. Group 4, 5 and 6, used Nexus®3 resin cement and Optibond™ XTR (NX-

Corresponding Author:

ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Pavisuth Kanjantra

Assistant Professor, Department of Restorative Dentistry and
Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

E-mail: pavisuth.k@cmu.ac.th

ใช้เนกซ์ทรีเรซินซีเมนต์ร่วมกับออฟติบอนด์ ออลอินวัน (NX3+AIO) โดยกลุ่มที่ 1, 4 และ 7 ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงด้วยเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดบนเนื้อฟัน ฉายแสง 5 ด้าน ด้านละ 20 วินาที กลุ่มที่ 2, 5 และ 8 ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสงด้วยเรซินซีเมนต์ ฉายแสงด้านบนแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสง 20 วินาที ทิ้งไว้ในกล่องทึบแสงนาน 6 นาที ส่วนกลุ่มที่ 3, 6 และ 9 ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสงด้วยเรซินซีเมนต์ ไม่ฉายแสงแต่ทิ้งไว้ในกล่องทึบแสงนาน 6 นาที นำชิ้นงานทั้งหมดแช่ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นทดสอบกลุ่มละ 15 ชิ้นทดสอบไปหาค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มที่ทำการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ และได้รับการฉายแสงทั้ง 5 ด้านมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการฉายแสงบางส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่ไม่ได้รับการฉายแสงมีค่าต่ำสุด ($p < 0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับการฉายแสง กลุ่ม RXU+SBU มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่ม NX3+XTR และกลุ่ม NX3+AIO แต่กลุ่มที่ไม่ได้รับการฉายแสงไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวในเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 กลุ่ม

สรุปผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้จากการใช้สารยึดติดร่วมกับเรซินซีเมนต์ หากไม่มีการฉายแสงเพื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันมีค่าต่ำมาก สารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงในเรซินซีเมนต์อาจไม่สามารถทำให้สารยึดติดเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันที่สมบูรณ์ได้

คำสำคัญ: สารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสง เรซินซีเมนต์ สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์ ความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

3+XTR). Group 7, 8 and 9 used Nexus[®]3 resin cement and Optibond[™] All-In-One (NX3+AIO). In groups 1, 4 and 7, translucent shade resin composite rods were bonded to the dentin and then light cured for 20 seconds from 5 directions. In group 2, 5, and 8, opaque resin composite rods were light cured from the top for 20 seconds and then kept in a dark box for 6 minutes, while in group 3, 6 and 9, the specimens were not light cured but kept in a dark box for 6 minutes after bonding with opaque resin composite rods. All specimens were then stored in 37°C distilled water for 24 hours and fifteen from each group were tested for shear bond strength.

Results: Regarding curing mode, the groups with light curing from 5 directions showed significantly higher mean shear bond strengths than the groups with partial light curing. The groups without light curing showed the lowest mean shear bond strengths ($p < 0.05$). In the groups with light curing, RXU+SBU showed significantly higher mean shear bond strengths than NX3+XTR and NX3+AIO ($p < 0.05$). In the groups without light curing, there was no significant difference.

Conclusions: Without light curing, the means of shear bond strength of resin cements used with self-etch adhesives were very low. The dark cure activators in the resin cements might not allow complete polymerization of the adhesives.

Keywords: dark cure activator, resin cement, self-etch adhesive, shear bond strength

บทนำ

ในปัจจุบันเรซินซีเมนต์ (resin cement) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ที่ดี เช่น มีความแข็งแรงสูง มีการละลายตัว (solubility) ต่ำ สามารถยึดติดกับฟันและวัสดุบูรณะได้ดี เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในปัจจุบันเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) หลายรูปแบบได้แก่ การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสง (light cured polymerization) การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี (chemical cured polymerization) และการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาบ่มตัวสองแบบ (dual cured polymerization)^(1,2) โดยการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันอย่างสมบูรณ์ส่งผลต่อการยึดติด ความแข็งแรงของเรซินซีเมนต์ที่ดี และประสบความสำเร็จเมื่อนำไปใช้งานทางคลินิก^(3,4) เรซินซีเมนต์ที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาบ่มตัวสองแบบถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อดีคือมีระยะเวลาการทำงานสั้นลงจากการเริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันด้วยแสง ส่วนในบริเวณที่การฉายแสงเข้าไม่ถึงสามารถเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีร่วมด้วย จึงเหมาะนำมาใช้ในการยึดชิ้นงานบูรณะที่มีความซับซ้อน^(2,4)

เรซินซีเมนต์ที่ใช้งานร่วมกับระบบสารยึดติด (adhesive system) สามารถแบ่งได้เป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอตช์ (total-etch) และระบบเซลฟ์เอตช์ (self-etch)^(2,5,6) การใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ในการยึดชิ้นงานบูรณะโดยอ้อม (indirect restoration) นั้นมีการยึดติดกับเนื้อฟัน (dentin) ซึ่งเป็นโครงสร้างฟันที่เหลือส่วนมากได้ดี ไม่มีการกำจัดชั้นเสมียร์ (smear layer) หรือกำจัดชั้นเสมียร์ออกบางส่วน จึงลดภาวะอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ⁽⁷⁾ ทั้งยังมีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อนเหมือนระบบโททอลเอตช์จึงเป็นที่นิยมใช้ในทางคลินิก

การใช้สารยึดติด (bonding agent) ให้เกิดความแข็งแรงและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันอย่างสมบูรณ์ควรมีการฉายแสง แต่ในการยึดชิ้นงานบูรณะโดยอ้อมไม่แนะนำให้ฉายแสงชั้นของสารยึดติดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ เนื่องจากชั้นสารยึดติดที่ได้รับการฉายแสงก่อนจะมีความหนาของชั้นนี้เกิดขึ้นส่งผลต่อความแนบสนิทของชิ้นงาน^(8,9)

ริไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ (RelyX™ Ultimate, 3M ESPE, Germany) เป็นเรซินซีเมนต์ชนิดใหม่ ซึ่งทางบริษัทแนะนำให้ใช้ร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ (Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Germany) ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ขั้นตอนเดียว (1-step self-etch adhesive system) โดยปกติซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟนั้นเป็นสารยึดติดที่มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสง บริษัทผู้ผลิตให้ข้อมูลว่าในริไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ได้มีการเติมสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสง (dark cure activator) เมื่อนำมาใช้กับซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟสามารถทำให้ซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีได้โดยไม่ต้องฉายแสงก่อน ซึ่งมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับเรซินซีเมนต์ที่ผลิตออกมาก่อนหน้าคือ เนกซ์สทรีเรซินซีเมนต์ (Nexus® 3, Kerr Corporation, USA) ที่ใช้ร่วมกับ ออปติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์ (Optibond™ XTR, Kerr Corporation, USA) ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์สองขั้นตอน (2-step self-etch adhesive system) และออปติบอนด์ออลอินวัน (Optibond™ All-In-One, Kerr Corporation, USA) ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์ขั้นตอนเดียว จากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตสามารถใช้สารยึดติดนี้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ดังกล่าวได้โดยไม่ต้องฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อนเช่นกัน

การศึกษาเกี่ยวกับเรซินซีเมนต์ตัวใหม่ยังมีน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงในเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดนี้ ต่อค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (shear bond strength) ของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตช์กับเนื้อฟันเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุบูรณะที่ทึบแสงหรือแสงผ่านได้บางส่วน ซึ่งจะเป็นข้อมูลใช้ประกอบการพิจารณาการใช้เรซินซีเมนต์เพื่อยึดชิ้นงานบูรณะโดยอ้อมได้อย่างเหมาะสม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ จำนวน 77 ซี่ เก็บในสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% thymal solution) ตัดแบ่งครึ่งตามแนวใกล้กลางไกลกลาง (mesio-distal) ตัดผิวเคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้น (mid-buccal and mid-lingual surface) ให้ได้

เนื้อฟันเผยตั้งเป็นระนาบ ขนาดพื้นที่ประมาณ 4x4 ตาราง มิลลิเมตร ยึดฟันด้วยเรซินอะคริลิก ชนิดป่มตัวเอง (self-cured acrylic resin) ในแบบหล่อโลหะทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร สูง 10 มิลลิเมตร ได้ชิ้นงานนำ มาทดลอง 153 ชิ้น ชัดผิวเนื้อฟันโดยใช้เครื่องขัดกระดาษทราย (Grinding/Polishing Machine, MEGA Advance Co., Ltd., China) ถึงความละเอียด 600 กริต (grits) เพื่อให้พื้นผิวเนื้อฟันอยู่ระนาบเดียวกับผิวเรซินอะคริลิกและเกิด ลักษณะของชั้นเสมียร์มาตรฐาน (standardized smear layer)

เตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิต (resin composite) ฟิลเท็กซ์แซดสามห้าศูนย์เอ็กซ์ที (Filtek Z350XT, 3M ESPE, USA) สีซีที (CT, translucent) ซึ่งมีความโปร่งแสง (translucent) ด้วยแบบหล่อแยกส่วน (split mold) เป็นทรง กระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร สูง 2 มิลลิเมตร ออก เป็นชั้นเดียว ฉายแสง 40 วินาที

เจาะรูกระดาษทึบแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ติดบนเนื้อฟันเพื่อกำหนดพื้นที่ยึดเกาะของแท่ง เรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์ แบ่งกลุ่มทดลองโดยวิธีการ สุ่มเป็น 9 กลุ่ม กลุ่มละ 17 ตัวอย่าง กลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ใช้ รีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ร่วมกับซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล แอดฮีซีฟ (RXU+SBU) กลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ใช้เนกซ์สทีร์ เรซินซีเมนต์ร่วมกับออปติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์ (NX3+XTR) กลุ่มที่ 7, 8 และ 9 ใช้เนกซ์สทีร์เรซินซีเมนต์ร่วมกับออปติ บอนด์อลอินวัน (NX3+AIO) รายละเอียดส่วนประกอบ และสารยึดติดที่ใช้ร่วมกับเรซินแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 1

ผสมเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่มตามคำแนะนำของบริษัทผู้ ผลิต ดังตารางที่ 1 ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงบนเนื้อ ฟัน และวางทับด้วยค้อนน้ำหนัก 500 กรัม ในกลุ่มที่ 1, 4 และ 7 ฉายแสงด้านข้าง 4 ด้าน และผ่านด้านบนของแท่งเรซินคอมโพสิต ด้านละ 20 วินาที รวมเวลาฉายแสงทั้งหมด 100 วินาที เป็นกลุ่มที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วย แสง (light cure mode, LC) ได้ชิ้นทดสอบดังรูปที่ 1 ใน กลุ่มที่เหลือ นำแท่งเรซินคอมโพสิตปิดผิวด้านบนและด้านข้าง ทั้งหมดด้วยแผ่นกาวทึบแสงก่อนนำมายึดด้วยเรซินซีเมนต์ แต่ละชนิด โดยที่กลุ่มที่ 2, 5 และ 8 ฉายแสงจากด้านบนของ แท่งเรซินคอมโพสิตที่ทึบแสง เป็นเวลา 20 วินาที เพื่อให้เรซิน ซีเมนต์สัมผัสกับแสงเฉพาะบริเวณขอบแท่งเรซินคอมโพสิตดัง

รูปที่ 2 แล้วทิ้งไว้ในกล่องทึบแสงนาน 6 นาที เป็นกลุ่มที่เกิด ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาป่มตัวเองแบบ (dual cure mode, DC) กลุ่มที่ 3, 6 และ 9 ทิ้งไว้ในกล่องทึบแสง นาน 6 นาที โดยไม่มีการฉายแสง เป็นกลุ่มที่เกิดปฏิกิริยา พอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี (chemical cure mode, CC) ได้ชิ้นทดสอบดังรูปที่ 3 แซ่ชิ้นทดสอบทั้งหมดในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ดังสรุปตาม แผนผังในรูปที่ 4

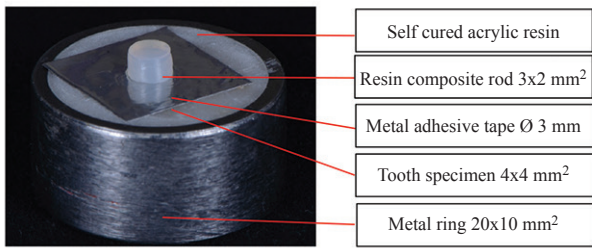
นำชิ้นทดสอบกลุ่มละ 15 ตัวอย่างมาทดสอบค่าความ แข็งแรงยึดเหนี่ยว โดยใช้เครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (Universal Testing Machine, Instron® 5566, Instron Limited, Thailand) ด้วยอัตราเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตร ต่อนาที และส่องดูลักษณะพื้นผิวของการแตกหักโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ (inverted phase contrast microscope, model, CK 40 culture microscope, Olympus, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อจำแนกลักษณะ ความล้มเหลวของชิ้นทดสอบ (failure mode) โดยแบ่งได้ เป็น 5 รูปแบบได้แก่ ความล้มเหลวในชั้นเนื้อฟัน (cohesive failure within dentin) ความล้มเหลวระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์กับชั้นเนื้อฟัน (adhesive failure at the cement-dentin interface) ความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ (cohesive failure within cement layer) ความล้มเหลว ในชั้นเรซินคอมโพสิต (cohesive failure within resin composite) และความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure at cement-dentin interface and within cement) นำชิ้น ทดสอบกลุ่มละ 2 ตัวอย่างหลังการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ มาตัดผ่ากลาง (cross sectioned) เพื่อส่องดูพื้นผิวการยึด ติดระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็ก ตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, JEOL JSM-5910LV SEM, Japan) ที่กำลังขยาย 1000 เท่า

นำค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทาง สถิติด้วยโปรแกรม SPSS V17.0 (SPSS Inc., Illinois, USA) วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และ เปรียบเทียบความแข็งแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง 9 กลุ่มการ ทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และใช้สถิติ

ตารางที่ 1 ชื่อทางการค้า บริษัทผู้ผลิต ส่วนประกอบ และวิธีการใช้งานของเรซินซีเมนต์และสารยึดติด

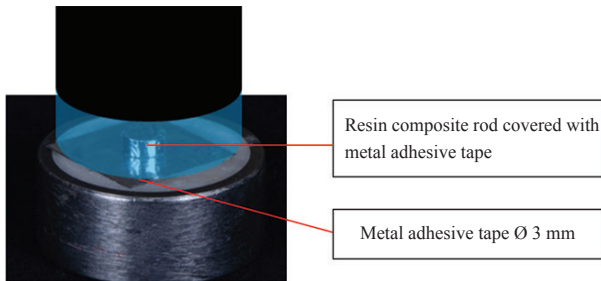
Table 1 Trade names, manufacturers, compositions and application techniques of resin cements and adhesive agents

| Product names and manufacturers | Compositions | Application technique* | Batch number |
|--|--|--|--------------------|
| Single Bond Universal (3M ESPE, Germany) | Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate, phosphate monomer#, dimethacrylate resins, hydroxyethyl methacrylate-modified polyalkenoic acid copolymer, filler, ethanol, water, initiators, silane | Apply the adhesive to the tooth structure and rub it in for 20 s. direct a gentle stream of air over the liquid for 5 s. | 545693 |
| RelyX™ Ultimate Clicker™ (3M ESPE, Germany) | Base paste: methacrylate monomers, radiopaque silanated fillers, initiator, stabilizer, rheological additives Catalyst paste: methacrylate monomers, radiopaque alkaline (basic) fillers, initiator, stabilizer, pigments, rheological additives, fluorescence dye, dark cure activator for Scotch-bond Universal | Mix base and catalyst paste into a homogenous paste for 10 s. using a spatula. | 538523 |
| Optibond™ XTR (Kerr Corp., USA) | Primer: GPDM# (Glycerol phosphate dimethacrylate), hydrophilic mono- and di-functional methacrylate, water, acetone, ethanol, CQ Adhesive: hydrophobic, structural and cross-linking monomers, ethanol, CQ, barium glass filler, nano-silica filler | -apply primer to dentin surface, scrub with a brushing motion for 20 s., air thin for 5 s. with medium air pressure - shake adhesive bottle, apply adhesive to dentin surface with light brushing motion for 15 s., air thin for 5 s. | 5303787 5303789 |
| Optibond™ All-In-One (Kerr Corp., USA) | Mono- and di-functional methacrylate esters, GPDM#, water, acetone, ethanol, filler | - apply the adhesive to the tooth structure and scrub with a brushing motion for 20 s. - apply a second application, thoroughly dry the adhesive gentle air first and then medium air for at least 5 s. | 5337197 |
| Nexus® 3 (Kerr Corp., USA) | Base: methacrylate ester monomers, HEMA, 2-PTU (pyridylthiourea) Catalyst: methacrylate ester monomers, HEMA, CHPO (cumene hydroperoxide), TiO2 pigments | - using auto mixed cement tip | 33644 |
| *According to the manufacturer's instructions. | | | |



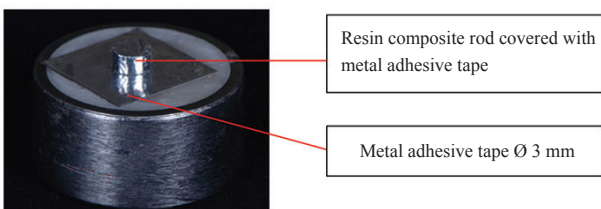
รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบที่เตรียมเสร็จสมบูรณ์ ของกลุ่ม 1, 4 และ 7

Figure 1 A sample specimen of group 1, 4, and 7



รูปที่ 2 แสดงการฉายแสงจากด้านบนของแท่งเรซินคอมโพสิตที่ปิดผิวด้านบนและด้านข้างทั้งหมดด้วยแผ่นกาวทึบแสงในกลุ่ม 2, 5 และ 8

Figure 2 Show light curing from the top of resin composite rod covered with metal adhesive tape on the top and surrounding wall in group 2, 5 and 8



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างชิ้นทดสอบที่เตรียมเสร็จสมบูรณ์ ของกลุ่ม 3, 6 และ 9 โดยไม่มีการฉายแสง

Figure 3 A sample specimen of groups 3, 6 and 9 was prepared completely without light curing mode

เปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดดันเน็ต (Dunnett's multiple comparison)

ผลการศึกษา

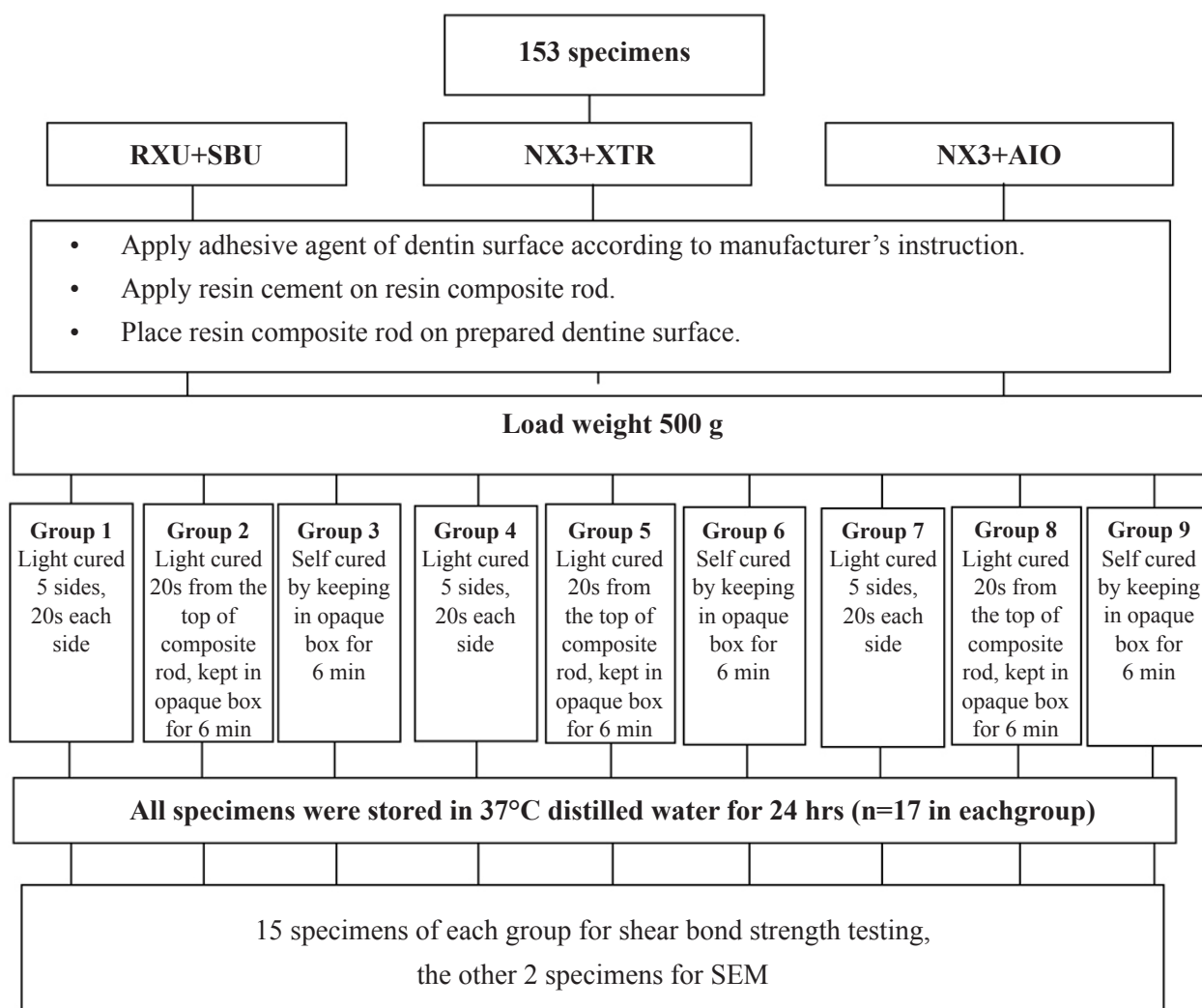
ผลทดสอบค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยว

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (mean shear bond strength) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของทั้ง 9 กลุ่มการทดลองแสดงในตารางที่ 2 เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าความแตกต่างของชนิดเรซินซีเมนต์กับสารยึดติดที่ใช้ และรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่แตกต่างกัน พบว่ากลุ่มที่ฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงเป็นเวลารวม 100 วินาที มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่ากลุ่มที่ฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสงเป็นเวลา 20 วินาที และกลุ่มที่ไม่ได้ฉายแสงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กลุ่มที่ไม่ฉายแสงมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวต่ำกว่าอีก 2 กลุ่มมาก

หากเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของแต่ละกลุ่มทดลองพบว่า กลุ่ม RXU+SBU และฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงเป็นเวลารวม 100 วินาที ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงสุด (25.80 ± 2.74 MPa) ต่างจากกลุ่ม NX3+XTR และฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงเป็นเวลารวม 100 วินาที (20.53 ± 3.57 MPa) ซึ่งในกลุ่มนี้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้ไม่แตกต่างจากกลุ่ม NX3+AIO และฉายแสงผ่านแท่งคอมโพสิตโปร่งแสงเป็นเวลา 100 นาที (18.78 ± 3.33 MPa)

ในกรณีที่ฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสงเป็นเวลา 20 วินาที กลุ่ม RXU+SBU ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยว (17.08 ± 3.47 MPa) มากกว่ากลุ่ม NX3+XTR (12.54 ± 3.50 MPa) และกลุ่ม NX3+AIO (11.16 ± 2.49 MPa) แต่ในสองกลุ่มหลังค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่แตกต่างกัน

ส่วนในกรณีที่ไม่ฉายแสงทุกกลุ่มเรซินซีเมนต์ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวต่ำที่สุด (2.98 ± 1.31 , 2.26 ± 1.17 , 2.61 ± 1.11 Mpa ตามลำดับชนิดของเรซินซีเมนต์) ชนิดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวแตกต่างกันทางสถิติ



รูปที่ 4 แผนผังวิธีการเตรียมชิ้นทดลองแต่ละกลุ่ม

Figure 4 Diagram of manipulation methods of each experimental group

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเหนี่ยวและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มการทดลอง

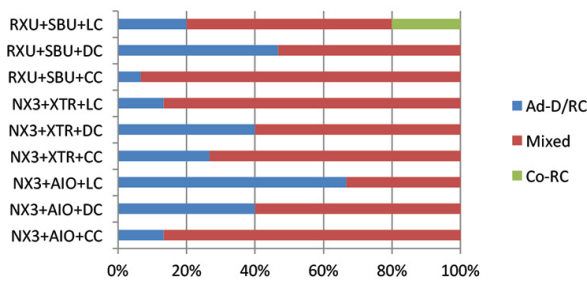
Table 2 Mean and standard deviation of shear bond strength from each experimental group.

| Resin cement+Adhesive | Mean shear bond strength (MPa) | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | Polymerization reaction | | |
| | Light cure mode (LC) | Dual cure mode (DC) | Chemical cure mode (CC) |
| RXU+SBU | 25.80±2.74 ^a | 17.08 ±3.47 ^b | 2.98±1.31 ^d |
| NX3+XTR | 20.53±3.57 ^b | 12.54±3.50 ^c | 2.26±1.17 ^d |
| NX3+AIO | 18.78±3.33 ^b | 11.16±2.49 ^c | 2.61±1.11 ^d |

Significant difference is represented by different letters. (p<0.05)

ลักษณะความล้มเหลว

พบลักษณะความล้มเหลวของขึ้นทดสอบ 3 รูปแบบได้แก่ ความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างพื้นผิวเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน ความล้มเหลวในชั้นเรซินซีเมนต์ และความล้มเหลวแบบผสม โดยร้อยละของความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันได้ผลดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มการทดลอง

Figure 5 Diagram shows the modes of failure of each experimental group. (Ad-D/RC: adhesive failure between dentine and resin cement, Mixed: Mixed failure, Co-RC: cohesive failure in resin cement)

ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวการยึดติดแบบตัดขวางของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ แต่ละกลุ่มการทดลอง ดังรูปที่ 6-8 พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฉายแสงทุกกลุ่มพบการเกิดเรซินแท็กส์ (resin tags) ในชั้นเนื้อฟัน ไม่สามารถแยกชั้นสารยึดติดและชั้นเรซินซีเมนต์ออกจากกัน นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะของเรซินแท็กส์ที่เกิดขึ้นในกลุ่ม NX3+XTR มีความหนาแน่นมากกว่าในกลุ่ม NX3+AIO และกลุ่ม RXU+SBU ส่วนในกลุ่มที่ไม่ฉายแสงทุกกลุ่มไม่พบการเกิดเรซินแท็กส์ในชั้นเนื้อฟัน

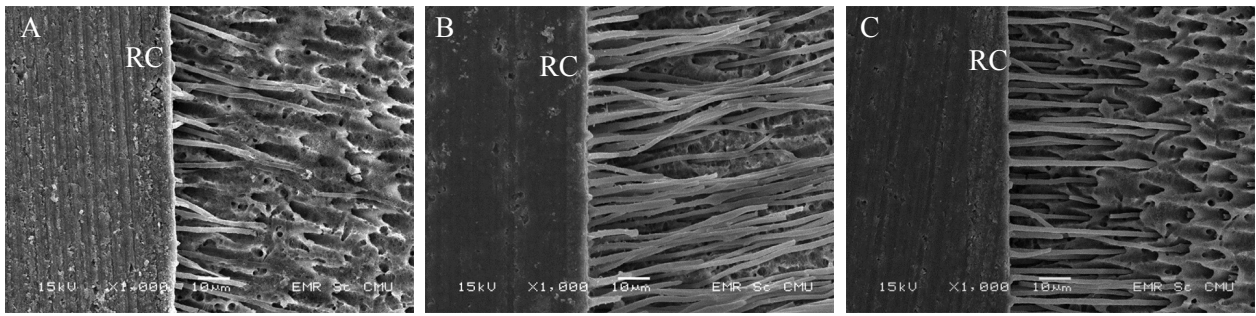
บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีสองปัจจัยหลักคือ ชนิดของสารยึดติดที่ใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ และลักษณะการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์-ไรเซชันที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ รูปแบบแรกคือการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสง โดยใน

กลุ่มนี้ใช้เรซินซีเมนต์ยี่ห้อแห่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงและฉายแสงโดยรอบทั้ง 5 ด้าน ด้านละ 20 วินาที กลุ่มนี้การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้รับการกระตุ้นด้วยแสงทั่วถึงบริเวณยึดติดทั้งหมด รูปแบบที่สองคือ การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาบ่มตัวสองแบบ ในกลุ่มนี้ใช้แห่งเรซินคอมโพสิตทึบแสงโดยใช้เทปโลหะทึบแสงมาพันรอบแห่งเรซินคอมโพสิตด้านข้างและด้านบนก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ เพื่อเป็นการป้องกันให้สารยึดติดและเรซินซีเมนต์สัมผัสกับแสงจากเครื่องฉายแสงเฉพาะบริเวณขอบเท่านั้น โดยการฉายแสงจากด้านบนของแห่งเรซินคอมโพสิตเป็นเวลา 20 วินาที เสมือนการยึดครอบฟันในทางคลินิกที่แสงจะโดนเฉพาะบริเวณขอบของครอบฟัน ซึ่งเป็นการกระตุ้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเริ่มต้นด้วยแสง ส่วนด้านในรอให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีต่อเนื่องขณะอยู่ในกล่องทึบแสงอีก 6 นาที รูปแบบสุดท้ายคือการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี ในกลุ่มนี้จะไม่มีการฉายแสงหลังการใช้เรซินซีเมนต์ยี่ห้อแห่งเรซินคอมโพสิตทึบแสง แต่จะวางขึ้นทดสอบไว้ในกล่องทึบแสงเป็นเวลา 6 นาที ก่อนนำไปแช่น้ำ การกระตุ้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเกิดจากปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียว

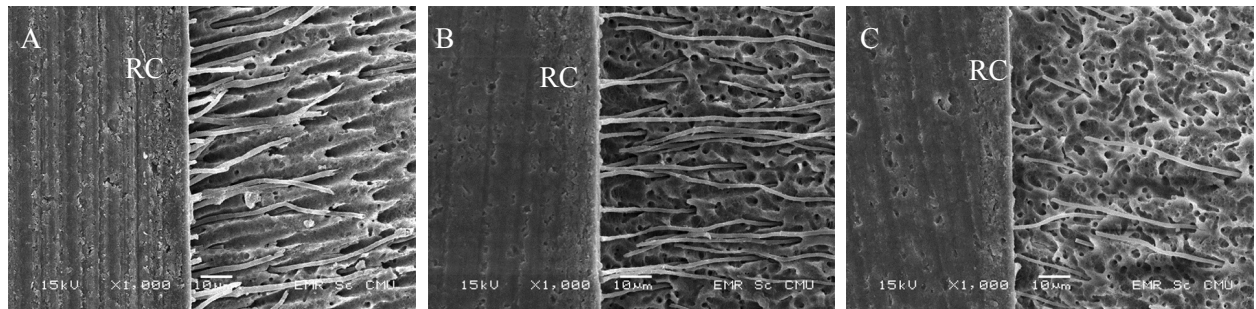
จากการศึกษานี้พบว่ากลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสงมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากลุ่มที่มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาบ่มตัวสองแบบ และกลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีซึ่งในกลุ่มสุดท้ายมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวน้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับหลายการศึกษา⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ ที่ทำการศึกษาระซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองแบบ พบว่ากลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียวมีระดับการเกิดพอลิเมอร์ และมีค่าความแข็งแรงยึดติดต่ำกว่ากลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมีแต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ส่วนใหญ่ในกลุ่มที่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสงได้มีการฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าการฉายแสงชั้นของสารยึดติดระบบเซลฟเฮลด์ก่อนจะให้ค่าความแข็งแรงยึดติดมากกว่าการฉายแสงชั้นสารยึดติดพร้อมไปกับเรซินคอมโพสิต (co-cured)^(15,16)

Lührs และคณะ⁽¹⁰⁾ ได้ศึกษาผลของรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันต่อค่าความแข็งแรงยึดติด



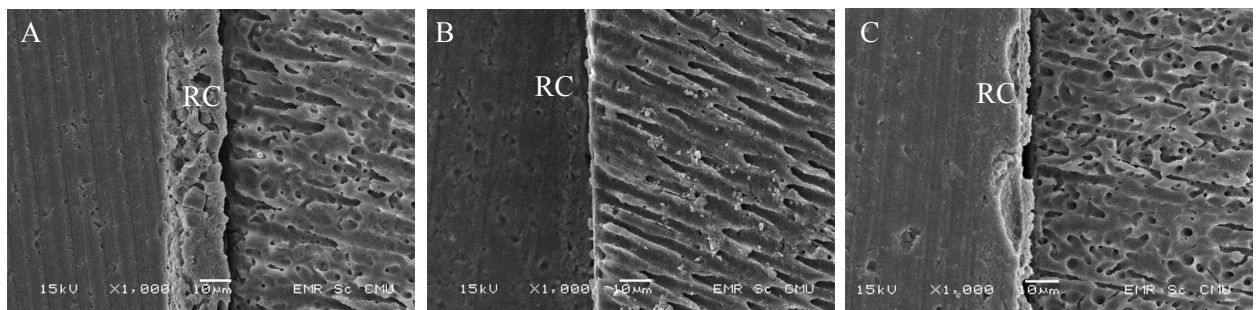
รูปที่ 6 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวการยึดติดกลุ่มที่ฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงรวม 100 วินาที ที่กำลังขยาย 1000 เท่า (A: กลุ่ม RXU+SBU, B: กลุ่ม NX3+XTR, C: กลุ่ม NX3+AIO, RC: เรซินซีเมนต์)

Figure 6 SEM images of resin-dentin interface of 100 seconds light cured groups at 1000x magnification (A: RXU+SBU, B: NX3+XTR, C: NX3+AIO, RC: resin cement)



รูปที่ 7 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวการยึดติดในกลุ่มที่ฉายแสงบนแท่งเรซินคอมโพสิตทึบแสง 20 วินาที ที่กำลังขยาย 1000 เท่า (A: กลุ่ม RXU+SBU, B: กลุ่ม NX3+XTR, C: กลุ่ม NX3+AIO, RC: เรซินซีเมนต์)

Figure 7 SEM images of resin-dentin interface of 20 seconds light cured from the top of opaque resin composite groups at 1000x magnification (A: RXU+SBU, B: NX3+XTR, C: NX3+AIO, RC: resin cement)



รูปที่ 8 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวการยึดติดในกลุ่มที่ไม่มีการฉายแสง ที่กำลังขยาย 1000 เท่า (A: กลุ่ม RXU+SBU, B: กลุ่ม NX3+XTR, C: กลุ่ม NX3+AIO, RC: เรซินซีเมนต์)

Figure 8 SEM images of resin-dentin interface of non-light cured groups at 1000x magnification (A: RXU+SBU, B: NX3+XTR, C: NX3+AIO, RC: resin cement)

ระดับจุลภาค (micro-tensile bond strength) โดยใช้ RXU+SBU และ NX3+XTR ยึดเฟลด์สปาร์ติกเซรามิกส์ (feldspathic ceramics) หนา 3 มิลลิเมตรกับเนื้อฟัน พบว่ากลุ่มที่ฉายแสงทั้งสารยึดติดและเรซินซีเมนต์ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ฉายแสงสารยึดติดแต่ไม่ฉายแสงเรซินซีเมนต์ แต่กลุ่มที่ไม่ฉายแสงทั้งสารยึดติดและเรซินซีเมนต์มีค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคต่ำมาก นอกจากนี้การศึกษาของ Lührs และคณะ⁽¹⁵⁾ ซึ่งศึกษาถึงผลของรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันต่อค่าความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาค โดยใช้ RXU+SBU และ NX3+XTR ยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตแบบแคดแคม (CAD/CAM composite block) ชนิดลาวาอัลติเมต (LAVA Ultimate, 3M ESPE, USA) หนา 3 มิลลิเมตร พบว่าในกลุ่มที่ฉายแสงทั้งสารยึดติดและเรซินซีเมนต์มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคสูงที่สุด ในกลุ่มที่ไม่ฉายแสงสารยึดติดแม้ว่าจะมีการฉายแสงหลังยึดด้วยเรซินซีเมนต์หรือไม่มีการฉายแสงหลังยึดด้วยเรซินซีเมนต์ให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ทั้งสองแบบมีค่าต่ำลงมาก อาจเนื่องมาจากการศึกษาดังกล่าวใช้แท่งเรซินคอมโพสิตที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ทำให้แสงไม่สามารถผ่านไปถึงสารยึดติดได้ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าความสามารถในการผ่านของแสงเริ่มลดลงเมื่อเรซินคอมโพสิตมีความหนา 1 มิลลิเมตร และเมื่อชิ้นงานมีความหนา 4 มิลลิเมตรแสงไม่สามารถผ่านได้เลย⁽¹⁷⁾ แตกต่างจากการศึกษานี้ที่แม้จะไม่ได้ฉายแสงชั้นสารยึดติดเช่นเดียวกัน แต่ใช้แท่งเรซินคอมโพสิตโปร่งแสงหนา 2 มิลลิเมตร ทำให้แสงสามารถผ่านไปถึงชั้นสารยึดติดเมื่อทำการฉายแสงผ่านแท่งเรซินคอมโพสิต ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดที่ได้จึงอยู่ในระดับที่ดีกว่า จากการศึกษาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่ดีของสารยึดติดส่งผลต่อค่าความแข็งแรงยึดติดเป็นอย่างมาก

นอกจากนี้มีการศึกษาการยึดติดระหว่างแท่งเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันด้วยซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟร่วมกับบรีไลย์เอ็กซ์อัลติเมตเรซินซีเมนต์ พบว่าหากไม่มีการฉายแสงค่าความแข็งแรงยึดติดมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ฉายแสงเป็นอย่างมาก แม้ว่าจะมีการเติมซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซล ดีซีเอ (Single Bond Universal DCA, 3M ESPE, Germany) ซึ่งเป็นสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงผสมกับซิงเกิล

บอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ ไม่ทำให้ค่าความแข็งแรงยึดติดของกลุ่มที่ไม่มีการฉายแสงเพิ่มขึ้น⁽¹⁸⁾

จากผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่แตกต่างกันทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดของสารยึดติดที่ใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกัน เป็นไปได้ว่าสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงที่อยู่ในเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิดอาจมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการทำให้สารยึดติดเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีอย่างสมบูรณ์ จึงเป็นผลทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดในกลุ่มที่ไม่ได้ฉายแสงมีค่าต่ำมาก ซึ่งสัมพันธ์กับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่แสดงพื้นผิวของการยึดติดของกลุ่มที่ไม่ฉายแสงซึ่งไม่พบเรซินแท็กซ์ ทั้งยังพบช่องระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์ของชั้นสารยึดติด โดยหลังจากที่ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตทิ้งไว้ในกล่องทึบแสงเป็นเวลา 6 นาที แล้วนำชิ้นทดสอบไปแช่น้ำนาน 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบความแข็งแรงยึดติด ซึ่งหากสารยึดติดตามขอบยังเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันไม่สมบูรณ์ อาจเกิดการซึมผ่าน (diffusion) ของน้ำเข้าไประหว่างชั้นสารยึดติดเรซินกับเนื้อฟันได้⁽¹⁵⁾ นอกจากนี้ยังเป็นผลจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (rate of polymerization) ของเรซินซีเมนต์ ซึ่งมีการศึกษาพบว่าการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียวมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันน้อยกว่าและช้ากว่าการฉายแสงเพื่อเริ่มต้นปฏิกิริยา^(19,20) เวลา 6 นาทีที่ทางบริษัทแนะนำอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันที่เหมาะสมของชั้นสารยึดติดและเรซินซีเมนต์หากปราศจากการฉายแสงเพื่อเริ่มต้นปฏิกิริยา

จากการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์และสารยึดติดที่ต่างกัน ในกรณีที่มีการฉายแสงพบว่ากลุ่ม RXU+SBU มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดสูงที่สุด โดยที่กลุ่ม NX3+XTR และกลุ่ม NX3+AIO มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดไม่แตกต่างกัน กลุ่ม RXU+SBU ที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดติดสูงที่สุดอาจเนื่องมาจากส่วนประกอบสำคัญในซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟ ที่สามารถเกิดการยึดติดทางเคมี (chemical bond) กับโครงสร้างฟันคือ เทนเอ็มดีพี หรือ เทนเมทาครีลเอทิลออกซิเดซิล ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (10-MDP, 10-Methacryloyloxydecyl

dihydrogen phosphate) และวิทริบอนด์ โคพอลิเมอร์ (Vitrebond™ Copolymer) ตามแนวความคิดเรื่องการยึดเกาะและการสลายแร่ธาตุ (adhesion-decalcification or AD concept)^(7,21-23) เท็นเอ็มดีพีซึ่งเป็นโมโนเมอร์กลุ่มทำงาน (functional monomer) และวิทริบอนด์ โคพอลิเมอร์ สามารถเกิดการยึดติดทางเคมีกับแคลเซียม (calcium) ในไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ของเนื้อฟัน และเกิดเกลือแคลเซียม (calcium salt) ที่เสถียร ซึ่งส่งผลดีต่อความคงทนของการยึดติด^(7,21,24-26) ในขณะที่ออฟติบอนด์เอ็กซ์-ทีอาร์ และออฟติบอนด์ออลอินวัน มีโมโนเมอร์กลุ่มทำงานชนิดเดียวกันคือ จีพีดีเอ็ม หรือกลีเซอรอลฟอสเฟตไดเมทาครีเลต (GPDM: glycerol phosphate dimethacrylate) ซึ่งเป็นกลุ่มฟอสเฟต (phosphate group) แต่กลไกการทำงานยังไม่ชัดเจน การศึกษาของ Nurrohman และคณะ⁽²⁷⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบโมโนเมอร์ในกลุ่มทำงาน 3 ชนิดคือ เท็นเอ็มดีพี จีพีดีเอ็ม และฟีนิลพี (Phenyl-P) ซึ่งเป็นกลุ่มฟอสเฟตทั้งหมด พบว่าเท็นเอ็มดีพีสามารถตรึง (immobilization) คอลลาเจน (collagen) ได้ดี ทำให้เกิดการสะสมแร่ธาตุได้มากที่สุด นอกจากนี้โมเลกุลของเท็นเอ็มดีพีมีขนาดเล็กกว่า จีดีเอ็มพีและฟีนอลพีซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมในการแทรกซึมเข้าไปในส่วนของเส้นใยคอลลาเจน⁽²⁷⁾

ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่แสดงพื้นผิวของการยึดติดในกลุ่มที่ฉายแสงจะพบว่ากลุ่ม NX3+XTR และ กลุ่ม NX3+AIO พบลักษณะของเรซินแท้ที่หนาแน่นกว่ากลุ่ม RXU+SBU แต่ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่ม RXU+SBU มีค่ามากกว่า อาจเป็นผลมาจากซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลแอดฮีซีฟมีการยึดติดทางเคมีกับโครงสร้างฟันที่ดีกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Wagner และคณะที่พบว่าจำนวนเรซินแท้ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความแข็งแรงยึดติด⁽²⁸⁾ ปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงยึดติดคือคุณภาพของชั้นไฮบริด (hybrid layer)^(7,29) นอกจากนี้ส่วนไพรเมอร์ (primer) ของออฟติบอนด์เอ็กซ์-ทีอาร์มีค่าความเป็นกรดต่าง 2.4 ซึ่งมีความเป็นกรดมากกว่าซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์แซลที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 2.7 จึงทำให้มีการกำจัดชั้นเสมียร์มากกว่า⁽³⁰⁾ และออฟติบอนด์เอ็กซ์-ทีอาร์เป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์สองชั้นตอนซึ่งมีการแยกขั้วระหว่างไพรเมอร์และสารยึดติด โดยในส่วนของไพรเมอร์ของระบบนี้จะมีความชอบน้ำมากกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์-

แบบชั้นตอนเดียวจึงทำให้มีการแทรกซึมของเรซินได้ดีกว่า จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีเรซินแท้ที่หนาแน่นกว่ากลุ่มอื่น

กลุ่ม NX3+XTR และกลุ่ม NX3+AIO มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวไม่ต่างกันในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Srisuwanwattana และ Kanjantra⁽³¹⁾ ที่พบว่าการใช้ NX3+XTR มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวมากกว่าการใช้ NX3+AIO แต่การศึกษาดังกล่าวมีการฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อนการยึดขึ้นงานบูรณะด้วยเรซินซีเมนต์ แตกต่างจากการศึกษานี้ที่ไม่ได้ฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อน อาจเป็นได้ว่าแม้ออฟติบอนด์เอ็กซ์ทีอาร์จะเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์แบบสองชั้นตอน แต่หากไม่ได้มีการฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อนจะมีคุณสมบัติไม่ต่างจากการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอตซ์แบบชั้นตอนเดียวมากนักทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวของสองกลุ่มในการทดลองนี้ไม่แตกต่างกัน

การใช้ RXU+SBU และ NX3+XTR หรือ NX3+AIO โดยที่ไม่ได้ทำการฉายแสงชั้นสารยึดติดก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์นั้นเหมาะสำหรับใช้ในการยึดขึ้นงานบูรณะโดยอ้อมชนิดที่แสงผ่านได้บางส่วน ได้แก่ ชิ้นงานกลาสเซรามิกส์ (glass ceramics) หรือชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่มีความหนาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร จึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด หากนำมาใช้ในการยึดขึ้นงานทึบแสงเช่น ชิ้นงานโลหะล้วน เซอร์โคเนีย (zirconia) รวมทั้งชิ้นงานเซรามิกส์ที่มีความหนา มากกว่า 3 มิลลิเมตร อาจทำให้ประสิทธิภาพในการยึดติดลดลงเนื่องจากข้อจำกัดในการฉายแสง การนำมาใช้ทางคลินิกจึงควรมีการฉายแสงบริเวณขอบชิ้นงานบูรณะโดยรอบ อาจเพิ่มระยะเวลาฉายแสง และรอให้มีการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีในระยะเวลาที่เพียงพอก่อนทำการขัดแต่งและตรวจสอบการสบฟัน โดยต้องมีการป้องกันความชื้นที่ดีในระหว่างที่ซีเมนต์ยังไม่เกิดพอลิเมอร์ไรเซชันที่สมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีข้อพึงระวังในการใช้เรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดนี้ในกรณีที่ไม่สามารถฉายแสงส่องผ่านไปถึงบริเวณขอบได้ เช่นการยึดครอบฟันโลหะล้วนที่มีขอบอยู่ได้เหนือขอบ อาจทำให้ประสิทธิภาพในการยึดติดต่ำ หากจำเป็นต้องใช้หลังการยึดขึ้นงานดังกล่าวควรรอให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีให้ทันเพียงพอ ซึ่งควรมีการศึกษาเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้ชั้นสารยึดติดสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมีโดยปราศจากแสงได้สมบูรณ์ขึ้น

บทสรุป

ภายใต้ขอบเขตของการศึกษานี้สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงยึดเหนี่ยวที่ได้จากการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงร่วมกับสารยึดติดมีค่าต่ำมาก หากไม่มีการฉายแสงเพื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ซึ่งอาจมีผลจากสารกระตุ้นปฏิกิริยาที่ปราศจากแสงในเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะทำให้สารยึดติดเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอขอบคุณบริษัท 3 เอ็ม ประเทศไทย จำกัด (แผนก 3M ESPE) และบริษัท เอสดี เอส เคอร์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุเพื่อทำการศึกษาศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท.มช.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ และขอขอบพระคุณ อ.ทพญ.ดร.กัญยารัตน์ คอวนิช และดร.ธนพัฒน์ ศาสตร์ระจิก ที่ให้คำปรึกษาเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin North Am* 2007; 51(2):453-471.
2. Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. *Compend Contin Educ Dent* 2013; 34(1):42-44, 46.
3. Tezvergil-Mutluay A, Lassila LV, Vallittu PK. Degree of conversion of dual-cure luting resins light-polymerized through various materials. *Acta Odontol Scand* 2007; 65(4):201-205.
4. Jongsma LA, de Jager N, Kleverlaan CJ, Pallav P, Feilzer AJ. Shear bond strength of three dual-cured resin cements to dentin analyzed by finite element analysis. *Dent Mater* 2012; 28(10):1080-1088.
5. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2):118-132.
6. Sirimongkolwattana S, Im-udom P, Adchariyapitak N. Resin Cement: Clinical application. *CM Dent J* 2009; 30(1):23-29.
7. 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.
8. Arrais CA, Rueggeberg FA, Waller JL, de Goes MF, Giannini M. Effect of curing mode on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems. *J Dent* 2008; 36(6):418-426.
9. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Effect of sodium sulfinate salts on the polymerization characteristics of dual-cured resin cement systems exposed to attenuated light-activation. *J Dent* 2009; 37(3):219-227.
10. Lühns AK, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Composite cements benefit from light-curing. *Dent Mater* 2014; 30(3):292-301.
11. Asmussen E, Peutzfeldt A. Bonding of dual-curing resin cements to dentin. *J Adhes Dent* 2006; 8(5):299-304.
12. el-Badrawy WA, el-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *J Prosthet Dent* 1995; 73(6):515-524.

13. Faria-e-Silva AL, Fabiao MM, Arias VG, Martins LR. Activation mode effects on the shear bond strength of dual-cured resin cements. *Oper Dent* 2010; 35(5):515-521.
14. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA, Pashley DH. Microtensile bond strength of dual-polymerizing cementing systems to dentin using different polymerizing modes. *J Prosthet Dent* 2007; 97(2):99-106.
15. Lührs AK, Pongprueksa P, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Curing mode affects bond strength of adhesively luted composite CAD/CAM restorations to dentin. *Dent Mater* 2014; 30(3):281-291.
16. Chapman JL, Burgess JO, Holst S, Sadan A, Blatz MB. Precuring of self-etching bonding agents and its effect on bond strength of resin composite to dentin and enamel. *Quintessence Int* 2007; 38(8):637-641.
17. Tashiro H, Inai N, Nikaido T, Tagami J. Effects of light intensity through resin inlays on the bond strength of dual-cured resin cement. *J Adhes Dent* 2004; 6(3):233-238.
18. Suphaphawanit S, Thong-ngarm W. The effect of dual-cured activator with adhesive on shear bond strength of resin cement and dentin. *CM Dent J* 2014; 35(2):123-134.
19. Lee IB, Um CM. Thermal analysis on the cure speed of dual cured resin cements under porcelain inlays. *J Oral Rehabil* 2001; 28(2):186-197.
20. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent* 2009; 101(2): 128-136.
21. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Yoshioka M, Snauwaert J, Abe Y, et al. Adhesion to and decalcification of hydroxyapatite by carboxylic acids. *J Dent Res* 2001; 80(6): 1565-1569.
22. Yoshioka M, Yoshida Y, Inoue S, Lambrechts P, Vanherle G, Nomura Y, et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. *J Biomed Mater Res* 2002; 59(1):56-62.
23. Fu B, Yuan J, Qian W, Shen Q, Sun X, Hannig M. Evidence of chemisorption of maleic acid to enamel and hydroxyapatite. *Eur J Oral Sci* 2004; 112(4):362-367.
24. Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater* 2005; 21(10):895-910.
25. Kubo S, Kawasaki K, Yokota H, Hayashi Y. Five-year clinical evaluation of two adhesive systems in non-cariou cervical lesions. *J Dent* 2006; 34(2):97-105.
26. Dalton Bittencourt D, Ezecelevski IG, Reis A, Van Dijken JW, Loguercio AD. An 18-months' evaluation of self-etch and etch & rinse adhesive in non-cariou cervical lesions. *Acta Odontol Scand* 2005; 63(3):173-178.
27. Nurrohman H, Nakashima S, Takagaki T, Sadr A, Nikaido T, Asakawa Y, et al. Immobilization of phosphate monomers on collagen induces biomimetic mineralization. *Biomed Mater Eng* 2015; 25(1):89-99.
28. 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.

29. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *J Dent* 2006; 34(1):77-85.
30. 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.
31. Srisuwanwattana P, Kanjantra P. Shear bond strength between resin cements with self-etch adhesive systems and coronal dentin. *CM Dent J* 2013; 34(2):93-105.