

ผลของสารลดภาวะเสียวฟันที่มีส่วนผสมของกลูตารัลดีไฮด์และไฮดรอกซีเอซิลเมธาครีเลทต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน

Effect of A Desensitizing Agent Containing Glutaraldehyde and HEMA on Microtensile Bond Strengths of Resin Composite to Dentin

ยศวดี มานะภักดี¹ และ ชัยศรี ธัญพิทยากุล¹

Yossawadee Manapakdee¹ and Chaiyasri Thunpithayakul¹

¹ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

¹Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลของสารลดภาวะเสียวฟันที่มีส่วนผสมของกลูตารัลดีไฮด์และไฮดรอกซีเอซิลเมธาครีเลท (สารกลูมา) ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันด้วยสารยึดติดระบบต่าง ๆ ทั้งภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมง และภายหลังการจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยใช้ฟันกรามแท้ของมนุษย์ จำนวน 96 ซี่ นำมาตัด และขัดให้เรียบจนเผยเนื้อฟันด้านแก้มลึกจากผิวฟัน 1.5 มิลลิเมตร สุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ใช้และใช้สารกลูมาก่อนการบูรณะฟัน สุ่มแบ่งฟันในแต่ละกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ก่อนการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต (Premise, Kerr, USA) ร่วมกับสารยึดติดดังนี้ 1. Optibond® FL (Kerr, USA) หรือ OF 2. Clearfil™ SE Bond (Kuraray, Japan) หรือ CS 3. Scotchbond™ Universal Adhesive (3M ESPE, USA) หรือ SU นำฟันตัวอย่างมาตัดเป็นชิ้นงานให้มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมมีขนาด 1×1×8 มม.³ แบ่งชิ้นงานเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคภายหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง และอีกกลุ่มนำไปผ่านการจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่าง 5 และ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 5,000 รอบ ก่อนการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค โดยใช้เครื่องทดสอบ สากลที่ความเร็วทดสอบ 1 มม.ต่อนาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางและเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูเกียที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่าค่ากำลังแรงยึดภายหลังการใช้สารกลูมามีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสารยึดติดทุกระบบ โดยภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมง พบว่า กลุ่มที่ไม่ใช้สารกลูมามีค่าแรงยึดดังนี้ OF=63.47±6.96 เมกะปาสคาล CS=64.84±7.85 เมกะปาสคาล และ SU=53.72±5.80 เมกะปาสคาล กลุ่มที่ใช้สารกลูมามีค่าแรงยึดดังนี้ OF=58.95±6.86 เมกะปาสคาล CS=47.26±5.48 เมกะปาสคาล และ SU=48.04±4.61 เมกะปาสคาล เมื่อผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พบว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารกลูมามีค่าแรงยึดดังนี้ OF=53.94±6.62 เมกะปาสคาล CS=48.76±6.99 เมกะปาสคาล และ SU=43.96±5.66 เมกะปาสคาล กลุ่มที่ใช้สารกลูมามีค่าแรงยึดดังนี้ OF=51.98±6.75 เมกะปาสคาล CS=40.27±4.83 เมกะปาสคาล และ SU=42.66±5.41 เมกะปาสคาล สรุปว่าการใช้สารกลูมาทำให้ค่ากำลังแรงยึดของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมีค่าลดลง

คำสำคัญ: สารลดภาวะเสียวฟัน, กลูตารัลดีไฮด์, กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

Abstract

The aims of this study were to evaluate and compare the effects of a desensitizing agent containing glutaraldehyde and HEMA (Gluma® Desensitizer, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) on microtensile bond strengths of resin composite to dentin before and after thermocycling. The buccal surfaces of ninety-six human molar crowns were ground flat, exposing dentin. The teeth were then randomly divided into two groups: no used and used of Gluma® Desensitizer. Each group was randomly divided into three groups before core build-up with resin composite (Premise, Kerr, Orange, CA, USA) corresponding to adhesive system: 1. Optibond® FL (Kerr, USA) 2. Clearfil™ SE Bond (Kuraray, Japan) 3. Scotchbond™ Universal Adhesive (3M ESPE, ST Paul, USA). The samples were sectioned into four specimens with $1 \times 1 \times 8 \text{ mm}^3$. For each adhesive, half of the specimens were subjected to microtensile bond strength testing at a crosshead speed of 1 mm/min after 24-h water storage. The other half was subjected to thermocycling $\times 5,000$ prior to testing. The data were analyzed using two-way ANOVA and Tukey's multiple comparison tests with significance $p < 0.05$. Microtensile bond strength was statistically significantly decreased after the application of Gluma® Desensitizer in all adhesive systems and after thermocycling. In 24-h water storage group and no used of Gluma® Desensitizer: OF=63.47±6.96 MPa, CS=64.84±7.85 MPa and SU=53.72±5.80 MPa. In 24-h water storage group and used of Gluma® Desensitizer: OF=58.95±6.86 MPa, CS=47.26±5.48 MPa and SU=48.04±4.61 MPa. In thermocycling group and no used of Gluma® Desensitizer: OF=53.94±6.62 MPa, CS=48.76±6.99 MPa and SU=43.96±5.66 MPa. In thermocycling group and used of Gluma® Desensitizer: OF=51.98±6.75 MPa, CS=40.27±4.83 MPa and SU=42.66±5.41 MPa. The use of Gluma® Desensitizer reduces bond strengths of resin composite to dentin.

Keywords: Desensitizing agent, Glutaraldehyde, Microtensile bond strength

Received Date: Nov 15, 2016

Accepted Date: Mar 7, 2017

doi: 10.14456/jdat.2017.29

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ยศวดี มานะภักดี ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 34 ถนนอังรีดูนังต์ ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์: 081-8564590 โทรสาร: 02-2188795 อีเมล: prang8_yos@hotmail.com

Correspondence to:

Yossawadee Manapakdee. Department of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Henri-Dunant Road, Pathumwan Bangkok 10330 Thailand Tel: 081-8564590 Fax: 02-218-88795 Email: prang8_yos@hotmail.com

บทนำ

อาการเสียวฟันจากภาวะเนื้อฟันไวเกิน (dentin hypersensitivity) เป็นสภาวะความเจ็บปวดที่พบได้บ่อยประมาณร้อยละ 4-74 ของประชากร¹ มักพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ² สาเหตุเกิดจากการเผยของเนื้อฟันร่วมกับการเปิดช่องท่อเนื้อฟัน ในปัจจุบันทฤษฎีการเกิดภาวะเสียวฟันจากเนื้อฟันไวเกินตามหลักทฤษฎีไฮโดรไดนามิก (hydrodynamic theory) โดย Branstom

A. ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย โดยเชื่อว่าการเคลื่อนที่ของน้ำอย่างรวดเร็วในท่อเนื้อฟันจะกระตุ้นปลายเส้นประสาทในเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันทำให้เกิดอาการเสียวฟัน³ โดยแนวทางการรักษาสภาวะดังกล่าวที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบัน คือ การลดการแพร่ของสารผ่านเนื้อฟันโดยทำให้เกิดการอุดตันของท่อเนื้อฟัน เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของสารน้ำภายในท่อเนื้อฟัน ซึ่ง

สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตกตะกอนของแร่ธาตุ การตกตะกอนของโปรตีน การเคลือบด้วยสารเรซินและการอุดฟัน เป็นต้น⁴

ปัจจุบันสารลดภาวะเสียวฟันได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยอาศัยกลไกการอุดตันท่อเนื้อฟัน เช่น กลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) เกลือสตรอนเทียม (strontium salts) ไบโอบิโกลาส (bioglasses) เป็นต้น อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการคงอยู่ของสารลดภาวะเสียวฟันเหล่านี้ในการอุดตันท่อเนื้อฟันเป็นเพียงชั่วคราวซึ่งขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น การละลายของสารลดภาวะเสียวฟันจากน้ำลายและสารน้ำในช่องปาก โดยเฉพาะกรณีที่มีการอุดตันอยู่เฉพาะส่วนผิวของท่อเนื้อฟัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ยาวนานอาจจำเป็นต้องพิจารณาบูรณะปิดผิวเนื้อฟันนั้นด้วยวัสดุบูรณะ ซึ่งฟันที่เตรียมพื้นผิวด้วยสารลดภาวะเสียวฟันก่อนการบูรณะ อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังแรงยึดระหว่างผิวฟันกับวัสดุบูรณะ โดยในการวิจัยนี้จะให้ความสนใจกับสารลดภาวะเสียวฟันที่มีส่วนผสมของกลูตารัลดีไฮด์และไฮดรอกซีเอธิลเมทาครีเลท (hydroxyethyl methacrylate: HEMA) หรือกลูมา (Gluma® Desensitizer, Heraeus Kulzer, Hanau, Germany) เนื่องจากเป็นสารลดภาวะเสียวฟันที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพที่ดีในการลดอาการเสียวฟัน⁵ ซึ่งพบว่ามีหลายการศึกษาที่ยังขัดแย้งกันอยู่ถึงผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังแรงยึดระหว่างผิวฟันกับวัสดุบูรณะ การศึกษาส่วนใหญ่พบว่าเมื่อฟันได้รับการเตรียมพื้นผิวด้วยสารลดภาวะเสียวฟันและทำการบูรณะด้วยวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันร่วมกับระบบการยึดติดจะมีค่ากำลังแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁶⁻¹¹ แต่บางการศึกษาพบว่าไม่มีผล¹²⁻¹⁴ หรือพบว่ามีความกำลังแรงยึดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹⁵⁻¹⁷ ซึ่งหากมีค่ากำลังแรงยึดลดลงอาจส่งผลกระทบต่อการใช้งานวัสดุบูรณะ การหลุดของวัสดุบูรณะ การเกิดฟันผุซ้ำ เป็นต้น¹⁸

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลของสารกลูมาต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันด้วยสารยึดติดระบบต่าง ๆ ทั้งภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมงและภายหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยมีสมมุติฐานการวิจัยคือ 1. ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน เมื่อใช้และไม่ใช้สารกลูมามีค่าไม่แตกต่างกัน 2. ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันเมื่อใช้สารกลูมา ทั้งภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมงและภายหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีค่าไม่แตกต่างกัน

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ HREC-DCU 2015-067 โดยใช้ฟันกรามแท้ของมนุษย์ (molars) จำนวน 96 ซี่ ที่ปราศจากรอยผุ รอยแตกร้าว และการบูรณะใด ๆ หลังจากทำการถอนฟันแล้วนำฟันมาทำความสะอาดและนำไปเก็บในสารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิห้อง ในเวลาไม่เกิน 1 เดือน เพื่อกำจัดเชื้อแล้วจึงนำไปเก็บในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาใช้ทดสอบในช่วงไม่เกิน 6 เดือนหลังจากถอนฟัน โดยนำฟันปกรามมาส่งด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope: ML 9300 MEIJI, Japan) ที่กำลังขยาย 10 เท่า เพื่อคัดเลือกฟันที่ปราศจากรอยผุ และรอยแตกร้าวก่อนนำมาเตรียมชิ้นงาน จากนั้นนำฟันแต่ละซี่มาฝังในอะคริลิกเรซินใสสำหรับทำฐานยึดฟันเพื่อให้ง่ายต่อการเตรียมชิ้นงาน ทำการเตรียมชิ้นงานโดยตัดผิวฟันทางด้านใกล้แก้มให้ขนานกับแนวแกนตามยาวของฟันตามแนวใกล้กลาง-ไกลกลางให้มีความลึก 1.5 มิลลิเมตร จนถึงส่วนของเนื้อฟัน โดยใช้ใบมีดคากเพชรร่วมกับเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine: IsoMet® 1000, Buchler, USA) ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำลงจากนั้นทำให้ผิวเนื้อฟันเรียบโดยการขัดเนื้อฟันบริเวณด้านหน้าตัด ด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท ด้วยเครื่องขัด (Polishing machine: NANO 2000, Pace Technologies, USA) โดยขัดผ่านน้ำด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที จึงนำฟันทั้งหมดไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคปกำลังขยาย 10 เท่า เพื่อตรวจสอบว่าบริเวณพื้นผิวเป็นส่วนของเนื้อฟันทั้งหมด รวมถึงไม่พบรอยร้าวหรือรอยแตกหักและบริเวณที่มีการทะลุโพรงประสาทฟัน จากนั้นจำลองภาวะเสียวฟันโดยกำจัดชั้นสเมียร์และเปิดท่อเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 10 (GC Corporation, Tokyo, Japan) เป็นเวลา 20 วินาที ล้างน้ำ 20 วินาที และเป่าลมเบา ๆ 5 วินาที จากนั้น ทำการสุ่มแบ่งตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม

ใช้ชิ้นตัวอย่างที่ไม่ได้สัมผัสกับสารกลูมามายึดกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดติดดังนี้

1. Optibond® FL (Kerr, USA)
2. Clearfil™ SE Bond (Kuraray, Japan)
3. Scotchbond™ Universal Adhesive (3M ESPE, ST Paul, USA)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง

ใช้ขึ้นตัวอย่างที่สัมผัสกับสารกลูมามายึดกับเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารยึดติดทั้ง 3 ชนิด เช่นเดียว กับในกลุ่มควบคุม

ในการศึกษานี้ภายหลังการทาสารยึดติดบนชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นตามวิธีการในแต่ละกลุ่มแล้ว ใช้ เรซินคอมโพสิตยี่ห้อ Premise (Kerr, Orange, CA, USA) สีเอ 3 (A3) ในการบูรณะร่วมกับท่อพลาสติกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความสูง 4 มิลลิเมตร วางบนผิวเนื้อฟันก่อนการบูรณะให้ได้เรซิน คอมโพสิตหนา 4 มิลลิเมตร โดยบูรณะเป็นชั้น ๆ ละ 2 มิลลิเมตร และฉายแสงในแต่ละชั้นเป็นเวลา 20 วินาที โดยจะใช้แผ่นพลาสติกใสวางแนบกับผิววัสดุบูรณะในชั้นสุดท้ายก่อน แล้วจึงวางปลายกระบอกร่น นำแสงให้ชิดกับแผ่นพลาสติกใสก่อนการฉายแสงเพื่อให้ได้ระยะการฉายแสงที่คงที่ในทุกชิ้นงาน โดยใช้ เครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดีที่มีความเข้มไม่ต่ำกว่า 800 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm²) ซึ่งได้รับ การประเมินโดยเครื่องวัดความเข้มแสงของ

เครื่องฉายแสง (Radiometer: Kerr, USA) ก่อนฉายแสงในฟันแต่ละซี่

จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึง แบ่งชิ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเป็น 2 กลุ่มย่อย โดยกลุ่มแรกนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ทันทีและอีกกลุ่มนำไปผ่านกระบวนการแช่น้ำร้อนสลับเย็นด้วยเครื่องแช่สลับน้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ประเทศไทย) จำนวน 5,000 รอบ ระหว่าง อุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส โดยกำหนดระยะเวลาที่แช่ในแต่ละรอบเป็นเวลา 30 วินาที และใช้ระยะ เวลาเคลื่อนย้ายระหว่างอุณหภูมิเป็นเวลา 10 วินาที

โดยได้แสดงชนิดและองค์ประกอบของวัสดุและวิธีการใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตดังใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุและวิธีการใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

Table 1 The compositions, application steps and manufacturers of the materials used in this study.

Material	Composition	Application
Gluma® Desensitizer (Heraeus Kulzer, Hanau, Germany)	Glutaraldehyde, hydroxyethylmethacrylate (HEMA), pyrogenic silica, water, dye	1. Apply on dried dentin and leave for 30 to 60 sec. 2. Apply air until the fluid film has disappeared. 3. Rinse with water.
Optibond® FL (Kerr, Orange, CA, USA)	1. Etchant: 37.5 % phosphoric acid 2. Primer: HEMA, GPDM, MMEP, ethanol, water, initiators 3. Bonding agent: Bis-GMA, HEMA, GPDM, barium-aluminum borosilicate glass, disodium hexafluorosilicate, fumed silica (48 % filler)	1. Etch dentin with 37.5 % phosphoric acid for 15 sec, rinse thoroughly for 15 sec, and air dry for 3 sec, do not desiccate. 2. Apply primer with light brushing motion for 15 sec, air dry for 5 sec. 3. Apply adhesive with light brushing motion for 15 sec, air thin for 3 sec. 4. Light cure for 20 sec.

ตารางที่ 1 ชนิดและองค์ประกอบของวัสดุและวิธีการใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต (ต่อ)

Table 1 The compositions, application steps and manufacturers of the materials used in this study.

Material	Composition	Application
Clearfil™ SE Bond (Kuraray, Tokyo, Japan)	1. Self-etching primer: HEMA, hydrophilic dimethacrylate, 10-MDP, toluidine, camphorquinone, water 2. Adhesive: Silanated silica, bis-GMA, HEMA, hydrophilic dimethacrylate, 10-MDP, toluidine, camphorquinone	1. Apply primer to tooth surface and leave in place for 20 sec, dry with air stream to evaporate the volatile ingredients. 2. Apply adhesive and create a uniform film using a gentle air stream. 3. Light cure for 10 sec.
Scotchbond™ Universal Adhesive (3M ESPE, ST Paul, USA)	Adhesive: MDP phosphate monomer, dimethacrylate resins, HEMA, methacrylate-modified polyalkenoic acid copolymer, filler, ethanol, water, initiators, silane	1. Scrub adhesive for 20 sec on dentin . 2. Gently air thin for 5 sec. 3. Light cure for 10 sec.
Premise (Kerr, Orange, CA, USA)	Bis-EMA, TEGDMA, Prepolymerized filler, barium glass, silica nanoparticles (0.02-0.4 µm); filled 84 % by weight	Light cure for 20 sec.

GPDM = glycerol phosphate dimethacrylate

10-MDP = 10-methacryloyloxi-decyl-dihydrogen-phosphate

Bis-GMA = bis-phenol-A-bis-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl)ether

MMEP = mono-2-methacryloxyethyl phthalate

Bis-EMA = ethoxylated bisphenol A glycol dimethacrylate

TEGDMA = triethylene glycol dimethacrylate

การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

เตรียมชิ้นงานตัวอย่างสำหรับการทดสอบให้มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมมีขนาดพื้นที่หน้าตัดกว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 มิลลิเมตร และสูง 8 มิลลิเมตร โดยใช้ใบมีดคากเพชรร่วมกับเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine: IsoMet® 1000, Buchler, USA) ตัดฟันตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวที่ทำการยึดติดภายใต้การหล่อด้วยน้ำ ในฟันตัวอย่างแต่ละซี่จะสามารถตัดเป็นชิ้นงานตัวอย่างไม่เกิน 6 ชิ้น และเลือกใช้ชิ้นงานตัวอย่างเพียง 4 ชิ้น ที่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางฟันตัวอย่างแต่ละซี่ จากนั้นวัดความกว้างและความยาวของหน้าตัดบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟัน และเรซินคอมโพสิต แล้วคำนวณให้มีพื้นที่หน้าตัด ประมาณ 1 ตารางมิลลิเมตร โดยใช้เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตรและ

ชิ้นงานที่มีรอยแตกร้าวหรือมีการหลุดออกจากกันของส่วนเนื้อฟัน และส่วนเรซินคอมโพสิตก่อนการทดสอบจะถูกคัดออกจากการศึกษา

จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างมายึดกับเครื่องทดสอบแรงแบบเอนกประสงค์ (Universal testing machine: EZ-S, Shimadzu, Japan) ด้วยการยึดไซยาโนอะคริเลต (Cyanoacrylate glue: Model Repair II Blue, Dentsply, Japan) ทำการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค โดยใช้โหลดเซลล์ (load cell) ขนาด 500 นิวตัน ที่ความเร็วทดสอบ 1 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงยึดแบบดึงขณะชิ้นงานแตกหักใน หน่วยนิวตัน คำนวณค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของแต่ละชิ้นงานตัวอย่างโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

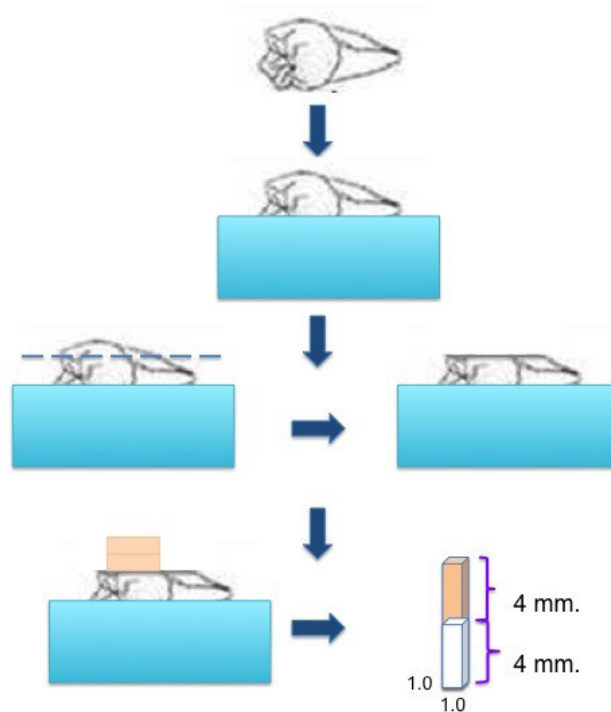
ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค
(เมกะปาสคาล)

=

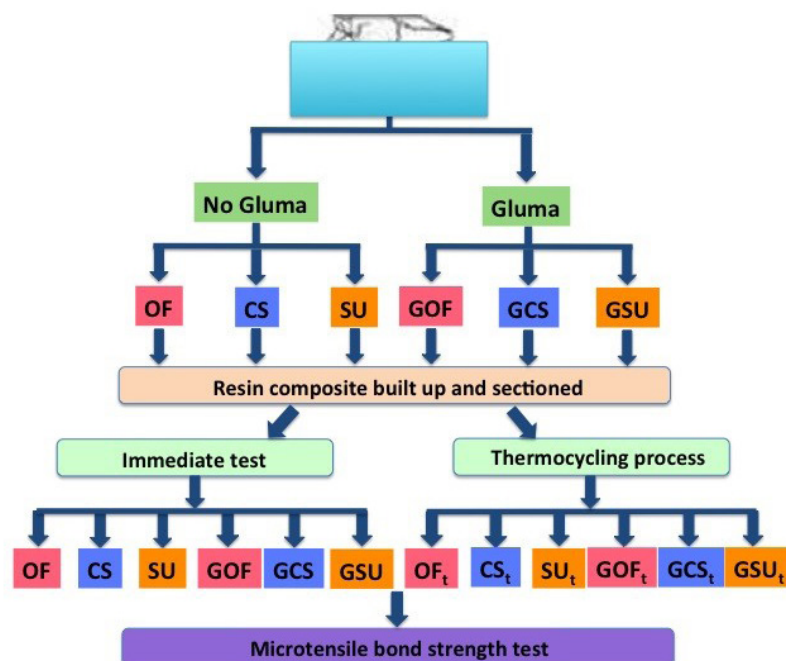
ค่าแรงยึดแบบดึงสูงสุด (นิวตัน)

พื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่ทำการยึดติด (ตารางมิลลิเมตร)

ระหว่างผู้ทำการทดสอบ โดยได้แสดงการเตรียมชิ้นงานและการ
แบ่งกลุ่มชิ้นงานในการทดลองตามรูปภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 1 การเตรียมชิ้นงานในการทดลอง



รูปที่ 2 การแบ่งกลุ่มชิ้นงานในการทดลอง (OF คือ Optibond® FL, CS คือ Clearfil™ SE Bond, SU คือ Scotchbond™ Universal Adhesive, G คือ กลุ่มที่มีการทาสารกลูมา)

การประเมินความล้มเหลวของการยึดติด

นำชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมดมาตรวจดูความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและวัสดุบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope: ML 9300 MEIJ, Japan) กำลังขยาย 40 เท่า โดยทำการจำแนกความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเป็น 4 ประเภท¹⁹ ดังต่อไปนี้

- ความล้มเหลวของสารยึดติด (adhesive failure) คือ การแตกหักที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟัน กับชั้นของสารยึดติดมากกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่การยึดติด
- ความล้มเหลวในชั้นเนื้อฟัน (cohesive failure in dentin) คือ การแตกหักในชั้นเนื้อฟันมากกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่การยึดติด
- ความล้มเหลวในชั้นเรซินคอมโพสิต (cohesive failure in resin composite) คือการแตกหัก ในชั้นของเรซินคอมโพสิตมากกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่การยึดติด
- ความล้มเหลวแบบผสม (mixed failure) คือ การแตกหักในลักษณะผสม โดยแต่ละส่วน มีมากกว่าร้อยละ 30 ของพื้นที่การยึดติด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส (SPSS statistics version 22) ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยกำหนด คำนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ โดย

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันของค่ากำลังแรงยึด แบบดิงระดับจุลภาค

ของชิ้นงานในแต่ละกลุ่มโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

2. ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบดิงระดับจุลภาคของชิ้นงานในระบบสารยึดติดระบบต่าง ๆ ระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้สารลดภาวะเสียวฟัน และระหว่างกลุ่มที่ผ่านและไม่ผ่านการจำลอง การใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยใช้สถิติ Two-way analysis of variance (ANOVA) และ Tukey's Post Hoc Test

ผล

จากการตรวจสอบการกระจายข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลมี การกระจายตัวแบบปกติในทุกกลุ่ม และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลด้วย two-way analysis of variance (ANOVA) พบว่าการใช้สารกลูมาซินิดของสารยึดติดที่แตกต่างกัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลกระทบต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดิงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบดิงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิต ต่อเนื้อฟันดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบดิงระดับจุลภาค

Table 2 Mean and Sd of microtensile bond strength.

Adhesive system	Microtensile bond strength Mean ± Sd (MPa)			
	No Gluma		Gluma	
	Immediate	Thermocycling	Immediate	Thermocycling
OF	63.4743±6.9609 ^{A1}	53.9466±6.6257 ^{B2}	58.9520±6.8618 ^{E3}	51.9874±6.7578 ^{B2}
CS	64.8417±7.8522 ^{A1}	48.7680±6.9978 ^{C4}	47.2623±5.4860 ^{C4}	40.2798±4.8392 ^{D5}
SU	53.7276±5.8063 ^{B2}	43.9620±5.6660 ^{D5}	48.0438±4.6147 ^{C4}	42.6694±5.4193 ^{D5}

ตัวอักษรที่ต่างกัน แสดงค่ากำลังแรงยึดของระบบสารยึดติดต่างระบบที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวเลขที่ต่างกัน แสดงค่ากำลังแรงยึดของระบบสารยึดติดระบบเดียวกันที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างภายหลังการยึดติดทันทีและภายหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระหว่างการใช้และไม่ใช้สารกลูมา

โดยพบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน เมื่อใช้สารกาวมีค่าน้อยกว่าเมื่อไม่ใช้สารกาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน เมื่อบูรณะโดยใช้สารยึดติดที่แตกต่างกันภายหลังการใช้สารกาว พบว่าการบูรณะโดยใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน (Optibond® FL) ให้ค่ามากที่สุด และการบูรณะโดยใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอน (Clearfil™ SE Bond) ให้ค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟัน ในสภาวะที่ต่างกันภายหลังการใช้สารกาว พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคภายหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลจากการประเมินความล้มเหลวที่เกิดขึ้นหลังจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความล้มเหลวบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและวัสดุบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ไมโครสโคป

Table 3 Failure modes of debonded specimens.

Adhesive system	Gluma	Time	Mode of failure (amount / percent)			
			Adhesive failure	Cohesive failure in dentin	Cohesive failure in composite	Mixed failure
OF	NG	I	9 / 30	-	4 / 13.33	17 / 56.67
		T	7 / 23.33	-	4 / 13.33	19 / 63.33
	G	I	9 / 30	-	5 / 16.67	16 / 53.33
		T	11 / 36.67	-	4 / 13.33	15 / 50
CS	NG	I	12 / 40	-	5 / 16.67	13 / 43.33
		T	14 / 46.67	-	3 / 10	13 / 43.44
	G	I	14 / 46.67	-	2 / 6.67	14 / 46.67
		T	13 / 43.33	-	2 / 6.67	15 / 50
SU	NG	I	13 / 43.33	-	3 / 10	14 / 46.67
		T	12 / 40	-	3 / 10	15 / 50
	G	I	12 / 40	-	2 / 6.67	16 / 53.33
		T	15 / 50	-	3 / 10	12 / 40

บทวิจารณ์

กาวเป็นสารลดภาวะเสียฟันที่ประกอบด้วยกลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) ในปริมาณร้อยละ 5 และไฮดรอกซีเมทาครีเลท (hydroxyethyl methacrylate: HEMA) ร้อยละ 35 โดย Schüpbach และคณะในปี 1997 ทำการศึกษาโดยใช้กาว

ทาที่เนื้อฟันก่อนถอนฟันออกมาตรวจสอบดู พบว่ามีส่วนของสารเหล่านี้อยู่ในช่องของท่อเนื้อฟันที่เปิดอยู่²⁰ จากนั้นมีการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า กลูตารัลดีไฮด์ในกาวเกิดปฏิกิริยากับพลาสมาโปรตีน (plasma proteins) เช่น อัลบูมิน (albumin)

ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีนจนเกิดการอุดตันในท่อเนื้อฟัน นอกจากนี้การทำให้ปฏิกิริยาระหว่างกลูตารัลดีไฮด์และอัลบูมิน ยังส่งเสริมให้เกิดการพอลิเมอร์เซชันของไฮดรอกซีเอธิลเมทาครีเลท ทำให้เกิดการอุดตันของท่อเนื้อฟันในอีกทางหนึ่ง²¹ รวมทั้งพบว่ากลูตารัลดีไฮด์เป็นสารที่สามารถต้านทานต่อจุลชีพได้ (antimicrobial agent) และเป็นสารเชื่อมโยง (cross-linkage agent) ที่ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการทำลายโครงข่ายคอลลาเจนด้วยเอนไซม์คอลลาจีเนส (collagenases) ได้²² โดยกลไกการเกิดขึ้นกับปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มอัลดีไฮด์ (aldehyde group) ของกลูตารัลดีไฮด์และกลุ่มอะมิโน (amino group) ของไลซีน (lysine) และไฮดรอกซีไลซีน (hydroxylysine) ที่เหลืออยู่ในคอลลาเจน ซึ่งทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการเสื่อมสลายของคอลลาเจนด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้กลูตารัลดีไฮด์ยังช่วยลดการเกิดการเสื่อมสลายของการยึดติดระหว่างเรซินกับเนื้อฟันได้ด้วย²³

การศึกษานี้ปฏิเสสมมติฐานการวิจัยทั้งหมด โดยพบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันเมื่อใช้สารกลูมา มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่ากำลังแรงยึดเมื่อใช้สารกลูมาก่อนการบ่มเนื้อฟันภายหลังการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่ผ่านมาพบว่า การใช้กลูมาทาเนื้อฟันก่อนการบ่มเนื้อฟันด้วยเรซินคอมโพสิตมีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน (shear bond strength) ของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการทดสอบกับสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน (Optibond® FL, Kerr, Orange, CA, USA) และระบบเซลฟ์เอทซ์ 1 ขั้นตอน (Xeno III, Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้กลูมา⁶ ซึ่งคล้ายคลึงกับผลการศึกษาที่พบว่าการใช้กลูมาทาเนื้อฟันก่อนการบ่มเนื้อฟันด้วยเรซินคอมโพสิต มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนระดับจุลภาค (microshear bond strength) ของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 2 ขั้นตอน (Solobond M, Voco, Cuxhaven, Germany และ XP Bond, Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) และระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน (Solobond Plus, Voco, Cuxhaven, Germany และ ProBond, Dentsply Caulk, Milford, DE, USA) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้กลูมาและพบว่าเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบโททอล

เอทซ์ 2 ขั้นตอน ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนระดับจุลภาคน้อยกว่าเมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน¹⁰ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าการใช้กลูมาทาเนื้อฟันก่อนการบ่มเนื้อฟันด้วยเรซินคอมโพสิต มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength) ของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าการใช้กลูมาทาเนื้อฟันก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (Panavia F cement, Kuraray, Tokyo, Japan) ร่วมกับสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอทซ์ 1 ขั้นตอน (ED primer, Kuraray, Tokyo, Japan) ทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้กลูมา¹¹

การมีค่ากำลังแรงยึดที่ลดลงอาจเป็นเพราะเกิดการอุดตันของท่อเนื้อฟันโดยการเกิดการตกตะกอนบนผิวเนื้อฟันจากปฏิกิริยาระหว่างกลูตารัลดีไฮด์ในกลูมาและพลาสมาโปรตีนในเนื้อฟัน การตกตะกอนนี้ทำให้เกิดการขัดขวางการแทรกซึมของสารยึดติดและการเกิดไฮบริดเซชัน (hybridization) ของเนื้อฟันที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralized dentin) ได้ นอกจากนี้การตกตะกอนนี้ยังทำให้เกิดการเสื่อมสลายของการยึดติดได้แม้ในบริเวณที่รับแรงน้อย¹⁰

แต่มีความขัดแย้งกับอีกหลายการศึกษาที่พบว่าการใช้กลูมาเตรียมผิวฟันก่อนการบ่มเนื้อฟันด้วยเรซินคอมโพสิตในฟันที่มีการสึกกร่อนและฟันปกติ พบว่าสามารถช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันได้เมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 2 ขั้นตอน (Single bond 2, 3M ESPE, ST Paul, USA) โดยการศึกษาไม่ได้มีการล้างน้ำหลังจากทาสารกลูมาแล้ว อาจทำให้มีกลูตารัลดีไฮด์ที่มากเกินไปซึ่งช่วยในการยึดกับเส้นใยคอลลาเจนที่เปิดเผยให้เกิดการยึดติด และส่งเสริมความแข็งแรงของพันธะกับโครงสร้างข้างใต้ และมีไฮดรอกซีเอธิลเมทาครีเลทช่วยให้เรซิน มอนอเมอร์สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยคอลลาเจน และช่วยยึดส่วนขอบน้ำและไม่ขอบน้ำเข้าด้วยกัน¹⁶ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการใช้กลูมาในการเตรียมผิวฟันก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดยึดติดด้วยตนเอง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้กลูมาในการเตรียมผิวฟัน¹⁵ ซึ่งอาจเกิดจากการมีไฮดรอกซีเอธิลเมทาครีเลทซึ่งเป็นหนึ่งในส่วนประกอบของกลูมา มีคุณสมบัติการละลายน้ำ (water solubility) ช่วยส่ง

เสริมให้เกิดการแทรกซึมของกลูตารัลดีไฮด์ลงไปเนื้อฟันได้มากยิ่งขึ้น²⁰ ทำให้ได้ค่าการยึดติดของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการศึกษาพบว่าการใช้กลูมาทาบนฟันที่ได้รับการเตรียมผิวฟันด้วย Er-YAG laser สามารถเพิ่มค่ากำลังแรงยึดกับเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันได้ เมื่อใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอน (Clearfil™ SE Bond, Kuraray, Tokyo, Japan) โดยกลุ่มที่มีการล้างสารกลูมาด้วยน้ำ เพื่อกำจัดสารกลูมาส่วนเกินได้ค่าการยึดติดที่มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้มีการล้างน้ำก่อนการยึดติดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารกลูมามากเกินไปอาจมีผลเสียต่อค่าการยึดติดได้¹⁷

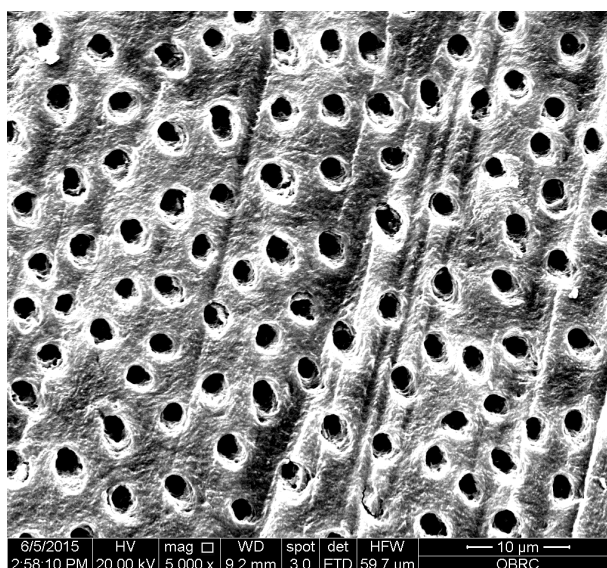
อย่างไรก็ตาม การที่ผลการศึกษาที่ได้มีความหลากหลาย อาจเนื่องมาจากมีความแตกต่างกันในเรื่องชนิดของสารยึดติด ขั้นตอนการใช้งานสารยึดติดและวัสดุบูรณะ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดที่ใช้ วิธีทดสอบแตกต่างกัน ชนิด ตำแหน่งและการเตรียมผิวเนื้อฟันที่จะบูรณะก่อนการทดลองของการศึกษา ทั้งหมดนี้ ซึ่งการใช้สารละลายเสียวฟันอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของเนื้อฟันและมีผลต่อกระบวนการยึดติดได้ ในการศึกษาการนำใช้กลูมาเพื่อช่วยลดการซึมผ่านได้ของเนื้อฟันโดยการตกตะกอนของพลาสมาโปรตีนทำให้เกิดการอุดตันในเนื้อฟัน

จากผลการศึกษาพบว่าภายหลังการใช้สารกลูมา สารยึดติดที่มีค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าระบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในกลุ่มที่ทำการศึกษาภายหลังการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง (ทดสอบทันที) และกลุ่มที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คือสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน (Optibond® FL) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ถือเป็นมาตรฐานทองคำของระบบสารยึดติดทั้งหมด เป็นสารยึดติดที่ใช้กันมานานมีผลการทดสอบทั้งทางห้องปฏิบัติการและทางคลินิก^{24,25} รวมทั้งการยึดติดของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ขึ้นกับการสร้างชั้นไฮบริด (hybrid layer) กับไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ที่เหลืออยู่ คอลลาเจนที่เปิดเผย (exposed collagen) และการแทรกซึมได้ของเรซินหลังจากใช้กรดกัดเรซิน มอนอเมอร์จะแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างของคอลลาเจนที่เป็นรูพรุน ก่อนที่จะถูกปกคลุมด้วยผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite crystal)¹⁶ นอกจากนี้สารยึดติดระบบ โททอลเอทซ์ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้ เป็นสารยึดติดที่มีการเติมวัสดุอุดแทรกในปริมาณสูงและชั้นของสารยึดติดมีความหนา (40–50

ไมครอน) จึงช่วยอุดซบแน่นที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อของวัสดุบูรณะและฟันได้²⁶

ส่วนการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอน คือ Clearfil™ SE Bond (mild 2-step self-etching primer adhesive system) ภายหลังการใช้สารกลูมาในการศึกษานี้ ให้ค่ากำลังแรงยึดต่ำที่สุด เนื่องจากเป็นระบบที่จะทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเนื้อฟัน และเกิดการแทรกซึมของเรซินมอนอเมอร์เข้าไปในเนื้อฟันโดยเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งค่าความเป็นกรดของไพรเมอร์ (pH>2) ในสารยึดติดระบบนี้ จะมีค่าน้อยกว่ากรดฟอสฟอริกที่ใช้ในระบบโททอลเอทซ์ (pH<1) และความหนาของชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้น ค่อนข้างเล็กมาก (0.5 ไมครอน)¹⁷ ทำให้ได้ค่าการยึดติดน้อยกว่าสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอทซ์ 1 ขั้นตอน (Scotchbond™ Universal Adhesive) มีค่าต่ำกว่าสารยึดติดในระบบโททอลเอทซ์ 3 ขั้นตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าใกล้เคียงกับระบบเซลฟ์เอทซ์ 2 ขั้นตอน (Clearfil™ SE Bond) ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างในการเกิดการอุดตันในเนื้อฟันและความสามารถในการเกิดการกรองระดับโมเลกุล (molecular sieving) ของเนื้อฟันหลังจากการใช้งานสารยึดติดที่แตกต่างกัน²⁷ รวมทั้งการใช้สารกลูมาก่อนการยึดติดทำให้เกิดการอุดตันของเนื้อฟันมากขึ้น ทำให้เมื่อใช้สารยึดติดในระบบเซลฟ์เอทซ์ที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนชั้นสเมียร์และแร่ธาตุในเนื้อฟันให้สามารถรองรับการแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์นั้นมีการแทรกซึมได้ยากขึ้น ทำให้ได้ค่าการยึดติดที่น้อยลง

โดยทั่วไปมีการใช้สารที่ใช้จำลองภาวะเสียวฟันโดยกำจัดชั้นสเมียร์และเปิดเนื้อฟันอยู่หลาย ชนิด เช่น EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid) และกรดต่าง ๆ เช่น กรดซิตริก (citric acid) กรดพอลิอะคริลิก (polyacrylic acid) และกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการจำลองภาวะเสียวฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10²⁸ เนื่องจากภายหลังการทดสอบด้วยสารต่าง ๆ แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเนื้อฟันที่ได้รับ การเตรียมผิวด้วยกรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10 ทำให้เกิดการกำจัดชั้นสเมียร์ออกเป็นการเปิดเนื้อฟันออกทั้งหมด ดังรูปภาพที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระดับจุลภาคบริเวณเนื้อฟันภายหลังการจำลองภาวะเสียวฟันโดย กำจัดชั้นสเมียร์และเปิดท่อเนื้อฟันด้วยกรดพอลิอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 10 เมื่อประเมินด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

Figure 3 SEM image (x 5,000) of the dentine surface after using 10% polyacrylic acid to removed smear layer and exposed dentinal tubule.

ในการศึกษานี้ใช้การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค เนื่องจากการทดสอบนี้มีข้อดีหลายประการคือสามารถเตรียมชิ้นงานตัวอย่างได้หลายชิ้นงานต่อฟันหนึ่งซี่ ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนในฟันแต่ละซี่ได้²⁹ การเกิดความล้มเหลวในบริเวณรอยต่อเป็นแบบความล้มเหลวของสาร ยึดติด (adhesive failure) มากกว่าความล้มเหลวในชั้นเนื้อฟันหรือเรซินคอมโพสิต (cohesive failure)³⁰ อย่างที่พบในการศึกษานี้ อย่างไรก็ตามการมีความล้มเหลวของสารยึดติดอาจไม่ได้แสดงถึงความสามารถในการยึดติดที่ดีเสมอไป ดังนั้นผู้วิจัยบางท่านจึงแนะนำการใช้วิธีนี้^{31,32} ในการทดสอบผลของสารลดภาวะเสียวฟันก่อนการบูรณะฟันที่เกิดภาวะเนื้อฟันไวเกิน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดสอบหาค่าการยึดติดในพื้นที่ผิวที่ไม่เรียบและมีพื้นที่เล็กมากได้ และเนื่องจากชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมได้มีขนาดเล็กจึงส่งผลให้ค่ากำลังยึดติดที่ได้มีค่าสูงขึ้น^{29,30} รวมทั้งสามารถนำชิ้นงานดังกล่าวไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องกราดและแบบส่องผ่านได้ แต่มีข้อด้อยคือขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน มีความยุ่งยากซับซ้อนต้องใช้ความชำนาญและการฝึกฝนของผู้เตรียมชิ้นงาน ชิ้นงานตัวอย่างมีโอกาสเกิดการสูญเสียน้ำสูงเนื่องจากมีขนาดเล็ก และข้อด้อยประการสำคัญคือค่ากำลังแรงยึดที่ได้มีความหลากหลาย โดยพบว่าเมื่อทำการทดสอบในสภาวะที่ต่างกันค่ากำลังแรงยึดที่ได้ก็จะแตกต่างกันไปด้วย ทำให้ไม่สามารถนำค่ากำลังแรงยึดจากการศึกษามาเปรียบเทียบกัน

ได้^{29,33} ซึ่งการศึกษานี้ไม่พบการเกิดความล้มเหลวก่อนการทดสอบทั้งในกลุ่มที่ทดสอบภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมงและกลุ่มที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ นอกจากนี้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้มีค่าสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมาด้วย

การศึกษาค่าการยึดติดของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันภายหลังการใช้สารลดเสียวฟันที่ผ่านมา ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาค่ากำลังแรงยึดทันทีหลังการบูรณะไม่มีการผ่านกระบวนการการใช้งาน ซึ่งแตกต่างกับการใช้งานจริงในช่องปากที่วัสดุบูรณะต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงบดเคี้ยว ค่าความเป็นกรดต่าง เป็นต้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดความล้มเหลวของวัสดุบูรณะได้ การศึกษานี้จึงเลือกการจำลองการใช้งานในช่องปากโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยการแช่น้ำร้อนสลับเย็น เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของการศึกษาค่ากำลังแรงยึดในห้องปฏิบัติการ ตามข้อกำหนดการมาตรฐานสากล (International Standardization and Organization-ISO) ได้แนะนำมาตรฐานสำหรับการทดสอบโดยแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส จำนวนอย่างน้อย 500 รอบ (ISO/TS 11405: 2003(E)) แต่ก็มีการศึกษาพบว่าการใช้จำนวนรอบในการแช่ชิ้นงาน 500 รอบ ตามที่ไอเอสโอกำหนดไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึด แต่หากเพิ่มจำนวนรอบในการแช่ชิ้นงานให้มากขึ้น (มากกว่า 10,000 รอบ) จะทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลง³⁴ โดยจำนวนรอบที่ใช้ทดสอบนั้นยังไม่มีมีการคำนวณ หรือแปลผล

เป็นระยะเวลาจริงอย่างชัดเจน แต่มีการประเมินอย่างหยาบไว้ว่า 10,000 รอบนั้น เทียบเท่ากับการใช้งานจริงในช่องปากเป็นระยะเวลา 1 ปี³⁵ ดังนั้นการแซ่ชิ้นงานจำนวน 500 รอบ อาจจะน้อยกว่าที่จะจำลองการใช้งานในระยะยาวได้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มจำนวนรอบเป็น 5,000 รอบ เทียบเท่ากับการใช้งานในช่องปากประมาณ 6 เดือน ซึ่งจากผลการศึกษานี้ก็พบว่ากระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้ค่ากำลังแรงยึดมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตำแหน่งของฟันและความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ (remaining dentin thickness) อาจมีผลต่อค่าการยึดติด โดยเนื้อฟันส่วนต้น (superficial dentin) คือบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเคลือบฟัน (dentin-enamel junction) ที่มีเนื้อเยื่อท่อเนื้อฟัน (tubule lamina) ประมาณร้อยละ 1 ของพื้นที่ผิวทั้งหมด ขณะที่เนื้อฟันที่อยู่บริเวณเข้าใกล้โพรงประสาทฟันมีเนื้อเยื่อท่อเนื้อฟันประมาณร้อยละ 22 เนื่องจากบริเวณนี้คือบริเวณที่มีปริมาณของเหลวจากท่อเนื้อฟันมาก ทำให้มีความแตกต่างกันของค่าการยึดติดระหว่างเนื้อฟันส่วนต้นและเนื้อฟันส่วนลึก (deep dentin)³⁶ โดยเนื้อฟันส่วนต้นจะให้ค่าการยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิตมากกว่าเนื้อฟันส่วนลึก การจัดการกับท่อเนื้อฟันจึงอาจมีผลต่อค่าการยึดติดของเนื้อฟันโดย Adebayo และคณะ รายงานว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเลื่อนของเนื้อฟันขึ้นกับระดับความลึกของเนื้อฟันที่ใช้ทำการศึกษา การจัดการกับท่อเนื้อฟันและการใช้งานสารยึดติด แต่ไม่ใช่ตำแหน่งของฟัน (occlusal หรือ cervical)³⁷ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Suttabunasuk และคณะ และ Phrukkanon และคณะ ที่รายงานว่าค่าการยึดติดไม่มีผลมาจากท่อเนื้อฟัน^{38,39} อย่างไรก็ตาม เพื่อลดปัญหานี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ชิ้นงานเพียง 4 ชิ้น บริเวณตรงกลางของฟันแต่ละซี่ ซึ่งมีความหนาของเนื้อฟันและลักษณะของท่อเนื้อฟันที่คล้ายคลึงกันในแต่ละชิ้นงาน

โดยข้อจำกัดของการศึกษานี้คือเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการใช้ฟันที่ถูกถอนแล้วมาศึกษา ซึ่งไม่มีการเลียนแบบการเกิดความดันของของเหลวในท่อเนื้อฟัน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจริงในคลินิก ในช่องปากจริงเมื่อเนื้อฟันสัมผัสกับสภาวะในช่องปากจะเกิดการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันจากโพรงประสาทฟันถึงบริเวณผิวเนื้อฟันที่เปิดเผยจากการเกิดความดันของของเหลวในโพรงประสาทฟัน มีหลายการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันได้รับผลจากการแพร่เข้ามาของแอตชีซีฟเรซิน (adhesive resin) เข้าสู่ท่อเนื้อฟัน^{40,41} ดังนั้นผลของการศึกษานี้จึงควรได้รับการยืนยันจากการศึกษาทางคลินิกต่อไป

บทสรุป

การศึกษานี้พบว่า การใช้สารกลูมาก่อนการบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับสารยึดติดระบบต่าง ๆ ทำให้มีค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินคอมโพสิตต่อเนื้อฟันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อใช้สารกลูมาก่อนการบูรณะฟัน แล้วนำไปผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการทดสอบภายหลังการยึดติดที่ 24 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการอำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนการทดลองในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณ อ.ดร.นัท กุลวานิช คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำทางด้านสถิติ

เอกสารอ้างอิง

1. Bartold PM. Dentinal hypersensitivity: a review. *Aust Dent J* 2006;51:212-18.
2. Dababneh RH, Khouri AT, Addy M. Dentine hypersensitivity — an enigma? a review of terminology, epidemiology, mechanisms, aetiology and management. *Br Dent J* 1999;187:606-11.
3. Brännström M, Åström A. A Study on the Mechanism of Pain Elicited from the Dentin. *J Dent Res* 1964;43:619-25.
4. Gillam DG, Khan N, Mordan NJ, Barber PM. Scanning electron microscopy (SEM) investigation of selected desensitizing agents in the dentine disc model. *Endod Dent Traumatol* 1999;15:198-204.
5. Porto ICCM, Andrade AKM, Montes MAJR. Diagnosis and treatment of dental hypersensitivity. *J Oral Sci* 2009;51:323-32.
6. Lehmann N, Degrange M. Effect of four dentin desensitizer on the shear bond strength of three bonding systems. *Eur Cell Mater* 2005;9:52-53.
7. Awang RAR, Masudi SM, Mohd Nor WZW. Effect of

desensitizing agent on shear bond strength of an adhesive system. *Arch of Orofac Sci* 2007;2:32-35.

8. Akca T, Yazici AR, Celik C, Ozgunaltay G, Dayangac B. The effect of desensitizing treatments on the bond strength of resin composite to dentin mediated by a self-etching primer. *Oper Dent* 2007;32:451-6.

9. Sevimay M, Ozyesil AG, Uludamar A. Microtensile bond strengths of composite to dentin treated with different desensitizers. *Cilt* 2009;18:154-60.

10. Abdel-Hafez A, Abo El-Naga A, Barakat O. Effect of Gluma desensitizer on microshear bond strength of two different adhesive systems. *EDJ* 2010;56:1719-26.

11. Huh JB, Kim JH, Chung MK, Lee HY, Choi YG, Shim JS. The effect of several dentin desensitizers on shear bond strength of adhesive resin luting cement using self-etching primer. *J Dent* 2008;36:1025-32.

12. Sabatini C, Wu Z. Effect of Desensitizing Agents on the Bond Strength of Mild and Strong Self-etching Adhesives. *Oper Dent* 2015;40:1-10.

13. Aranha AC, Siqueira Junior Ade S, Cavalcante LM, Pimenta LA, Marchi GM. Microtensile bond strengths of composite to dentin treated with desensitizer products. *J Adhes Dent* 2006;8:85-90.

14. Walter R, Miguez PA, Swift Jr EJ, Pereira PN. Long-term bond strengths to dentin treated with different re-wetting solutions. *Am J Dent* 2008;21:143-47.

15. Sailer I, Oendra AEH, Stawarczyk B, Hämmerle CH. The effects of desensitizing resin, resin sealing, and provisional cement on the bond strength of dentin luted with self-adhesive and conventional resincements. *J Prosthet Dent* 2012;107:252-60.

16. Ding M, Shin SW, Kim MS, Ryu JJ, Lee JY. The effect of a desensitizer and CO₂ laser irradiation on bond performance between eroded dentin and resin composite. *J Adv Prosthodont* 2014;6:165-70.

17. Omae M, Inoue M, Itota T, Finger WJ, Inoue M, Tanaka K, et al. Effect of a desensitizing agent containing glutaraldehyde and HEMA on bond strength to Er:YAG laser-irradiated dentine. *J Dent* 2007;35:398-402.

18. Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di

Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater* 2008;24:90-101.

19. Price RB, Doyle G, Murphy D. Effects of composite thickness on the shear bond strength to dentin. *J Can Dent Assoc* 2000;66:35-39.

20. Schüpbach P, Lutz F, Finger WJ. Closing of dentinal tubules by Gluma desensitizer. *Eur J Oral Sci* 1997; 105:414-21.

21. Qin C, Xu J, Zhang Y. Spectroscopic investigation of the function of aqueous 2-hydroxyethylmethacrylate: glutaraldehyde solution as a dentin desensitizer. *Eur J Oral Sci* 2006;114:354-59.

22. Ma DH, Lai JY, Cheng HY, Tsai CC, Yeh LK. Carbodiimide cross-linked amniotic membranes for cultivation of limbal epithelial cells. *Biomaterials* 2010;31:6647-58.

23. HW Sung, DM Huang, WH Chang, RN Huang, JC Hsu. Evaluation of gelatin hydrogel crosslinked with various crosslinking agents as bioadhesives In vitro study. *J Biomed Mater Res* 1999;46:520-30.

24. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005;21:864-81.

25. Peumans M, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Lambrechts P, Van Meerbeek B. A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in non-carious class-V lesions. *Clin Oral Investig* 2012; 16:129-37.

26. Can Say E, Nakajima M, Senawongse P, Soyman M, Ozer F, Ogata M, et al. Microtensile bond strength of a filled vs unfilled adhesive to dentin using self-etch and total-etch technique. *J Dent* 2006;34:283-91.

27. Abdel-Hafez A, Abo El-Naga A, Barakat O. Effect of Gluma desensitizer on microshear bond strength of two different adhesive systems. *Egypt Dent J* 2010;56:1719-26.

28. Martin FL, Stephen FR, James LS. Disturbance of the dentinal smear layer by acidic hemostatic agents. *Fixed Pros Oper Dent* 1994;72:4-7.

29. Armstrong S, Geraldini S, Maia R, Raposo LH, Soares

- CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of “micro” bond strength test methods. *Dent Mater* 2010;26:e50-62.
30. Raposo LH, Armstrong SR, Maia RR, Qian F, Geraldeli S, Soares CJ. Effect of specimen gripping device, geometry and fixation method on microtensile bond strength, failure mode and stress distribution: laboratory and finite element analyses. *Dent Mater* 2012;28:e50-62.
31. Pashley DH, Carvalho RM, Pereira JC, Vilanueva R, Tay FR. The use of oxalate to reduce dentin permeability under adhesive restorations. *Am J Dent* 2001;14:89-94.
32. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, *et al.* Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994;10:236-40.
33. Roeder L, Pereira PN, Yamamoto T, Ilie N, Armstrong S, Ferracane J. Spotlight on bond strength testing--unraveling the complexities. *Dent Mater* 2011;27:1197-203.
34. Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SA. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent* 2007;19:340-53; discussion 54.
35. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999; 27:89-99.
36. Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater* 2010;26:e24-37.
37. Asande Adebayo O, Francis Burrow M, John Tyas M. Bonding of one-step and two-step self-etching primer adhesives to dentin with different tubule orientations. *Acta Odontol Scand* 2009;66:159-68.
38. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentine. *J Dent* 1999;27:265-74.
39. Sattabanasuk V, Shimada Y, Tagami J. The bond of resin to different dentin surface characteristics. *Oper Dent* 2004;29:333-41.
40. Hiraishi N, Yiu CK, King NM, Tay FR. Effect of pulpal pressure on the microtensile bond strength of luting resin cements to human dentin. *Dent Mater* 2009;25:58-66.
41. Mazzitelli C, Monticelli F, Osorio R, Casucci A, Toledano M, Ferrari M. Effect of simulated pulpal pressure on self-adhesive cements bonding to dentin. *Dent Mater* 2008;24:1156-63.