

ผลของการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที และการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะมีต่อ ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคด้วยสารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนดรีนซ์แบบสามขั้นตอน Effect of Immediate Dentin Sealing and Thermocycling on Microtensile Bond Strength when Using A Three-step Etch and Rinse Adhesive

ศรัณย์พงษ์ ปานทุ่ง¹, ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์¹

Saranpong Pantung¹, Sirivimol Srisawasdi¹

¹ภาควิชาทันตกรรมปฏิบัติการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

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

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของการยึดติดบนผิวฟันที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีภายหลังการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ โดยใช้ฟันกรามใหญ่ซี่ที่สามของมนุษย์จำนวน 64 ซี่ แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ กำหนดให้กลุ่มที่ 1-3 เป็นกลุ่มที่ไม่ทำ และกลุ่มที่ 4-6 เป็นกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที อีก 4 ซี่ จะถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มที่ 1 และ 4 กลุ่มละ 2 ซี่ เพื่อนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตัดผิวหน้าฟันในแนวระนาบที่ตำแหน่งต่ำกว่าหลุมกลางฟัน 1 มิลลิเมตร และตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน นำไปต่อเข้ากับเครื่องจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อเนื้อฟันทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีด้วยสารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนดรีนซ์แบบสามขั้นตอนในกลุ่มที่ 4-6 ชิ้นงานทั้งหมดจะผ่านการปั่นแป้นวัสดุพิมพ์ปาก วัสดุบูรณะชั่วคราว และซีเมนต์ยึดชั่วคราว จัดเก็บชิ้นงานที่เหลือในน้ำกลั่นที่มีความสูงของระดับน้ำสูงกว่าระนาบตัดฟัน 20 เซนติเมตร เป็นเวลา 7 วัน นำชิ้นงานมาบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตภายใต้การจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อเนื้อฟัน นำไปผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 0 5,000 และ 10,000 รอบ ตัดชิ้นงานให้เป็นรูปนาฬิกาทรายให้มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 1.0 ± 0.01 ตารางมิลลิเมตร ทดสอบค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค ตรวจสอบรูปแบบการแตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า ตรวจสอบพื้นผิวฟัน และชั้นไฮบริดในฟัน 4 ซี่ ก่อนและหลังการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดตามลำดับ วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูคี และวิเคราะห์รูปแบบของการแตกหักด้วยสถิติไคสแควร์ กำหนดระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 95 พบว่าที่จำนวนรอบของการเปลี่ยนอุณหภูมิที่เท่ากัน ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีมีค่ามากกว่า และการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 10,000 รอบจะส่งผลทำให้ค่าแรงยึดดึงระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยทั้งสองไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติ ลักษณะการแตกหักเป็นแบบยึดไม่ติด และการแตกหักแบบผสม มีอัตราส่วนของการเกิดไม่แตกต่างกัน ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าภายหลังจากการขัดผิวด้วยฟัมมิส พบสิ่งอุดตันท่อเนื้อฟันในกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที

คำสำคัญ: การเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที, การจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อเนื้อฟัน, การเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ, ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค, สารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนดรีนซ์แบบสามขั้นตอน

Abstract

The aim of this study was to compare the effect of immediate dentin sealing (IDS) on microtensile bond strength (μ TBS) of resin composite restoration using a three-step etch and rinse adhesive under various thermocycling periods. Sixty-four extracted human third molars were divided into 6 groups (groups 1-3 = controls and groups 4-6 = experimentals) with 10 teeth in each group. The remaining 4 teeth were divided into groups 1 and 4 for scanning electron microscope (SEM) evaluation. Flat dentin surfaces were prepared, and a 3-step etch and rinse adhesive was applied as an IDS step after tooth preparation within experimental groups. All specimens were then contaminated with impressions and provisional restorations. After being stored for 1 week, all samples were restored using a composite resin under simulated fluid flow. Thermocycling was performed in all groups, and μ TBS was measured at 0, 5,000 and 10,000 cycles, respectively. The specimens were then sectioned to obtain a bonded hourglass of $1.0 \pm 0.01 \text{ mm}^2$ in area. Microtensile bond strength was tested at a crosshead speed of 1.0 mm/min, and data analyzed using a Two-way ANOVA, One-way ANOVA and a Tukey's post hoc test ($\alpha = 0.05$). Specimens were also evaluated for modes of fracture using a stereomicroscope at 40X, and data analyzed using a Chi-square test ($\alpha = 0.05$). Specimen surfaces and hybrid layers from groups 1 and 4 were also examined before and after restoration using a SEM analysis. Two-way ANOVA showed significant difference among IDS and thermocycling cycles. An interaction was not observed. One-way ANOVA showed the mean μ TBS of control group was statistically different from those of experimental group of the same thermocycling cycles. In the same IDS condition, statistically significant decrease in bond strength was found in 10,000 cycle-thermocycling group, when compared to immediate bond strength (after 24 hours) group. Microscopic evaluation indicated that most failures in all groups were adhesive and mixed failures. SEM analyses of the dentin surface and hybrid layers showed dentinal tubules obstruction in the experimental groups.

Keywords: Immediate dentin sealing, Simulated dentinal fluid flow, Thermocycling, Microtensile bond strength, Three-step etch and rinse adhesive

Received Date: Jul 23, 2018

Revised Date: Aug 31, 2018

Accepted Date: Dec 3, 2018

doi: 10.14456/jdat.2019.18

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ศรัณย์พงษ์ ปานทุ่ง 355/5 หมู่ 4 ซอยพหลโยธิน 62 ถนนพหลโยธิน ต.คูคต อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12130 ประเทศไทย โทร: 081-426-2223, อีเมล: superpaopaopao@gmail.com

Correspondence to:

Saranpong Pantung. 355/5 Phahonyothin Rd., Kukot, Lam Lukka, Pathumthani 12130 Thailand Tel: 081-426-2223, E-mail: superpaopaopao@gmail.com

บทนำ

ในงานทันตกรรมบูรณะฟันโดยอ้อม (Indirect restoration) ในขั้นตอนของการเตรียมฟันเพื่อให้มีความหนาของชิ้นงานบูรณะที่เหมาะสม การทำให้เกิดวิถีการใส่ (Path of insertion) รวมไปถึงการกำจัดรอยผุ มักจะทำให้เกิดการเปิดเผยของท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubule)^{1,2} ส่งผลให้เกิดอาการเสียวฟัน และการแทรกซึมของแบคทีเรียเข้าไปยังท่อเนื้อฟัน³ การใช้วัสดุบูรณะชั่วคราว (Temporary restoration) ร่วมกับการใช้ซีเมนต์ยึดชั่วคราว (Temporary cements) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการปิดท่อเนื้อฟันเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาดังกล่าว แต่ด้วยคุณสมบัติของวัสดุที่มีความแข็งแรงไม่มาก และวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานบูรณะชั่วคราวที่กระทำโดยตรงในช่องปาก อาจทำให้เกิดการแตกหักหรือเกิดการรั่วซึมบริเวณขอบของวัสดุบูรณะชั่วคราวได้ในภายหลัง³ จึงมีขั้นตอนใหม่เพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งขั้นตอน เรียกว่าการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที (immediate dentin sealing) ซึ่งถูกกล่าวถึงโดย Magne และคณะในปี ค.ศ. 2005¹ ที่อธิบายถึงการปิดผิวเนื้อฟันด้วยสารยึดติด (Adhesive) ทันทีภายหลังจากการกรอฟัน เพื่อให้ชั้นไฮบริด (Hybrid layer) ที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวปกป้องผิวเนื้อฟันจากวัสดุพิมพ์แบบ (Impression material) และวัสดุบูรณะชั่วคราว อีกทั้งยังส่งผลให้มีการลดภาวะเสียวฟัน และป้องกันการแทรกซึมของเชื้อแบคทีเรียในระหว่างการรักษา

ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวข้องกับการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีหลายการศึกษา พบว่าไม่ว่าจะใช้สารยึดติดระบบเอ็ทซ์ แอนด์รีนซ์ (Etch and rinse adhesive system) กับระบบเซลฟ์เอ็ทซ์ (Self-etch adhesive system) ก็มีผลทำให้ค่าแรงยึดติดของวัสดุบูรณะกับผิวเนื้อฟันมีค่ามากขึ้น^{4,5} ส่งผลดีในเรื่องของการยึดอยู่ของชิ้นงานบูรณะในช่องปากในระยะยาว แต่ในสภาพความเป็นจริงในช่องปาก ความแข็งแรงในการยึดอยู่ของชิ้นงานจะมีค่าลดลง อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในช่องปาก ความล้าจากการถูกกระทำด้วยแรงบดเคี้ยว (Fatigue loading) หรือการดูดซึมความชื้นของชิ้นสารยึดติด⁶ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการรั่วซึมตามขอบ เกิดฟันผุกลับซ้ำ หรือเกิดการติดเชื้อตามขอบของวัสดุบูรณะได้ในภายหลัง⁷

มีการศึกษาที่พบว่าการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ (Thermocycling) ในฟันที่ผ่านการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที ค่าแรงยึดติดของชิ้นงานจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ⁸ แต่ในการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ที่มีการใช้สารยึดติดในฟันที่ถูกถอนมาแล้ว จึงปราศจากความชื้นในท่อเนื้อฟัน เพราะประสิทธิภาพของการใช้

สารยึดติดจะลดลงเมื่อมีการรบกวนของความชื้นจากท่อเนื้อฟัน⁹⁻¹² เนื่องจากความชื้นดังกล่าวจะฝังตัวในชั้นไฮบริด และเกิดเป็นชั้นไฮบริดที่ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ความชื้นจากท่อเนื้อฟันถูกดันผ่านชั้นไฮบริดมายังผิวของชิ้นสารยึดติด ทำให้การบูรณะด้วยวัสดุประเภทเรซินเกิดปัญหา¹³ อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาเพื่อยืนยันว่ามีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติ (Interaction) ระหว่างการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีกับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที จะสามารถทำให้ค่าแรงยึดติดของวัสดุบูรณะลดลงในอัตราที่ต่ำกว่าการไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีหรือไม่

การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาความแตกต่างของค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค (Microtensile bond strength) ภายหลังจากการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 5,000 และ 10,000 รอบ ระหว่างกลุ่มที่ทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที เพื่อหาว่ามีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างทั้ง 2 ปัจจัยหรือไม่ โดยมีสมมติฐานว่าการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที กับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะไม่ผลต่อค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค และไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติร่วมกันระหว่างการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีกับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ฟันกรามใหญ่ซี่ที่ 3 ของมนุษย์ที่ผ่านการถอน ไม่มีการรอยโรคฟันผุ รอยร้าว รอยแตกบิ่นทั้งหมด 64 ซี่ โดยได้รับการพิจารณาจริยธรรม การศึกษาวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รหัส HREC-DCU 2017-65 โดยฟันจะต้องถูกถอนมาแล้วไม่เกิน 6 เดือน ทำความสะอาดด้วยการล้างในน้ำกลั่น กำจัดเศษเนื้อเยื่อด้วยเครื่องมือชุด (Curette) ขำเชื้อด้วยการแช่ฟันลงในสารละลายไทโมล (Thymol solution) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นระยะเวลา 7 วัน เก็บฟันไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แบ่งฟันออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ส่วนอีก 4 ซี่ที่เหลือจะถูกนำไปตรวจสอบพื้นผิวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด กำหนดให้กลุ่มที่ 1 ถึงกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ที่ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 0 5,000 และ 10,000 รอบตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ 4 ถึงกลุ่มที่ 6 เป็นกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที และผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 0 5,000 และ 10,000 รอบตามลำดับเช่นกัน และขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 1

นำฟันไปยึดกับแบบอะคริลิกใสรูปทรงสี่เหลี่ยม ต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) 3 มิลลิเมตร และตั้งฉากกับแนวแกนของฟัน ตัดฟันด้วยเครื่องตัดฟัน (Isomet 1000, Buchler, USA) ที่บริเวณส่วนของด้านบดเคี้ยวต่ำกว่าจุดต่ำสุดของหลุมกลางของฟัน (Central pit) 1 มิลลิเมตร และที่ตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตร ให้มีลักษณะแบนราบ ระนาบของรอยตัดขนานกับระนาบดเคี้ยว ให้มีเคลือบฟันที่บริเวณขอบนอกเท่านั้น และไม่พบตำแหน่งที่เป็นจุดทะลุของโพรงประสาทฟัน (Dental pulp) จากนั้นทำการขัดผิว และสร้างชั้นเสมียร์ (Smear layer) ด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ (Nano 2000, Pace Technologies, USA) โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 150 400 และ 600 ที่เปียกน้ำด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ความหนาแน่น 1 นาที่ ทำความสะอาดภายในโพรงประสาทฟันด้วยสเปรย์ลม และน้ำเป็นระยะเวลา 15 วินาที ทาขอบนอกของส่วนที่เป็นรากฟัน (Root) ด้วยน้ำยาทาเล็บ โดยให้น้ำยาทาเล็บคลุมเหนือตำแหน่งรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร

สร้างเครื่องจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อน้ำฟันกับฐานยึดฟันที่ทำมาจากแผ่นเพล็กซ์กลาส (Plexiglass) ด้วยกาวยึดชิ้นงาน (Model Repair II Blue, Dentsply, Japan) โดยให้มีรูของฐานยึด ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับเข็มเบอร์ 18 (เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร) อยู่บริเวณกึ่งกลางของตำแหน่งโพรงประสาทฟัน จากนั้นต่อท่อน้ำกลั่นที่มีความสูงของระดับน้ำในแนวระนาบสูงกว่าระนาบของรอยตัดด้านบดเคี้ยว 20 เซนติเมตร¹⁴ ดังรูปที่ 2 รอเวลา 10 นาที นำฟันในกลุ่มที่ 4, 5 และ 6 ทำความสะอาดผิวเนื้อฟันด้วยผงฟิมผสมน้ำกลั่นเป็นเวลา 10 วินาที ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีด้วยทาสารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนด์ไพรินซ์แบบสามขั้นตอน (OptiBond FL, Kerr, USA)¹ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมี และชื่อของบริษัทผู้ผลิตดังแสดงในตารางที่ 1 ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดผิวเนื้อฟันเป็นระยะเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำสะอาด 10 วินาที เป่าผิวเนื้อฟันด้วยลมสะอาด 2 วินาที ทาสารไพรินเมอร์ โดยขยับพู่กันไปมาตลอดเวลา 30 วินาที เป่าแห้งผิวชิ้นงานให้แห้งสนิท สารยึดติดโดยขยับพู่กันไปมาเบา ๆ เป็นระยะเวลา 15 วินาที เป่าด้วยลมสะอาด 3 วินาที ฉายด้วยแสงสีน้ำเงินด้วยเครื่องฉายแสงแอลอีดี (Demi™ LED light curing system, Kerr, USA) 20 วินาที โดยควบคุมความเข้มแสงจากเครื่องฉายแสงไม่ต่ำกว่า 550 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรด้วยเครื่องเรดีโอมิเตอร์ (Demetron L.E.D Radiometer, Kerr, USA) ตลอดการศึกษา ทาเจลกลีเซอรินลงบนผิวของเนื้อฟันฉายแสงรอบที่ 2 เป็นเวลา 10 วินาที

นำฟันทั้ง 6 กลุ่ม มาทำการลอกทรายละเอียดของระนาบผิวฟันด้วยวัสดุพิมพ์แบบขึ้นสุดท้ายชนิดโพลีไวน์ซิล็อกเซน (Polyvinylsiloxane, President Light Body; Coltene AG, Altstätten, Switzerland) วัสดุพิมพ์แบบขึ้นสุดท้ายเมื่อมีการบ่มตัวเรียบร้อยแล้ว ผสมวัสดุบูรณะชั่วคราว (Protemp 4, 3M ESPE, Revotek LC-GC Corp, USA) ด้วยอัตราส่วนตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดลงบนแบบหล่อทรงกระบอก ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าตัดขนาด 2.4 เซนติเมตร ให้สูงอย่างน้อย 5 มิลลิเมตร กดวัสดุบูรณะชั่วคราวบนผิวฟัน โดยให้มีวัสดุคลุมบริเวณขอบนอกของฟันสูงจากผิวหน้าตัดอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร รื้อชิ้นงานบูรณะชั่วคราวหลังจากที่วัสดุเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) และยึดกับผิวหน้าฟันด้วยซีเมนต์ยึดชั่วคราว (Temp-Bond NE, Kerr, CA, USA) โดยใช้แรงกดเท่ากับ 500 กรัม และกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินด้วยเครื่องมือชุดจนสะอาด

แช่ฟันทั้งหมดในน้ำกลั่นที่บรรจุอยู่ในหลอดทดลองในตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิ (Incubator: Contherm 1200, Contherm, New Zealand) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยให้ระดับของน้ำกลั่นภายในหลอดทดลองสูงกว่าผิวหน้าตัดของตัวฟัน 20 เซนติเมตร ปิดฝาหลอดทดลองเพื่อป้องกันการระเหยออกของน้ำกลั่น ทำการเช็กระดับน้ำทุก ๆ 12 ชั่วโมง เปลี่ยนน้ำกลั่นทุก ๆ 2 วัน

นำฟันมาต่อเข้ากับอุปกรณ์จำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อน้ำฟัน รื้อชิ้นงานการบูรณะชั่วคราวออก กำจัดซีเมนต์ชั่วคราวที่ตกค้างออกด้วยซิกเกิล (Sickel) และผงฟิมผสมน้ำกลั่น เป็นเวลา 10 วินาที บูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต (Z350 XT, 3M ESPE, USA) มีองค์ประกอบทางเคมี และชื่อของบริษัทผู้ผลิตดังแสดงในตารางที่ 1 ร่วมกับสารยึดติดด้วยวิธีการเดียวกับการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีให้เต็มหน้าตัด สูงขึ้นเป็นรูปทรงกระบอก 6 มิลลิเมตร โดยทำการบูรณะเป็นชั้น ชั้นละไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที ทิศทางตั้งฉากกับระนาบผิวฟัน ด้วยเครื่องฉายแสงแอลอีดี และฉายแสงทางด้านข้างในทิศทางที่ตั้งฉากกัน ทั้งหมด 4 ด้าน ด้านละ 20 วินาที เก็บฟันทั้งหมดด้วยวิธีเดียวกันกับขั้นตอนการใช้วัสดุบูรณะชั่วคราว เป็นเวลา 1 วัน นำฟันในกลุ่มที่ 2, 3, 5 และ 6 ไปผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะด้วยเครื่องแช่สลับ น้ำร้อนน้ำเย็น (Thermo Cycling Unit, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ประเทศไทย) ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส 30 วินาที และ 55 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 30 นาที โดยมีระยะพักที่อุณหภูมิห้องครั้งละ 20 วินาที เป็นจำนวน 5,000 และ 10,000 รอบตามที่ได้กำหนดไว้

นำชิ้นงานในแต่ละกลุ่มการทดลองมาทำการตัดด้วยเครื่องตัดฟัน (Isomet 1000, Buchler, USA) ให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม โดยมีความหนา 1.0 ± 0.1 มิลลิเมตร และกว้าง 3 มิลลิเมตร คัดเฉพาะชิ้นงานที่มีบริเวณที่ยึดติดเฉพาะในส่วนของเนื้อฟันเท่านั้น ฟัน 1 ซึ่งจะตัดได้ 7 ชิ้นงาน ทำการกรอบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตด้วยหัวกรอกากเพชรทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 มิลลิเมตร (Round diamond bur, Jota, Switzerland) เข้าไปยังกึ่งกลางของชิ้นงานให้มีลักษณะเป็นแบบนาฬิกาทราย (Hourglass) โดยให้มีพื้นที่ของการยึดติดของเนื้อฟัน และเรซินคอมโพสิตเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีความกว้างด้านละ 1.0 ± 0.1 มิลลิเมตร ตรวจสอบความหนาด้วยเวอร์เนียแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper 1108, INSIZE, USA) ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบต้องไม่มีความล้มเหลว หรือรอยตำหนิในการใช้สารยึดติด เช่น รอยร้าว ฟองอากาศ หรือชิ้นงานที่เกิดการแตกหักก่อนการทดสอบ เป็นต้น

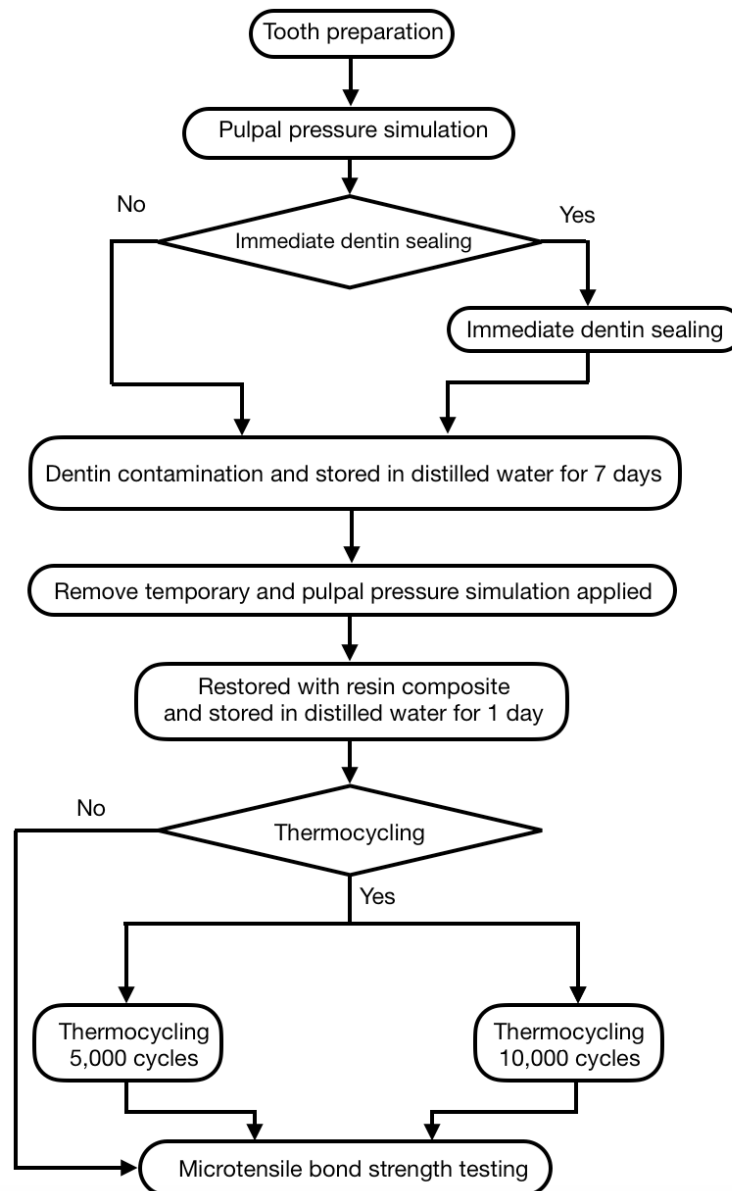
นำชิ้นงานมาทดสอบค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ (EZ-S, Shimadzu, Japan) โดยใช้การยึดชิ้นงานยึดชิ้นงานกับเครื่องทดสอบ ใช้อัตราเร็วในการดึง (Cross-head speed) 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งเกิดการแตกหักของชิ้นงาน บันทึกค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหัก คำนวณค่าแรงดึงระดับจุลภาค และบันทึกผลในหน่วยเมกะปาสคัล หรือนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร (Megapascal, $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$) โดยเก็บข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงระดับจุลภาคของชิ้นงานในฟันซี่เดียวกัน ให้เป็นตัวแทนของ ฟัน 1 ซี่ และกำหนดให้ชิ้นงานที่เกิดความล้มเหลวในการยึดติดก่อนทำการทดสอบวัดค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคไม่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการตรวจสอบลักษณะการแตกหัก (Mode of failure) ภายหลังจากทดสอบวัดค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (ML 9300, Meiji Techno, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่าโดยแบ่งชนิดของความล้มเหลวออกเป็น 4 แบบ คือ การแตกหักแบบการยึดไม่ติด (Adhesive failure) คือการแตกหักที่บริเวณรอยต่อของเนื้อฟันกับชั้นของสารยึดติด โดยที่ผิวหน้าตัดของเนื้อฟันต้องไม่มีเรซินคอมโพสิตหลงเหลืออยู่ และผิวด้านเรซินคอมโพสิตต้องไม่มีเนื้อฟันอยู่ การแตกหักภายในเนื้อฟัน (Cohesive in dentin failure) คือการแตกหักที่เนื้อฟัน โดยจะพบว่ามีส่วนของเนื้อฟันติดอยู่ที่ด้านของเรซินคอมโพสิตทั้งหน้าตัด การแตกหักภายในเนื้อเรซินคอมโพสิต (Cohesive in resin

composite failure) คือการแตกหักที่เรซินคอมโพสิต โดยจะพบว่ามีเรซินคอมโพสิตติดอยู่ที่หน้าตัดของเนื้อฟันทั้งหน้าตัด และการแตกหักแบบผสม (Mixed failure) เป็นลักษณะของการแตกหักที่มากกว่า 1 แบบผสมกัน

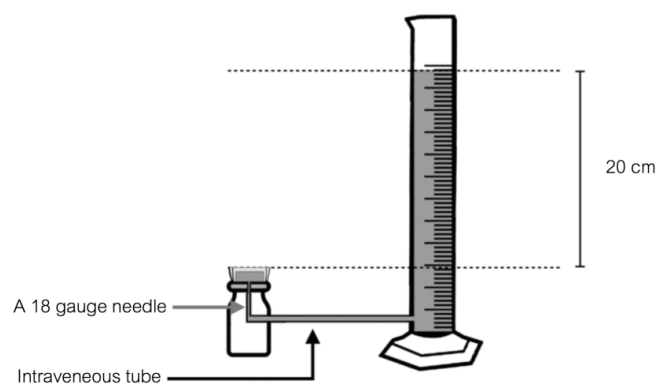
การตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ทำโดยใช้พินแกรมใหญ่ซี่ที่สามของมนุษย์จำนวน 4 ซี่ กำหนดให้ฟันซี่ที่ 1 และ 2 ผ่านขั้นตอนการเตรียมผิวฟันเหมือนกับกลุ่มตัวอย่างที่ 4 ฟันซี่ที่ 3 และ 4 ผ่านขั้นตอนการเตรียมผิวฟันเหมือนกับกลุ่มตัวอย่างที่ 1 (รูปที่ 1) โดยฟันซี่ที่ 1 และ 3 จะถูกปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ภายหลังจากการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที จากนั้นไปเข้าตู้กำจัดความชื้น 48 ชั่วโมง ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-6610LV Scanning Electron Microscope JEOL, USA) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ส่วนฟันซี่ที่ 2 และ 4 จะถูกตัดตั้งฉากกับระนาบตัดเคี้ยวภายหลังจากบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิต ขัดผิวด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ ด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 ที่เปียกน้ำ ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปแช่กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6 N 30 วินาที และตามด้วยการแช่ในสารละลาย โซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 อีก 10 นาที¹⁵ ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดด้วยวิธีการเดียวกันกับฟันซี่ที่ 1 และ 3 ที่กำลังขยาย 650 เท่า

วิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไอบีเอ็ม เอสพีเอส เอส 22.0 (IBM SPSS 22.0, Chicago, IL, USA) ในการวิเคราะห์ผลข้อมูล นำค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงระดับจุลภาคมาตรวจสอบความปกติในการแจกแจงของข้อมูล (Normality test) ด้วยวิธีแชปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) และวิเคราะห์ผลของการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที กับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) หากข้อมูลที่ได้ไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที กับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ จะทำการทดสอบเพื่อหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูเคย์ (Tukey test) และวิเคราะห์รูปแบบของการแตกหักด้วยสถิติไคสแควร์ กำหนดระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 95



รูปที่ 1 ลำดับ และขั้นตอนของการเตรียมชิ้นงาน

Figure 1 Diagrammatic representation of sample preparation and restorative sequence



รูปที่ 2 แบบของการจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อเนื้อฟัน กำหนดให้ความสูงของระดับน้ำในท่อกระบอกตวงสูงกว่าระนาบผิวฟัน 20 เซนติเมตร

Figure 2 Diagrammatic presentation of simulating fluid flow through sectioned crown under a 20 cm distilled water pressure

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของสารยึดติด และเรซินคอมโพสิตในการทดลอง

Table 1 Composition of resin adhesive and resin composite

Material	Manufacturer	Composition
Optibond FL	Kerr, USA	Primer : 2-hydroxyethyl methacrylate, glycerophosphate-dimethacrylate, phthalic acid monomethacrylate, ethanol, water, camphorquinone Adhesive : bisphenol A alycidyl dimethacrylate, 2-hydroxyethyl methacrylate, glycerophosphate-dimethacrylate, camphorquinone, glycerol dimethacrylate resins, barium aluminoborosilicate glass, silicon dioxide, sodium hexafluorosilicate (filled 48% by wt)
Filtek™ Z350XT	3M ESPE, USA	Inorganic : Silica (20 nm nonagglomerated aggregated), zirconia (4-11 nm nonagglomerated/aggregated and TEGDMA agglomerated), clusters, zirconia/silica aggregated particles (20 nm silica particles combined with 4-11 nm zirconia) Organic phase : Bisphenol A-glycidyl methacrylate,Urethane dimethacrylate, Triethylene glycol dimethacrylate, Bisphenol A ethoxylate dimethacrylates

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของค่าเฉลี่ยแรงยึดติดระดับจุลภาคในหน่วยเมกะปาสคัล (MPa) และจำนวนลักษณะการแตกหักหลังทดสอบความทนแรงดึงระดับจุลภาค

Table 2 Results of mean, maximum and minimum of microtensile bond strengths (MPa, mean \pm standard deviation) and mode of failure for each experimental group

Group	Immediate dentin sealing	Thermocycling (cycles)	Bond strength (mean \pm SD, MPa)	Minimum (MPa)	Maximum (MPa)	Mode of failure				
						Co-RC ¹	Co-DEN ²	AD ³	MF ⁴	Pre-test failure ⁵
1	-	0	14.49 \pm 1.72 ^a	11.95	16.85	0	0	47	10	13
2	-	5,000	12.28 \pm 0.95 ^{b,c}	11.38	14.34	0	0	53	6	11
3	-	10,000	11.19 \pm 0.76 ^b	9.43	12.08	0	0	53	6	11
4	+	0	17.09 \pm 1.08 ^d	15.29	18.71	0	0	51	9	10
5	+	5,000	16.19 \pm 1.26 ^d	14.15	17.81	0	0	52	7	11
6	+	10,000	13.79 \pm 1.55 ^{a,c}	11.54	15.92	0	0	56	5	9

¹Co-RC (cohesive failure in resin composite): การแตกหักภายในเนื้อเรซินคอมโพสิต

²Co-DEN (cohesive failure in dentin): การแตกหักภายในเนื้อฟัน

³AD (adhesive failure): การแตกหักแบบการยึดไม่ติด

⁴MF (mixed failure): การแตกหักแบบผสม

⁵Pre-test failure: การแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดสอบ

*ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ย: ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงถึงกลุ่มที่มีค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มการทดลองต่าง ๆ ในหน่วยเมกะปาสคัล (MPa) แสดงในตารางที่ 2 และเมื่อนำข้อมูลไปทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธีแชปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) พบว่าข้อมูลในทุกกลุ่มการทดลองมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบปกติ ($p>0.05$) และค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่ม

ที่ 1-6 มีค่าเท่ากับ 14.49 ± 1.72 , 12.28 ± 0.95 , 11.19 ± 0.76 , 17.09 ± 1.08 , 16.19 ± 1.26 , 13.79 ± 1.55 เมกะปาสคัลตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

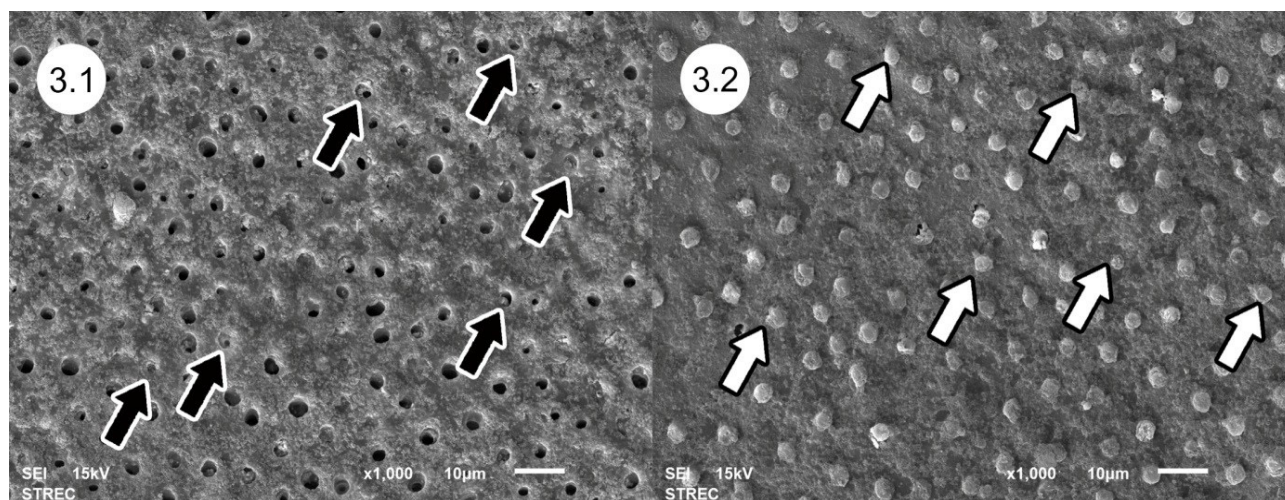
เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที กับการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ ($p=0.179$) และพบว่า

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ค่าเฉลี่ยความทนแรงดึงระดับจุลภาคที่ได้ มีค่าแตกต่างกันอย่างน้อย 1 กลุ่ม ($p<0.01$) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มแบบจับคู่พหุคูณชนิดทูคีได้ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2 พบว่าไม่ว่าจะทำหรือไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะจะมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 10,000 รอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีจะมีค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคมากกว่ากลุ่มที่ไม่ทำ เมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนรอบของการเปลี่ยนอุณหภูมิที่เท่ากัน ยกเว้นในกลุ่มที่ 6 ที่พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดสอบสัดส่วนของการเกิดรูปแบบของการแตกหักของชิ้นงาน พบว่าไม่มีกลุ่มใดเลยที่มีการแตกหักภายในเนื้อเรซินคอมโพสิตและเนื้อฟัน โดยจำนวนของการแตกหักแบบการยึดไม่ติด และการแตกหักแบบผสมมีค่าดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของการเกิดการแตกหักของแต่ละกลุ่มการ

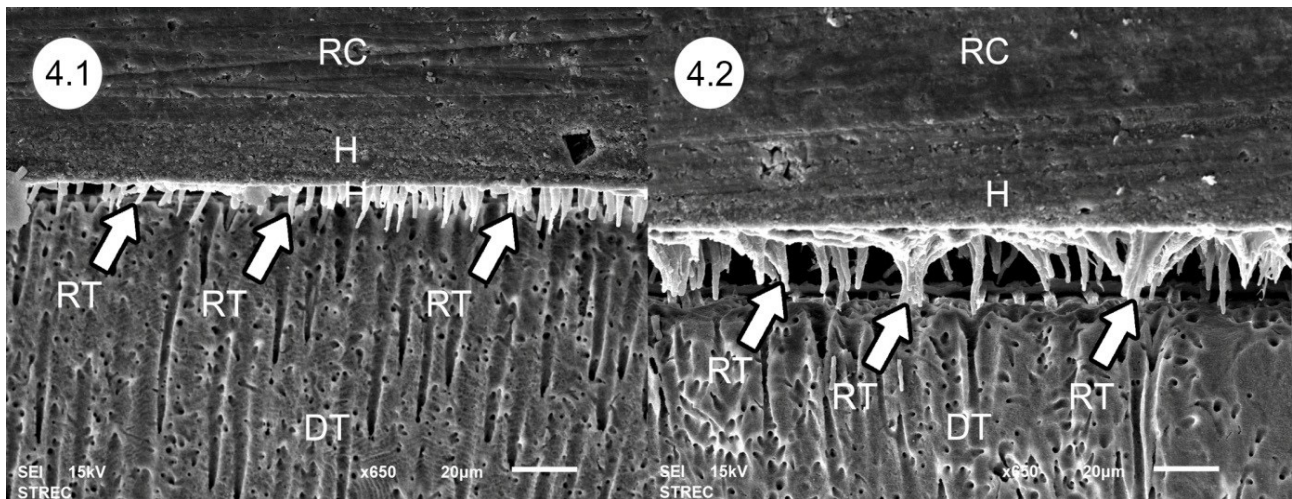
ทดลองด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบความเป็นอิสระต่อกันของการโคสแควร์ พบว่าสัดส่วนของการแตกหักในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.305$)

จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวฟันภายหลังขัดด้วยผงฟัมมิส และปรับสภาพพื้นผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า พบว่ามีสารบางอย่างหลงเหลืออุดปิดตันรูท่อเนื้อฟันในกลุ่มที่ทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที แต่ในกลุ่มที่เคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีจะพบมีปริมาณมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3 ส่วนภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของฟันที่ถูกตัดตั้งฉากกับระนาบตัดเคี้ยวภายหลังจากบูรณะด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตที่กำลังขยาย 650 เท่า จะพบว่าสายเรซินของกลุ่มที่ผ่านการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีเป็นระเบียบมากกว่า ทั้งตำแหน่งที่ตรงกับยอดเนื้อเยื่อในฟัน และที่ขอบใกล้กับรอยต่อของเนื้อฟันและเคลือบฟัน (รูปที่ 4 และ 5)



รูปที่ 3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของผิวเนื้อฟันที่ถูกขัดด้วยผงฟัมมิส และปรับสภาพพื้นผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ภายหลังบดแป้นด้วยวัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้ายชนิดโพลีไวนิลไซล๊อกเซน วัสดุบูรณะชั่วคราว และซีเมนต์ยึดชั่วคราว ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า รูปที่ 3.1 แสดงพื้นผิวที่ไม่ผ่านการเคลือบปิดผิวเนื้อฟัน พบว่ามีสารอุดตันในท่อเนื้อฟันเป็นบางตำแหน่ง (บริเวณลูกศรสีดำ) รูปที่ 3.2 แสดงพื้นผิวเนื้อฟันที่ผ่านการเคลือบปิดผิวเนื้อฟัน พบมีสารอุดตันท่อเนื้อฟันเป็นจำนวนมาก (บริเวณลูกศรสีขาว)

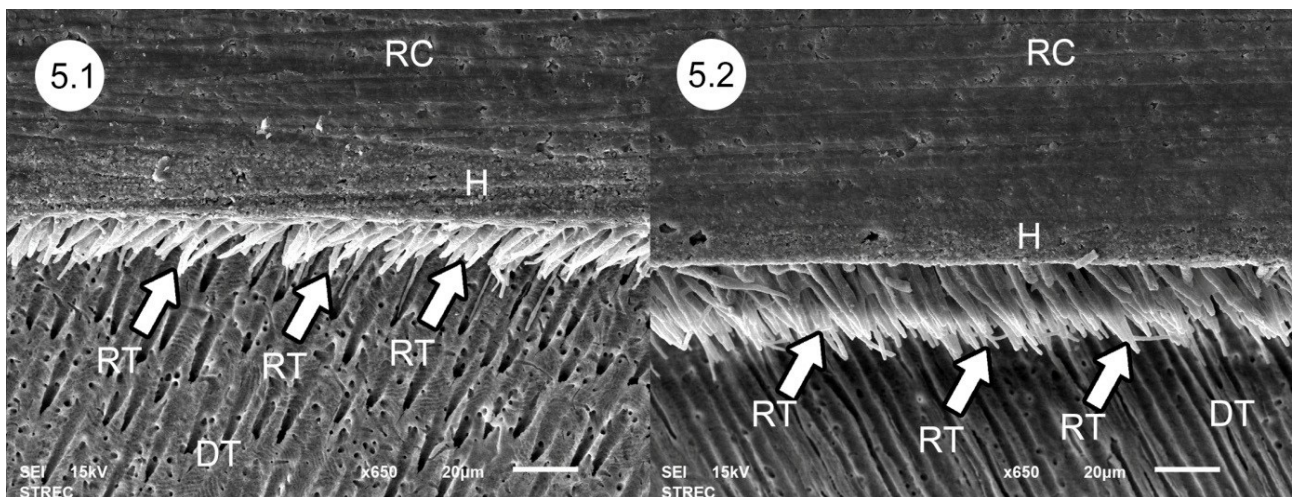
Figure 3 Scanning electron micrograph of pumice-polished and etched dentin surface after contamination by polyvinylsiloxane, temporary restoration and temporary cements (at 1,000x magnification). 3.1) Showed dentin surface without immediate dentin sealing with some dentinal tubules were partially obstructed (black arrows). 3.2) Showed dentin surface of immediate dentin sealing group revealing a large number of obstructed dentinal tubules (white arrows).



*RC คือ เรซิน คอมโพสิต, H คือ ชั้นไฮบริด, RT คือ สายเรซิน, DT คือ เนื้อฟัน

รูปที่ 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 650 เท่า แสดงให้เห็นสายเรซิน (ลูกศรสีขาว) ที่บริเวณตรงกับยอดเนื้อเยื่อในฟันของกลุ่มที่ไม่ทำ (4.1) และทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟัน (4.2) ตามลำดับ

Figure 4 Scanning electron micrograph (650x) showing the resin tags (white arrows) at dentin surface above dental pulp horn in control group (4.1) and immediate dentin sealing group (4.2).



*RC คือ เรซิน คอมโพสิต, H คือ ชั้นไฮบริด, RT คือ สายเรซิน, DT คือ เนื้อฟัน

รูปที่ 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 650 เท่า แสดงให้เห็นสายเรซิน (ลูกศรสีขาว) ที่บริเวณขอบใกล้กับรอยต่อของเนื้อฟันและเคลือบฟัน ของกลุ่มที่ไม่ทำ (5.1) และทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟัน (5.2) ตามลำดับ

Figure 5 Scanning electron micrograph (650x) showing the resin tags (white arrows) at dentin surface close to dentino-enamel junction in control group (5.1) and immediate dentin sealing group (5.2).

อภิปรายผลการทดลอง

ในการศึกษานี้ได้ทำการวัดค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค เปรียบเทียบกลุ่มที่ทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีภายหลังจากการเตรียมผิวฟัน กำหนดให้มีปัจจัยที่มีอิทธิพลคือการทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีกับการผ่านกระบวนการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ ในการ

ทดลองนี้ขึ้นตัวอย่างจะมีตำแหน่งที่ยึดติดกันกับวัสดุบูรณะแตกต่างกันตามตำแหน่งของผิวหน้าตัดฟัน ซึ่งจะให้ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคที่ไม่เท่ากัน จึงกำหนดให้ทำการเฉลี่ยผลการทดสอบที่ได้ในฟันซี่เดียวกันให้เป็นตัวแทนของฟัน 1 ซี่เพื่อให้ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด จากผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยทั้ง 2

ไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติ ($F = 1.777$, $P = 0.179$) ทำให้สามารถกล่าวได้ว่าแม้จะทำการเคลือบ หรือไม่เคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที จำนวนรอบที่เพิ่มขึ้นของการเปลี่ยนอุณหภูมิจะส่งผลให้ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของทั้งสองกลุ่มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะกลุ่มที่ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิในจำนวนรอบที่เท่ากัน พบว่าค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีมากกว่ากลุ่มที่ไม่ทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงปฏิเสธสมมติฐานที่กล่าวว่าการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีไม่มีผลต่อค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาค สอดคล้องกับการศึกษาของ Magne และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 ที่ทำการเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีด้วยสารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนด์รีนซ์แบบสามขั้นตอน พบว่ากลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีจะมีค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าในการศึกษาของ Magne และคณะนั้นไม่ได้ทำการฉายแสงก่อนการบ่มด้วยวัสดุบ่มเรซินคอมโพสิต ดังเช่นการศึกษานี้ก็ตาม⁴ แต่ในการศึกษาของ Duarte และคณะ ในปี ค.ศ. 2009 ได้ทำการเปรียบเทียบค่าแรงยึดติดในกลุ่มที่ทำ และไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที โดยใช้สารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนด์รีนซ์แบบสามขั้นตอน กับสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอ็ทซ์แบบสองขั้นตอน ทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันของสารยึดติดก่อนทำการยึดขึ้นงานด้วยเรซินซีเมนต์ พบว่าค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ทำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁵

ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยพบว่ากลุ่มที่ผ่านการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะที่ 0 และ 10,000 รอบ มีความแตกต่างกันของค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงปฏิเสธสมมติฐานที่ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Leesungbok และคณะในปี ค.ศ. 2015 ที่พบว่า การเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะจะทำให้ค่าความทนแรงเฉือน (Shear bond strength) ของชิ้นงานที่มีการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีด้วยสารยึดติดระบบเอ็ทซ์แอนด์รีนซ์แบบสามขั้นตอนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ผ่านเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ⁶ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ที่บริเวณชั้นของสารยึดติด เนื่องจากการหด ขยายตัวที่แตกต่างกันของเรซินคอมโพสิต และฟันที่มีค่าการขยายตัวเหตุ

ความร้อน (Thermal expansion coefficients) ในช่วง 80 ถึง 120 ppm.^{K-1} และ 8 ถึง 12 ppm.^{K-1} ตามลำดับ ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสลายของชั้นสารยึดติด และทำให้ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคลดลง¹⁶⁻²⁰

เมื่อทำการตรวจสอบผิวเนื้อฟันด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของกลุ่มควบคุมที่ไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูปที่ 3.1) ภายหลังจากจัดซีเมนต์ยึดชั่วคราว และปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 พบมีสารอุดตันภายในท่อเนื้อฟัน โดยจากการศึกษาของ Ribeiro JC และคณะในปี ค.ศ. 2011 พบว่าซีเมนต์ยึดชั่วคราวยังคงหลงเหลืออยู่ในท่อเนื้อฟัน ภายหลังจากผ่านการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 35²¹ และเนื่องด้วยวิธีการทดลองที่คล้ายคลึงกับการศึกษานี้ จึงสันนิษฐานว่า สิ่งอุดตันที่พบในท่อเนื้อฟัน สามารถเป็นได้ทั้งวัสดุพิมพ์แบบขั้นสุดท้าย วัสดุบูรณะชั่วคราว หรือซีเมนต์ยึดชั่วคราว แต่กลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (รูปที่ 3.2) ภายหลังจากการขัดผิวฟันด้วยผงฟิมมีส พบมีสารตกค้างเช่นกัน แต่ยังไม่พบว่ามีการศึกษาที่เตรียมชิ้นงานด้วยวิธีการที่ใกล้เคียงกันมาช่วยอธิบายว่าสารดังกล่าวคืออะไร แต่เนื่องจากในขั้นตอนของการเตรียมชิ้นทดสอบ สารยึดติดเป็นเพียงสารเดียวที่สัมผัสกับผิวเนื้อฟันโดยตรง ก่อนสัมผัสกับวัสดุพิมพ์แบบขั้นสุดท้าย วัสดุบูรณะชั่วคราว และซีเมนต์ยึดชั่วคราว จึงสันนิษฐานว่า สารดังกล่าว อาจเป็นสายเรซินที่ถูกขัดออกไปไม่หมด วัสดุพิมพ์แบบขั้นสุดท้าย วัสดุบูรณะชั่วคราว และซีเมนต์ยึดชั่วคราวปะปนอยู่ได้เช่นกัน และเนื่องจากการศึกษานี้ มิได้ทำการตรวจสอบว่าสารดังกล่าวคือสารอะไร ดังนั้นจึงทำอธิบายผลที่ได้ด้วยการสันนิษฐานเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตามภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดนั้นเป็นเพียงการสุ่มตรวจชิ้นงานเท่านั้น ไม่สามารถกล่าวได้ว่าชิ้นงานทุกชิ้นจะมีลักษณะดังกล่าวเหมือนกัน

การปนเปื้อนของวัสดุวัสดุพิมพ์ปากจะส่งผลให้เรซินคอมโพสิตที่สัมผัสกับวัสดุพิมพ์ปากที่อาจตกค้างในท่อเนื้อฟันเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันที่ไม่สมบูรณ์ อ้างอิงจากการศึกษาของ Chen และคณะในปี ค.ศ. 2017 ที่ทำการศึกษากาเกิดพอลิเมอร์เซชันของเรซินคอมโพสิตในขณะที่สัมผัสกับวัสดุพิมพ์แบบขั้นสุดท้ายชนิดโพลีไวนิลไซลิกอกเซน พบว่าผิวของเรซินคอมโพสิตด้านที่สัมผัสกับวัสดุมีลักษณะเหนียว และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันไม่สมบูรณ์ ซึ่ง Chen และคณะได้อธิบายว่าเกิดจากสารตัวเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาดำแสง (Photoinitiators) ของเรซินคอมโพสิต

ถูกดูดซึม และจับตัวกับวัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้าย ทำให้มีสารตัวเริ่มต้นการเกิดปฏิกิริยาด้วยแสงไม่เพียงในขั้นตอนของการเหนี่ยวนำให้เกิดการบ่มตัว (Induction period)²²

ในการศึกษานี้ วัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้ายที่ตกค้างอยู่ในท่อเนื้อฟันสามารถส่งผลกระทบต่อปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของสารยึดติดได้ อ้างอิงจากการศึกษาของ Chen และคณะในปี ค.ศ. 2017 ที่มีการออกแบบการทดลองให้ทั้งวัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้ายไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันให้สมบูรณ์ ก่อนนำไปสัมผัสกับเรซินคอมโพสิต พบว่าสามารถรบกวนการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันได้²² อีกทั้งการที่มีการปนเปื้อนของซีเมนต์ยึดชั่วคราว และอาจมีการตกค้างของวัสดุในท่อเนื้อฟัน จะส่งผลให้เกิดการขัดขวางการแทรกซึมของสารยึดติดลงไปยังท่อเนื้อฟัน ทำให้เกิดการรบกวนการเกิดขึ้นไฮบริด ทำให้ค่าแรงยึดติดมีค่าลดลงได้ อ้างอิงจากการศึกษาของ Chiluka L และคณะในปี ค.ศ. 2017 ที่พบว่าเนื้อฟันที่เคยสัมผัสกับซีเมนต์ยึดชั่วคราวมาก่อน จะมีค่าแรงยึดติดน้อยกว่าเนื้อฟันในกลุ่มควบคุม²³

สารยึดติดที่ใช้เคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีในการศึกษานี้คือ สารยึดติด Optibond FL ซึ่งในการศึกษาของ Wegehaupt FJ และคณะ ในปี ค.ศ. 2017 พบว่าอัตราการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization) ภายหลังจากการฉายแสง 20 วินาที ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าไม่เกินร้อยละ 65²⁴ จึงมีมอนอเมอร์หลงเหลืออยู่สามารถเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับสารยึดติดที่ทาลงไปใหม่ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าว มีการเตรียมชั้นทดสอบที่แตกต่างจากการศึกษานี้ ทำให้ไม่สามารถนำผลการทดลองในเรื่องของอัตราการเกิดพอลิเมอร์มาเปรียบเทียบกับการศึกษานี้ได้ แต่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่าค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่ได้ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีมีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที เป็นผลมาจากการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของสารยึดติดที่เกิดจากการปนเปื้อนของวัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้ายชนิดโพลีไวนิลไซลิกอน และการขัดขวางการแทรกซึมของสารเรซินลงไปในท่อเนื้อฟันเพราะมีการอุดตันท่อเนื้อฟันของซีเมนต์ยึดชั่วคราว และวัสดุพิมพ์แบบชั้นสุดท้าย จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่พบว่าสายเรซินที่เกิดขึ้นบริเวณยอดเนื้อเยื่อใน (pulp horn) (รูปที่ 4.1 และ 4.2) มีความเป็นระเบียนน้อยกว่าตำแหน่งบริเวณขอบใกล้กับรอยต่อของเนื้อฟันและเคลือบฟัน (รูปที่ 5.1 และ 5.2) เนื่องมาจาก ในการศึกษาที่มีการจำลองสภาวะแรงดันน้ำภายในท่อเนื้อฟันด้วยน้ำกลั่นที่มีความดัน 20 เซนติเมตรของน้ำ¹⁰⁻¹² ผ่านทางรูขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางเท่ากับเข็มเบอร์ 18 (0.8 มิลลิเมตร)25-26 ทำให้มีของเหลวซึมออกมาจากท่อเนื้อฟันในระหว่างการใช้สารยึดติด อีกทั้งการตัดฟันในแนวระนาบตั้งฉากกับแนวแกนฟัน เป็นผลให้ระยะห่างของรูเปิดท่อเนื้อฟันกับโพรงเนื้อเยื่อในฟัน (Pulp chamber) ในแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน ตำแหน่งที่ใกล้เนื้อเยื่อในฟัน จะมีขนาดของท่อเนื้อฟันที่ใหญ่กว่า การรบกวนของของเหลวจากภายในท่อเนื้อฟันในระหว่างการใช้สารยึดติดจึงสามารถเกิดขึ้นได้มากกว่า⁹ จากการศึกษาของ Nikaido และคณะในปี ค.ศ. 1995²⁷ ใช้ซีรัม (Serum) ของวัวแทนการใช้น้ำกลั่นในการจำลองสภาวะแรงดันของของเหลวภายในท่อเนื้อฟัน พบว่าแรงยึดติดของวัสดุบูรณะมีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม หากมีการเตรียมของเหลวให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับซีรัมมนุษย์ ผลการทดลองจะใกล้เคียงกับสภาวะจริงมากขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามในการศึกษานี้มีได้นำปัจจัยในการจำลองสภาวะความดันของของเหลวในท่อเนื้อฟันมาใช้ในการเปรียบเทียบเนื่องจากกลุ่มการทดลองทุกกลุ่มได้รับการจำลองสภาวะดังกล่าวด้วยน้ำกลั่นเหมือนกัน

การเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันทีที่ถูกแนะนำให้เป็นขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการการบูรณะฟันโดยอ้อม แต่การศึกษานี้ได้ออกแบบวิธีการทดลองบูรณะขึ้นงาน โดยการบูรณะเรซินคอมโพสิตโดยตรงไปยังสารยึดติด โดยไม่ใช้เรซินซีเมนต์ เนื่องจากมีจุดประสงค์เพื่อเป็นการรวมชั้นของเรซินซีเมนต์ และวัสดุบูรณะโดยอ้อมให้เป็นชั้นเดียวกัน ตัดปัจจัยในเรื่องของความแข็งแรงของเรซินซีเมนต์ และจำกัดรูปแบบของการแตกหักให้มีเพียงบริเวณชั้นของสารยึดติด เนื้อฟัน และวัสดุบูรณะเท่านั้น เพื่อวัดประสิทธิภาพของค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคของสารยึดติดกับเนื้อฟันโดยตรง ซึ่งจะพบว่ารูปแบบของการแตกหักของชิ้นงานในการทดลองนี้ มีการแตกหักแบบการยึดไม่ติด และการแตกหักแบบผสม และการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดสอบเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของการล้มเหลวในรูปแบบต่างๆระหว่างกลุ่มการทดลอง พบว่ามีสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเกิดการแตกหักแบบการยึดไม่ติดเนื่องจากชั้นของสารยึดติดเป็นชั้นที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าค่าความแข็งแรงของการเชื่อมแน่น (Cohesive strength) ในเนื้อเรซินคอมโพสิต และเนื้อฟัน ดังนั้นจึงเกิดการแตกหักในชั้นของสารยึดติดเป็นจำนวนมากนั่นเอง แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคที่ได้ จะพบว่ามีค่าแตกต่างกัน สาเหตุเพราะการทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทำให้ค่าแรงยึดติดมีค่ามากขึ้น แม้จะลดลงเมื่อจำนวนรอบของการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะมีค่ามากขึ้นก็ตาม²⁸⁻²⁹

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีข้อจำกัดหลายประการที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่าง

ให้เหมือนกับสภาวะช่องปาก เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่องปาก การถูกระงับของชิ้นงานบูรณะด้วยแรงบดเคี้ยว ลักษณะของฟันที่ไม่สามารถกำหนดให้มีขนาด และรูปร่างเท่ากัน ทุกกลุ่มการทดลอง ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นเพียงการนำผลการทดลองในห้องปฏิบัติการอ้างอิงถึงสภาพการบูรณะในสิ่งมีชีวิต จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการนำไปใช้ทางคลินิกในระยะยาวต่อไป

บทสรุป

ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคในกลุ่มที่มีทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที มีค่ามากกว่ากลุ่มที่ไม่ทำการเคลือบปิดผิวเนื้อฟันทันที และเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะ ค่าความทนแรงดึงระดับจุลภาคจะมีค่าลดลง ดังนั้นหากต้องการนำวิธีนี้ไปใช้ร่วมกับการบูรณะฟันโดยอ้อมในทางคลินิก จะต้องพิจารณาถึงความคุ้มค่าของผลที่ได้ เปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของขั้นตอนในการทำงานทั้งในส่วนของการเคลือบปิดผิวเนื้อฟัน การขึ้นรูปชิ้นงานการบูรณะชั่วคราว และการพิมพ์แบบขั้นสุดท้าย จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมทางคลินิกต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมทันตกรรมที่ให้ความรู้ให้โอกาส ตลอดจนคำแนะนำเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ทันตแพทย์ชาญชัย ไห้สงวน ผู้ให้คำปรึกษาการใช้สถิติวิเคราะห์ข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือตลอดการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. *J Esthet Restor Dent* 2005;17(3):144-54.
2. Christensen GJ. Resin cements and postoperative sensitivity. *J Am Dent Assoc* 2000;131(8):1197-9.
3. Paul SJ, Schärer P. The dual bonding technique: a modified method to improve adhesive luting procedure. *Int J Periodont Restor Dent* 1997;17(6):536-45.
4. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent* 2005;94(6):511-9.
5. Duarte S Jr, de Freitas CR, Saad JR, Sadan A. The effect of

immediate dentin sealing on the marginal adaptation and bond strengths of total-etch and self-etch adhesives. *J Prosthet Dent* 2009;102(1):1-9.

6. Rosenbach G, Cal-Neto JP, Oliveira SR, Chevitarrese O, Almeida MA. Effect of enamel etching on tensile bond strength of brackets bonded *in vivo* with a resin-reinforced glass ionomer cement. *Angle Orthod* 2007;77(1):113-6.

7. Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? *Dent mater* 2015;31(11):e247-77.

8. Leesungbok R, Lee SM, Park SJ, Lee SW, Lee DY, Im BJ, *et al*. The effect of IDS (immediate dentin sealing) on dentin bond strength under various thermocycling periods. *J Adv Prosthodont* 2015;7(3):224-32.

9. Cardoso MV, Moretto SG, Carvalho RC, Russo EM. Influence of intrapulpal pressure simulation on the bond strength of adhesive systems to dentin. *Braz Oral Res* 2008;22(2):170-5.

10. Moll K, Park HJ, Haller B. Effect of simulated pulpal pressure on dentin bond strength of self-etching bonding systems. *Am J Dent* 2005;18(5):335-9.

11. Pioch T, Staehle HJ, Schneider H, Duschner H, Dörfer CE. Effect of intrapulpal pressure simulation in-vitro on shear bond strengths and hybrid layer formation. *Am J Dent* 2001;14(5):319-23.

12. Prati C, Pashley DH, Montanari G. Hydrostatic intrapulpal pressure and bond strength of bonding systems. *Dent Mater* 1991;7(1):54-8.

13. Tay FR, Pashley DH. Water treeing--a potential mechanism for degradation of dentin adhesives. *Am J Dent* 2003;16(1):6-12.

14. Feitosa VP, Corrêa AB, Corrêa-Sobrinho L, Sinhoretto MA. Effect of a new method to simulate pulpal pressure on bond strength and nanoleakage of dental adhesives to dentin. *J Adhes Dent* 2012;14(6):517-24.

15. Kenshima S, Francci C, Reis A, Loguercio AD, Filho LE. Conditioning effect on dentin, resin tags and hybrid layer of different acidity self-etch adhesives applied to thick and thin smear layer. *J Dent* 2006;34(10):775-83.

16. Mitsui FH, Peris AR, Cavalcanti AN, Marchi GM, Pimenta LA. Influence of thermal and mechanical load cycling on the microtensile bond strength of self-etching adhesives. *Am J Dent* 2007;20(4):250-4.

17. Asaka Y, Amano S, Rikuta A, Kurokawa H, Miyazaki M, Platt JA, *et al*. Influence of thermal cycling on dentin bond strengths of single-step self-etch adhesive systems. *Oper Dent* 2007;32(1):73-8.

18. Asaka Y, Yamaguchi K, Inage H, Takamizawa T, Kurokawa H, Rikuta A, *et al*. Effect of thermal cycling on bond strengths of single-step self-etch adhesives to bovine dentin. *J Oral Sci* 2006;48(2):63-9.

19. De Munck J, Van Landuyt K, Coutinho E, Poitevin A, Peumans

- M, Lambrechts P et al. Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to Class-I cavity-bottom dentin after thermocycling. *Dent Mater* 2005;21(11):999-1007.
20. El-Araby AM, Talic YF. The effect of thermocycling on the adhesion of self-etching adhesives on dental enamel and dentin. *J Contemp Dent Pract* 2007;8(2):17-24.
21. Ribeiro JC, Coelho PG, Janal MN, Silva NR, Monteiro AJ, Fernandes CA. The influence of temporary cements on dental adhesive systems for luting cementation. *J Dent* 2011;39(3):255-62.
22. Chen L, Kleverlaan CJ, Liang K, Yang D. Effect of polyvinyl siloxane impression material on the polymerization of composite resin. *J Prosthet Dent* 2017;117(4):552-58.
23. Chiluka L, Shastry YM, Gupta N, Reddy KM, Prashanth NB, Sravanthi K. An *In vitro* Study to Evaluate the Effect of Eugenol-free and Eugenol-containing Temporary Cements on the Bond Strength of Resin Cement and Considering Time as a Factor. *J Int Soc Prev Community Dent* 2017;7(4):202-207.
24. Wegehaupt FJ, Lunghi N, Belibasakis GN, Attin T. Influence of light-curing distance on degree of conversion and cytotoxicity of etch-and-rinse and self-etch adhesives. *BMC Oral Health* 2017; 17:(1)12.
25. Feitosa VP, Gotti VB, Grohmann CV, Abuná G, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, et al. Two methods to simulate intrapulpal pressure: effects upon bonding performance of self-etch adhesives. *Int Endod J* 2014;47(9):819-26.
26. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, et al. Effect of Simulated Pulpal Pressure on Dentin Permeability and Adhesion of Self-Etch Adhesives. *Dent Mater* 2006;23(6):705-13.
27. Nikaido T, Burrow MF, Tagami J, Takatsu T. Effect of pulpal pressure on adhesion of resin composite to dentin: bovine serum versus saline. *Quintessence Int* 1995;26:221-26.
28. Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am* 2007;51(2):333-57.
29. Pereira PN, Okuda M, Sano H, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. *Dent mater* 1999;15(1):46-53.