



## Effect of temperature of all-in-one self-etch adhesives on micro-shear bond strength to dentin

Sutheeda Chairewcharoen, Suppason Thitthaweerat, Choltacha Harnirattisai

Department of Operative Dentistry and Endodontics, Division of Operative Dentistry, Faculty of Dentistry, Mahidol University.

### Abstract

**Objective:** To investigate the effect of adhesive temperature during usage on micro-shear bond strength ( $\mu$ SBS) of 3 one-step self-etch adhesives (G-BOND, Clearfil Tri-S Bond, and Optibond All-In-One) to human dentin.

**Methods:** Thirty flat buccal and palatal dentin surfaces from caries-free human upper premolars were prepared and polished with 600-grit SiC paper. All teeth were divided into 2 groups according to the temperature of adhesive used. Group 4°C: adhesives were applied on dentin surface immediately after removing from the refrigerator at 4°C. Group 25°C: adhesives were applied when their post-refrigeration temperature reached at the room temperature (25°C). All adhesives were applied following the manufacturers' instructions. A tygon tube of 0.8 mm. diameter was placed on the treated surface before light-curing. Filtek Z250 resin composite was filled inside the tube and light-cured. Specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 h and subjected to  $\mu$ SBS test using a universal testing machine at crosshead speed of 1 mm/min until failure occurred. In addition, the time after leaving all adhesives from the refrigerator until they reached the room temperature was determined. The  $\mu$ SBS values were statistically analyzed using Two-way ANOVA and LSD test at the 95% confidence level.

**Results:** After 30 minutes post-refrigeration time, these self-etch adhesives reached the room temperature. Mean  $\mu$ SBS values in Group 25°C were significantly higher than those in Group 4°C except for G-BOND. Among adhesives in both temperature groups, G-BOND (Gr 4°C: 36.2/Gr 25°C: 40.8 MPa) produced significantly higher  $\mu$ SBS than others, while no statistical difference was detected between Optibond All-In-One and Clearfil Tri-S Bond.

**Conclusion:** Bond strengths of one-step self-etch adhesives were significantly temperature and material-dependent. Removal of adhesives from the refrigerator and left at room temperature at least 30 minutes before clinical use seems to provide better dentin adhesion compared with immediately use.

**Keywords:** one-step self-etch adhesive, adhesive temperature, micro-shear bond strength, dentin bond, human dentin, room temperature

**How to cite:** Chairewcharoen S, Thitthaweerat S, Harnirattisai C. Effect of temperature of all-in-one self-etch adhesives on micro-shear bond strength to dentin. *M Dent J* 2015; 35: 189-200.

### Corresponding author:

Choltacha Harnirattisai  
Department of Operative Dentistry  
and Endodontics, Division of Operative  
Dentistry, Faculty of Dentistry,  
Mahidol University  
6 Yothi street, Rajthevi  
Bangkok 10400, Thailand  
Tel: 02-2007825  
Fax: 02-2007824  
E-mail: Dthdent@gmail.com

**Received:** 3 July 2015

**Accepted:** 9 July 2015



# ผลของอุณหภูมิของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียว ต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคกับเนื้อฟัน

สุธิดา ไร่ไร่เจริญ, ศุภกันส์ ทิศทวีรัตน์, ชลชชา ห่านิรัถิตัย

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการและวิทยาเอ็นโดดอนต์สาขาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิขณะใช้งานของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียว 3 ชนิด (จิบอนด์, เคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์และออปติบอนด์ ออลอินวัน) ต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคกับเนื้อฟัน

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา:** นำฟันกรามน้อยมนุษย์ 30 ซี่มาตัดให้ถึงชั้นเนื้อฟันในแนวด้านแก้มและด้านเพดานขนานกับแนวแกนฟัน ขัดผิวเนื้อฟันให้เรียบด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์ความละเอียด 600 กริต แล้วนำไปทาด้วยสารยึดติดแต่ละชนิดที่แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มอุณหภูมิต่ำ สารยึดติดนำไปทาบนผิวเนื้อฟันทันทีที่นำออกจากตู้เย็น และกลุ่มอุณหภูมิห้องใช้สารยึดติดเมื่ออุณหภูมิของสารเท่ากับอุณหภูมิห้องทาสารยึดติดแต่ละชนิดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต จากนั้นนำทอพลาสติกไทกอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตรวางลงบนผิวเนื้อฟันที่ทาสารยึดติดก่อนทำการฉายแสง ทำการอุดในท่อนด้วยเรซินคอมโพสิตฟิลเทคซี 250 แล้วฉายแสงก่อนนำไปแช่น้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคด้วยความเร็วของการดึง 1 มิลลิเมตรต่อนาที นอกจากนี้ยังได้ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารยึดติดตั้งแต่่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ ข้อมูลความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคนำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยแอลเอสดีของฟิชเชอร์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

**ผลการศึกษา:** สารยึดติดทั้ง 3 ชนิด ใช้เวลาการวางในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อให้อุณหภูมิของสารยึดติดเพิ่มเป็น 25 องศาเซลเซียส โดยกลุ่มอุณหภูมิห้องมีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนมากกว่ากลุ่มอุณหภูมิต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นจิบอนด์ในทั้งสองกลุ่มพบว่าจิบอนด์มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคมากที่สุดรองลงมาคือ ออปติบอนด์ ออลอินวันซึ่งไม่แตกต่างกับกลุ่มเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**บทสรุป:** อุณหภูมิของสารยึดติดและชนิดของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียวมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาค เพื่อให้สารยึดติดเกิดค่าความแข็งแรงพันธะสูงสุดจึงควรนำสารยึดติดมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนการใช้งานทางคลินิกอย่างน้อย 30 นาที

**รหัสคำ:** สารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียว, อุณหภูมิสารยึดติด, ความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาค, การยึดเนื้อฟัน, เนื้อฟันมนุษย์, อุณหภูมิห้อง

**วิธีอ้างอิงบทความ:** สุธิดา ไร่ไร่เจริญ, ศุภกันส์ ทิศทวีรัตน์, ชลชชา ห่านิรัถิตัย. ผลของอุณหภูมิของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียวต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคกับเนื้อฟัน. ว.ทันต.มหิดล 2558; 35: 189-200.

**ผู้พิมพ์ซึ่งรับผิดชอบติดต่อเกี่ยวกับบทความ:**

ชลชชา ห่านิรัถิตัย

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการและวิทยาเอ็นโดดอนต์  
สาขาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ถ.โยธี ราชเทวี กทม.10400

โทรศัพท์ที่ทำงาน: 02-2007825

โทรสาร: 02-2007824

อีเมล: Ditchdent@gmail.com

วันรับเรื่อง: 3 กรกฎาคม 2558

วันยอมรับการตีพิมพ์: 9 กรกฎาคม 2558

## บทนำ

ในปัจจุบันการบูรณะฟันโดยการกำจัดเฉพาะเนื้อฟันที่ติดเชื้อโดยมีการกรัดเนื้อฟันออกให้น้อยที่สุด (minimally invasive dentistry) เป็นที่นิยมมากขึ้น ดังนั้นการยึดอยู่ของวัสดุบูรณะเช่นเรซิน คอมโพสิตจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของสารยึดติด (adhesive) เป็นสำคัญโดยสารยึดติดจะทำหน้าที่เชื่อมยึดวัสดุบูรณะกับเนื้อฟันและเคลือบฟันเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อฟันส่วนที่เหลือ และป้องกันการร้าวซึมตามขอบของวัสดุบูรณะทำให้การบูรณะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

ในปัจจุบันระบบสารยึดติดแบ่งได้ 2 ระบบหลักคือ ระบบเอ็ทช์แอนดรีนซ์ (etch and rinse) และระบบเซลฟ์เอ็ทช์ (self-etch) โดยในระบบเอ็ทช์แอนดรีนซ์มีทั้งแบบ 3 ขั้นตอนและ 2 ขั้นตอนการใช้งาน โดยขั้นตอนแรกเป็นการใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) กัดเนื้อฟันและชั้นเคลือบฟันเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ออกทั้งหมดจากนั้นล้างกรดออกและทาไพรเมอร์เป็นขั้นตอนที่สองแล้วตามด้วยการทาสารยึดติดเป็นขั้นตอนที่สาม ระบบเอ็ทช์แอนดรีนซ์มีการพัฒนาให้ทำงานสะดวกขึ้นโดยลดเหลือ 2 ขั้นตอนคือมีการนำสารไพรเมอร์ และสารยึดติดมารวมเป็นขวดเดียวกัน<sup>2</sup> ถึงแม้ว่าระบบนี้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยึดติดกับชั้นเคลือบฟันแต่ในส่วนของชั้นเนื้อฟันประสิทธิภาพการยึดติดจะขึ้นอยู่กับ การเกี่ยวติดกันทางกล (micro-mechanical interlocking) ระหว่างสารยึดติดกับเส้นใยคอลลาเจนในเนื้อฟัน<sup>3</sup> เป็นชั้นไฮบริด (hybrid layer) ซึ่งหากทำให้เนื้อฟันแห้งเกินไปเส้นใยคอลลาเจนเกิดการยุบตัวจะทำให้กำลังแรงยึดของสารยึดติดลดลง<sup>4,5</sup>

สำหรับระบบเซลฟ์เอ็ทช์เป็นการนำโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acidic monomer) มาใช้ ซึ่งนำส่วนของกรดและสารไพรเมอร์มารวมอยู่ในขั้นตอนเดียวกัน โดยกรดจะละลายชั้นสเมียร์และผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite crystals) ของผิวเนื้อฟันทำให้สารยึดติดสามารถผ่านลงไปแล้วเกิดการพอลิเมอไรเซชัน

(polymerization) เป็นชั้นไฮบริดทั้งยังอาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างกลุ่มคาร์บอกซิล หรือกลุ่มฟอสเฟตของโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบเซลฟ์เอ็ทช์แบบขั้นตอนเดียวออกมาซึ่งบริษัทผู้ผลิตได้อ้างถึงข้อดีต่างๆ เช่น สามารถลดขั้นตอนในการทำงาน ประหยัดเวลาและมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้นโดยสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทช์แบบขั้นตอนเดียวจะมีความชอบน้ำ (hydrophilic) มากกว่าระบบเซลฟ์เอ็ทช์แบบ 2 ขั้นตอนซึ่งคุณสมบัตินี้อาจเป็นผลเสียต่อประสิทธิภาพในการยึดติดของสารยึดติด นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าหลังการเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแล้วชั้นแอดฮีซีฟ (adhesive layer) มีคุณสมบัติเป็นเหมือนเยื่อที่น้ำสามารถผ่านได้ (semi-permeable membrane)<sup>6</sup> จึงควรทำการบูรณะทันทีหลังการทาสารยึดติด

เนื่องจากการใช้งานของระบบเอ็ทช์แอนดรีนซ์นั้นมีหลายขั้นตอนซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดในการใช้งานได้ง่าย (technique sensitivity) อาจส่งผลทำให้กำลังแรงยึดของสารยึดติดลดลง ระบบเซลฟ์เอ็ทช์จึงได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการใช้งานน้อยกว่าและพบอุบัติการณ์การเสียวฟันหลังการบูรณะ (post-operative sensitivity) น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ระบบเอ็ทช์แอนดรีนซ์<sup>7</sup> และยังสามารถเกิดการเกี่ยวติดกันทางกลและเกิดการยึดติดทางเคมี (chemical interaction) ได้อีกด้วย<sup>10</sup>

สารยึดติดเซลฟ์เอ็ทช์ชนิดขั้นตอนเดียวเป็นการนำส่วนของกรด, สารไพรเมอร์ และสารยึดติด เข้ามารวมอยู่ในขวดเดียวกันโดยมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอ็ทช์เพื่อช่วยให้สารโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดแตกตัวเป็นประจุเพื่อใช้ในการกัดผิวฟันนอกจากนี้สารฮีมา (HEMA) ซึ่งเป็นสารโมโนเมอร์เมทาคริลเลตที่ละลายน้ำได้มักจะถูกนำมาเป็นส่วนประกอบของสารยึดติดโดยขนาดโมเลกุลที่เล็กของสารฮีมาทำให้ความหนืดของสารยึดติดลดลง

และเมื่อมีการใส่ในปริมาณที่มากพอจะช่วยในการผสมเข้าด้วยกันระหว่างส่วนประกอบที่มีความชอบน้ำ (hydrophilic components) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic components)<sup>11</sup> และยังสามารถป้องกันการเกิดการแยกชั้นของสารยึดติดได้ นอกจากนี้สารอีมาอียังละลายได้ดีทั้งในน้ำ, แอลกอฮอล์ และอะซิโตน ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่นิยมใช้มากในสารยึดติด ทั้งนี้ตัวทำละลายต่างชนิดกันจะมีอัตราการระเหยและความสามารถในการซึมผ่านที่ต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่อความแข็งแรงของการยึดติดได้<sup>12</sup>

วัสดุทางทันตกรรมที่เกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชันส่วนมากแล้วจะมีตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาเป็นสารเอมีน (amine) เช่น ระบบแคมฟอควิโนน เอมีน (camphorquinone-amine systems) ในวัสดุชนิดบ่มด้วยแสง (light-curing materials) หรือระบบเพอออกไซด์ เอมีน (peroxide-amine systems) ในวัสดุชนิดบ่มเอง (self-curing materials) ระบบเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียวซึ่งนำเอาส่วนผสมทั้งหมดมาบรรจุลงในขวดเดียวกันนั้นอาจทำให้ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบส (acid-base reaction) ระหว่างสารโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดและสารเอมีนซึ่งอาจมีผลทำให้อัตราการบ่มตัว (curing rate) ของวัสดุลดลงได้<sup>13</sup> นอกจากนี้แล้วอาจทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (hydrolysis) ของส่วนประกอบในสารยึดติดและเกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของส่วนประกอบ ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของสารยึดติด โดยแนวโน้มการเสื่อมสลายของสารยึดติดสัมพันธ์กับอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บหากเก็บสารยึดติดไว้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ความเข้มข้นของสารโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดลดลงเนื่องจากเกิดการเสื่อมสลายของเรซินโมโนเมอร์ได้ง่ายทำให้ปริมาณของน้ำในสารยึดติดลดลงส่งผลให้การแตกตัวเป็นประจุของสารโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดลดลง จึงทำให้ความสามารถในการกัดผิวฟันต่ำลงและอาจส่งผลต่อการยึดติดกับเนื้อฟัน<sup>14</sup>

สารยึดติดจะมีอายุการใช้งาน (shelf-life) และความเสถียร (stability) ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลถึง

ประสิทธิภาพของการยึดติดโดยอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่ออายุการใช้งานและความเสถียรของสาร โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตจะแนะนำให้เก็บรักษาสารยึดติดไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็นเพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของวัสดุ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของสารยึดติดอาจมีผลต่อคุณสมบัติของสารละลายโมโนเมอร์ เช่น ความหนืด (viscosity) และอัตราการเกิดพอลิเมอไรเซชัน (degree of polymerization) และมีผลต่อประสิทธิภาพของการยึดของสารยึดติด<sup>15</sup>

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการเก็บสารยึดติดไว้ที่อุณหภูมิสูงอาจทำให้เกิดการระเหยของตัวทำละลายและสารโมโนเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำออกจากเรซินเมทริก<sup>16</sup> นอกจากนั้นแล้วอาจทำให้ความแข็งแรงในการยึดของสารยึดติดลดลง<sup>14</sup> และในบางการศึกษายังพบว่าประสิทธิภาพของสารยึดติดในระบบเอ็ทซ์แอนดรีนซ์ซีไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างการเก็บสารยึดติดในที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) และการเก็บในอุณหภูมิห้อง (23 องศาเซลเซียส)<sup>17</sup> ซึ่งแตกต่างกับสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอ็ทซ์ที่อุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพของสารยึดติด<sup>18,19</sup> จึงมีการแนะนำให้เก็บรักษาสารยึดติดไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ตู้เย็น

การศึกษาของ Faria-e-Silva และคณะ<sup>20</sup> พบว่าการทำให้สารยึดติดมีอุณหภูมิต่ำส่งผลต่อความหนืดและจลนศาสตร์ของการเกิดพอลิเมอไรเซชัน (polymerization kinetics) ของสารโดยก่อนที่จะนำสารยึดติดมาใช้งานควรนำออกจากที่เก็บอุณหภูมิต่ำก่อนการใช้งานอย่างน้อย 20 นาทีเช่นเดียวกับการศึกษาของ Sundfeld และคณะ<sup>19</sup> พบว่า สารยึดติดในระบบเซลฟ์เอ็ทซ์ที่วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) และสารยึดติดที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (6 องศาเซลเซียส) แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีก่อนใช้งานสามารถแทรกซึมผ่านผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าสารยึดติดที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำแล้วใช้งานทันที



การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคต่อเนื้อฟันของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดชั้นตอนเดียวที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) แล้วใช้งานทันทีเปรียบเทียบกับสารยึดติดชนิดเดียวกันที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำแล้วตั้งทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียสก่อนใช้งาน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

### การวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารยึดติดตามเวลา

ทำการวัดอุณหภูมิของสารยึดติดแต่ละชนิดโดยนำขวดบรรจุสารยึดติดออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) แล้ววัดอุณหภูมิสารยึดติดในขวดทันทีโดยใช้หัววัด (probe) ของเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Digital thermometer UN-305A Type K, Union Kowloon, Hong Kong SAR, China) จุ่มลงในขวดสารยึดติดทำการวัดและจดบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุก 5 นาที บันทึกเวลาหลังจากที่ตั้งสารยึดติดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ที่ทำให้สารยึดติดทั้ง 3 ชนิดมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเพื่อนำมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

### วิธีการเตรียมฟัน

นำฟันกรามน้อยบนจำนวน 30 ซี่มาตัดรากฟันออกเหลือแต่ส่วนตัวฟันและทำการตัดถึงชั้นเนื้อฟันในแนวด้านแก้ม (buccal) และด้านเพดาน (palatal) ขนานกับแนวแกนฟันให้มีความหนาของชั้นเนื้อฟัน (dentin slab) 2 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องตัดฟัน (Isomet, Buchler Ltd., Lake Bluff, IL., USA) ที่มีน้ำระบายความร้อนตลอดเวลา ขัดผิวเนื้อฟันที่ทดสอบด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์ความละเอียด 400 และ 600 กริตตามลำดับ โดยขัดบนกระดาษทรายที่ยึดอยู่บนแผ่นกระเบื้องเรียบ โดยมีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลาเก็บชิ้นตัวอย่างที่ทำการขัดแล้วในน้ำที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง

### วิธีการยึดสารยึดติดกับฟัน

นำชิ้นตัวอย่างฟันที่ตัดแล้ว 60 ชิ้นมาแบ่งเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 10 ชิ้นทำการยึดด้วยสารยึดติด 3 ชนิดซึ่งมีส่วนประกอบตามที่แสดงในตารางที่ 1 โดยกลุ่มที่ 1, 3 และ 5 ทำการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคของสารยึดติดที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) แล้วทดสอบทันที (กลุ่มอุณหภูมิต่ำ) ส่วนกลุ่มที่ 2, 4 และ 6 ทำการทดสอบความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคของสารยึดติดที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที (กลุ่มอุณหภูมิห้อง) โดยจะทำการวัดอุณหภูมิของสารยึดติดแต่ละชนิดหลังจากตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีก่อนจะนำมาทดสอบโดยใช้สารยึดติดแต่ละชนิดตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

กลุ่มที่ 1 และ 2 ทาผิวเนื้อฟันด้วยจิบอนด์ (G Bond, GC Co., Tokyo, Japan) ทิ้งไว้ 10 วินาที เป่าด้วยลมแรงๆ ประมาณ 5 วินาทีให้สารยึดติดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ และผิวมีลักษณะด้าน ฉายแสง 10 วินาที

กลุ่มที่ 3 และ 4 ทาผิวเนื้อฟันด้วยเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ (Clearfil Tri-S bond, Kuraray Noritake, Japan) ทิ้งไว้ 20 วินาทีเป่าด้วยลมมากกว่า 5 วินาทีให้สารยึดติดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ฉายแสง 10 วินาที

กลุ่มที่ 5 และ 6 ทาผิวเนื้อฟันด้วยออปติบอนด์ ออลอินวัน (Optibond All-in-one, Kerr, Orange, CA, USA) ทิ้งไว้ 20 วินาทีทาครั้งที่ 2 ทิ้งไว้อีก 20 วินาทีเป่าด้วยลมเบาๆ ก่อนแล้วตามด้วยความแรงปานกลางประมาณ 5 วินาทีให้สารยึดติดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ฉายแสง 10 วินาที

ก่อนการฉายแสงของสารยึดติดทำการวางท่อพลาสติกไทกอน (tygon tube) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร สูง 1.0 มิลลิเมตรบนผิวเนื้อฟันที่ทาสารยึดติดไว้แล้วก่อนฉายแสงตามเวลาที่บริษัทแนะนำด้วยเครื่องฉายแสง (Bluephase, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) ที่

มีความเข้มแสง 1,200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร นำเรซินคอมโพสิตฟิลเทค ซี 250 (Filtek Z250 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) สี A2 ใส่ลงในท่อไทกอนและใช้แผ่นพลาสติกใส (plastic strip) ขนาด 2x2 มิลลิเมตรวางทับบนเรซินคอมโพสิตและฉายแสง 20 วินาที หลังจากนั้นตัดท่อไทกอนออกด้วยใบมีดผ่าตัดทำการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 25 เท่า เพื่อคัดขึ้นตัวอย่างที่มีช่องว่าง (gap) ระหว่างวัสดุเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟันออกทำการเก็บชิ้นตัวอย่างทั้งหมดไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนที่จะนำมา

ทดสอบความแข็งแรงพันธะแนวเอียงเนื้อจุลภาค

**การทดสอบความแข็งแรงพันธะแนวเอียงเนื้อจุลภาค**

ติดตั้งเครื่องมือยึดฟันสำหรับทดสอบความแข็งแรงพันธะเอียง (Bencor Multi-T device: Danville Engineering, Danville, CA, USA) ในเครื่องทดสอบแรงสากล (Universal Testing Machine: Instron 5566 series 5000, London, UK) ติดขึ้นตัวอย่างกับเครื่องมือยึดฟันด้วยกาวไซยาโนอครีล (Model repair II Blue, Dentsply-Sankin, Otahara, Japan)

**Table 1** Adhesives used in this study, their composition, manufacturer and lot number.

Material	Composition	Manufacturer	Lot. No.
Clearfil Tri-S Bond	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-Methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate(MDP)</li> <li>• Bisphenol A diglycidylmethacrylate (Bis-GMA)</li> <li>• 2-Hydroxyethyl methacrylate (HEMA)</li> <li>• Hydrophilic aliphatic dimethacrylate</li> <li>• Hydrophobic aliphatic methacrylate</li> <li>• Colloidal silica</li> <li>• Sodium fluoride</li> <li>• dl-Camphorquinone</li> <li>• Accelerators</li> <li>• Initiators</li> <li>• Ethanol</li> <li>• Water</li> </ul>	Kuraray Noritake, Okayama, Japan	051579
G-BOND	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acetone</li> <li>• Distilled water</li> <li>• 4-Methacryloxyethyltrimellitate anhydride</li> <li>• Urethane dimethacrylate</li> <li>• Dimethacrylate component</li> <li>• Phosphoric Ester Monomer</li> </ul>	GC Co, Tokyo, Japan	1303111
Optibond All-in-one	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uncured methacrylate ester monomer</li> <li>• Inert mineral fillers</li> <li>• Ytterbium Fluoride</li> <li>• Photoinitiators</li> <li>• Accelerators</li> <li>• Stabilizers</li> <li>• Acetone</li> <li>• Ethyl alcohol</li> <li>• Water</li> </ul>	Kerr Co, Orange, CA, USA	4858692

ทดสอบความแข็งแรงพันธะเนื้อจลภาคโดยใช้ลวดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 มิลลิเมตรคล้องรอบแท่งเรซินคอมโพสิต์โดยให้ลวดอยู่ติดเนื้อฟันมากที่สุดและดึงด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกแรงที่ทำให้เกิดการทำลายการยึดติดของสารยึดติดกับเนื้อฟันในหน่วยเมกกาปาสคาล (MPa) ทำการเก็บชิ้นตัวอย่างภายหลังการทดสอบแรงนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 100 เท่าเพื่อดูรูปแบบการแตกหักตามที่จะได้อธิบายต่อไปบันทึกภาพการแตกหักและคิดค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของการแตกหักแต่ละแบบในแต่ละกลุ่มการทดลอง ข้อมูลความแข็งแรงพันธะเนื้อจลภาคนำมาวิเคราะห์ด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยแอลเอสดีของฟิชเชอร์ (Fisher's LSD Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

### รูปแบบการแตกหัก<sup>21</sup>

1. การแตกหักแบบแอดฮีซีฟ (adhesive failure) เป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินมากกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่การยึดติด
2. การแตกหักแบบโคฮีซีฟ (cohesive failure) แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ
  - การแตกหักแบบโคฮีซีฟในเนื้อฟันเป็นการแตกหักในชั้นเนื้อฟันมากกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่การยึดติด
  - การแตกหักแบบโคฮีซีฟในเรซิน เป็นการแตกหักในชั้นเรซินมากกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่การยึดติด
3. การแตกหักแบบผสม (mixed failure) พบ

การแตกหักทั้งแบบแอดฮีซีฟและแบบโคฮีซีฟใกล้เคียงกัน ข้อมูลรูปแบบการแตกหักนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย การวิเคราะห์ไคสแควร์ (Chi-square test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## ผลการศึกษา

### ความสัมพันธ์ของเวลาและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารยึดติด

อุณหภูมิของสารยึดติดแต่ละชนิดหลังจากนำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ซึ่งวัดและจดบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 5 นาทีหลังจากวางสารยึดติดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ดังแสดงในตารางที่ 2

พบว่าออปติบอนด์ ออลอินวันมีอุณหภูมิที่เวลาเริ่มต้นเมื่อนำสารยึดติดออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำทันทีสูงกว่าจีบอนด์และเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ คือ 17 องศาเซลเซียส, 12.0 องศาเซลเซียสและ 11.8 องศาเซลเซียสตามลำดับโดยที่ออปติบอนด์ ออลอินวันมีอุณหภูมิของสารยึดติดเท่ากับอุณหภูมิห้องเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาทีในขณะที่จีบอนด์และเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์มีอุณหภูมิของสารยึดติดเท่ากับอุณหภูมิห้องเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีและที่เวลา 30 นาที ออปติบอนด์ ออลอินวันจะมีอุณหภูมิสูงกว่าสารยึดติดอีก 2 ชนิด (25.9 องศาเซลเซียส)

### ความแข็งแรงพันธะเนื้อจลภาค

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะเนื้อจลภาคและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้ง 2 กลุ่มของสารยึดติดแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 3

**Table 2** Temperature of each adhesive at different times after removal from refrigerator and was placed in room temperature.

ชนิดสารยึดติด	อุณหภูมิ(°C)								
	เวลา (นาที)	0 นาที	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที	35 นาที
G-bond		12.0	15.2	20.6	22.9	23.8	24.3	25.0	25.2
Clearfil Tri-S Bond		11.8	15.1	20.2	22.6	23.9	24.5	25.0	25.5
Optibond All-in-one		17.0	18.7	22.8	24.7	25.5	25.7	25.9	26.1

**Table 3** Microshear bond strengths of each experimental group (Mean± SD).(n=10)

Adhesive	Bond strength (MPa)	
	4°C	25°C
G-Bond	38.21±2.74 (Aa)	40.83±2.63 (Ab)
Clearfil Tri-S Bond	28.28±5.35 (Ba)	33.97±5.20 (Bb)
Optibond All-in-one	28.44±6.91 (Ba)	33.92±4.91 (Bb)

Different letter demonstrates statistically significant difference.

Upper case letter demonstrates significant difference in column

Lower case letter demonstrates significant difference in row

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่า ชนิดของสารยึดติดและอุดหมุ่มีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเดือนระดับจุลภาคอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของสารยึดติดและอุดหมุ่

เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคของสารยึดติดแต่ละชนิดพบว่าสารยึดติดทั้ง 3 ชนิด คือ จีบอนด์, เคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์และออปติบอนด์ ออลอินวันมีค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคของกลุ่มอุดหมุ่สีเหลืองสูงกว่ากลุ่มอุดหมุ่สีด่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสารยึดติดแต่ละชนิดพบว่าทั้งในกลุ่มอุดหมุ่สีเหลืองและกลุ่มอุดหมุ่สีด่างจะมีลำดับค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคใกล้เคียงกัน โดยจีบอนด์ให้ค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคในกลุ่มอุดหมุ่สีด่างและกลุ่มอุดหมุ่สีเหลืองมากที่สุดคือ 38.21±2.74, 40.83±2.63 เมกาปาสคาล รองลงมาคือ ออปติบอนด์ ออลอินวัน 28.44±6.91, 33.92±4.91 เมกาปาสคาลและเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ 28.28±5.35, 33.97±5.20 เมกาปาสคาลตามลำดับ

โดยกลุ่มจีบอนด์มีค่าแตกต่างกับกลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวันและเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ในขณะที่กลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวันและเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### รูปแบบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุและเนื้อฟัน

ร้อยละของการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุและเนื้อฟันของสารยึดติดชนิดชั้นตอนเดียวทั้ง 3 ชนิดในกลุ่มอุดหมุ่สีด่างและกลุ่มอุดหมุ่สีเหลืองได้ผลแสดงในตารางที่ 4 โดยพบว่าจีบอนด์มีการแตกหักแบบผสมเป็นส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 90 ทั้งในกลุ่มอุดหมุ่สีด่างและกลุ่มอุดหมุ่สีเหลือง

เคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ในกลุ่มอุดหมุ่สีด่างและกลุ่มอุดหมุ่สีเหลืองเกิดการแตกหักแบบผสมร้อยละ 50 และร้อยละ 30 ตามลำดับและพบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันร้อยละ 40 และร้อยละ 70 ตามลำดับ

**Table 4** Percentage of each failure mode in each experimental group.

Adhesive	Failure (%)							
	4°C				25°C			
	Adhesive	Cohesive		Mixed	Adhesive	Cohesive		Mixed
		Resin	Dentin			Resin	Dentin	
G-bond	10	0	0	90	0	0	10	90
Clearfil Tri-S	40	10	0	50	70	0	0	30
Optibond All-in-one	50	0	0	50	30	0	20	50



ออปติบอนด์ ออลอินวัน ในกลุ่มอุณหภูมิต่ำและกลุ่มอุณหภูมิห้องเกิดการแตกหักแบบผสมร้อยละ 50 เท่ากันทั้งสองกลุ่มและพบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันร้อยละ 50 และร้อยละ 30 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบชนิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันของสารยึดติดแต่ละชนิดในกลุ่มอุณหภูมิต่ำและกลุ่มอุณหภูมิห้องพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของชนิดการแตกหักเมื่อเปรียบเทียบชนิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันระหว่างสารยึดติดแต่ละชนิดพบว่า จิบอนด์มีชนิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันของสารยึดติดแตกต่างจากกลุ่มเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์และออปติบอนด์ ออลอินวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่กลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวันและเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของชนิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดและเนื้อฟันของสารยึดติด

## บทวิจารณ์

การศึกษานี้ใช้วิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาค<sup>22</sup> ซึ่งมีข้อดีคือใช้ชิ้นตัวอย่างน้อย และสามารถควบคุมพื้นที่ในการยึดอยู่ได้ง่ายโดยใช้ท่อไทกอน (tygon tubes) วางลงบนตำแหน่งต่างๆ ของชิ้นตัวอย่าง<sup>23</sup> มีขั้นตอนการเตรียมชิ้นทดสอบที่ง่ายกว่าการทดสอบค่าความแข็งแรงของพันธะแนวตั้งจุลภาค (microtensilebond strength test)

ผลการทดลองความสัมพันธ์ของเวลาและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารยึดติดทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำสารยึดติดออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่เวลาต่างๆ พบว่า ออปติบอนด์ ออลอินวันมีอุณหภูมิเริ่มต้นหลังนำสารยึดติดออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำสูงกว่าเมื่อเทียบกับจิบอนด์ และเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์อาจเนื่องมาจากส่วนประกอบของสารยึดติดแต่ละชนิด

รวมถึงลักษณะของขวดบรรจุที่แตกต่างกันซึ่งอาจมีผลต่อการรักษาอุณหภูมิของสารยึดติดได้โดยจากการนำขวดบรรจุมาตัดแบ่งดูพบว่า สารยึดติดทั้ง 3 ชนิดมีความหนาของขวดขนาดใกล้เคียงกัน แต่ขวดของออปติบอนด์ ออลอินวันมีผนังขวดเป็นพลาสติก 3 ชั้นในขณะที่ขวดของจิบอนด์ และเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์เป็นผนังขวดพลาสติกชั้นเดียว

การที่สารยึดติดทั้ง 3 ชนิดคือ จิบอนด์, เคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์และออปติบอนด์ ออลอินวัน ในกลุ่มอุณหภูมิห้องมีค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคมากกว่ากลุ่มอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญอาจเกิดจากการที่อุณหภูมิของสารยึดติดเพิ่มขึ้นส่งผลให้โมเลกุลของโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดมีพลังงานจลน์ (kinetic energy) เพิ่มขึ้นทำให้มีอัตราการเกิดพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น<sup>18,24</sup> ซึ่งแตกต่างจากสารยึดติดที่มีอุณหภูมิห้อง นอกจากจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของสารยึดติดแล้วอาจจะมีผลทำให้ความสามารถในการระเหยของตัวทำละลายและน้ำในชั้นสารยึดติดลดลงและอาจส่งผลให้ความสามารถในการละลายชั้นเสมียร์รวมถึงความสามารถในการละลายแร่ธาตุในชั้นเคลือบฟันออกลดลง<sup>18</sup> ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้ความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดลดลงได้ จากการศึกษาของ Sundfeld<sup>19</sup> ซึ่งทำการประเมินค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติดต่อเคลือบฟัน พบว่าสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำ (6 องศาเซลเซียส) มาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาทีก่อนใช้งานสามารถแทรกซึมผ่านผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าสารยึดติดที่นำออกมาจากผู้ควบคุมอุณหภูมิต่ำแล้วใช้งานทันที ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้โดยอุณหภูมิของสารยึดติดทั้ง 3 ชนิดเท่ากับอุณหภูมิห้องเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาทีจึงอาจเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะเดือนจุลภาคของกลุ่มอุณหภูมิห้องสูงกว่ากลุ่มอุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามผลการศึกษาคครั้งนี้แตกต่างกับผลการศึกษาของ Borges และคณะ<sup>25</sup> ที่พบว่าอุณหภูมิของสารยึดติดไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดสองชั้น

ตอน (เคลียร์ฟิล เอสอีบอนด์ และแอตชีซี) และสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดชั้นตอนเดียวแบบสองขวด (วัน อัพ บอนด์เอฟ) ซึ่งเป็นไปได้ว่าเกิดจากวิธีการทดลอง รวมถึงชนิดของสารยึดติดที่ใช้ที่แตกต่างกัน โดยการทดลองของ Borges ทำการทดสอบโดยใช้ฟันวัวและทดสอบค่าพันธะแนวดิ่งมหภาค (Conventional tensile bond strength test)

ผลการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคของสารยึดติดทั้ง 3 ชนิดพบว่า จิบอนด์มีค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคมากที่สุดในขณะที่กลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวันและเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์ไม่มีความแตกต่างกันของค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Felizardo<sup>26</sup> และ Ikeda<sup>27</sup> ที่พบว่าปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดอาจขึ้นกับความสามารถในการระเหยของตัวทำละลายโดยแรงดันไอ (vapor pressure) ของตัวทำละลาย อาจมีผลต่อการระเหยของตัวทำละลายในสารยึดติด เช่น อะซีโตนที่มีแรงดันไอสูงสามารถระเหยได้เร็วในขณะที่น้ำมีแรงดันไอน้อยกว่าอะซีโตนและแอลกอฮอล์ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Nishi และคณะ<sup>28</sup> ที่พบว่าสารยึดติดที่ใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายสามารถระเหยได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสารยึดติดที่ใช้น้ำหรือแอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายและการใส่สารสีมาในสารยึดติดมีผลทำให้ความสามารถในการระเหยของตัวทำละลายลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pashley และคณะ<sup>29</sup> ที่พบว่า ปริมาณของสารสีมาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสามารถในการระเหยของตัวทำละลายที่เป็นน้ำลดลงการที่จิบอนด์ไม่มีสารสีมาเป็นส่วนประกอบร่วมกับการใช้อะซีโตนเป็นตัวทำละลายทำให้การกำจัดน้ำออกจากสารยึดติดอาจทำได้ดีกว่าสารยึดติดอีก 2 ชนิดที่มีสารสีมาและเอทิลแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ ส่งผลให้มีการเกิดพอลิเมอร์ที่ติดกว่าและทำให้ได้ค่าแรงยึดที่สูงขึ้น

จากการศึกษาของ Harnirattisai และคณะ<sup>30</sup> ที่พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคในชั้นเนื้อฟัน

ที่เวลา 24 ชั่วโมงของจิบอนด์และเคลียร์ฟิล ไตรเอสบอนด์เท่ากับ 35.0 และ 28.5 เมกาปาสคาลตามลำดับ รวมถึงการศึกษาของ Felizardo<sup>26</sup> ที่พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะแนวดิ่งจุลภาคในชั้นเนื้อฟันของออปติบอนด์ ออลอินวันและเคลียร์ฟิลล์ ไตรเอสบอนด์เท่ากับ 28.36 และ 28.63 เมกาปาสคาลตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองนี้พบว่าใกล้เคียงกับค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคในกลุ่มวัสดุอุดหมุดำ ในขณะที่การศึกษาของ Burrow และคณะ<sup>31</sup> พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาคในชั้นเนื้อฟันของจิบอนด์และเคลียร์ฟิลล์ ไตรเอสบอนด์เท่ากับ 33.2 และ 33.5 เมกาปาสคาลตามลำดับ จึงอาจเป็นไปได้ว่าเทคนิคในการทำสารยึดติดรวมถึงอุณหภูมิของสารยึดติดขณะทำการทดลองอาจส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะที่ได้เช่นกัน

ทั้งนี้งานวิจัยที่ตีพิมพ์โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการบรรยายละเอียดของการนำสารยึดติดที่นำมาทดสอบว่าหลังจากนำสารยึดติดออกจากที่อุดหมุดำแล้วใช้งานทันทีหรือตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของสารยึดติดเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนใช้งานหรือไม่ เนื่องจากไม่ได้เป็นข้อกำหนดในการทดลองขององค์กรระหว่างประเทศเพื่อการกำหนดมาตรฐาน (International organization for standardization : ISO) จึงอาจเป็นไปได้ว่าความแตกต่างในประเด็นของอุณหภูมิของวัสดุอาจส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะที่ได้

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการแตกหักของสารยึดติดแต่ละชนิดพบว่า จิบอนด์มีร้อยละการแตกหักแบบแอตชีซีฟน้อยกว่าเคลียร์ฟิลล์ ไตรเอสบอนด์และออปติบอนด์ ออลอินวันทั้งในกลุ่มอุณหภูมิต่ำและกลุ่มอุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Versluis และคณะ<sup>32</sup> ที่พบว่าการแตกหักแบบแอตชีซีฟจะพบการแตกหักบริเวณพื้นผิวรอยต่อระหว่างวัสดุและเนื้อฟันในขณะที่การแตกหักแบบโคฮีซีฟมักมีทิศทางที่ไม่แน่นอนโดยมักจะพบการแตกหักแบบโคฮีซีฟในชั้นเนื้อฟันในกลุ่มที่มีค่าความแข็งแรงพันธะสูงเนื่องจากความแข็งแรงพันธะของ

วัสดุมากกว่าค่าความแข็งแรงโคฮีซีฟในชั้นเนื้อฟันซึ่งจะทำให้ไม่ได้ค่าความแข็งแรงพันธะที่แท้จริงของวัสดุนั้นๆ

แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาผลของอุณหภูมิของสารยึดติดในแง่มุมอื่นเพิ่มเติมเช่น อัตราการเกิดพอลิเมอร์หรือการรั่วซึมตามขอบของวัสดุ เป็นต้น เพื่อประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุ

## บทสรุป

จากการศึกษานี้ เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของสารยึดติดและชนิดของสารยึดติดเซลฟ์เอ็ทซ์ชนิดขั้นตอนเดียวมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะเฉือนจุลภาค ดังนั้นเพื่อให้สารยึดติดเกิดความแข็งแรงพันธะสูงสุดและมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุดจึงควรนำสารยึดติดมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้สารยึดติดมีอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียสก่อนการใช้งานทางคลินิกอย่างน้อย 30 นาที

**Funding:** None

**Competing interests:** None declared

**Ethical approval:** Faculty of Dentistry/Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Institutional Review Board with Protocol No. MU-DT/PY-IRB 2014/001.0201

## References

- Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, Van Meerbeek B. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J* 2011; 56(1): 31-44.
- Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent* 1998; 26(1): 1-20.
- 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(9): 864-81.
- Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin-adhesive interface. *Quintessence Int* 1999; 30: 501-7.
- Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. State of the art: etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 2011; 27(1): 1-16.
- Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayami Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83:4 54-8.
- Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 2003; 69: 726-31.
- Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Ilthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. *J Dent* 2002; 30: 371-82.
- 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.
- Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-35.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. The role of HEMA in one-step self-etch adhesives. *Dent Mater* 2008; 24: 1412-19.
- Craig RG, Powers JM, Sakaguchi RL. Craig's restorative dental materials. 12th ed. St. Louis: Mosby Elsevier; 2006.
- Salz U, Zimmermann J, Zeuner F, Moszner N. Hydrolytic stability of self-etching adhesive systems. *J Adhes Dent* 2005; 7(2): 107-16.
- Shibuya-Chiba Y, Iwasa M, Tsubota K, Miyazaki M, Hirose H, Platt JA. Influence of storage conditions of adhesive vials on dentin bond strength. *Oper Dent* 2010; 35(5): 508-14.
- Silikas N, Watts DC. Rheology of urethane dimethacrylate and diluent formulations. *Dent Mater* 1999; 15: 257-61.
- Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H et al. Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer-adhesive mixture. *Dent Mater* 2005; 21(11): 1051-8.
- Spohr AM, Correr Sobrinho L, Consani S, Sinhoreti MAC, Borges GA. Effect of refrigeration

- on tensile bond strength of three adhesive systems. *Braz Dent J* 2001; 12: 75-9.
18. Alexandre RS, Sundfeld RH, Giannini M, Lovadino JR. The influence of temperature of three adhesive systems on bonding to ground enamel. *Oper Dent* 2008; 33: 272-81.
  19. Sundfeld RH, da Silva AM, Croll TP, de Oliveira CH, Briso AL, de Alexandre RS, et al. The effect of temperature on self-etching adhesive penetration. *Compend Contin Educ Dent* 2006; 27: 552-7.
  20. Faria-e-Silva AL, Piva E, Moraes RR. Time-dependent effect of refrigeration on viscosity and conversion kinetics of dental adhesive resins. *Eur J Dent* 2010; 4: 150-5.
  21. Gökçe B, Cömlekoglu ME, Ozpinar B, Türkün M, Kaya AD. Effect of antioxidant treatment on bond strength of a luting resin to bleached enamel. *J Dent* 2008; 36: 780-5.
  22. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaaki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Oper Dent* 2002; 27: 403-9.
  23. Foong J, Lee K, Nguyen C, Tang G, Austin D, Ch'ng C, Burrow MF, Thomas DL. Comparison of microshear bond strengths of four self-etching bonding systems to enamel using two test methods. *Aust Dent J* 2006; 51: 252-7.
  24. Reis A, Klein-Júnior CA, Accorinte Mde L, Grande RH, dos Santos CB, Loguercio AD. Effects of adhesive temperature on the early and 6-month dentin bonding. *J Dent* 2009; 37: 791-8.
  25. Borges GA, Spohr AM, de Oliveira WJ, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Borges LH. Effect of refrigeration on bond strength of self-etching adhesives systems. *Braz Dent J* 2006; 17: 186-90.
  26. Felizardo KR, Lemos LV, de Carvalho RV, Gonini Junior A, Lopes MB, Moura SK. Bond strength of HEMA-containing versus HEMA-free self-etch adhesive systems to dentin. *Braz Dent J* 2011; 22: 468-72.
  27. Ikeda T, De Munck J, Shirai K, Hikita K, Inoue S, Sano H, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Effect of air-drying and solvent evaporation on the strength of HEMA-rich versus HEMA-free one-step adhesives. *Dent Mater* 2008; 24: 1316-23.
  28. Nihi FM, Fabre HS, Garcia G, Fernandes KB, Ferreira FB, Wang L. In vitro assessment of solvent evaporation from commercial adhesive systems compared to experimental systems. *Braz Dent J* 2009; 20: 396-402.
  29. Pashley EL, Zhang Y, Lockwood PE, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater* 1998; 14: 6-10.
  30. Harnirattisai C, Roengrungreang P, Rangsisiripaiboon U, Senawongse P. Shear and micro-shear bond strengths of four self-etching adhesives measured immediately and 24 hours after application. *Dent Mater J* 2012; 31: 779-87.
  31. Burrow MF, Kitasako Y, Thomas CD, Tagami J. Comparison of enamel and dentin microshear bond strengths of a two-step self-etching priming system with five all-in-one systems. *Oper Dent* 2008; 33: 456-60.
  32. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? *J Dent Res* 1997; 76: 1298-307.