

# ผลของการใช้ลมอุ่นต่อกำลังยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ ในคลองรากฟันที่ระดับต่าง ๆ

## Effect of Warm Air Drying on Micro-tensile Bond Strength of Resin Cement with Total-etch Adhesive System to Root Canal Dentin at Different Levels

ยุตธนา คุวุฒยากร<sup>1</sup>, ปิริยะ เชิดสทธิกรกุล<sup>1</sup>, กษาปณ์ พิเชฐโชติ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup>คลินิกเอกชน จ.เชียงใหม่

Yutthana Khuwuttayakorn<sup>1</sup>, Piriya Cherdstirakul<sup>1</sup>, Kasarb Pichetsote<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Restorative Dentistry and Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

<sup>2</sup>Private Dental Clinic, Chiang Mai, Thailand

ชม. ทันตสาร 2560; 38(3) : 59-66

CM Dent J 2017; 38(3) : 59-66

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ลมอุ่นต่อกำลังยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์ในคลองรากฟันระดับต่าง ๆ ใช้ฟันกรามน้อยล่างที่มี 1 คลองรากฟันจำนวน 10 ซี่ ตัดตัวฟันให้ตั้งฉากกับแนวแกนฟันที่ระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ขยายคลองรากฟันให้มีขนาดเหมาะสมกับเดือยฟันเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer™ post: Kerr, USA) ที่ความลึก 10 มิลลิเมตร เตรียมคลองรากฟันด้วยสารยึดติดออปติบอนด์โซโลพลัส (Optibond™ Solo

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of warm air drying on micro-tensile bond strength to root canal dentin of resin cement with total-etch adhesive system at different levels. Ten single-canal lower premolars were cut perpendicular to long axis at cemento-enamel junction level and were prepared post space for FibreKleer™ fiber post set for 10 mm. Root canal surface was bonded with a total-etch adhesive (Optibond™ Solo Plus).

Corresponding Author:

ยุตธนา คุวุฒยากร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ  
และปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Yutthana Khuwuttayakorn

Assistant Professor, Department of Restorative Dentistry and  
Periodontology, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,  
Chiang Mai, 50200, Thailand

E-mail: [whandent@hotmail.com](mailto:whandent@hotmail.com)

Plus: Kerr, USA) ใช้ลมนอุณหภูมิ 20 หรือ 38 องศาเซลเซียสเป่ากำจัดตัวทำละลายและทำให้คลองรากฟันแห้ง ยึดเดือยฟันกับคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์เน็กซ์สทรี (Nx 3 Nexus™ : Kerr, USA) เก็บชิ้นงานไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตัดแบ่งรากฟันเป็นแผ่นตามแนวขวางเป็น 6 ชั้น แบ่งฟันออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนต้น 3 ชั้นและส่วนปลาย 3 ชั้น และกรอแต่งให้ได้รูปร่างนาฬิกาทรายให้มีพื้นที่ยึดติด  $1 \pm 0.1$  ตารางมิลลิเมตร นำมาวัดค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาค วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ความแปรปรวนแบบสองทางร่วมกับการวิเคราะห์เชิงซ้อน ด้วยวิธีทูกัยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ภายใต้ข้อจำกัด ของการศึกษานี้ สรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อ ค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับ สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ กำลังยึดติดระดับจุลภาคใน คลองรากฟันส่วนต้นมีค่ามากกว่าในคลองรากฟันส่วน ปลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**คำสำคัญ:** ลมอุ่น เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบ โททอลเอทซ์ กำลังยึดติดระดับจุลภาค

Solvents were evaporated using air-drying with temperature of 20°C or 38°C. Fiber posts were cemented with resin cement Nx 3 Nexus™. After storage in water for 24 h at 37°C, the roots were sectioned transversely into 6 discs. Three discs were obtained from the coronal and apical levels. Specimens were trimmed to obtain hourglass shapes with a bond area of  $1.0 \pm 0.1$  mm<sup>2</sup> for microtensile bond strength test. Data were analyzed by two-way ANOVA and Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Increasing the air-drying temperature did not significantly influence the bond strength of the resin cement with total-etch adhesive system. Coronal root region presented significantly higher bond strength than the apical region.

**Keywords:** warm air, total-etch adhesive system with resin cement, microtensile bond strength

## บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้เดือยฟันเส้นใยร่วมกับเรซินซีเมนต์ใน การบูรณะฟันที่รักษาคคลองรากฟันเพิ่มมากขึ้น เรซินซีเมนต์ ที่ใช้มีหลายชนิดได้แก่ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด ระบบโททอลเอทซ์ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบ เซลฟ์เอทซ์ และเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอตตีฟ มีการศึกษา วิจัยในด้านคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการยึดของเรซิน ซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ กับคลองรากฟันอย่างต่อเนื่อง<sup>(1-3)</sup> สารยึดติด ระบบโททอลเอทซ์นั้น มีการเตรียมผิวผนังคลองรากฟันโดย ใช้กรดฟอสฟอริกเพื่อกำจัดชั้นเสมียร์ (smear layer) และ สิ่งตกค้าง (debris) ที่เกิดจากการกรอเตรียมคลองรากฟัน ทำให้ท่อเนื้อฟันเปิดออกและมีการเผยผิวงเส้นใยคอลลาเจน จากนั้นเป็นขั้นตอนทาสารยึดติด ซึ่งผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ มีการรวมขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์ (primer agent) และ บอนด์ดิ้ง (bonding agent) เข้าด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อให้

ทันตแพทย์สามารถใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว เมื่อมีการ ทาสารยึดติดที่ผิวฟันจะมีการปรับสภาพผิวฟันที่มีคุณสมบัติ เข้ากันได้กับความชื้น (hydrophilic) ให้มีคุณสมบัติไม่เข้า กับความชื้น (hydrophobic) มากขึ้น พร้อมทั้งเกิดการ แทรกซึมของมอนอเมอร์ลงไปในรูปแบบขนาดเล็กที่เกิดขึ้น และภายหลังเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเกิดเป็นชั้น ไฮบริด

การระเหยน้ำและตัวทำละลายเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการใช้งานสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ เนื่องจาก น้ำและตัวทำละลายที่หลงเหลืออยู่ในสารยึดติดจะขัดขวาง การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์<sup>(4,5)</sup> ส่งผล ให้สมบัติเชิงกลของเรซินซีเมนต์ลดลง นอกจากนี้ น้ำและ ตัวทำละลายที่เหลืออยู่จะทำให้เกิดการรั่วซึมระดับนาโน (nanoleakage)<sup>(6-8)</sup> และเป็นตัวเร่งการเสื่อมสลายด้วยปฏิกิริยา ไฮโดรไลซิส (hydrolytic degradation)<sup>(7,9,10)</sup>

มีหลายการศึกษาได้มีการใช้ลมอุ่นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระเหยของน้ำและตัวทำลายของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ ซึ่งอุณหภูมิของลมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้ค่ากำลังยึดติดกับเนื้อฟันเพิ่มขึ้น<sup>(5,11)</sup> เนื่องจากอุณหภูมิของลมที่เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการระเหยดีขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาเหล่านี้เป็นการยึดติดกับเนื้อฟันที่เรียบ (flat dentin) จึงเป็นที่น่าสนใจในการใช้ลมอุ่นมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดในคลองรากฟัน ซึ่งมีลักษณะทางกายวิภาคที่แตกต่างออกไป รวมทั้งการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันในคลองรากฟันระดับต่าง ๆ มีผลการศึกษาที่ขัดแย้งกัน โดยมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันในคลองรากฟันที่ระดับแตกต่างกัน เช่น ชนิดของเรซินซีเมนต์ ระบบสารยึดติดที่ใช้ ส่วนประกอบของเรซินซีเมนต์ วิธีการเตรียมชิ้นงาน และโครงสร้างของเนื้อฟันที่ต่างกัน เป็นต้น<sup>(12-15)</sup>

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ลมอุ่นต่อกำลังยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ในคลองรากฟันระดับต่าง ๆ โดยมีสมมติฐานการวิจัย 2 ข้อคือ 1.อุณหภูมิลมที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ 2.เนื้อฟันส่วนต้นของคลองรากฟันให้กำลังยึดติดระดับจุลภาคกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ไม่แตกต่างกันเนื้อฟันส่วนปลายของคลองรากฟัน

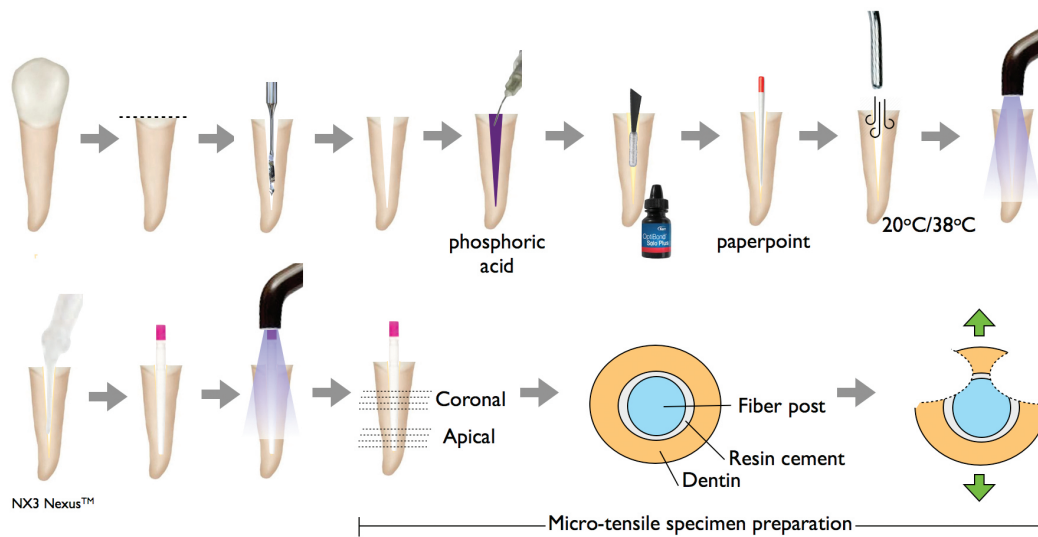
### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ได้ผ่านการเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (เลขที่ 11/2559) นำฟันกรามน้อยล่างของมนุษย์ที่มี 1 คลองรากฟัน จำนวน 10 ซี่ มีความยาวรูปร่าง ขนาด และความหนาของเนื้อฟันใกล้เคียงกัน โดยมีความกว้างในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น 6.5-7.0 มิลลิเมตร ใกล้กลาง-ไกลกลาง 4.5-6.5 มิลลิเมตร มีคลองรากฟันตรง และมีรากยาว 13-14 มิลลิเมตร เก็บในสารละลายไทมอล (thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือน ตัดตัวฟันออกให้ตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยแผ่นกรอภาคเพชร (diamond disc) ที่ระดับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันด้านใกล้กลาง จากนั้นเตรียมคลองรากฟันโดย

ใช้ไฟล์ (file) เบอร์ 20 และเกลียวคว้านคลองรากฟันโพไซ (peesoreamer) เบอร์ 1-4 ตามลำดับ จากนั้นใช้เกลียวคว้านคลองรากฟันเบอร์ 2 ของไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer™ reamer: Kerr, USA) ขยายคลองรากฟันให้ได้ขนาดของเดือยฟันที่มีความลึก 10 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำเกลือ ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวย (paper point) ทำความสะอาดผิวเดือยฟันเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer™ post: Kerr, USA) ด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 เป่าลมให้แห้ง ทาออฟติบอนด์โซโลพลัส (Optibond™ Solo Plus: Kerr, USA) ทิ้งไว้ 15 วินาที เป่าลมให้แห้ง 3 วินาที เตรียมพื้นผิวคลองรากฟันด้วยกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 เป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่น เป็นเวลา 15 วินาที ใช้กระดาษซับรูปกรวยซับให้แห้ง ใช้สารยึดติดออฟติบอนด์โซโลพลัส (Optibond™ Solo Plus: Kerr, USA) ทาในคลองรากฟันด้วยแปรงขนาดเล็ก (microbrush) เป็นเวลา 15 วินาที ซับด้วยกระดาษซับรูปกรวยเบอร์ 60 เป็นเวลา 10 วินาที แบ่งฟันที่เตรียมไว้เป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่ม กลุ่มละ 5 ซี่ โดยกลุ่มหนึ่งเป่าลมเพื่อกำจัดตัวทำลาย ด้วยลมเย็น (อุณหภูมิ 20±1 °C) และกลุ่มที่สองจะเป่าด้วยลมอุ่น (อุณหภูมิ 38±1 °C) เป็นเวลา 3 วินาที โดยปลายหัวฉีดน้ำ-เป่าลม (Triple Syringe) ห่างจากรูเปิดคลองรากฟัน 5 มิลลิเมตร ควบคุมอุณหภูมิของลมโดยใช้เครื่องเป่าลมร้อน (QUICK 857D: Changzhou Quick Soldering Co., Ltd, China) ควบคุมความดันลมโดยใช้เครื่องอัดอากาศ (Swan Oil-free compressor DR-115-30L: Tong Cheng Iron Works Co., Ltd, Taiwan) ฉายแสง 10 วินาที ยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองแบบ (dual-cure resin cement) ผลิตภัณฑ์เน็กซ์ซีรีส์ขาว (Nx 3 Nexus™ : Kerr, USA) ใช้น้ำหนักเดือยฟัน 50 นิวตัน<sup>(16)</sup> กดเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นฉายแสงจากทางด้านบดเคี้ยวเป็นเวลา 20 วินาที ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ตัดแบ่งรากฟันด้วยเครื่องไอโซเมต (Isomet 1000: Buehler, USA) ให้แต่ละซี่มีความหนา 1.0±0.1 มิลลิเมตร โดยแบ่งฟันออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนต้นของคลองรากฟัน (coronal) 3 ซี่ และส่วนปลายของคลองรากฟัน (apical) 3 ซี่ จากนั้นทำการกรอแต่งรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์บริเวณผนังคลองรากฟันด้านใกล้กลางเป็นรูปนาฬิกาทรายขนาดความกว้าง 1.0±0.1 มิลลิเมตร ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานแสดงดังรูปที่ 1 นำขึ้น

ทดสอบมาทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบสากลอินสตรอน (Instron® Universal Testing Machine 5566 series: Instron, USA) ความเร็วการเคลื่อนที่ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที บันทึกค่าแรงที่ใช้ แล้วคำนวณกำลังยึดดึงระดับจุลภาคมีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล (MPa) โดยคำนวณจากค่าแรงต่อหน่วยพื้นที่ การหาพื้นที่ในการยึดติดจากสูตร  $[area = r \times 2\sin\theta^{-1} \times (L/2r) \times d]$  โดย r คือรัศมีของเดือยฟัน  $\theta$  คือมุมระหว่างจุดตัดด้านนอกของส่วนโค้งกับจุดศูนย์กลางของ

วงกลม L คือความกว้างของชิ้นงาน และ d คือความหนาของชิ้นทดสอบ<sup>(17)</sup> นำค่ากำลังยึดดึงระดับจุลภาคที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) และหาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนทุกคู่ (Tukey test) ทำการศึกษาลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของเรซินซีเมนต์ และผนังคลองรากฟันทั้งหมดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope)



รูปที่ 1 แสดงการเตรียมชิ้นงาน  
Figure 1 Specimen preparation

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังยึดดึงระดับจุลภาค และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มการทดลอง (หน่วยเป็นเมกะปาสคาล)

Table 1 Mean and standard deviation of microtensile bond strengths (MPa) of the studied groups.

Group	Coronal	Apical
Air temperature 20°C	21.53 ± 4.32 <sup>a</sup>	12.35 ± 2.97 <sup>b</sup>
Air temperature 38°C	21.75 ± 4.07 <sup>a</sup>	12.50 ± 2.77 <sup>b</sup>

กลุ่มที่มีตัวอักษรยกที่ต่างกันคือกลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

There was a significant difference between groups in a different alphabet ( $p < 0.05$ ).

## ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังยึดติดระดับจุลภาคในกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1 ผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิลมเป่าที่อุณหภูมิ 20±1 °C กับกลุ่มที่ใช้อุณหภูมิลมเป่าที่อุณหภูมิ 38±1 °C ทั้งในคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนปลาย ค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคบริเวณคลองรากฟันส่วนต้นมีค่าสูงกว่าค่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคบริเวณคลองรากฟันส่วนปลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำขึ้นทดสอบมาตรฐานตรวจสอบความล้มเหลวด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่ามีความล้มเหลวที่เกิดขึ้น 3 แบบ ได้แก่ การแตกหักระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับผิวเคลือบฟันเส้นใย (adhesive failure) พบร้อยละ 51.7 การแตกหักในเนื้อซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับผิวเคลือบฟันเส้นใย (mixed failure) พบร้อยละ 38.3 และการแตกหักในเนื้อเรซินซีเมนต์ (cohesive failure) พบร้อยละ 10 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะความล้มเหลว (จำนวนชิ้นงาน)

Table 2 Failure modes (Number of specimens).

Group	Region	Adhesive failure	Cohesive failure	Mixed failure
Air temperature 20°C	Coronal	7	2	6
	Apical	9	3	3
Air temperature 38°C	Coronal	5	1	9
	Apical	10	0	5

## บทวิจารณ์

การเป่าลมเพื่อให้น้ำและตัวทำละลายระเหยออกไปจากสารยึดติดเป็นขั้นตอนสำคัญในการใช้งานสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ การที่น้ำและตัวทำละลายสามารถระเหยได้นั้น จะต้องได้รับพลังงานมากพอที่ทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงพอจนสามารถเอาชนะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลได้ โมเลกุลจึงสามารถหลุดออกจากสภาวะของเหลวกลายเป็นไอ โดยมีปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่มีผลต่อการระเหยของน้ำและตัวทำละลาย เช่น ความดันลม ชนิดของตัวทำ

ละลาย พื้นที่ผิวของของเหลว อุณหภูมิ องค์ประกอบทางเคมี เป็นต้น<sup>(18)</sup> โดยปกติอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลให้ของเหลวระเหยได้ดีขึ้น แต่ในการศึกษานี้พบว่าอุณหภูมิของลมที่เพิ่มขึ้น ไม่ส่งผลให้ค่ากำลังยึดสูงขึ้น จึงพิจารณายอมรับสมมติฐานการวิจัย ซึ่งผลที่ได้ขัดแย้งกับผลการศึกษาก่อนหน้า<sup>(11,19-23)</sup> ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการเตรียมรูปร่างของชิ้นงานในการยึดติดที่เป็นผิวหน้าเรียบ (flat surface) ทำให้พื้นที่ในการยึดติดในแต่ละตำแหน่งได้รับความดันและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน และพื้นผิวที่เรียบมีพื้นที่สัมผัสในการรับลมมากกว่าชิ้นงานในลักษณะคลองรากฟันที่มีลักษณะเป็นท่อลึกที่มีรูเปิดเล็ก ทำให้คลองรากฟันในแต่ละระดับได้รับผลของอุณหภูมิและความดันลมไม่เท่ากัน รวมทั้งมีพื้นที่ผิวในการระเหยของน้ำและตัวทำละลายน้อยกว่าผิวหน้าเรียบ ในขั้นตอนการทดลองได้ใช้หัวฉีดน้ำ-เป่าลม (Triple Syringe) เป่าลมไล่ตัวทำละลายเพื่อจำลองการใช้งานในทางคลินิก ซึ่งมีปลายขนาดใหญ่ที่สามารถเป่าลมได้เหนือต่อรูเปิดคลองรากฟันเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาในอนาคตควรพิจารณาใช้อุปกรณ์ที่สามารถเป่าลมเข้าไปในคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้ Stropko irrigator หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้การศึกษานี้มีการใช้กระดาษซับรูปรวยซับน้ำและตัวทำละลายก่อนการเป่าลม ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำ ตัวทำละลายและสารยึดติดส่วนเกินในคลองรากฟัน และให้กำลังยึดติดที่สูงกว่าการใช้ลมเป่าเพียงอย่างเดียว<sup>(24)</sup> แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์เพียงผลิตภัณฑ์เดียว ซึ่งสารยึดติดผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีส่วนประกอบทางเคมีและตัวทำละลายที่แตกต่างกัน อาจให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันได้

การเป่าลมเข้าไปในคลองรากฟันโดยตรงต้องทำด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากมีรายงานการเกิดภาวะมีอากาศในเนื้อเยื่อ (emphysema) จากการเป่าลมแรง ๆ โดยตรงเข้าไปในรูเปิดคลองรากฟันในขั้นตอนการรักษารากฟัน<sup>(25)</sup> โดยเฉพาะการเป่าลมในฟันที่มีการขยายคลองรากฟันบริเวณปลายรากฟันด้วยไฟล์ ขนาดเบอร์ 20 ขึ้นไป เพราะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของแรงดันลมบริเวณปลายรากอย่างมีนัยสำคัญ<sup>(26)</sup>

ลักษณะความล้มเหลวส่วนใหญ่ที่พบในการศึกษานี้



เป็นการแตกหักระหว่างชั้นเรซินซีเมนต์กับเดือยฟัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากำลังยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์สูงกว่ากำลังยึดติดระหว่างเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา<sup>(27,28)</sup> โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเดือยฟันให้ดีขึ้น การเพิ่มแรงยึดติดให้กับเดือยฟันสามารถทำได้โดยการสร้างพันธะทางเคมีและการสร้างการยึดติดเชิงกล การสร้างพันธะทางเคมีทำได้โดยการทาสารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) บนผิวเดือยฟัน ซึ่งสามารถเพิ่มการยึดติดกับวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตได้อย่างมีนัยสำคัญ<sup>(29,30)</sup> การสร้างการยึดติดเชิงกลทำได้โดยการปรับสภาพผิวเดือยฟันด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกความเข้มข้นร้อยละ 4 เป็นเวลา 15 วินาที ซึ่งสามารถให้ค่ากำลังแรงยึดสูงกว่าการปรับสภาพด้วยเวลา 60 วินาที<sup>(31)</sup> รวมทั้งการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร่วมกับการใช้สารไซเลนสามารถเพิ่มกำลังแรงยึดได้สูงกว่าการทาสารคู่ควบไซเลนเพียงอย่างเดียว<sup>(32)</sup>

เมื่อพิจารณาผลของระดับคลองรากฟัน การศึกษานี้พบว่ากำลังยึดติดระดับจุลภาคบริเวณคลองรากฟันส่วนต้นมีค่าสูงกว่าส่วนปลายของคลองรากฟัน จึงพิจารณาปฏิเสธสมมติฐานการวิจัย โดยปัจจัยแรกที่ทำให้กำลังยึดติดมีความแตกต่างกันในคลองรากฟันแต่ละระดับคือ โครงสร้างของเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันส่วนปลายที่มีปริมาณของท่อเนื้อฟันที่น้อยกว่าคลองรากฟันระดับอื่น<sup>(33)</sup> ลักษณะคอลลาเจนในเนื้อฟันส่วนปลายรากฟันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เนื่องจากการสะสมของเชื้อแบคทีเรีย และสารที่ผลิตจากแบคทีเรียสะสมอยู่ภายใน ซึ่งยากต่อการกำจัดออก โดยเนื้อฟันส่วนนี้มีความต้านทานต่อการปรับสภาพผิวด้วยกรด<sup>(34)</sup> ส่งผลให้สารยึดติดไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้ดีพอ ทำให้คุณภาพของชั้นไฮบริดลดลง<sup>(35,36)</sup> ส่งผลให้กำลังแรงยึดติดส่วนปลายมีค่าต่ำกว่ากำลังแรงยึดติดในส่วนต้นของคลองรากฟัน<sup>(34,37)</sup> นอกจากนี้ความลึกของคลองรากฟันที่มากขึ้น ส่งผลต่อความเข้มแสงที่ได้รับจากการฉายแสงเพื่อทำให้สารยึดติดและเรซินซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันโดยการเกิดพอลิเมอร์เซชันบริเวณคลองรากฟันส่วนปลาย จึงเป็นการบ่มตัวด้วยตัวเองเพียงอย่างเดียว เมื่อเทียบกับคลองรากฟันส่วนต้นที่ได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่าจึงมีการบ่มตัวด้วยแสงร่วมด้วย<sup>(38,39)</sup>

## บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้การใช้ลมอุ่น (อุณหภูมิ  $38\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) เป่าลมเพื่อกำจัดน้ำและตัวทำละลายในการยึดเดือยฟันเส้นใยด้วยสารยึดติดออปติบอนด์โซโลพลัสที่ใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์เน็กซ์อินคลองรากฟัน ให้กำลังยึดติดระดับจุลภาคไม่แตกต่างกับการใช้ลมเย็น (อุณหภูมิ  $20\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) และเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันส่วนต้นให้กำลังยึดติดระดับจุลภาคสูงกว่าบริเวณคลองรากฟันส่วนปลาย

## เอกสารอ้างอิง

1. Skupien JA, Sarkis-Onofre R, Cenci MS, et al. A systematic review of factors associated with the retention of glass fiber posts. *Braz Oral Res* 2015; 29(1): 1-8
2. Pereira JR, da Rosa RA, do Valle AL, et al. The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber posts. *J Prosthet Dent* 2014; 112(1): 59-63.
3. Juloski J, Fadda GM, Radovic I, et al. Push-out bond strength of an experimental self-adhesive resin cement. *Eur J Oral Sci* 2013; 121(1): 50-56.
4. Nunes TG, Garcia FC, Osorio R, et al. Polymerization efficacy of simplified adhesive systems studied by NMR and MRI techniques. *Dent Mater* 2006; 22(10): 963-972.
5. Reis A, Klein-Júnior CA, de Souza FH, et al. The use of warm air stream for solvent evaporation: effects on the durability of resin-dentin bonds. *Oper Dent* 2010; 35(1): 29-36.
6. Ikeda T, De Munck J, Shirai K, et al. Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer-adhesive mixture. *Dent Mater* 2005; 21(11): 1051-1058.
7. Wang Y, Spencer P. Hybridization efficiency of the adhesive/dentin interface with wet bonding. *J Dent Res* 2003; 82(2): 141-145.
8. Yiu CK, Pashley EL, Hiraishi N, et al. Solvent and water retention in dental adhesive blends after evaporation. *Biomaterials* 2005; 26(34): 6863-6872.

9. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28(3): 215-235.
10. Tay FR, King NM, Chan KM, et al. How can nanoleakage occur in self-etching adhesive systems that demineralize and infiltrate simultaneously? *J Adhes Dent* 2002; 4(4): 255-269.
11. Marsiglio AA, Almeida JC, Hilgert LA, et al. Bonding to dentin as a function of air-stream temperatures for solvent evaporation. *Braz Oral Res* 2012; 26(3): 280-287.
12. Proença JP, Polido M, Osorio E, et al. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater* 2007; 23(12): 1542-1548.
13. Yoshiyama M, Carvalho RM, Sano H, et al. Regional bond strengths of resins to human root dentine. *J Dent* 1996; 24(6): 435-442.
14. Farina AP, Cecchin D, Garcia Lda F, Naves LZ, Sobrinho LC, Pires-de-Souza Fde C. Bond strength of fiber posts in different root thirds using resin cement. *J Adhes Dent* 2011; 13(2): 179-86.
15. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, et al. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent* 2012; 37(1): 80-86.
16. Zortuk M, Bolpaca P, Kilic K, et al. Effects of finger pressure applied by dentists during cementation of all-ceramic crowns. *Eur J Dent* 2010; 4(4): 383-388.
17. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003; 19(3): 199-205.
18. Raymond Chang, *Chemistry*, 10<sup>th</sup> ed. McGraw – Hill: New York; 2010: 489-499.
19. Klein-Júnior CA, Zander-Grande C, Amaral R, et al. Evaporating solvents with a warm air-stream: effects on adhesive layer properties and resin–dentin bond strengths. *J Dent* 2008; 36(8): 618-625.
20. Reis A, Wambier L, Malaquias T, et al. Effects of warm air drying on water sorption, solubility, and adhesive strength of simplified etch-and-rinse adhesives. *J Adhes Dent* 2013; 15(1):41-46
21. Shiratsuchi K, Tsujimoto A, Takamizawa T, et al. Influence of warm air drying on enamel bond strength and surface free energy of self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 2013; 121(4): 370-376.
22. Garcia FC, Almeida JC, Osorio R, et al. Influence of drying time and temperature on bond strength of contemporary adhesives to dentine. *J Dent* 2009; 37(4): 315-320.
23. Allen JD, Breeding LC, Pashley DH. Effect of warm air on the shear bond strength of composite resins. *Quintessence Int* 1992; 23(4): 289-296.
24. Thitthaweerat S, Nakajima M, Foxton RM, et al. Effect of solvent evaporation strategies on regional bond strength of one-step self-etch adhesives to root canal dentine. *Int Endod J* 2013; 46(11): 1023-1031.
25. Kim Y1, Kim MR, Kim SJ. Iatrogenic pneumomediastinum with extensive subcutaneous emphysema after endodontic treatment: report of 2 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010; 109(2): 114-119.
26. Eleazer PD1, Eleazer KR. Air pressures developed beyond the apex from drying root canals with pressurized air. *J Endod* 1998; 24(12): 833-836.
27. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, et al. Microtensile bond strength of light-and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent* 2005; 30(4): 500-506.
28. Asawaworarit, W, Malhotra, W. Microtensile bond strength of resin cement to surface-treated root-canal and glass fiber posts. *Mahidol Dent J* 2008; 28: 325-332.

29. Aksornmuang J, Foxton RM, Nakajima M, et al. Microtensile bond strength of a dual cure resin core material to glass and quartz fibre posts. *J Dent* 2004; 32: 433-50.
30. Aksornmuang J, Nakajima M, Foxton RM, et al. Regional bond strengths of a dual-cure resin core material to translucent quartz fiber post. *Am J Dent* 2006; 19: 51-5.
31. Asawaworarit W, Piyawattanataworn W, Senawongse P. The microtensile bond strength of resin composite core and fiber post after surface treatment with 4% hydrofluoric acid. *Mahidol Dent J* 2010; 30: 153-62.
32. Vano M, Goracci C, Monticelli F, et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J* 2006; 39: 31-39.
33. Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, et al. The structure of dentine in the apical region of human teeth. *Int Endod J* 2001; 34(5): 346-353.
34. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, et al. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000; 13(5): 255-260.
35. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater* 2001; 17(5): 422-429.
36. Gwinnett AJ. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. *Am J Dent* 1993; 6(1): 7-9.
37. Kurtz JS, Perdigão J, Geraldini S, et al. Bond strengths of tooth-colored posts, effect of sealer, dentin adhesive, and root region. *Am J Dent* 2003; 16: 31-36.
38. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, et al. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent* 2003; 28(5): 543-551.
39. Dos Santos Alves Morgan LF, Peixoto RT, de Castro Albuquerque R, Santos Corrêa MF, de Abreu Poletto LT, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod* 2008; 34(3): 299-302.