



## ผลของเรซินโคตทิงต่อกำลังแรงยึดดึงระหว่าง เรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน

กฤษณะ บุญญติศรีสกุล ท.บ.<sup>1</sup>

นิยม อารังค่อนันต์สกุล ท.บ., วท.ด.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาผลของเรซินโคตทิงต่อกำลังแรงยึดดึงระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน

**วัสดุและวิธีการ** ฟันกรามมนุษย์จำนวน 40 ซี่ ถูกตัดด้านบดเคี้ยวในแนวระนาบเพื่อเผยให้เห็นเนื้อฟันด้วยเครื่องตัดฟันความเร็วต่ำ จากนั้นขัดผิวเนื้อฟันด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ความละเอียด 600 กริท แบ่งฟันเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) เนื้อฟันที่ไม่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู 2) เนื้อฟันที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู 3) เนื้อฟันที่ไม่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี และ 4) เนื้อฟันที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี เก็บชิ้นงานทั้งหมดไว้ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานมาเตรียมเป็นรูปมินิเดมเบลล์ (10 ชิ้นต่อตัวอย่างต่อกลุ่มการทดสอบ) และทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงแบบสากล ด้วยความเร็วหัวจับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

**ผลการศึกษา** ค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ  $9.59 \pm 3.65$  และ  $5.54 \pm 2.07$  เมกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ  $17.03 \pm 2.93$  และ  $8.81 \pm 3.85$  เมกะปาสคาล ตามลำดับ วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่าค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่ 3 มีค่าสูงที่สุดและแตกต่างจากกลุ่มที่เหลืออีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่ 1 และ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 4 และค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 4 แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ความล้มเหลวของชิ้นทดสอบ พบว่าร้อยละ 70 ของกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 3 เกิดระหว่างชั้นยึดโดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลือบนเนื้อฟัน ขณะที่ร้อยละ 60 ของกลุ่มที่ 2 และร้อยละ 70 ของกลุ่มที่ 4 เกิดระหว่างชั้นเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลือบนชั้นเรซินโคตทิง

**สรุป** ค่ากำลังแรงยึดดึงของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี และพานาเวียเอฟทูมีค่าสูงกว่ากลุ่มเนื้อฟันที่ผ่านการเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิด

(ว ทนต จุฬาฯ 2557;37:25-38)

**คำสำคัญ:** กำลังแรงยึดดึง; มินิเดมเบลล์; เรซินโคตทิง; เรซินซีเมนต์

**ผู้รับผิดชอบบทความ** นิยม อารังค่อนันต์สกุล niyom.t@chula.ac.th

## บทนำ

การกรอเตรียมพื้นธรรมชาติเพื่อรองรับชิ้นงานบูรณะ จะทำให้เกิดการเผยของท่อเนื้อฟัน (dental tubules) จำนวนมาก โดยการกรอเตรียมพื้นเพื่อรองรับครอบฟันกราม 1 ที่เมื่อกรอพื้นเสร็จจะมีพื้นที่ผิวของเนื้อฟันประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร<sup>1</sup> และมีจำนวนท่อเนื้อฟัน 19,000-45,000 ท่อ/ตารางมิลลิเมตร<sup>1</sup> ดังนั้นประมาณได้ว่าการทำครอบฟันกราม 1 ซึ่งจะมีการเผยของท่อเนื้อฟันมากกว่า 2,000,000 ท่อ ซึ่งภายในท่อเนื้อฟันจะประกอบไปด้วยส่วนยื่นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblastic process) และของเหลว (dental fluid) การเผยของท่อเนื้อฟันจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของของเหลวภายในท่อและเกิดการกระตุ้นเส้นใยประสาทบริเวณปริเดนทีน (pre-dentin) ผ่านทางส่วนยื่นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน ทำให้เกิดอาการเสียวและปวดฟันตามทฤษฎีไฮโดรไดนามิก (hydrodynamic theory)<sup>2</sup> นอกจากนี้การเผยของเนื้อฟันยังส่งผลต่อสภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟัน (dentin permeability) โดยพบว่าเมื่อกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ออกแล้ว สภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟันจะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในเนื้อฟันบริเวณที่ถูกกรอจนใกล้ถึงโพรงเนื้อเยื่อใน (pulp cavity) ซึ่งจะส่งผลต่อการตอบสนองของเนื้อเยื่อในของฟัน (dental pulp) แล้วยังส่งผลต่อการยึดอยู่ของครอบฟันด้วย

การกรอเตรียมพื้นในบริเวณเนื้อฟันลึกๆ แบคทีเรียสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อฟันและเนื้อเยื่อในของฟันได้ Bender และคณะ<sup>3</sup> ทดลองกรอเตรียมพื้นของสุนัขและลิงบริเวณใกล้โพรงเนื้อเยื่อในจำนวน 39 ซี่ พบว่าสามารถตรวจพบแบคทีเรียที่แทรกซึมเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในได้ถึง 12 ซี่ และถ้าตรวจพบแบคทีเรียในท่อเนื้อฟันก็จะสามารถตรวจพบแบคทีเรียในโพรงเนื้อเยื่อในด้วย อนึ่งถ้าใช้กระบวนการที่มีแรงกดบนเนื้อฟันร่วมด้วย เช่น การกดขึ้นออนเลย์ การพิมพ์แบบ ก็จะช่วยเสริมให้แบคทีเรียสามารถถูกล้างเข้าสู่โพรงเนื้อเยื่อในได้ง่ายยิ่งขึ้น ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้อาจทำให้เกิดการอักเสบภายในเนื้อเยื่อในของฟันขึ้นได้ ดังนั้นเมื่อกรอพื้นธรรมชาติที่ยังมีชีวิตและอยู่ระหว่างรอการบูรณะชนิดถาวรควรป้องกันโดยการอุดปิดหรือใส่ครอบฟันชั่วคราว เพื่อป้องกันอาการปวด การติดเชื้อ เพื่อความสวยงาม และให้ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ตามปกติ ซึ่ง Ehrenberg และคณะ<sup>4</sup> ได้ศึกษาช่องว่าง (gap) ระหว่างครอบฟันชั่วคราวชนิดอะคริลิกเรซินที่สวมบนแบบถอดโลหะ (metal die) พบว่ามีช่องว่าง

กว้างตั้งแต่ 43.9 ถึง 548.9 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถเกิดการรั่วซึมได้แม้จะใช้ซีเมนต์ชั่วคราวในการยึดแล้วก็ตาม

Pashley และคณะ<sup>5</sup> พบว่าสภาพซึมผ่านได้ของเนื้อฟันมีค่าลดลง เมื่อใช้สารยึด (bonding agent) เคลือบลงบนเนื้อฟันที่ถูกกรอเพื่อรองรับครอบฟัน ผู้วิจัยแนะนำให้ใช้สารยึดเคลือบลงบนเนื้อฟันทันทีหลังจากการกรอเตรียมพื้นเพื่อช่วยปกป้องเนื้อเยื่อในของฟันและป้องกันการแทรกซึมจากแบคทีเรียซึ่งอาจเกาะอยู่บนเนื้อฟันภายใต้การรั่วซึมของครอบฟันชั่วคราวเพราะสารยึดมีประสิทธิภาพของการผนึก (seal) เนื้อฟันในระยะยาว

Inokoshi และคณะ<sup>6</sup> พบว่ากลุ่มที่เนื้อฟันผ่านการเคลือบด้วยสารยึดร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความหนืดต่ำ (low viscosity resin composite) ในระยะสั้น (3 วัน) มีภาวะเลือดคั่งของเนื้อเยื่อใน (pulp hyperemia) ต่ำที่สุดแม้ว่าจะมีความหนาของเนื้อฟันน้อยที่สุด ขณะที่ในระยะยาว (90 วัน) พบว่ามีการสร้างเนื้อฟันเพิ่มขึ้นเพื่อต่อต้านสิ่งระคายเคือง และยังพบว่าในพื้นที่มีการทะลุโพรงเนื้อเยื่อในรูทะลุมีขนาดเล็กและไม่พบกระบวนการอักเสบของเนื้อเยื่อในฟัน ผู้วิจัยแนะนำว่าการเคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดทันทีหลังจากกรอพื้นเป็นวิธีที่มีประโยชน์สำหรับการบูรณะฟันด้วยชิ้นงานที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งช่วยลดการระคายเคืองของเนื้อเยื่อในของฟันจากสิ่งกระตุ้นเชิงกลระหว่างการอุดหรือวัสดุชั่วคราว อุณหภูมิ สารเคมีและแบคทีเรียจากขั้นตอนการพิมพ์แบบ การใส่วัสดุชั่วคราวและการยึดซีเมนต์ถาวร และยังช่วยผนึกรูทะลุโพรงเนื้อเยื่อในขนาดเล็กซึ่งมีโอกาสติดเชื้อระหว่างขั้นตอนต่างๆ ได้

การใช้วัสดุเรซินเคลือบบนเนื้อฟันทันทีหลังจากการกรอเตรียมโพรงฟันเพื่อบูรณะหรือรองรับครอบฟันเรียกว่า “เรซินโคตติง (resin coating) หรือ การผนึกเนื้อฟันทันที (immediate dentin sealing)”<sup>7</sup> จากการศึกษาที่ผ่านมาการใช้เรซินโคตติงร่วมกับเรซินซีเมนต์ ดังนี้

1. สารยึดระบบเซลฟ์เอตช์ (self-etch) หรือทอทอลเอตช์ (total-etch) พบว่ากลุ่มฟันที่เนื้อฟันถูกเคลือบด้วยสารยึดและยึดกับเรซินซีเมนต์ให้ค่ากำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาคสูง และการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มฟันที่เนื้อฟันไม่ได้รับการเคลือบด้วยสารยึดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>8-10</sup> โดย Dagostin และคณะ<sup>11</sup> พบว่าการใช้สารยึดระบบเซลฟ์เอตช์หรือทอทอลเอตช์เคลือบที่เนื้อฟันนั้นให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกัน และการเคลือบ

เนื้อฟันด้วยสารยึดจำนวน 2 ครั้ง จะให้ค่ากำลังแรงยึดดีกว่า การเคลือบเพียงครั้งเดียว<sup>12,13</sup> ส่วน Jayasooriya และคณะ<sup>14</sup> แนะนำให้ใช้สารยึดระบบเซลฟ์เอทซ์เคลือบเนื้อฟัน ซึ่งให้ค่า กำลังแรงยึดดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength) สูงกว่าระบบทอทอลเอทซ์ โดยให้เหตุผลว่าเป็นการยากที่จะ ควบคุมความชื้นให้เหมาะสมขณะเคลือบเนื้อฟันด้วยระบบ ทอทอลเอทซ์นั่นเอง

2. สารยึดร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความหนืดต่ำ พบว่าถ้าใช้สารยึดร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความหนืด ต่ำเคลือบเนื้อฟันก่อนจะส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดดึงของชิ้นงาน มีค่าสูงกว่าเนื้อฟันที่ไม่ผ่านการเคลือบหรือใช้สารยึดเคลือบ เนื้อฟันอย่างเดียว<sup>14-18</sup> Nikaido และคณะ<sup>19</sup> ศึกษาค่า กำลังแรงยึดดึงของเนื้อฟันที่ผ่านการเคลือบเนื้อฟันโดยใช้ สารยึด 4 ชนิดร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความหนืดต่ำ พบว่ากลุ่มที่มีค่ากำลังแรงยึดดึงของเนื้อฟันสูงที่สุด คือกลุ่ม ฟันที่ผ่านการเคลือบเนื้อฟันด้วยสารยึดระบบเซลฟ์เอทซ์ ผลิตภัณฑ์เคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ (Clearfil SE bond) ร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีความหนืดต่ำแล้วยึดกับ พานาเวียเอฟ (Panavia F) นอกจากนี้พบว่าการเคลือบเนื้อ ฟันด้วยวิธีดังกล่าวยังช่วยเพิ่มความหนาของชั้นไฮบริด และ ช่วยให้เนื้อฟันมีความต้านทานต่อกระแสไฟฟ้า (electrical resistance) เพิ่มขึ้น และการแพร่ของความร้อน (thermal diffusion) ลดลง ซึ่งเป็นการป้องกันเนื้อฟันและเนื้อเยื่อใน ของฟันจากสิ่งกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม<sup>20</sup> ทำให้ช่องว่าง ระหว่างรอยต่อของฟันและชิ้นงานน้อยกว่ากลุ่มฟันที่ไม่ผ่าน การเคลือบเนื้อฟัน<sup>21</sup>

3. สารเคลือบเนื้อฟันหรือเรซินโคตทิงสำเร็จรูป เช่น ผลิตภัณฑ์อาร์ซีทู (RZ II) พบว่าการใช้อาร์ซีทูเคลือบเนื้อ ฟันก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดดึง ระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์มากกว่ากลุ่มที่ไม่เคลือบอย่าง มีนัยสำคัญ<sup>22</sup>

จากหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเรซินโคตทิงสามารถ เพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันได้ ซึ่ง การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินโคตทิงเกิดจากการ รวมตัวของมอนอเมอร์เป็นสายโซ่โมเลกุลพอลิเมอร์ โดย ปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนคาร์บอนพันธะคู่ (C=C) ให้เป็นคาร์บอน พันธะเดี่ยว (C-C) ดังนั้นเรซินโคตทิงที่มีการเกิดพอลิเมอร์ แล้วอาจไม่มีคาร์บอนพันธะคู่เหลืออยู่หรือเหลืออยู่น้อยมาก ซึ่งไม่น่าจะเกิดพันธะเคมีกับเรซินซีเมนต์ที่นำมายึดภายหลังได้ อีกทั้งงานวิจัยที่ผ่านมาทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึดของ

เรซินโคตทิงโดยใช้ชิ้นงานทดสอบเป็นรูปนาฬิกาทราย (hourglass)<sup>9,12,14,16,18,22,23</sup> หรือรูปแท่ง (stick)<sup>8,10</sup> ซึ่ง ไม่สามารถควบคุมให้แรงทดสอบลงบริเวณยึดติด (bonding area) ได้และไม่มีการรายงานความล้มเหลวก่อนการทดสอบ (pretest failure) จึงเกิดคำถามว่า “เรซินโคตทิงจะส่งผล ต่อค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันหรือไม่” วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของเรซินโคตทิงต่อ กำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน

## วัสดุและวิธีการ

ผลิตภัณฑ์เรซินโคตทิงไฮบริดโคต (Hybrid coat) และ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 1 แบ่งกลุ่มการ ทดลองเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1. ฟันที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย เรซินโคตทิงและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยพานาเวียเอฟทู (Panavia F 2.0) (non – coat + Panavia) 2. ฟันที่เคลือบ ด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยพานาเวีย เอฟทู (coat + Panavia) 3. ฟันที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย เรซินโคตทิงและยึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยซูเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บี (Superbond C & B) (non-coat + Superbond C & B) และ 4. ฟันที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดกับ แท่งเรซินคอมโพสิตด้วยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (coat + Superbond C & B)

## เตรียมชิ้นเนื้อฟันทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้รับอนุญาตจากคณะกรรมการพิจารณา จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เลขที่ จธ 17/2554 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็น ฟันกรามมนุษย์ที่ไม่มีพยาธิสภาพถูกถอนด้วยเหตุผลทางคลินิก จำนวน 40 ซี่ เก็บรักษาซี่ฟันตามมาตรฐานไอเอสโอ/ทีเอส 11405 (ISO/TS 11405) การตัดแต่งฟันทำโดยยึดซี่ฟันใน แท่นหล่ออีพอกซีเรซิน ตัดด้านบดเคี้ยวออกประมาณ 3 มิลลิเมตรเพื่อเผยให้เห็นเนื้อฟัน (รูปที่ 1a) ด้วยเครื่องตัด ฟันความเร็วต่ำ (Isomet 1000®, Buehler, USA) ที่มีน้ำหล่อ ตลอดเวลาด้วยความเร็ว 450 รอบต่อนาที แรงกด 150 นิวตัน จากนั้นขัดผิวเนื้อฟันด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ความ ละเอียด 600 กริท ด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ (DPS 3200, IMPTECH, South Africa) ภายใต้น้ำหล่อ แล้วทำความสะอาด ผิวเนื้อฟันด้วยการฉีดน้ำและลมพร้อมกันจาก ทริปปเปิลไซริงที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ด้วยระยะ ห่าง 10 มิลลิเมตร เป็นเวลา 10 วินาที

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

Table 1 shows materials used in this study

Material	Product	Batch No.	Composition	Manufacturer
Resin coating	Hybrid coat®	VX1	Methacrylate monomers 50%	Sun Medical Co., Ltd. Moriyama, Japan
			- Methyl methacrylate (MMA)	
			- 4-methacryloxyethyltrimellitic acid anhydride (4-META)	
			- Tris(2-hydroxyethyl)-isocyanurat-triacrylate (THIT)	
			- 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)	
			Acetone < 45%, Water < 25%	
			Polyurethane foam 80%	
			Sodium p-toluenesulfinate (p-TSNa) 10%	
Resin cement	Panavia F 2.0®	051393	Aromatic amine 10%	Kuraray medical, Okayama, Japan
			10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP)	
			Hydrophobic aromatic dimethacrylate	
			Hydrophobic aliphatic dimethacrylate	
			Hydrophillic aliphatic dimethacrylate	
			Silanated silica filler	
			Silanated colloidal silica	
			dl-Camphorquinone	
			Catalyst, Initiators	
			Hydrophobic aromatic dimethacrylate	
			Hydrophobic aliphatic dimethacrylate	
			Hydrophillic aliphatic dimethacrylate	
			Silanated barium glass filler	
			Surface treated sodium fluoride	
			Catalysts, Accelerators, Pigments	

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย (ต่อ)

Table 1 shows materials used in this study (continue)

Material	Product	Batch No.	Composition	Manufacturer
Resin composite	Filtek Z250®	N260175	ED primer II	3M ESPE, USA
			- Liquid A	
			2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)	
			10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP)	
			N-Methacryloyl-5-aminosalicylic acid	
			Accelerators, Water	
			- Liquid B	
			N-Methacryloyl-5-aminosalicylic acid	
			Water, Catalysts, Accelerators	
			Oxyguard II	
Superbond C & B®	EW2		Glyceron, Polyethyleneglycol, Catalysts, Accelerators, Dyes	Sun Medical Co., Ltd. Moriyama, Japan
			Monomer	
			Methyl methacrylate (MMA)	
			4-methac-ryloxyethyltrimellitic acid anhydride (4-META)	
			Poly (Methyl methacrylate) (PMMA)	
			Metal oxides	
			Catalyst V	
			Partially oxidized tri-n-butylborane (TBB-O)	
			Hydrocarbon	
			Green activator	
Resin composite	Filtek Z250®	N260175	Citric acid (H <sub>2</sub> O), ferric chloride(6H <sub>2</sub> O), water	3M ESPE, USA
			Silane treated ceramic	
			Bisphenol a polyethylene glycol dietherdimethacrylate (BISEMA6),	
			Diurethanedimethacrylate (UDMA)	
			Bisphenol a diglycidyl ether dimethacrylate (BISGMA)	
			Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)	
			Benzotriazol	
			Ethyl 4-dimethyl aminobenzoate (EDMAB)	

### เคลือบเนื้อฟันด้วยเรซินโคติง

แบ่งฟันที่ถูกตัดแล้วออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มแรกไม่ผ่านการเคลือบเนื้อฟัน กลุ่มที่เหลือ เคลือบเนื้อฟันด้วยเรซินโคติงไฮบริดโคต โดยเป่าเนื้อฟันให้แห้งด้วยลมที่ปราศจากละอองน้ำมัน หยดส่วนเหลว (base) ของเรซินโคติงลงในถาดหลุม ใช้ฟองน้ำ (coat sponge) ชุบส่วนเหลวและทาให้ทั่วเนื้อฟัน 2 รอบ ทิ้งไว้ 20 วินาที เป่าลมเบาๆ 10 วินาที ฉายแสง 10 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสง (Elipar™ S10, 3M ESPE, USA) ซึ่งมีความเข้มแสง 1200 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เก็บฟันไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำฟันทั้ง 2 กลุ่มไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm scientific Ltd., New Zealand) ที่ 37 องศาเซลเซียส ด้วยความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

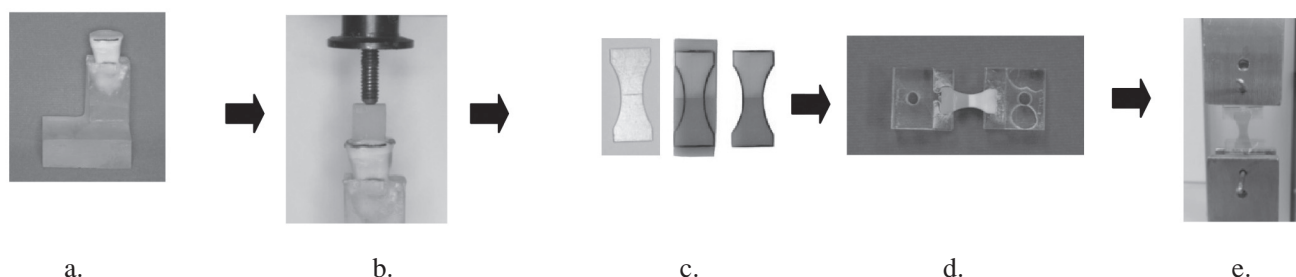
### เตรียมแท่งเรซินคอมโพสิต

อุดเรซินคอมโพสิต (Filtek Z250®, 3M ESPE, USA) ลงในแม่แบบซิลิโคนขนาด 5 x 7 x 8 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยอุดทีละชั้นและหนาชั้นละไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงชั้นละ 20 วินาที แกะชิ้นงานออกจากแม่แบบซิลิโคนแล้วฉายแสงด้านที่จะยึดกับเนื้อฟันอีก

20 วินาที จากนั้นขัดผิวด้านที่จะยึดกับเนื้อฟันให้เรียบด้วยกระดาษซิลิกอนคาร์ไบด์ความละเอียด 600 กริตแล้วพ่นด้วยอนุภาคอลูมิเนียมออกไซด์ ( $Al_2O_3$ ) ขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ความดัน 0.1 เมกะปาสคาล ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร นาน 5 วินาที จากนั้นทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่นในเครื่องอัลตราโซนิค (ultrasonic cleaner, Model UGT-1990QTD, China) เป็นเวลา 2 นาที เป่าชิ้นงานให้แห้งด้วยลมที่ปราศจากละอองน้ำมันและเก็บชิ้นงานในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดเพื่อรอใช้ในขั้นตอนต่อไป

### ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตและเนื้อฟันทดสอบด้วยเรซินซีเมนต์

แบ่งฟันที่ผ่านการเคลือบเนื้อฟันด้วยเรซินโคติงเป็น 2 กลุ่ม และไม่ผ่านการเคลือบเนื้อฟันเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 10 ซี่ แล้วนำมายึดกับแท่งเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์ 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ซุปเปอร์บอนด์ซีเอนด์บีและพานาเวียเอฟทู กำหนดความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์โดยใช้เทปกาวหน้าเดียวที่มีความหนาประมาณ 80 ไมโครเมตร และไม่ทำปฏิกิริยากับเรซินซีเมนต์ โดยปิดเทปกาวลงบนเนื้อฟันและเว้นช่องตรงกลางไว้เพื่อเป็นที่อยู่ของเรซินซีเมนต์ ผสมเรซินซีเมนต์ตามวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำจากนั้นยึดแท่งเรซินคอมโพสิต



**รูปที่ 1** แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานและการทดสอบค่ากำลังแรงยึดติด a) ซี่ฟันที่ส่วนรากฝังในแท่นอีพอกซีเรซิน และได้รับการตัดด้านบดเคี้ยวออกเพื่อเผยส่วนเนื้อฟัน b) ยึดแท่งเรซินคอมโพสิตเข้ากับเนื้อฟันด้วยเรซินซีเมนต์ c) เตรียมชิ้นทดสอบให้มีรูปร่างแบบมินิดัมเบลล์ d) ยึดชิ้นทดสอบมินิดัมเบลล์ด้วยแผ่นพลาสติกใส e) ตรึงชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบแรงแบบสากล

**Fig. 1** shows the specimen preparation process and tensile bond strength testing: a) the tooth that root portion embedded in epoxy resin and the occlusal surface was cut to expose dentin. b) resin composite block was luted to dentin surface with resin cement. c) the specimen was prepared into the mini-dumbbell shape. d) the specimen was attached with clear acrylic plate. e) The specimen was fixed to Universal testing machine.

เข้ากับเนื้อฟันด้วยเรซินซีเมนต์โดยขอบของแท่งคอมโพสิต ทั้งสี่ด้านจะวางทับอยู่บนเทปกาว กดแท่งคอมโพสิตด้วยค้อน น้ำหนัก 1 กิโลกรัม (รูปที่ 1b) เป็นเวลา 10 นาที สำหรับ กลุ่มที่ใช้พานาเวียเอฟทู ได้ทำการฉายแสงบริเวณรอยต่อทั้ง สี่ด้าน ด้านละ 20 วินาที เก็บชิ้นงานทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานเก็บ ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

### เตรียมชิ้นทดสอบมินิคมเบลล์

ตัดชิ้นงานขนาด 1 มม. ด้วยเครื่องตัดฟันที่มี น้ำหล่อตลอดเวลา ความเร็ว 450 รอบต่อนาที แรงกด 150 นิวตัน ให้ได้ชิ้นงานสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดหนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 5.7 มิลลิเมตร ใช้แม่แบบโลหะมินิคมเบลล์ เป็นแม่แบบ โดยวางแม่แบบโลหะบนชิ้นงานแล้วใช้ดินสอปลายแหลม วาดรูปมินิคมเบลล์ขนาดความสูง 13.2 มิลลิเมตร กว้าง 5.7 มิลลิเมตร บริเวณรอยต่อตรงกลางกว้าง 3 มิลลิเมตร ผิวด้าน ข้างตั้งฉากกับบริเวณรอยต่อสูง 1.2 มิลลิเมตร แบ่งเป็นความสูง ในชั้นคอมโพสิต 0.6 มิลลิเมตร และความสูงในเนื้อฟัน 0.6 มิลลิเมตร จากนั้นโค้งไปตามรัศมีของวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร (รูปที่ 1c) กรอแต่งโดยใช้หัวกรออากาศเพชรรูป ทรงกระบอกด้วยเครื่องกรอฟันชนิดความเร็วสูงที่มีน้ำหล่อ ตลอดเวลา ตรวจสอบขนาดด้วยเวอร์เนียแคลิเปอร์ดิจิตอล (Absolute Digimatic, Intro TSC Co., Ltd., Japan) ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ชิ้นทดสอบ มินิคมเบลล์ดังรูปที่ 1c

### การทดสอบค่ากำลังแรงยึดติด

ประกอบปลายชิ้นทดสอบมินิคมเบลล์ปลายทั้งสองด้าน ด้วยแผ่นพลาสติกโดยใช้กาวอัลฟาไซยาโนอะคริเลต ( $\alpha$ -Cyanoacrylate, Kato, Japan) รวจนกาวแห้งสนิท (รูปที่ 1d) ทดสอบกำลังแรงยึดติดด้วยเครื่องทดสอบแรงแบบสากล (Shimadzu, model 99-FM-00-02, UK) ความเร็วหัวจับ (cross-head speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที (รูปที่ 1e) บันทึก ค่ากำลังแรงยึดติดเป็นหน่วยเมกะปาสคาล นำชิ้นทดสอบที่ ผ่านการดึงไปตรวจสอบรูปแบบความล้มเหลวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, JSM-5410LV, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 35 เท่า

### ผลการทดลอง

#### ค่ากำลังแรงยึดติด

ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์แสดง ในตารางที่ 2 โดยพบว่ากลุ่มที่ไม่เคลือบและเคลือบเรซินโคตทิง แล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู มีค่าเท่ากับ  $9.59 \pm 3.65$  และ  $5.54 \pm 2.07$  เมกะปาสคาล ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ไม่ เคลือบและเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ ซีแอนด์บีมีค่าเท่ากับ  $17.03 \pm 2.93$  และ  $8.81 \pm 3.85$  เมกะ ปาสคาล ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าการ กระจายแบบปกติ และวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลโดย ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one way ANOVA) พบว่าค่ากำลังแรงยึดติดของกลุ่มฟันที่ไม่เคลือบด้วย

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์

Table 2 shows the means and standard deviations of tensile bond strength between dentin and resin cements.

Resin coating	Resin cement	N	Mean (MPa)	Std. Deviation
G1: Non-coating group	Panavia F 2.0	10	9.59 <sup>a</sup>	3.65
G2: Coating group	Panavia F 2.0	10	5.54 <sup>b</sup>	2.07
G3: Non-coating group	Superbond C & B	10	17.03 <sup>c</sup>	2.93
G4: Coating group	Superbond C & B	10	8.81 <sup>a,b</sup>	3.85

Same superscript letter means not significantly different ( $p > 0.05$ ).

เรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (กลุ่มที่ 3) ซึ่งมีค่าสูงที่สุด แตกต่างจากค่ากำลังแรงยึดติดของกลุ่มที่เหลืออีก 3 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างกลุ่มที่ไม่เคลือบ (กลุ่มที่ 1) และเคลือบด้วยเรซินโคตทิง (กลุ่มที่ 2) แล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เช่นกัน ส่วนค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างกลุ่มที่ไม่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู (กลุ่มที่ 1) กับกลุ่มพื้นที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (กลุ่มที่ 4) และค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างกลุ่มที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู (กลุ่มที่ 2) กับกลุ่มที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (กลุ่มที่ 4) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### ความล้มเหลว

ความล้มเหลวภายหลังการทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 2-5 พบว่ากลุ่มที่ไม่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดด้วยพานาเวียเอฟทู (non - coat + Panavia) หรือยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (non - coat + Superbond C & B) ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นยึดและมีเรซินซีเมนต์หลงเหลือบนเนื้อฟัน (partial

adhesive failure, where remnants of resin cement remained on dentin surface) โดยคิดเป็นร้อยละ 70 กลุ่มพื้นที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงยึดด้วยพานาเวียเอฟทู (coat + Panavia) หรือยึดด้วยซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (coat + Superbond C & B) ส่วนใหญ่เกิดความล้มเหลวระหว่างชั้นเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์ โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลือบนชั้นเรซินโคตทิง (partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on coated dentin surface) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 และ 70 ตามลำดับ

### วิจารณ์

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดเป็นวิธีการประเมินประสิทธิภาพของสารยึดที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถประเมินสมบัติด้านการยึดติดของวัสดุ และทำนายผลระยะยาวเมื่ออยู่ในสภาพใช้งานในช่องปากได้ โดยงานวิจัยนี้ใช้การทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดจากชิ้นงานรูปดัมเบลล์ตามแบบของ Nakabayashi<sup>24</sup> โดยมีหลักการว่ารูปร่างของชิ้นงานทดสอบต้องไม่เหนี่ยวนำให้เกิดความล้มเหลวที่เนื้อฟัน Nakabayashi ได้เสนอชิ้นงานทดสอบรูปดัมเบลล์ โดยยึดตามมาตรฐานสากลไอเอสโอ/ทีซี 106 (ISO/TC 106) ว่า

ตารางที่ 3 แสดงความล้มเหลวภายหลังการทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์

Table 3 shows the mode of failure after tensile bond strength testing between dentin and resin cements.

Resin coating	Resin cement	mode of failure (%)				
		A	B	C	D	E
G1: Non-coating	Panavia F 2.0	10	70	20		
G2: Coating	Panavia F 2.0				40	60
G3: Non-coating	Superbond C & B		70	30		
G4: Coating	Superbond C & B				30	70

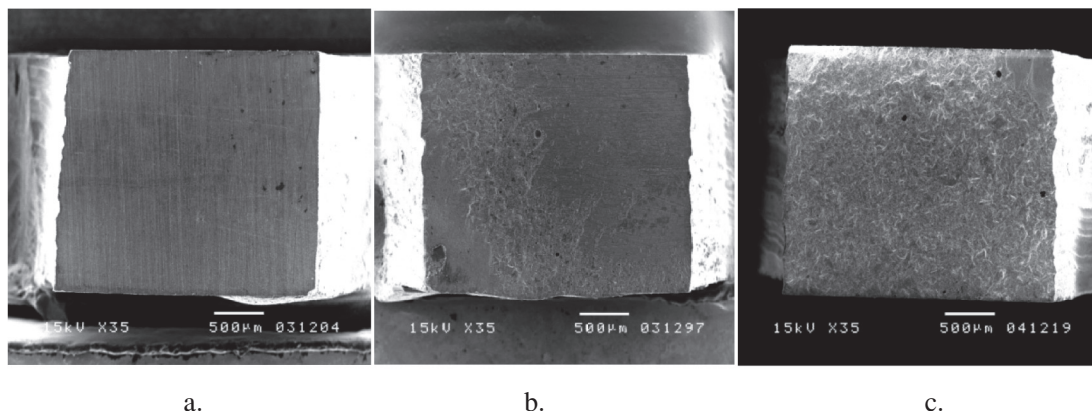
A : Complete adhesive failure at dentin/resin cement interface

B : Partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on dentin surface

C : Cohesive failure within resin cement

D : Complete adhesive failure at resin coating/resin cement

E : Partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on coated dentin surface



**รูปที่ 2** แสดงลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบด้านที่เป็นเนื้อฟัน เมื่อไม่มีการเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดชิ้นทดสอบด้วยพานาเวียเอฟทู โดย a) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์อย่างสมบูรณ์ b) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่บนเนื้อฟัน c) ความล้มเหลวเกิดในชั้นเรซินซีเมนต์

**Fig. 2** shows failure modes of specimens at dentin site when dentin was not coated with resin coating and then bonded with Panavia F 2.0 : a) complete adhesive failure at dentin/resin cement interface, b) partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on dentin surface and c) cohesive failure within resin cement.

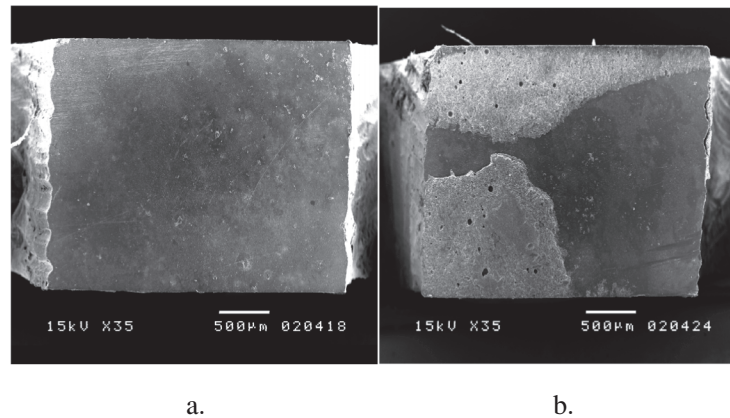
ด้วยการวัดค่ากำลังแรงยึดติดของเนื้อฟันมนุษย์ โดยเตรียมชิ้นงานทดสอบจากฟันวัวให้มีลักษณะความสอดคล้องรอยต่อของสารยึดติดกับเนื้อฟันมีพื้นที่หน้าตัด 7 x 2 ตารางมิลลิเมตร ทำให้สามารถควบคุมแรงที่กระทำบริเวณยึดติดและก่อให้เกิดความล้มเหลวที่รอยต่อของชั้นยึดติด (adhesive failure) ได้ แต่เนื่องจากซี่ของฟันมนุษย์มีขนาดเล็ก ดังนั้น Nakabayashi และคณะ<sup>25</sup> จึงปรับปรุงขนาดชิ้นงานทดสอบโดยย่อขนาดให้เล็กลงเหลือพื้นที่หน้าตัดบริเวณยึดติดเพียง 3 x 2 ตารางมิลลิเมตร แต่ยังคงลักษณะรูปร่างแบบเดิม เรียกว่ามินิเดมเบลล์ ซึ่ง Sano และคณะ<sup>26</sup> พบว่าชิ้นทดสอบมินิเดมเบลล์ทำให้ได้ค่ากำลังแรงยึดติดสูงโดยไม่เกิดความล้มเหลวในเนื้อฟันและความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดที่บริเวณชั้นยึดติด โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การทดสอบกำลังแรงยึดของวัสดุกับฟันตามมาตรฐาน ไอเอสโอ/ทีเอส 11405 (ISO/TS 11405)<sup>27</sup> ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บฟันจนถึงการทดสอบกำลังแรงยึดติด

เรซินโคตทิงผลิตภัณฑ์ไฮบริดโคต จัดอยู่ในประเภทเซลฟ์เอทช์แบบขั้นตอนเดียวซึ่งประกอบด้วยสารยึดและชั้นฟองน้ำที่เคลือบด้วยสารกระตุ้นร่วม (co-activator) ชนิดฟิโทลูอินซัลไฟเนต (*p*-toluenesulfinate) และอะโรมาติกเอมีน (aromatic amine) ซึ่งเป็นสารสำคัญของการเกิดพอลิเมอร์

การใช้เรซินโคตทิงเคลือบเนื้อฟันหลังกรอแต่งฟันเสร็จก่อนที่ จะทำการพิมพ์แบบ Nikaido และคณะ<sup>22</sup> รายงานว่าชั้นเรซินโคตทิงมีความหนาเพียง 5-6 ไมโครเมตร จึงไม่มีผลต่อความแนบของครอบฟัน

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการลดปัจจัยการปนเปื้อนจากวัสดุชั่วคราว จึงไม่ได้รวมขั้นตอนการอุดด้วยวัสดุชั่วคราวไว้ด้วย

จากผลการวิจัยนี้พบว่าค่ากำลังแรงยึดติดกลุ่มควบคุมระหว่างเนื้อฟันกับพานาเวียเอฟทูมีค่าเท่ากับ  $9.59 \pm 3.65$  เมกะปาสคาล ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Okuda และคณะ<sup>18</sup> ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $9.0 \pm 3.9$  เมกะปาสคาล ขณะที่ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับซูเปอร์บอนด์ซีเอนด์บีมีค่าเท่ากับ  $17.03 \pm 2.93$  เมกะปาสคาล ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตที่รายงานว่ามีความแข็งแรงเท่ากับ 17 เมกะปาสคาล<sup>28</sup> และผลจากการศึกษาของ Nakabayashi และคณะ<sup>29</sup> ที่มีค่า  $14.2 \pm 4.2$  เมกะปาสคาล สรุปได้ว่าค่ากำลังแรงยึดติดสูงที่สุดของการศึกษานี้ ได้แก่ ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับซูเปอร์บอนด์ซีเอนด์บี รองลงมา ได้แก่ ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับพานาเวียเอฟทู โดยความล้มเหลวภายหลังการทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเนื้อ



**รูปที่ 3** แสดงลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบด้านที่เป็นเนื้อฟัน เมื่อเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดชิ้นทดสอบด้วยพานาเวียเอฟทู โดย a) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์อย่างสมบูรณ์ b) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่บนเรซินโคตทิง

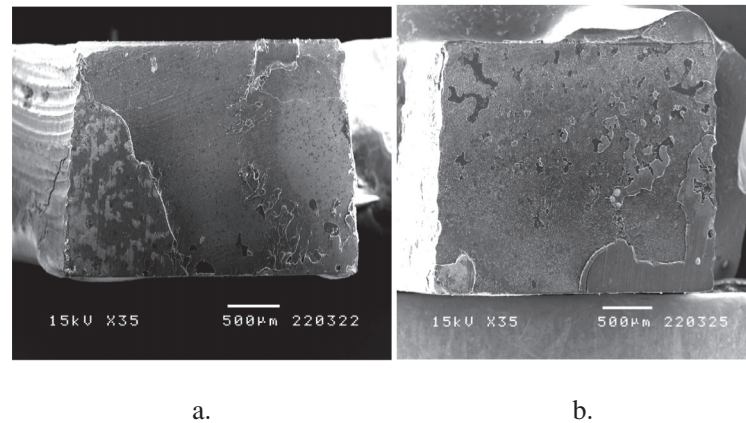
**Fig. 3** shows failure modes of specimens at dentin site when dentin was coated with resin coating and then bonded with Panavia F 2.0: a) complete adhesive failure at resin coating/resin cement and b) partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on coated dentin surface.

ฟันกับซุเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ไม่เกิดในชั้นยึดแบบสมบูรณ์ระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (complete adhesive failure at dentin/resin cement interface) เลย ในขณะที่ความล้มเหลวระหว่างเนื้อฟันกับพานาเวียเอฟทูเกิดในชั้นยึดแบบสมบูรณ์ระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร้อยละ 10 ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าซุเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเป็นเรซินซีเมนต์ระบบทอเทอท์ ซึ่งสารยึดระบบทอเทอท์เกิดการยึดติดกับเนื้อฟันโดยการแทรกซึมของมอนอเมอร์ลงไปในท่อเนื้อฟันและโครงร่างคอลลาเจนในเนื้อฟันที่ถูกกัดด้วยกรดเกิดเป็นชั้นไฮบริดซึ่งเป็นการยึดกับฟันแบบจุลกลศาสตร์ (micromechanical interlocking)<sup>30-32</sup> ส่วนพานาเวียเอฟทูใช้อีทีไพโรเมอร์ซึ่งเป็นสารปรับสภาพระบบเซลล์เอทท์ โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2.4 ซึ่งสามารถละลายชั้นสเมียร์และเนื้อฟันได้เพียงบางส่วน ดังนั้นชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นอาจมีความหนาน้อยกว่าระบบทอเทอท์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าความหนาของชั้นไฮบริดไม่ได้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อค่ากำลังแรงยึด แต่ซุเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง (self-cured) เมื่อเกิดการก่อตัวแล้วโครงสร้างโมเลกุลเป็นเชิงเส้น (linear chain) แตกต่างจากพานาเวียเอฟทูเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบ (dual-cured) และเมื่อเกิดการก่อตัวแล้วโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบเชื่อมขวาง (cross linking) ดังนั้นจึงเกิดแรงเค้น

(stress) ที่บริเวณชั้นยึดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์มากกว่าซุเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ซึ่งส่งผลต่อรูปแบบของความล้มเหลวได้

ผลการวิจัยนี้ยังพบว่าค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มฟันที่เคลือบเนื้อฟันด้วยเรซินโคตทิงมีค่าต่ำกว่ากลุ่มฟันที่ไม่เคลือบเนื้อฟันแล้วยึดด้วยเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิด และความล้มเหลวของกลุ่มฟันที่เคลือบด้วยเรซินโคตทิงส่วนใหญ่เกิดระหว่างชั้นเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์ แสดงว่าค่ากำลังแรงยึดดึงของชั้นไฮบริดระหว่างเรซินโคตทิงและเนื้อฟันมีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างเรซินโคตทิงและเรซินซีเมนต์ ซึ่งอาจเป็นเพราะพอลิเมอร์ และมอนอเมอร์ จากเรซินซีเมนต์ที่แทรกเข้าไประหว่างโครงข่ายพอลิเมอร์ของเรซินโคตทิงมีแรงยึดกันน้อยกว่าชั้นไฮบริดที่ยึดระหว่างเรซินโคตทิงและเนื้อฟัน นอกจากนี้เรซินโคตทิงซึ่งเกิดการก่อตัวแล้วอาจทำปฏิกิริยาหรือเกิดพันธะเคมีกับเรซินซีเมนต์ได้น้อยมาก

การยึดติดระหว่างเรซินโคตทิงและเรซินซีเมนต์ เกิดจากมอนอเมอร์ของเรซินซีเมนต์สามารถละลายพอลิเมทิลเมทาคริเลต (polymethylmethacrylate, PMMA) ของเรซินโคตทิง ทำให้เกิดการบวมตัว (swelling) ของโครงข่ายพอลิเมอร์ (polynetwork) และมอนอเมอร์จากเรซินซีเมนต์สามารถแทรกซึมเข้าไประหว่างโครงข่ายพอลิเมอร์ของเรซินโคตทิง



**รูปที่ 4** แสดงลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบด้านที่เป็นเนื้อฟัน เมื่อไม่มีการเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดชิ้นทดสอบด้วยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี โดย a) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่บนเนื้อฟัน b) ความล้มเหลวเกิดในชั้นเรซินซีเมนต์

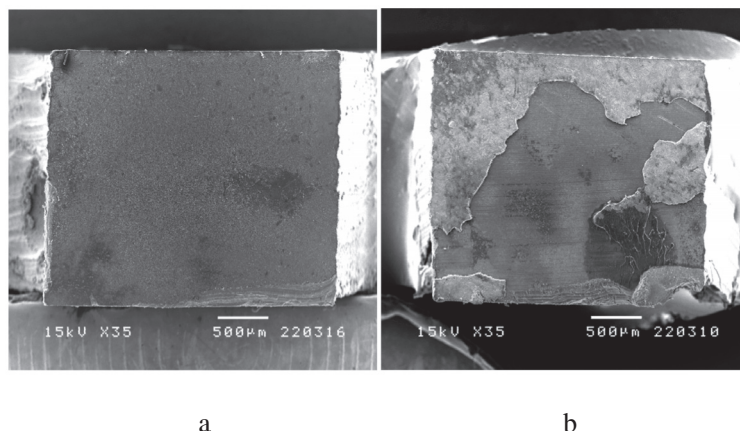
**Fig. 4** shows failure modes of specimens at dentin site when dentin was not coated with resin coating and then bonded with Superbond C & B: a) partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on dentin surface and b) cohesive failure within resin cement.

เกิดการสานไขว้กันของสายโซ่พอลิเมอร์ (interpenetrating polymer network (IPN)) เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์การละลายไฮลด์แบรนต์ (Hildebrand solubility parameter) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการละลายเข้ากันได้ของวัสดุพบว่าพอลิเมทิลเมทาคริเลตมีค่า  $18.3 \text{ MPa}^{1/2}$  เมทิลเมทาคริเลต (methylmethacrylate) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของมอนอเมอร์ ของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่า  $18.0 \text{ MPa}^{1/2}$ ,<sup>33</sup> ไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลต (hydroxyethyl-methacrylate) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอีดีไพรเมอร์ (ED primer) ของพานาเวีย เอฟทูมีค่า  $20 \text{ MPa}^{1/2}$  จะเห็นได้ว่ามอนอเมอร์ของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี อีดีไพรเมอร์ของพานาเวียเอฟทู และพอลิเมทิลเมทาคริเลตของไฮบริดโคตมีค่าพารามิเตอร์การละลายไฮลด์แบรนต์ใกล้เคียงกัน ตัวทำละลายของเรซินซีเมนต์ ทั้ง 2 ชนิดจึงสามารถละลายพอลิเมทาคริเลตของไฮบริดโคตได้ โดยที่ค่าพารามิเตอร์การละลายไฮลด์แบรนต์ของพอลิเมทาคริเลตของไฮบริดโคตมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์การละลายของมอนอเมอร์ของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเมื่อเทียบกับค่าพารามิเตอร์การละลายของอีดีไพรเมอร์ของพานาเวียเอฟทู ดังนั้นมอนอเมอร์ของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีจึงสามารถละลายและเกิดการแทรกซึมเข้าไประหว่างโครงข่ายพอลิเมทาคริเลตของไฮบริดโคตได้ดีกว่าอีดีไพรเมอร์ ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่าง

ไฮบริดโคตกับซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีสูงกว่า ค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างไฮบริดโคตและพานาเวียเอฟทู แต่อย่างไรก็ตามความล้มเหลวที่พบว่าเนื้อฟันยังถูกปกคลุมด้วยเรซินโคตทิงนั้นอาจเป็นข้อดีที่เนื้อฟันยังมีสิ่งป้องกันจากสิ่งกระตุ้นต่างๆ เช่น สารเคมี ชีวโมเลกุล และป้องกันการเปลี่ยนแปลงของเหลวในท่อเนื้อฟันจากอุณหภูมิและความดัน ซึ่งทำให้เกิดอาการเสียวฟัน แม้ว่าจากงานวิจัยนี้การเคลือบเนื้อฟันด้วยเรซินโคตทิงก่อนการยึดด้วยเรซินซีเมนต์จะไม่ได้ทำให้ค่ากำลังแรงยึดติดเพิ่มสูงขึ้นก็ตาม แต่พบว่าการเคลือบเนื้อฟันหลังการกรอแต่งอย่างเหมาะสมก็มีความสำคัญ เช่นกัน เพราะสารที่เคลือบสามารถปกป้องเนื้อฟันและเนื้อเยื่อของฟันได้ โดยมีรายงานว่าการใช้การใช้เรซินโคตทิง ช่วยป้องกันการร่วซึมตามขอบของครอบฟันโลหะ และยังช่วยลดการระคายเคืองของเนื้อเยื่อของฟันและอาการเสียวฟันภายหลังการรักษาได้อีกด้วย<sup>34</sup>

## สรุป

การใช้เรซินโคตทิงเคลือบลงบนเนื้อฟันหลังจากกรอเตรียมเนื้อฟันก่อนยึดด้วยเรซินซีเมนต์ 2 ชนิด ซึ่งได้แก่ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีและพานาเวียเอฟทูทำให้ค่ากำลังแรงยึดติดต่ำกว่าเนื้อฟันที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยเรซินโคตทิงมาก่อน



**รูปที่ 5** แสดงลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบด้านที่เป็นเนื้อฟัน เมื่อเคลือบด้วยเรซินโคตทิงแล้วยึดชิ้นทดสอบด้วย ซุปเปอร์บอนด์ซีเอนด์บี โดย a) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์อย่างสมบูรณ์ b) ความล้มเหลวเกิดระหว่างเรซินโคตทิงกับเรซินซีเมนต์โดยมีเรซินซีเมนต์หลงเหลืออยู่บนเรซินโคตทิง

**Fig. 5** shows failure modes of specimens at dentin site when dentin was coated with resin coating and then bonded with Superbond C & B: a) complete adhesive failure at resin coating/resin cement and b) partial adhesive failure, where remnants of resin cement remained on coated dentin surface.

### เอกสารอ้างอิง

- Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. Arch Oral Biol. 1976;21:355-62.
- Brännström M, Aström A. The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. Int Dent J. 1972;22:219-27.
- Bender IB, Seltzer S, Kaufman IJ. Infectibility of the dental pulp by way of dental tubules. J Am Dent Assoc. 1959;59:466-71.
- Ehrenberg DS, Weiner S. Changes in marginal gap size of provisional resin crowns after occlusal loading and thermal cycling. J Prosthet Dent. 2000; 84:139-48.
- Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF. Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. Oper Dent. 1992;17:13-20.
- Inokoshi S, Shimada Y, Fujitani M, Otsuki M, Shono T, Onoe N, et al. Monkey pulpal response to adhesively luted indirect resin composite inlays. Oper Dent. 1995;20:111-8.
- Magne P. Immediate dentin sealing: a fundamental procedure for indirect bonded restorations. J Esthet Restor Dent. 2005;17:144-54; discussion 55.
- Islam MR, Takada T, Weerasinghe DS, Uzzaman MA, Foxton RM, Nikaido T, et al. Effect of resin coating on adhesion of composite crown restoration. Dent Mater J. 2006;25:272-9.
- Magne P, So WS, Cascione D. Immediate dentin sealing supports delayed restoration placement. J Prosthet Dent. 2007;98:166-74.
- 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;102:1-9.
- Dagostin A, Ferrari M. Effect of resins sealing of dentin on the bond strength of ceramic restorations. Dent Mater. 2002;18:304-10.
- Takahashi R, Nikaido T, Ariyoshi M, Foxton RM, Tagami J. Microtensile bond strengths of a dual-cure resin cement to dentin resin-coated with an all-in-one adhesive system using two curing modes. Dent Mater J. 2010;29:268-76.

13. Bertschinger C, Paul SJ, Luthy H, Scharer P. Dual application of dentin bonding agents: effect on bond strength. *Am J Dent.* 1996;9:115-9.
14. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T, Tagami J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. *J Esthet Restor Dent.* 2003;15:105-13; discussion 13.
15. Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Tagami J. Effect of resin-coating technique on dentin tensile bond strengths over 3 years. *J Esthet Restor Dent.* 2002;14:115-22.
16. Sultana S, Nikaido T, Matin K, Ogata M, Foxton RM, Tagami J. Effect of resin coating on dentin bonding of resin cement in Class II cavities. *Dent Mater J.* 2007;26:506-13.
17. Duarte RM, de Goes MF, Montes MA. Effect of time on tensile bond strength of resin cement bonded to dentine and low-viscosity composite. *J Dent.* 2006;34:52-61.
18. Okuda M, Nikaido T, Maruoka R, Foxton RM, Tagami J. Microtensile bond strengths to cavity floor dentin in indirect composite restorations using resin coating. *J Esthet Restor Dent.* 2007;19:38-46; discussion 47-8.
19. Nikaido T, Cho E, Nakajima M, Tashiro H, Toba S, Burrow MF, et al. Tensile bond strengths of resin cements to bovine dentin using resin coating. *Am J Dent.* 2003;16 Spec No:41A-46A.
20. Momoi Y, Akimoto N, Kida K, Yip KH, Kohno A. Sealing ability of dentin coating using adhesive resin systems. *Am J Dent.* 2003;16:105-11.
21. Jayasooriya PR, Pereira PN, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J. The effect of a "resin coating" on the interfacial adaptation of composite inlays. *Oper Dent.* 2003;28:28-35.
22. Nikaido T, Nakaoki Y, Ogata M, Foxton R, Tagami J. The resin-coating technique. Effect of a single-step bonding system on dentin bond strengths. *J Adhes Dent.* 2003;5:293-300.
23. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent.* 2005;94:511-9.
24. Nakabayashi N. Importance of mini-dumbbell specimen to access tensile strength of restored dentine: historical background and the future perspective in dentistry. *J Dent.* 2004;32:431-42.
25. Nakabayashi N, Watanabe A, Arao T. A tensile test to facilitate identification of defects in dentine bonded specimens. *J Dent.* 1998;26:379-85.
26. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater.* 1994;10:236-40.
27. International Organization for standardization (ISO), Technical specification, second edition, ISO/TS 11405. Dental materials-testing of adhesion to tooth structure, 2003.
28. Sun medical CO., LTD., Product & practice information Vol. 2.1 Dental adhesive resin cement, Superbond C & B, Basic and clinical application, 2000: 9.
29. Nakabayashi N, Watanabe A, Ikeda W. Intra-oral bonding of 4-META/MMA-TBB resin to vital human dentin. *Am J Dent.* 1995;8:37-42.
30. 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.
31. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* 1955;34:849-53.
32. Gwinnett AJ, Matsui A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel and adhesive. *Arch Oral Biol.* 1967;12:1615-20.
33. John Burke (1984). Part 2. Hildebrand Solubility Parameter. (<http://sul-server-2.stanford.edu/byauth/burke/solpar/>). Retrieved 2007-11-20.
34. Kosaka S, Kajihara H, Kurashige H, Tanaka T. Effect of resin coating as a means of preventing marginal leakage beneath full cast crowns. *Dent Mater J.* 2005;24:117-22.

# Effect of resin coating on tensile bond strength between resin cements and dentin

Krissana Banyatsrisakul D.D.S.<sup>1</sup>

Niyom Thamrongananskul D.D.S., Ph.D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate student, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

<sup>2</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

---

## Abstract

**Objective** To study the effect of a resin coating on tensile bond strength between resin cements and dentin

**Materials and methods** Forty extracted human molars were ground to flatten dentin surface using low speed cutting machine and finished by 600-grit silicon carbide paper. The teeth were divided into 4 groups; 1) freshly dentin without coating was bonded with Panavia F 2.0, 2) dentin was coated by resin coating and bonded with Panavia F 2.0, 3) freshly dentin without coating was bonded with Superbond C & B, and 4) dentin was coated by resin coating and bonded with Superbond C & B. After storage at 100% relative humidity and 37°C for 24 hours, all bonded teeth were prepared to mini-dumbbell specimens. The tensile bond strength was performed using universal testing machine at cross-head speed 0.5 mm/min. Data were statistically analyzed by one-way ANOVA.

**Results** The tensile bond strengths of group 1 and 2 were  $9.59 \pm 3.65$  and  $5.54 \pm 2.07$  MPa, respectively. While those of group 3 and 4 were  $17.03 \pm 2.93$  and  $8.81 \pm 3.85$  MPa, respectively. The highest tensile bond strength was found in group 3 and it was significantly different to other three groups ( $p < 0.05$ ). The tensile bond strengths between group 1 and 2 were significantly different ( $p < 0.05$ ). On the other hand, there was no significant difference between bond strengths of group 1 and 4 as well as between group 2 and 4 ( $p > 0.05$ ). For failure mode, 70% of specimens in group 1 and group 3 showed partial adhesive failure with remnants of resin cement remained on dentin surface. While 60% of specimens in group 2 and 70% of those in group 4 demonstrated partial adhesive failure with remnants of resin cement remained on coated dentin surface.

**Conclusion** Both Panavia F 2.0 and Superbond C & B showed higher tensile bond strength on Freshly dentin than coated dentin.

(CU Dent J. 2014;37:25–38)

**Key words:** mini-dumbbell; resin cement; resin coating; tensile bond strength

---

**Correspondence** to Niyom Thamrongananskul, niyom.t@chula.ac.th