

# ความต้านทานการแตกหักในฟันคลองรากไม่กลมที่บูรณะด้วยระบบเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่แตกต่างกัน

## Fracture Resistance of Non-circular Root Canal Teeth Restored with Different Fiber-reinforced Composite Post Systems

วีรณัฐ ทองงาม<sup>1</sup>, อิศราวัลย์ บุญศิริ<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
<sup>2</sup>ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
Weeranuch Thong-ngarm<sup>1</sup>, Issarawan Boonsiri<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Master degree student (Prosthodontics),  
<sup>2</sup>Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

ชม.ทันตสาร 2554; 32(2) : 81-91  
CM Dent J 2011; 32(2) : 81-91

### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานการแตกหักและรูปแบบที่เกิดการแตกหักของฟันกรามน้อยที่มีรูปร่างคลองรากไม่กลมหลังการบูรณะด้วยระบบเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่แตกต่างกัน **วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ:** ฟันมนุษย์ซี่กรามน้อยคลองรากฟันเดี่ยวที่มีรูปร่างหน้าตัดไม่กลมจำนวน 40 ซี่ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ โดยการสุ่ม ตัดส่วนตัวฟันที่ตำแหน่งเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 1 (Var) ยึดเดือยฟันไฟเบอร์เคลียร์ด้วยเวริโอลิงค์ทูเรซินซีเมนต์ กลุ่มที่ 2 (Ref) ใช้เดือยฟันไฟเบอร์เคลียร์ร่วมกับเดือยฟันขนาด

### Abstract

**Purpose:** To compare the fracture resistance and fracture mode of non-circular premolar root canals restored with different fiber-reinforced composite post systems. **Materials and methods:** Forty non-circular single premolar root canals were randomly assigned to four groups (n=10). Coronal portions of the teeth were removed at a level 2 mm incisal to the cemento-enamel junction (CEJ). In Group 1 (Var), FibreKleer<sup>®</sup> posts were cemented with Variolink<sup>®</sup> II; in Group 2 (Ref), FibreKleer<sup>®</sup> posts and REFOR-

Corresponding Author:

วีรณัฐ ทองงาม

อาจารย์, สาขาวิชาครอบฟันและฟันปลอมติดแน่น  
ภาควิชาทันตกรรมบูรณะและปริทันตวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

Weeranuch Thong-ngarm

Lecturer, Department of Restorative Dentistry  
and Periodontology, Faculty of Dentistry,  
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.  
Tel. 66-5394-4457 E-Mail: [fuang\\_057@hotmail.com](mailto:fuang_057@hotmail.com)

เล็กรีเฟอร์-พินและยึดด้วยแบริโวลิงค์ทูเรซินซีเมนต์ กลุ่มที่ 3 (Mul) ยึดเดือยฟันไฟบรีเคลียร์ด้วยวัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิตมัลติคอร์โฟลว์ และกลุ่มที่ 4 (Evo) บูรณะฟันด้วยแกนเดือยฟันอีโวลูชั่นยึดด้วยแบริโวลิงค์ทูเรซินซีเมนต์ ยึดครอบฟันโลหะบนฟันทุกซี่ด้วยแบริโวลิงค์ทูเรซินซีเมนต์ นำขึ้นทดสอบทั้งหมดทดสอบแรงกดด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำมุม 45° กับแนวแกนฟัน นำค่าแรงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ กำหนดระดับนัยสำคัญ  $p < 0.05$  และวิเคราะห์รูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นของทุกกลุ่มการทดลอง ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักของฟันกลุ่ม Var ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ความต้านทานการแตกหักของฟันกลุ่ม Ref Mul และ Evo มีค่าไม่แตกต่างกัน และกลุ่ม Ref พบการแตกหักในรูปแบบที่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้มากที่สุด (ร้อยละ 70) บทสรุป: การใช้มัลติคอร์โฟลว์แทนชั้นของเรซินซีเมนต์ที่หนาช่วยเพิ่มความต้านทานการแตกหักในฟันที่มีคลองรากไม่กลมได้ การใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับเดือยฟันขนาดเล็กรีเฟอร์พิน หรือการใช้เดือยฟันอีโวลูชั่นร่วมกับแบริโวลิงค์ทูเรซินซีเมนต์เป็นอีกทางเลือกที่ใช้ในการบูรณะฟันคลองรากไม่กลม

**คำสำคัญ:** ความต้านทานการแตกหัก ฟันคลองรากไม่กลม ระบบเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย

PIN were cemented with Variolink® II; in Group 3 (Mul), FibreKleer® posts were cemented with Multicore® Flow; in Group 4 (Evo), Variolink® II was used for cementation of Evolution posts and cores. Metallic crowns were cemented with Variolink® II in all teeth. The samples were loaded in an Instron® universal testing machine with a crosshead speed of 0.5 mm/min at a 45° angle to the long axis of the tooth. The mean fracture load of each group was analyzed using the one-way ANOVA, Tukey multiple comparison test ( $p < 0.05$ ). The fracture modes of all experimental groups were analyzed. Results: The mean fracture resistance of the Var group was significantly lower than that of the others ( $p < 0.05$ ). No statistically significant difference was found between the Ref, Mul and Evo groups. Restorable failures were most frequently found in the Ref group (70%). Conclusions: The use of Multicore® Flow instead of the high thickness of resin cement layer can increase fracture resistance of teeth with non-circular root canals. Fiber-reinforced composite posts and REFORPIN accessory posts or Evolution posts and cores with Variolink® II can be used as an alternative treatment in teeth with non-circular root canals.

**Keywords:** fracture resistance, non-circular root canals, fiber-reinforced composite post systems

## บทนำ

ความสำเร็จของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ความหนาของชั้นซีเมนต์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความต้านทานการหลุดของเดือยฟัน<sup>(1)</sup> ชั้นซีเมนต์ที่หนาเป็นจุดอ่อนที่ทำให้เกิดการแตกหัก

ในชั้นซีเมนต์ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญเสียการยึดติดของเดือยฟัน<sup>(2)</sup> และฟันที่มีคลองรากรูปร่างไม่กลม เช่น ฟันตัดบนซี่ข้าง หรือฟันกรามน้อย<sup>(3)</sup> เมื่อบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยซึ่งมีหน้าตัดกลมจึงไม่พอดีกับรูปร่างของคลองรากฟัน และทำให้เกิดชั้นซีเมนต์ที่หนา ดังนั้นควรวางวิธียึดเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่สามารถลด

ความหนาของชั้นซีเมนต์ เพื่อลดโอกาสเกิดความล้มเหลวของการบูรณะ

จากการศึกษาวิธีบูรณะฟันที่รักษาคลองรากที่มีขนาดใหญ่ ผายกว่าปกติ หรือไม่กลม การศึกษาของ Lui และคณะ<sup>(4)</sup> เสนอวิธีเสริมความแข็งแรงให้กับรากฟันโดยใช้เรซินคอมโพสิตฉาบเสริมผนังคลองรากฟันแล้วฉายแสงผ่านเดือยฟันพลาสติกที่นำแสงได้ เพื่อให้เรซินคอมโพสิตแข็งตัวก่อนยึดกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยเรซินซีเมนต์ มีหลายการศึกษาทดลองใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขนาดเล็ก พบว่าสามารถเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักของฟันได้<sup>(5,6)</sup> แต่บางการศึกษาพบว่าค่าความต้านทานการแตกหักของการบูรณะด้วยวิธีนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์กับการใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแผ่ได้<sup>(6,7)</sup> โดยกลุ่มที่ใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขนาดเล็กมีลักษณะการแตกหักของฟันที่สามารถซ่อมแซมได้มากกว่ากลุ่มอื่นๆ<sup>(8)</sup>

ปัจจุบันมีการผลิตเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยในรูปแบบที่มีเดือยและแกนฟันเป็นชิ้นเดียวกัน เช่น อีโวลูชัน (Evolution fiber post, Innotech) เหมาะสำหรับฟันที่มีคลองรากฟันเดี่ยวและเหลือเนื้อฟันส่วนตัวฟันน้อย มีการผลิตรูปร่างส่วนแกนฟันสำหรับฟันหน้า 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ความยาวส่วนเดือยฟัน 8-11 มิลลิเมตร และรูปร่างส่วนแกนฟันสำหรับฟันกรามน้อย 3 ขนาดเช่นกัน และมีความยาวส่วนเดือยฟัน 9 มิลลิเมตร ผู้ผลิตกล่าวว่าแกนเดือยฟันอีโวลูชันมีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่น (clastic modulus) ใกล้เคียงกับเนื้อฟันมากที่สุดและมีรูปร่างที่ทำให้เกิดการยึดอยู่ที่ดี แต่ยังไม่พบการศึกษาทดสอบความแข็งแรงเชิงกลและความสำเร็จในการใช้งานทางคลินิกของแกนเดือยฟันชนิดนี้

จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบวิธีบูรณะฟันที่มีคลองรากไม่กลมด้วยระบบหรือวิธีที่ทำให้เกิดความแข็งแรงของฟันได้ดีที่สุด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักและรูปแบบที่เกิด

การแตกหักของฟันกรามน้อยที่มีรูปร่างคลองรากฟันไม่กลมหลังการบูรณะด้วยระบบเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่แตกต่างกัน

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ฟันที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นฟันมนุษย์ซี่กรามน้อยคลองรากฟันเดี่ยวและรากตรง ไม่มีรอยผุ วัสดุอุดหรือการแตกหักใดๆ จำนวน 40 ซี่ รากฟันมีขนาดในแนวแก้ม-ลิ้น  $5 \pm 0.5$  มิลลิเมตร และในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง  $7 \pm 0.5$  มิลลิเมตร ความยาวรากวัดจากรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟันด้านใกล้กลาง 13-14 มิลลิเมตร นำฟันทั้งหมดมาทำความสะอาดและเก็บในสารละลายโซลิวอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิห้อง<sup>(5,9)</sup>

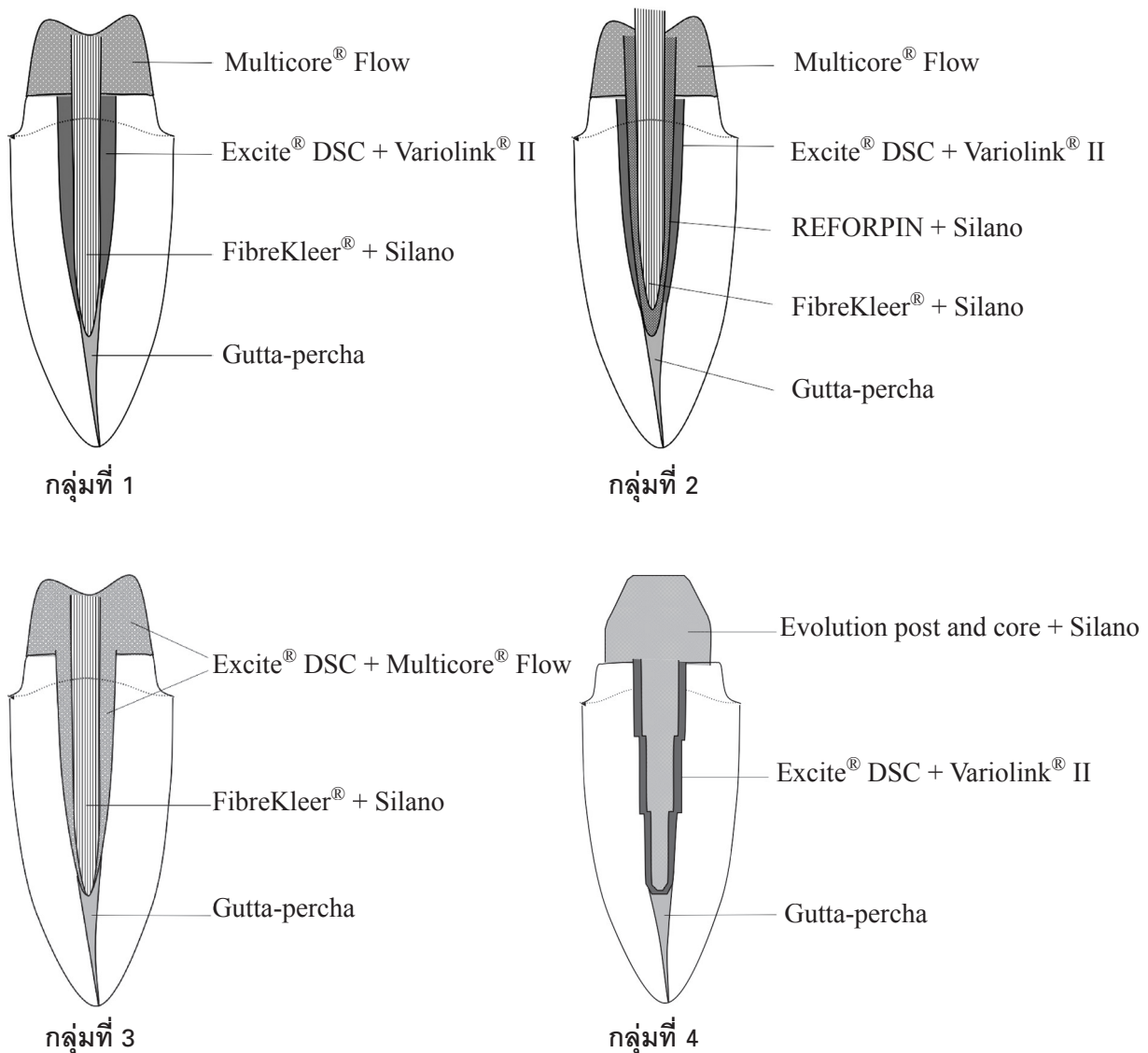
นำฟันมาตัดส่วนตัวฟันเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันทางด้านใกล้กลาง-ไกลกลาง 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดฟันความเร็วต่ำรุ่น ISOMET™ 1000 (Buehler, USA) จากนั้นรักษาคลองรากฟันโดยขยายคลองรากทุกซี่จนถึงไฟล์เบอร์ 35<sup>(10)</sup> อุดคลองรากฟันด้วยกัททาเพอร์ชาและใช้ซีเมนต์ฟันกรามน้อยที่ปราศจากยูจินอลชนิดเอเอสพลัส (AH Plus®, Densply International, USA)

แบ่งฟันออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ โดยการสุ่มชิ้นงานทดลองกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 เตรียมคลองรากฟันด้วยหัวเจาะไฟบริเคลียร์ (FibreKleer®, Pentron, USA) เบอร์ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.375 มิลลิเมตร ลอดเดือยฟันในคลองรากให้มีความยาว 9 มิลลิเมตรจากขอบบนของฟันที่ตัดไว้ และควบคุมขนาดของคลองรากฟันให้มีช่องว่างเพียงพอสำหรับใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขนาดเล็กรีฟอร์พิน (Reforpin, Angelus) เบอร์ 1 ยาว 5 มิลลิเมตร ด้านแก้มและลิ้นด้านละ 1 แห่ง ส่วนกลุ่มที่ 4 เตรียมคลองรากฟันด้วยหัวเจาะอีโวลูชันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลอดแกนเดือยฟันอีโวลูชันรูปร่างส่วนแกนฟันสำหรับฟันกรามน้อยและความยาวส่วนเดือยฟัน 9 มิลลิเมตร แล้วบูรณะตามกลุ่มทดลองดังนี้ (วัสดุที่ใช้บูรณะฟันแสดงไว้ในตารางที่ 1 และระบบแกนเดือยฟันที่ใช้ในแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงวัสดุที่ใช้ในการบูรณะฟัน

Table 1 Materials used in the restorative procedure

Brand name	Manufacturer
FibreKleer®	Pentron Clinical Technologies, Wallingford, CT, USA
REFORPIN	Angelus Dental Industry Products, Londrina, PR, Brazil
Evolution Fiber Post	Innotech, Robbio, PV, Italy
Silano	Angelus Dental Industry Products, Londrina, PR, Brazil
Excite® DSC	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Variolink® II	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein
Multicore® Flow	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein



ภาพที่ 1 แสดงชนิดของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยและแกนฟันที่ใช้ในแต่ละกลุ่ม

Figure 1 Diagram of fiber-reinforced composite post and core used in each group

### กลุ่มที่ 1 ใช้เดือยฟันไฟ بريเคลียร์

เตรียมคลองรากฟันและผิวด้านบนของฟันที่ตัดไว้ด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 นาน 15 วินาที ล้างน้ำ ชับน้ำด้วยแท่งกระดาษจนหมาด ทาสารยึดติด (Excite<sup>®</sup> DSC, Ivoclar Vivadent) ชั้บสารส่วนเกิน เตรียมเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยชนิดไฟ بريเคลียร์ ตามวิธีที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด คือเช็ดพื้นผิวเดือยฟันด้วยแอลกอฮอล์เป่าให้แห้ง ทาสารคลุมไซเลนชนิดซิลาน (Silano) ทิ้งไว้ 1 นาที เป่าลมให้แห้ง ผสมเรซินซีเมนต์ชนิดแวริโอลิงค์ทู (Variolink<sup>®</sup> II Ivoclar Vivadent) ส่วนเบส (base) และตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เข้าด้วยกันตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแล้วใช้เกลียวนำสาร (lentulo spiral) ปั่นส่วนผสมของเรซินซีเมนต์ใส่ในคลองรากฟันจนเต็ม ป้ายส่วนผสมเรซินซีเมนต์บริเวณพื้นผิวเดือยฟันส่วนปลายให้ทั่ว ใส่ในคลองรากฟันที่เตรียมไว้ กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ฉายแสงผ่านเดือยฟันนาน 40 วินาที วางแม่แบบพลาสติกใสที่มีรูปร่างและขนาดเท่ากับแกนฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยรีฟอร์คอร์ (Reforcore<sup>®</sup>, Angelus, Brazil) สำหรับฟันกรามน้อยขนาดใหญ่ ต่อขึ้นมาจากตำแหน่งฟันที่ตัดไว้และยึดด้วยซีเมนต์ให้อยู่กึ่งกลางซี่ฟัน ก่อแกนฟันโดยฉีดวัสดุแกนฟัน เรซินคอมโพสิตชนิดมัลติคอร์โฟลว์ (Multi-core<sup>®</sup> Flow) ฉายแสงจากด้านบนเดือยฟันนาน 40 วินาที

### กลุ่มที่ 2 ใช้เดือยฟันไฟ بريเคลียร์ร่วมกับรีฟอร์พิน

เตรียมคลองรากฟัน เตรียมเดือยฟันไฟ بريเคลียร์ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขนาดเล็กรีฟอร์พิน เบอร์ 1 และผสมแวริโอลิงค์ทูใส่ในคลองรากฟันด้วยวิธีการเหมือนกลุ่มที่ 1 ใส่เดือยฟันไฟ بريเคลียร์ที่เคลือบด้วยเรซินซีเมนต์ลงในคลองรากฟัน ใส่รีฟอร์พินลงในคลองรากฟันด้านแก้มและลิ้นด้านละ 1 แท่ง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ฉายแสง 40 วินาที และก่อกแกนฟันด้วยวิธีการเหมือนกลุ่มที่ 1

### กลุ่มที่ 3 ใช้เดือยฟันไฟ بريเคลียร์ร่วมกับมัลติคอร์โฟลว์

เตรียมคลองรากฟันและเดือยฟันไฟ بريเคลียร์ด้วยวิธี

การเหมือนกลุ่มที่ 1 วางแม่แบบพลาสติกใสที่เตรียมไว้สำหรับการก่อกแกนฟันต่อขึ้นมาจากรูปแบบฟันที่ตัดไว้และยึดด้วยซีเมนต์ฉีดวัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิตมัลติคอร์โฟลว์ลงในคลองรากฟันและเคลือบบนเดือยฟัน นำเดือยฟันใส่ลงในคลองราก ฉายแสงจากด้านบนเดือยฟันนาน 60 วินาทีตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด และฉีดมัลติคอร์โฟลว์ลงในแม่แบบพลาสติกใสจนเต็ม ฉายแสงจากด้านบนเดือยฟันนาน 40 วินาที

### กลุ่มที่ 4 ใช้แกนเดือยฟันอีโวลูชั่น

เตรียมคลองรากฟัน แกนเดือยฟันอีโวลูชั่น และผสมส่วนผสมของแวริโอลิงค์ทูใส่ในคลองรากฟันด้วยวิธีการเหมือนกลุ่มที่ 1 ใส่แกนเดือยฟันอีโวลูชั่นที่เคลือบด้วยเรซินซีเมนต์ลงในคลองรากฟันให้ถึงส่วนล่างสุดของส่วนแกนฟัน กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ฉายแสงที่ขอบของแกนเดือยฟันทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 40 วินาทีตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด

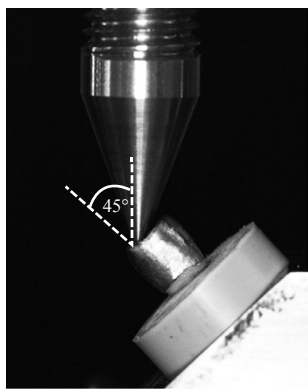
นำฟันมากรอแต่งให้เกิดเส้นสันสุดมีรูปร่างเป็นรอยตัดเฉียงโค้ง (chamfer finishing line) ลึก 0.5 มิลลิเมตร โดยรอบ ที่รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน สร้างครอบฟันโลหะด้วยโลหะผสมนิกเกิล-โครเมียม (Classic vision<sup>™</sup> Pisces, William, USA) ให้มีรูปร่างเหมือนฟันกรามน้อยบนและขนาดเท่ากันทุกซี่ บริเวณกึ่งกลางพื้นเอียงด้านลิ้นของปุ่มฟันด้านแก้ม (lingual inclined plane of buccal cusp) มีลักษณะเป็นหลุมกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ลึก 1 มิลลิเมตร เพื่อเป็นที่วางหัวกดทดสอบความต้านทานการแตกหัก ยึดครอบฟันด้วยแวริโอลิงค์ทู โดยเตรียมพื้นผิวฟันและอัตราส่วนผสมเช่นเดียวกับการยึดเดือยฟัน กัดครอบฟันให้เข้าที่ด้วยแรง 3 กิโลกรัม ฉายแสงที่ขอบของครอบฟันเพื่อกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินและฉายแสงซ้ำที่ขอบของครอบฟันทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 40 วินาที

ทาสารคั่นกลางที่ผิวรากฟัน นำรากฟันฝังในท่อพลาสติกด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Formatray<sup>®</sup>, Kerr, USA) ที่ตำแหน่งต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร ใช้เครื่องสำรวจความขนานจัดรูปแบบการเรียงตัวของฟันให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางและตั้งฉากกับขอบด้านบนของแท่ง

อะคริลิกเรซิน<sup>(11)</sup> นำฟันออกจากอะคริลิกเรซินเมื่อเริ่มเกิดการแข็งตัว ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้อะคริลิกเรซินเกิดการแข็งตัวอย่างเต็มที่ นำฟันมาเคลือบบริเวณผิวรากฟันด้วยซิลิโคนชนิดเหลว กดฟันลงในแท่งอะคริลิกเรซินด้วยแรง 3 กิโลกรัม ให้ซิลิโคนเป็นฟิล์มบางๆ เพื่อจำลองเอ็นยึดปริทันต์<sup>(5,12)</sup> จากนั้นนำชิ้นงานไปทดสอบความต้านทานการแตกหัก

**การทดสอบความต้านทานการแตกหัก**

ทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (Instron® universal testing machine รุ่น 5566, Canton, MA, USA) โดยใช้หัวกดปลายมนเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร<sup>(10)</sup> เพื่อจำลองรูปร่างของปุ่มฟันคู่สบ โดยวางหัวกดที่ตำแหน่งที่เตรียมไว้บนครอบฟัน แนวแรงทำมุม 45° กับแนวแกนฟัน<sup>(13,14)</sup> (ภาพที่ 2) ด้วยความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที<sup>(7,13,15)</sup> จนเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกหัก



**ภาพที่ 2** แสดงตำแหน่งการวางหัวกดที่กึ่งกลางพื้นเอียงด้านใกล้ลิ้นของปุ่มฟันด้านใกล้แก้ม โดยมีแนวแรงทำมุม 45° กับแนวแกนฟัน

**Figure 2** The site of loading was the center of lingual incline plane of buccal cusp and at an angle of 45 degrees to the long axis of the tooth

**การวิเคราะห์รูปแบบการแตกหัก**

นำฟันออกจากอะคริลิกเรซินในท่อพลาสติกมาวิเคราะห์รูปแบบการแตกหัก (mode of failure) ด้วย

กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereo microscope) รุ่น ML 9300 (MEIJI, Japan) กำลังขยาย 20 เท่า<sup>(5,10)</sup> การแตกหักที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งเหนือขอบบนของอะคริลิกเรซินซึ่งเป็นตัวแทนของกระดูกครอบรากฟัน ถือเป็น การแตกหักที่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ (restorable failure) ส่วนการแตกหักที่เกิดต่ำกว่าขอบบนของอะคริลิกเรซิน ถือเป็น การแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ (non-restorable failure)<sup>(7,14)</sup>

**การวิเคราะห์ทางสถิติ**

นำค่าแรงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันในแต่ละกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison) ชนิดทูกีย์ (Tukey) ที่ระดับนัยสำคัญ  $p < 0.05$

**ผลการศึกษา**

ค่าแรงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟัน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบการแตกหักของฟันแต่ละกลุ่มแสดงไว้ในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบกลุ่ม Var มีค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักต่ำกว่ากลุ่ม Ref Mul และ Evo แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม Ref Mul และ Evo และพบการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ในกลุ่ม Var Ref Mul และ Evo เท่ากับร้อยละ 60 ร้อยละ 70 ร้อยละ 50 และร้อยละ 60 ตามลำดับ

**บทวิจารณ์**

การศึกษานี้ใช้ฟันธรรมชาติ (natural teeth) ในการทดลองเพื่อจำลองสภาวะให้ใกล้เคียงกับทางคลินิกมากที่สุด แม้ว่าผลการทดลองที่ได้มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าการทดลองในฟันเทียม (artificially manufactured teeth)<sup>(16,17,18)</sup> เนื่องจากสภาวะจริงทางคลินิกมีปัจจัยหลายประการที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ความแตกต่างด้านปริมาณการมีแคลเซียมฟอกพูน (calcification) ขนาด รูปร่าง และรูปแบบของโพรงประสาทฟัน สภาวะของเนื้อเยื่อในโพรงประสาทก่อนถอนฟัน อายุของผู้ป่วย

**ตารางที่ 2** ค่าแรงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟัน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และรูปแบบการแตกหักของฟันของแต่ละกลุ่ม การทดลอง

**Table 2** Mean fracture load, standard deviation and fracture mode of each experimental group

Group (n=10)	Mean fracture load (N)	SD	Restorable failure				Non-restorable failure		
			Crown dislodgement	Core fracture	Coronal root fracture	Total	Middle root fracture	Apical root fracture	Total
Var	443.30*	91.42	0	3	3	6 (60%)	4	0	4 (40%)
Ref	652.62	81.54	0	3	4	7 (70%)	2	1	3 (30%)
Mul	648.81	83.16	0	0	5	5 (50%)	3	2	5 (50%)
Evo	643.98	79.16	3	0	3	6 (60%)	3	1	4 (40%)

\* Statistical different (p<0.05)

การเกิดรอยร้าวเล็ก (microcrack) ในเนื้อฟัน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ยากแก่การตรวจพบ<sup>(12,18,19)</sup> แต่อย่างไรก็ตามการใช้ฟันเทียมมีข้อด้อยที่สำคัญคือไม่สามารถลอกเลียนคุณลักษณะต่างๆ ของเนื้อฟันธรรมชาติได้ การยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์จึงแตกต่างจากฟันจริง<sup>(20)</sup> ผลที่ได้จากการทดลองจึงนำมาแปลผลอ้างอิงให้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาทางคลินิกได้ยาก

การศึกษานี้บูรณะฟันด้วยเดือยและครอบฟันก่อนนำไปทดสอบการแตกหักเพื่อจำลองสภาวะทางคลินิกในการถ่ายทอดแรงบดเคี้ยวลงสู่ครอบฟัน ผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากการทดสอบที่ไม่มีครอบฟันเนื่องจากการบูรณะฟันด้วยครอบฟันทำให้เกิดการกระจายแรงลงสู่เดือยและรากฟันที่แตกต่างออกไป<sup>(21)</sup> ส่งผลให้อัตราความสำเร็จของการรักษาทางคลินิกในฟันกรามน้อยบนและล่างเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(22)</sup> การศึกษานี้พยายามจำลองลักษณะของเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกครอบรากฟันโดยการเคลือบรากฟันด้วยซิลิโคนชนิดเหลวเป็นชั้นบางๆ คั่นกลางระหว่างรากฟันกับอะคริลิกเรซิน เนื่องจากการฝังรากฟันลงในอะคริลิกเรซินโดยตรงนั้นเป็นการเสริมความแข็งแรงแก่ฟันด้านนอกให้กับรากฟันด้วยความแข็งแรงของแท่งอะคริลิกเรซิน ทำให้รากฟันมีความแข็งแรงมากขึ้นและรูปแบบของการแตกหักอาจเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเสริมแรงลักษณะนี้ไม่พบในฟันธรรมชาติ<sup>(15)</sup>

การบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยระบบต่างๆ ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้มาจากหลักการลด

ความหนาของชั้นซีเมนต์โดยใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าเรซินซีเมนต์เข้าไปทดแทน และเป็นการทดสอบการใช้งานของแกนเดือยฟันชนิดใหม่ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้กับฟันกรามน้อยและฟันหน้า

จากผลการทดลองพบว่าในกลุ่ม Var ใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่าแรงเฉลี่ยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันต่ำกว่าสามกลุ่ม (Ref, Mul, Evo) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลายการศึกษาก่อนหน้า<sup>(1,2,6,9,10)</sup> พบว่าชั้นของซีเมนต์ที่หนาเป็นจุดอ่อนที่ทำให้เกิดการแตกหักในชั้นซีเมนต์และก่อให้เกิดการสูญเสียการยึดติด เพราะชั้นซีเมนต์ที่หนามากเกิดฟองอากาศภายในชั้นของซีเมนต์ และเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเชิงกลต่ำ เนื่องจากมีค่าความทนแรงดัด (flexural strength) เท่ากับ 85 เมกะพาสคาล มีผลลดความแข็งแรงของการเชื่อมแน่น (cohesive strength) จึงเกิดการแตกหักภายในเนื้อของซีเมนต์ได้ง่าย นอกจากนี้ อาจเกิดความเครียดสะสมบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟันเนื่องจากการหดตัวระหว่างการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization shrinkage)<sup>(1,7)</sup>

กลุ่ม Ref ใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขนาดเล็กกรีฟอ์ฟันที่ด้านแก้มและด้านหลังของคลองรากฟัน เพื่อแทนที่ชั้นซีเมนต์ที่หนาด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใยแก้วที่มีค่าความทนแรงดัดเท่ากับ 856 เมกะพาสคาล และในกลุ่ม Mul ใช้วัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิตชนิดมัลติคอร์โพลีฟลูร์ซึ่งมีค่าความทนแรงดัดเท่ากับ 135 เมกะ

พาสคาลยึดเดือยฟันแทนเรซินซีเมนต์ ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดมีค่าความทนแรงดัดมากกว่าเรซินซีเมนต์ จึงอาจส่งผลให้ค่าแรงเฉื่อยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันทั้งสองกลุ่มการทดลองนี้ไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่ม Var อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ถึงแม้ว่าเดือยฟันไฟรีฟอร์พินมีความทนแรงดัดมากกว่าเรซินคอมโพสิตชนิดมัลติคอร์โพล์ แต่อาจเนื่องมาจากการมีรอยต่อ (interface) หลายบริเวณ การเกิดแรงเสียดทาน (frictional force) ระหว่างเดือยฟันแต่ละแท่ง<sup>(5)</sup> และอาจเกิดฟองอากาศระหว่างผิวเดือยฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่ม Ref จึงทำให้ความต้านทานการแตกหักของสองกลุ่มนี้มีค่าไม่แตกต่างกัน

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Moosavi และคณะ<sup>(5)</sup> และ Porciani และคณะ<sup>(6)</sup> พบว่าการใช้เรซินคอมโพสิตและเดือยฟันขนาดเล็กเข้าไปแทนที่ซีเมนต์ที่มีความหนา ทำให้ค่าความต้านทานการแตกหักของฟันเพิ่มสูงขึ้น และเดือยฟันขนาดเล็กเหมาะสมในกรณีที่เดือยฟันหลักไม่พอดีกับคลองรากฟัน ได้แก่ คลองรากฟันที่มีความผายหรือคลองรากฟันที่มีรูปร่างไม่กลม

วัสดุแกนฟันชนิดไหลแม่ได้ที่ใช้ในการศึกษานี้ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เป็นซีเมนต์ฉาบยึดและวัสดุแกนฟัน ข้อดีของผลิตภัณฑ์นี้คือขั้นตอนการทำงานรวดเร็วและไม่ยุ่งยาก ลดรอยต่อระหว่างซีเมนต์ฉาบยึดและวัสดุแกนฟันที่เป็นวัสดุต่างชนิดกัน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดความล้มเหลวของการบูรณะฟัน<sup>(23)</sup> และทำให้เกิดสภาวะโมโนบล็อก (monoblock) คือใช้สารเชื่อมยึดในการยึดเนื้อฟัน เดือยฟัน และแกนฟันเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดการกระจายแรงบิดเคี้ยวไปตามรากฟันได้ดีขึ้น คือเมื่อฟันได้รับแรงบิดเคี้ยวเดือยฟันทำหน้าที่ในการดูดซับความเครียด ลดความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกหักของรากฟัน<sup>(12)</sup>

กลุ่ม Evo มีค่าแรงเฉื่อยที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันสูงกว่ากลุ่ม Var อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม Mul และ Ref แกนเดือยฟันอีโวลูชันมีลักษณะของแกนและเดือยฟันที่ต่อเนื่องกันคล้ายกับแกนเดือยฟันโลหะเหวี่ยง ซึ่งความเป็นเนื้อเดียวกันของเดือยและแกนฟันอาจทำให้ค่าความต้านทานการแตกหักของฟันเพิ่มสูงขึ้น<sup>(24)</sup> ถึงแม้ว่าส่วนเดือยฟันของแกนเดือยฟันอีโวลูชันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง

ขนาดใหญ่ทำให้สูญเสียเนื้อฟันในขณะกรอเตรียมคลองรากฟันมากเกินไปจนความจำเป็น แต่ค่าความต้านทานการแตกหักที่ได้กลับไม่แตกต่างจากกลุ่ม Ref และ Mul อาจเนื่องมาจากฟันที่ใช้ในการทดลองมีขนาดใหญ่และมีความหนาของเนื้อฟันหลังจากการกรอเตรียมคลองรากฟันมากเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดความอ่อนแอ นอกจากนี้รูปร่างของเดือยฟันชนิดนี้มีลักษณะคล้ายชั้นบันไดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ในส่วนใกล้ตัวฟันและลดขนาดลงมาเป็นชั้นๆ สู่ส่วนใกล้ปลายรากฟัน โดยแต่ละชั้นมีรูปร่างด้านข้างของเดือยฟันที่มีความขนานกันซึ่งให้ความยึดอยู่มากกว่ารูปร่างสอบและมีพื้นที่ผิวมากจึงให้การยึดติดกับผนังคลองรากฟันมากขึ้น<sup>(25,26)</sup>

รูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ในกลุ่มการทดลองทั้งสี่กลุ่มไม่แตกต่างกันมากนัก การแตกหักส่วนใหญ่เกิดขึ้นในตำแหน่งที่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา<sup>(5,7,8,12,13)</sup> เนื่องจากเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเดือยฟันขนาดเล็ก คอมโพสิตเรซิน และเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีความอดุลสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันสามารถถ่ายเทและกระจายแรงบิดเคี้ยวไปสู่เนื้อฟันได้ดี ไม่มีความเครียดสะสมเกิดขึ้นที่ปลายเดือยฟันเหมือนเดือยฟันโลหะเหวี่ยง<sup>(13,16)</sup> จึงลดความเสี่ยงของการแตกหักบริเวณรากฟันซึ่งไม่สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ และในกลุ่ม Var และ Ref พบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างผิวหน้าตัดของฟันและวัสดุแกนฟัน เนื่องจากซีเมนต์และแกนฟันเป็นวัสดุต่างชนิดกันจึงเกิดเป็นจุดเสี่ยงต่อการแตกหักในบริเวณรอยต่อนี้ได้ ลักษณะการแตกหักของสองกลุ่มนี้มีความสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา<sup>(5,7,8,13)</sup> นอกจากนี้พบว่าในกลุ่ม Evo เกิดการหลุดของครอบฟันมากถึง 3 ซี่ เนื่องจากส่วนแกนฟันของแกนเดือยฟันอีโวลูชันมีรูปร่างหน้าตัดกลม และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนฟันใกล้เคียงกับความกว้างของฟันกรามน้อยในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง แต่ในแนวแก้ม-ลิ้นนั้นแกนฟันมีขนาดเล็กกว่าความกว้างของฟันเนื่องจากฟันที่มีขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวน้อยจึงให้การยึดติดกับซีเมนต์ได้น้อยกว่าฟันที่มีขนาดใหญ่<sup>(27)</sup> ดังนั้นการยึดอยู่ของครอบฟันในกลุ่ม Evo จึงน้อยกว่าสามกลุ่มแรกซึ่งหลังจากการกรอเตรียมฟันแล้วมีขนาดของฟันใหญ่



ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือการใช้เครื่องทดสอบสากลในการให้แรงกดลงบนพื้นที่เล็กๆ บนครอบฟัน โดย การให้แรงที่มีแนวแรงทำมุมคงที่กับแนวแกนฟันและ เป็นการให้แรงเพียงครั้งเดียวโดยมีค่าแรงมากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งเกิดการแตกหักของฟัน ซึ่งแตกต่างไปจากลักษณะ การบดเคี้ยวที่แท้จริงที่มีแรงกระทำลงบนฟันแบบซ้ำๆ แนวแรงบดเคี้ยวที่ทำมุมกับฟันหลายแนวและมีการ สัมผัสกันของฟันเป็นบริเวณกว้าง<sup>(28)</sup> การศึกษานี้เตรียม รูปแบบการรับแรงที่กึ่งกลางพื้นเอียงด้านใกล้ลิ้นของปุ่ม ฟันด้านใกล้แก้ม โดยมีแนวแรงทำมุม 45° กับแนวแกน ฟัน เพื่อเป็นการจำลองแนวแรงที่ตำแหน่งนอกศูนย์ (eccen- tric position) ซึ่งทำให้เกิดแรงเฉือนในแนวเฉียงกับฟัน (oblique shearing force) จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาต่อไป ถึงการทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟันโดยการ ให้แรงแบบเป็นวัฏจักร (cyclic load) เพื่อให้มีความใกล้ เคียงกับการบดเคี้ยวตามธรรมชาติมากขึ้น และควรมีการ ทดสอบค่ามอดุลัสสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) ของ ระบบเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเปรียบเทียบกับเนื้อ ฟัน เพื่ออธิบายลักษณะการแตกที่รากฟันได้

### บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาสามารถสรุปผลที่ได้ จากการศึกษาดังนี้

1. ความต้านทานการแตกหักของฟันคลองรากไม่ กลมที่บูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับ เดือยฟันขนาดเล็ก (Ref) เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ร่วมกับวัสดุแกนฟันเรซินคอมโพสิตชนิดไหลแม่ได้ (Mul) และแกนเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (Evo) มีค่า ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งสามกลุ่มการทดลองพบค่าความ ต้านทานการแตกหักของฟันสูงกว่าการบูรณะฟันด้วย เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ (Var) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

2. การบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ทั้ง 4 กลุ่มส่วนใหญ่ทำให้เกิดการแตกหักในรูปแบบที่ สามารถบูรณะฟันใหม่ได้ โดยการบูรณะด้วยแกนเดือย ฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (Evo) พบการหลุดของ ครอบฟันเกิดขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท เอส ดี เอส เคอร์ จำกัด ที่ได้ เอื้อเฟื้อเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยไฟบรีเคิลียร์ และ ห้างหุ้นส่วนจำกัด บุญชู-อารียา (บ.อ.) เด็นทัลแล็บ ที่ได้ ลดราคาครอบฟันโลหะหล่อผสมที่ใช้ในการศึกษานี้

### เอกสารอ้างอิง

1. D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D' Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent* 2007; 98: 193-198.
2. Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent* 2005; 7: 235-240.
3. Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 611-619.
4. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int* 1994; 25: 313-319.
5. Moosavi H, Maleknejad F, Kimyai S. Fracture resistance of endodontically-treated teeth restored using three root-reinforcement methods. *J Contemp Dent Pract* 2008; 9: 30-37.
6. Porciani PF, Vano M, Radovic I, et al. Fracture resistance of fiber posts: combinations of several small posts vs. standardized single post. *Am J Dent* 2008; 21: 373-376.
7. Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL. Fracture strength of teeth with flared root canals restored with glass fiber posts. *Int Dent J* 2007; 57: 153-160.

8. Martelli H Jr, Pellizzer EP, Rosa BT, Lopes MB, Gonini A Jr. Fracture resistance of structurally compromised root filled bovine teeth restored with accessory glass fibre posts. *Int Endod J* 2008; 41: 685-692.
9. Naumann M, Preuss A, Frankenberger R. Load capability of excessively flared teeth restored with fiber-reinforced composite posts and all-ceramic crowns. *Oper Dent* 2006; 31: 699-704.
10. Hajizadeh H, Namazikhah MS, Moghaddas MJ, Ghavamnasiri M, Majidinia S. Effect of posts on the fracture resistance of load-cycled endodontically-treated premolars restored with direct composite resin. *J Contemp Dent Pract* 2009; 10: 10-17.
11. Al-Wahadni AM, Hamdan S, Al-Omiri M, Hammad MM, Hatamleh MM. Fracture resistance of teeth restored with different post systems: in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: e77-e83.
12. Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 360-367.
13. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dent Mater* 2006; 22: 477-485.
14. Martinez-Insua A, da Silva L, Rito B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 527-532.
15. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 262-269.
16. Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. *Eur J Oral Sci* 2006; 114: 250-256.
17. Krejci I, Duc O, Dietschi D, de Campos E. Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Oper Dent* 2003; 28: 127-135.
18. Ottl P, Hahn L, Lauer HCH, Fay M. Fracture characteristics of carbon fibre, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing loads. *J Oral Rehabil* 2002; 29: 175-183.
19. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent* 2001; 29: 427-433.
20. Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 10-14.
21. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res* 2008; 87: 1122-1126.
22. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 780-784.
23. Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci* 2008; 116: 557-563.
24. Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont* 2001; 10: 26-36.

25. Trabert KC, Cooney JP. The endodontically treated tooth. Restorative concepts and techniques. *Dent Clin North Am* 1984; 28: 923-951.
26. Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores: a review. *Quintessence Int* 2005; 36: 737-746.
27. Shillingburg HT Jr, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentals of fixed prosthodontics*. 3rd ed. Chicago: Quintessence; 1997: 120.
28. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 355-363.