



## Effect of fiber post lengths on fracture resistance of endodontically treated teeth

Khemjira Lawbundis<sup>1</sup>, Nataya Vongphan<sup>2</sup>, Amara Muangmingsuk<sup>3</sup>, Pisol Senawongse<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Dentistry, Mahidol University. e-mail: khemjira.law@mahidol.ac.th

<sup>2</sup> Faculty of Dentistry, Mahidol University. e-mail: Nataya.von@mahidol.ac.th

<sup>3</sup> Faculty of Dentistry, Mahidol University. e-mail: amara.mua@mahidol.ac.th

<sup>4</sup> Faculty of Dentistry, Mahidol University. e-mail: pisol.sen@mahidol.ac.th

### Abstract

**Objectives:** The objective of this study was to compare the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different fiber post lengths.

**Materials and methods:** Human first lower premolars with one root canal were collected and received endodontic treatment and class II (MOD) preparation. The prepared teeth were further divided into four groups; Group 1: restored with Multicore Flow at CEJ level without post, Group 2: restored with fiber post with the length of 3 mm below CEJ, Group 3: restored with fiber post with the length of a half distance from buccal cusp tip to 3 mm below the CEJ level and Group 4: restored with fiber post with the length of clinical crown below CEJ. The fracture resistance of specimens was evaluated with a universal testing machine under vertical loading. Data were analyzed using one-way ANOVA and Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

**Results:** The results indicated that the group restored with fiber post with the length of clinical crown below CEJ displayed superior fracture resistance with restorable failure. The group restored with Multicore Flow without post showed significantly lowest mean values ( $p < 0.05$ ). No significant differences of fracture resistance and pattern of fracture between groups restored with fiber posts with the length shorter than clinical crown length were found ( $p = 0.77$ ).

**Conclusion:** For the superior fracture resistance with restorable fracture pattern of endodontically treated teeth, the restoration with fiber post with the length of clinical crown below CEJ may be required.

**Key words:** endodontically treated teeth, fiber post, fracture resistance, post length, restoration of endodontically treated teeth, tooth fracture resistance

**How to cite:** Lawbundis K, Vongphan N, Muangmingsuk A, Senawongse P. Effect of fiber post lengths on fracture resistance of endodontically treated teeth. *M Dent J* 2015; 35: 91-100.

### Correspondence author:

Nataya Vongphan  
Department of Operative Dentistry and  
Endodontics Division of Operative Dentistry  
Faculty of Dentistry, Mahidol University  
6 Yothi street, Rajthevi  
Bangkok 10400, Thailand  
Tel: 02-200-7825  
Fax: 02-200-7824  
E-mail: nataya.von@mahidol.ac.th

**Received:** 5 September 2013

**Accepted:** 7 November 2014



# ผลของความยาวเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยต่อความต้านทาน การแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟัน

เขมจิรา ลอบันดิส<sup>1</sup> นาฏยา วงษ์ปาน<sup>2</sup> อมรา ม่วงมิ่งสุข<sup>3</sup> พิศลย์ เสนาวงษ์<sup>4</sup>

<sup>1</sup> คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล e-mail: khemjira.law@mahidol.ac.th

<sup>2</sup> คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล e-mail: Nataya.von@mahidol.ac.th

<sup>3</sup> คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล e-mail: amara.mu@mahidol.ac.th

<sup>4</sup> คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล e-mail: pisol.sen@mahidol.ac.th

## บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** ศึกษาเปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวต่างกัน

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา:** ฟันกรามน้อยล่างที่มีคลองรากเดี่ยวจำนวน 40 ซี่ นำมาเตรียมคลองรากฟัน จากนั้นเตรียมโพรงฟันแบบที่ 2 และแบ่งฟันเป็น 4 กลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 บูรณะฟันด้วยมัลติคอร์โพลีถึงระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันโดยไม่ใช้เดือยฟัน กลุ่มที่ 2 บูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวในคลองรากฟัน 3 มิลลิเมตรต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน กลุ่มที่ 3 บูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวในคลองรากฟันเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะจากยอดปุ่มฟันด้านแก้มถึงตำแหน่งที่ต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตรและกลุ่มที่ 4 บูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวในคลองรากเท่ากับความสูงตัวฟันต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบความต้านทานการแตกหักโดยวัดค่าแรงกดอัดในแนวตั้งด้วยเครื่องทดสอบสากล นำผลไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วย one-way ANOVA และ Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**ผลการศึกษา:** ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับความสูงตัวฟันให้ค่าเฉลี่ยความต้านทานการแตกหักสูงสุด รวมทั้งมีรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้มากกว่ากลุ่มที่บูรณะมัลติคอร์โพลีโดยไม่ใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความต้านทานการแตกหักต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และไม่พบความแตกต่างของความต้านทานการแตกหักและรูปแบบการแตกหักในกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวน้อยกว่าส่วนสูงของตัวฟัน ( $p = 0.77$ )

**บทสรุป:** การบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันเพื่อให้มีความต้านทานต่อการแตกหักของฟันสูงสุด และมีรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ควรบูรณะฟันดังกล่าวด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับความสูงของตัวฟันต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน

**รหัสคำ:** การบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟัน, ความต้านทานต่อการแตกหัก, ความยาวเดือยฟัน, เดือยฟันชนิดผสมเส้นใย, ฟันที่รักษาคลองราก

**วิธีอ้างอิงบทความนี้:** เขมจิรา ลอบันดิส, นาฏยา วงษ์ปาน, อมรา ม่วงมิ่งสุข, พิศลย์ เสนาวงษ์. ผลของความยาวเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยต่อความต้านทานการแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟัน. ว.ทันต.มหิดล 2558; 35: 86-95.

## ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

นาฏยา วงษ์ปาน

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการและวิทยาเอ็นโดดอนต์  
สาขาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

6 ถ.โยธี ราชเทวี กทม.10400

โทรศัพท์ที่ทำงาน: 02-200-7825

โทรสาร: 02-200-7824

อีเมล: nataya.von@mahidol.ac.th

วันรับเรื่อง: 5 กันยายน 2556

วันยอมรับการตีพิมพ์: 7 พฤศจิกายน 2557

## บทนำ

โดยทั่วไปฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมักจะแตกหักง่าย โดยในทางคลินิกพบว่าร้อยละ 71 ของฟันที่เกิดการแตกหักเป็นฟันที่เคยได้รับการรักษาคลองรากฟัน<sup>1</sup> โดยมีสาเหตุสำคัญของการแตกหักจากการสูญเสียเนื้อฟันและโครงสร้างของฟันไปมากเกิดจากการมีรอยผุขนาดใหญ่ อุบัติเหตุ รวมทั้งขั้นตอนการเตรียมแต่งทางเข้าสู่คลองรากฟัน<sup>2</sup> โดยเคลือบฟันและเนื้อฟันส่วนหนึ่งในตัวฟันจะถูกกรอกำจัดทิ้งไป ทำให้เสียโครงสร้างฟันเป็นผลทำให้ความแข็งแรงของฟันและความต้านทานต่อการบดเคี้ยวลดลง<sup>3,4</sup> ซึ่งความแข็งแรงที่ลดลงจากฟันผุและการกรอแต่งโพรงฟันนี้เกิดขึ้นมากกว่าความแข็งแรงที่ลดลงจากขั้นตอนการรักษาคลองรากฟัน<sup>5-7</sup> ดังนั้นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงของฟัน คือปริมาณของเนื้อฟันที่เหลืออยู่<sup>3, 8-11</sup>

การบูรณะฟันภายหลังการรักษาคลองรากฟันอย่างเหมาะสมเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อผลสำเร็จในการรักษา<sup>12,13</sup> ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมาแล้วที่ผ่านมานิยมทำเดือยฟันโลหะและครอบฟันเพื่อเสริมความแข็งแรงของฟัน<sup>14</sup> ซึ่งเดือยฟันจะทำหน้าที่เสริมทั้งการยึดอยู่ (retention) และช่วยกระจายความเค้น (stress)<sup>15</sup> แต่เนื่องจากการใส่เดือยฟันจะใส่ฝังลึกลงในคลองรากสามารถก่อให้เกิดแรงเค้นคล้ายแรงตอกลิ้ม (wedge stress) ที่สามารถทำให้รากแตกแยกออกจากกันได้<sup>16,17</sup> ประกอบกับการใช้เดือยฟันโลหะมีการสะท้อนสีของโลหะเป็นสีเทาที่วัสดุบูรณะหรือเหงือก ซึ่งมีผลต่อความสวยงามในการบูรณะโดยเฉพาะบริเวณฟันหน้า<sup>18</sup> จึงมีการนำเดือยฟันที่สามารถยึดติดกับฟันมาใช้ ซึ่งวิธีนี้ไม่ทำให้เกิดแรงเค้นในรากฟัน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดรากฟันแตก โดยนำวิธีการยึดติด (adhesive technique) มาใช้ร่วมกับเดือยฟันชนิดผสมเส้นใย (fiber post) ซึ่งในระยะแรกเป็นเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่เป็นคาร์บอน (carbon fiber post) ซึ่งมีสีเทาต่อมาได้มาการพัฒนาเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่เป็น

ควอตซ์ (quartz fiber post) ซึ่งมีสีคล้ายฟันธรรมชาติ จึงมีความสวยงามเมื่อนำมาใช้บูรณะฟันหน้า<sup>19</sup> ซึ่งพบอัตราการล้มเหลวของเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยเพียงร้อยละ 3.2 จากการศึกษาย้อนหลัง 4-6 ปี<sup>20</sup>

ที่ผ่านมาหลักการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วมีเฉพาะสำหรับการทำเดือยฟันโลหะชนิดเหวี่ยงคือ ควรมีกัตตาเปอร์ซาวริเวณปลายรากอย่างน้อย 4 มิลลิเมตร<sup>21, 22</sup> ความกว้างของเดือยฟันไม่ควรมากกว่า 1 ใน 3 ของความกว้างของรากฟันในบริเวณที่แคบที่สุด<sup>23</sup> และความยาวเดือยฟันที่อยู่ในรากอย่างน้อยที่สุดควรเท่ากับความสูงของตัวฟัน<sup>13, 24</sup> หรือยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวรากฟันในส่วนที่มีกระดูกรองรับ<sup>25</sup> หรือยาวเท่ากับสองในสามของความยาวราก<sup>26</sup> ซึ่งความยาวของเดือยฟันโลหะและความแนบสนิทกับผนังคลองรากเป็นส่วนสำคัญในการยึดติด<sup>27</sup> และช่วยกระจายความเค้น<sup>26</sup> ในขณะที่การใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมกับสารยึดติดมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ สามารถยึดติดกับคลองรากได้ดีกว่านำมาสู่ความแข็งแรงของฟันที่มากขึ้น<sup>2</sup> รวมทั้งมีการกระจายความเค้นที่ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ<sup>28, 29</sup> จากการที่มีความอดุลย์ยึดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันส่วนราก<sup>29</sup>

จากความรู้และการศึกษาที่กล่าวมา จึงเป็นที่น่าสนใจว่าในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมกับสารยึดติด เดือยฟันที่ใส่ไปในคลองรากฟันควรมีความยาวเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่จะส่งผลดีต่อฟันในการต้านทานการแตกหัก ความยาวของเดือยฟันที่ระดับต่างกันจะมีผลต่อความต้านทานการหักของฟันดังกล่าวอย่างไร ซึ่งการลดความยาวของเดือยฟันลง จะง่ายต่อการเตรียมช่องว่างสำหรับการใส่เดือยฟัน ช่วยลดข้อผิดพลาดต่างๆจากการกรอแต่ง เช่นการกรอทะลุที่ผนังคลองรากฟัน และยังช่วยรักษาเนื้อฟันได้เพิ่มขึ้นอีกด้วย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการแตกหักของฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟัน เมื่อบูรณะฟันด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวของเดือยฟันต่างกัน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนของมหาวิทยาลัยมหิดล ตามหนังสือรับรองเลขที่ MU-IRB 2009/004.1405 ฟันกรามน้อยล่างที่มี 1 คลองรากจำนวน 40 ซี่ที่ถอนเนื่องจากสาเหตุทางทันตกรรมจัดฟัน โดยฟันมีลักษณะปลายรากปิด ไม่มีรอยผุ ไม่มีการอุด ไม่มีรอยร้าว บิ่น หรือแตก หัก คอฟันไม่สึกถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้ ฟันมีความกว้างบริเวณคอฟันที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้นและแนวใกล้กลาง-ใกล้กลางมีขนาดใกล้เคียงกัน ต่างกันไม่เกิน  $\pm 1$  มิลลิเมตรและมีความยาวของส่วนตัวฟันและส่วนรากฟันรวมกันโดยเฉลี่ย 19 มิลลิเมตร (มีความยาวของส่วนตัวฟันและส่วนรากฟันโดยเฉลี่ย 7 และ 12 มิลลิเมตรตามลำดับ) ฟันที่ถูกถอนจะถูกเก็บในสารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาใช้ในการศึกษาภายใน 3 เดือน

### การเตรียมคลองรากฟัน

ทำการเตรียมคลองรากฟันโดยการเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันโดยใช้หัวกรอกากเพชรทรงสอบปลายมน (D8, Intensiv SA, Grancia, Switzerland) โดยกรอแต่งให้มีขนาดในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นเท่ากับ 2 ใน 3 ของระยะห่างระหว่างปุ่มฟันด้านใกล้แก้มกับใกล้ลิ้น และมีขนาดในแนวใกล้กลางใกล้กลางเท่ากับ 1 ใน 2 ของระยะห่างระหว่างสันขอบฟัน (marginal ridge) ด้านใกล้กลางกับใกล้กลาง จะทำการเปลี่ยนหัวกรอกใหม่ทุก 10 ซี่ วัดความยาวคลองรากฟันโดยใช้เคโฟล์ (K-Flexofile, Dentsply, Ballaigues, Switzerland) ขนาดเบอร์ 10 สอดผ่านคลองรากฟันจนทะลุปลายรากฟันตรงตำแหน่งรูเปิดปลายรากฟัน (apical foramen) พอดี และทำการลดระยะลง 0.5 มิลลิเมตรเพื่อเป็นความยาวที่ใช้ในการทำงาน (working length) ฟันที่เลือกจะมีขนาดคลองรากฟันที่สามารถใส่ไฟลเบอร์ 15 ลงไปได้ถึงความยาวที่ใช้ใน

การทำงาน ขยายคลองรากฟันโดยใช้เครื่องมือกรอกขยาย (Rotary Protaper, Dentsply, Ballaigues, Switzerland) ด้วยวิธีคราวน์ดาวน์ (crown-down technique) โดยใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้า 300 รอบต่อนาที ขยายคลองรากโดยเรียงเครื่องมือจาก เอส 1 (S1) เอส 2 (S2) เอฟ 1 (F1) เอฟ 2 (F2) เอฟ 3 (F3) และเอฟ 4 (F4) และใช้ฮีดีทีเอเจล (RC-Prep, Premier, PA, USA) ร่วมขณะขยายคลองรากเพื่อหล่อลื่นเครื่องมือ และใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อล้างคลองรากฟันเมื่อเปลี่ยนขนาดเครื่องมือ หลังจากนั้นทำการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชา (gutta percha, Dentsply, HK, China) โดยวิธีกดอัดด้านข้าง (lateral condensation) โดยใช้ซิลเลอร์ชนิดเรซิน (AH Plus, Dentsply, Konstanz, Germany) อุดกัตตาเปอร์ชาถึงรอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน และทำความสะอาดโพรงในตัวฟันด้วยสำลีชุบอัลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 70

### การเตรียมโพรงฟันแบบที่สองและช่องว่างสำหรับเดือยฟัน

หลังจากเตรียมคลองรากฟันแล้ว นำฟันไปเตรียมโพรงฟันแบบที่สองด้านใกล้กลาง-ด้านบดเคี้ยว-ด้านใกล้กลาง (MOD) ด้วยเข็มกรอกากเพชรรูปทรงกระบอกขนาด 020 (Intensiv SA, Grancia, Switzerland) โดยมีขนาดโพรงฟันด้านแก้ม-ด้านลิ้นเท่ากับ 2 ใน 3 ของระยะห่างระหว่างปุ่มฟันด้านแก้มกับด้านลิ้น ความลึกโพรงฟันถึงระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน

จากนั้นแบ่งฟันโดยวิธีสุ่มออกเป็น 4 กลุ่มๆละ 10 ซี่ ตัดกัตตาเปอร์ชาด้วยเครื่องตัดกัตตาเปอร์ชา (System B, Sybron Dental Specialties, WA, USA) ลงไปที่ความลึกต่างๆเพื่อเตรียมช่องว่างในคลองรากฟันสำหรับการใส่เดือยฟันที่ระดับความลึกต่างๆ ดังรูปที่ 1 ดังนี้ กลุ่มที่ 1: ความลึกเท่ากับระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน กลุ่มที่ 2:

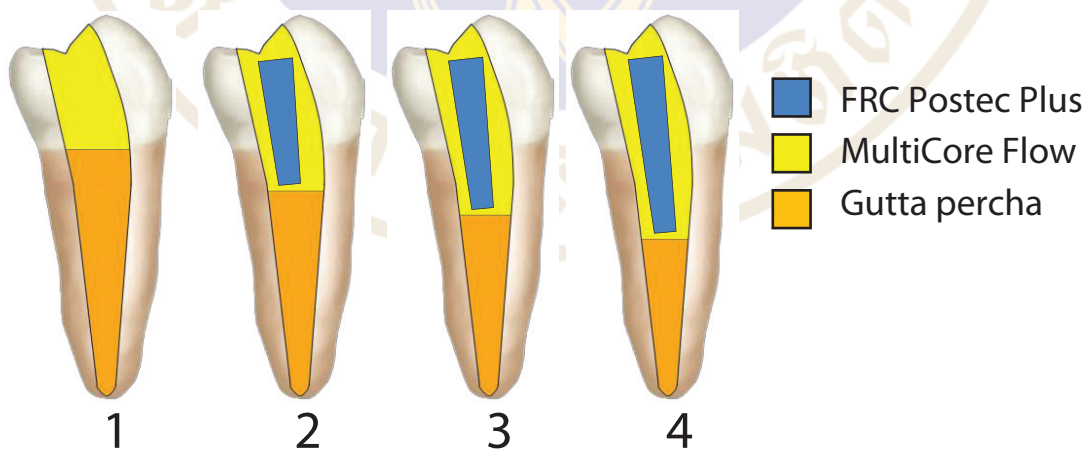
ความลึก 3 มิลลิเมตรจากระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านใกล้แก้ม กลุ่มที่ 3: ความลึกเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางจากยอดปุ่มฟันด้านแก้มถึงตำแหน่ง 3 มิลลิเมตรต่ำจากระดับรอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน โดยวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านใกล้แก้ม กลุ่มที่ 4: ความลึกเท่ากับความสูงของตัวฟันต่ำจากระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางด้านใกล้แก้ม จากนั้นใช้เครื่องมือกดอัดกัตาเปอร์ชาที่เหลือในคลองรากให้แน่น และอุดปิดด้วยวัสดุอุดชั่วคราว (Fermit N, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) เก็บฟันที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังจากเก็บฟัน นำฟันมาสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลอง โดยเคลือบหุ้มผิวรากฟันด้วยซิลิโคน (Provil novo light body consistency, Heraeus Kulzor, Hanau, Germany) ให้มีความหนาสม่ำเสมอประมาณ 0.3 มิลลิเมตรถึงระดับต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร<sup>30</sup> ฝังฟันลงในกล่องเรซินขนาดกว้าง 2.3 เซนติเมตร ยาว 2.3 เซนติเมตรและสูง 2.6 เซนติเมตรโดยให้แกนฟันอยู่ในแนวตั้งฝังรากฟันถึงระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่าง

เคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร

นำฟันไปบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยถึงระดับความลึกต่างๆที่เตรียมไว้ ยกเว้นกลุ่มที่ 1 ที่บูรณะฟันด้วยมัลติคอร์โฟล (Multicore Flow, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) โดยไม่มีเดือยฟันเพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 ทำการบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใย (FRC Postec, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ขนาด 3 ร่วมกับมัลติคอร์โฟล กลุ่มที่ 3 ทำการบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยขนาด 1 ร่วมกับมัลติคอร์โฟล และกลุ่มที่ 4 ทำการบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยขนาด 0 ร่วมกับมัลติคอร์โฟล

#### การบูรณะด้วยเดือยฟัน

การบูรณะด้วยเดือยฟันทำตามขั้นตอนดังนี้คือ เตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน (post space) โดยใช้ริมเมอร์ (FRC Postec Plus Reamer, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ขนาดเดียวกับเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่กำหนดไว้ในแต่ละกลุ่ม กรอแต่งให้ได้ความลึกตามที่กำหนดไว้ โดยจะทำการเปลี่ยนริมเมอร์ทุกๆ 5 คลองราก ล้างช่องว่างที่เตรียมด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซับคลองรากให้แห้ง



**Figure 1** The different levels of the post space preparation restored with fiber post (FRC Postec Plus) and dual-cure resin composite core material (MultiCore Flow). Group 1: at the CEJ level (control), Group 2: 3 mm below the CEJ, Group 3: below CEJ at the distance of a half-way in between the buccal cusp tip and 3 mm under the CEJ level, Group 4: below the CEJ with the length of the clinical crown length

ด้วยกระดาษซับคลองราก ทำการลองเดี่ยวฟันและตรวจสอบระดับโดยใช้ภาพถ่ายรังสี จากนั้นทำการยึดเดี่ยวฟันด้วยมัลติคอร์โพลตามคำแนะนำของผู้ผลิต ดังนี้ เตรียมผิวคลองรากฟันด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 37 (Etchant, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) เป็นเวลา 15 วินาที ล้างน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซับน้ำส่วนเกินออกโดยคงความชื้นในเนื้อฟัน ทาสารยึดติด (Excite DSC, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ในคลองรากโดยฉู้นลงเบาๆ 10 วินาที ซับสารยึดติดส่วนเกินออกเป่าลมเบาๆ 3 วินาที จากนั้นเตรียมพื้นผิวเดี่ยวฟันชนิดผสมเส้นใย โดยทำความสะอาดด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 60 วินาที ล้างน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ซับให้แห้ง ทาสารไซเลน (Monobond S, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ให้ทั่วเดี่ยวฟันชนิดดังกล่าว ทิ้งไว้ 60 วินาที เป่าลมเบาๆ 3 วินาที ฉีดมัลติคอร์โพลลงในช่องสำหรับเดี่ยวฟันที่เตรียมไว้จนเต็มถึงด้านบดเคี้ยว ใส่เดี่ยวฟันในกลุ่มที่ 2-4 ตามขนาดที่กำหนด กำจัดมัลติคอร์โพลส่วนเกินออก ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ที่มีความเข้มของแสง 1000 mW/cm<sup>2</sup> เป็นเวลา 60 วินาที ตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นตัวอย่างอีกครั้งด้วยภาพถ่ายรังสี ชิ้นตัวอย่างที่พบฟองอากาศและชิ้นตัวอย่างที่เดี่ยวชนิดผสมเส้นใยไม่ถึงความยาวที่กำหนดจะถูกคัดออกจากการทดลอง จากนั้นทำการตัดเดี่ยวชนิดผสมเส้นใยและแต่งมัลติคอร์โพลให้เสมอผิวฟันบริเวณด้านบดเคี้ยว นำชิ้นตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบความต้านทานการแตกหัก

### การทดสอบความต้านทานการแตกหักและการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำฟันในแต่ละกลุ่มไปทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล (Universal

Testing Machine, Instron 5566 series 5000, London, England) โดยให้แรงกดอัดในแนวตั้ง (compressive load) ที่ความเร็วหัวทดสอบ (crosshead speed) 1 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้หัวกดโลหะทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร วางสัมผัสกับพื้นเอียงของปุ่มฟันด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้น โดยเอียงทำมุม 45 องศากับแนวแกนฟัน ทำการกดชิ้นงานจนเกิดการแตกหัก และบันทึกค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักในหน่วยนิวตัน (Newton: N) นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบพหุคูณด้วยต้นแคน (Duncan's multiple range test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ชิ้นตัวอย่างภายหลังการแตกหักนำมาศึกษารูปแบบการแตกหักภายใต้กล้องจุลทรรศน์ผ่าตัด (Surgical microscope S21, Sony corporation, Tokyo, Japan) โดยจำแนกเป็นการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ (restorable fracture) กรณีที่การแตกหักอยู่ต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะได้ (non-restorable fracture) กรณีที่การแตกหักอยู่ต่ำกว่ารอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันมากกว่า 1 มิลลิเมตร<sup>31</sup> ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการแตกหักทางสถิติโดยใช้ครัสคัลวาลลิส (Kruskal-Wallis ANOVA) และแมนวิทนียู (Mann-Whitney U test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

### ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่บูรณะด้วยเดี่ยวฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับความสูงตัวฟัน (กลุ่มที่ 4) มีค่าเฉลี่ยความต้านทานต่อการแตกหักสูงสุด และกลุ่มบูรณะฟันด้วยมัลติคอร์โพลถึงระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันโดยไม่ใช้เดี่ยวฟันชนิดผสมเส้นใย (กลุ่มควบคุม) มีค่าเฉลี่ยความต้านทานต่อการแตกหักต่ำที่สุด ส่วนความ

ด้านทานการต่อแตกหักในกลุ่มบูรณะด้วยเดือยฟัน ชนิดผสมเส้นใยในกลุ่มที่เหลือ(กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= 0.77) ดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบการแตกหักของกลุ่ม ทดลองทั้ง 4 กลุ่มพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยพบว่า การบูรณะฟัน ด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับ ความ สูงตัวฟันมีรูปแบบการแตกหักต่างจากกลุ่มควบคุมที่ บูรณะฟันด้วยมัลติคอร์โพลที่ระดับรอยต่อของ เคลือบฟันและเคลือบรากฟันโดยไม่ใช้เดือยฟันชนิดดัง กล่าวมีนัยสำคัญ (p<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยกลุ่มควบคุมมีการแตกหักแบบที่ไม่สามารถบูรณะ ได้ร้อยละ 60 ในขณะที่กลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันชนิด ผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับ ความสูงตัวฟันมีรูปแบบ การแตกหักแบบที่ไม่สามารถบูรณะได้เพียง ร้อยละ 10

### บทวิจารณ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความ ด้านทานการแตกหักของฟันภายหลังการรักษาคลอง

รากโดยบูรณะด้วยระบบสารยึดติดร่วมกับเดือยฟัน ชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวต่างกันภายในคลอง รากฟัน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ถึงความล้มเหลวของ การบูรณะฟัน โดยให้แรงเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ (static load) กดลงในแนวตั้งบนพื้นเอียงของปุ่มฟันด้านใกล้ แก้มและใกล้ลิ้นในขณะที่ฟันเอียงไปด้านใกล้แก้มเป็น มุม 45 องศา กับแนวแกนฟัน เพื่อให้แรงที่กระทำต่อ ฟันเป็นแรงในแนวผิดปกติ (unfavorable load direction) ทำให้เกิดความเค้นเนื่องจากแรงดึง (tensile stress) และแรงเฉือน (shear stress)<sup>31</sup> เช่นแรงที่เกิดจากการกระแทกจากอุบัติเหตุหรือ แรงที่เกิดขึ้นกับฟันหลักยึด (abutment) ของฟันปลอม ชนิดถอดได้ รวมถึงแรงที่เกิดกับเดือยฟันและวัสดุทำ แกนระหว่างการรื้อครอบฟันบูรณะเฉพาะกาล (provisional crown)<sup>32</sup>

การศึกษาในครั้งนี้มีการเตรียมฟันที่มีการ จำลองการสูญเสียเนื้อฟันอันเนื่องมาจากรอยผุ และ การรักษาคลองรากฟัน โดยมีการกรอเปิดทางเข้าสู่ คลองรากฟัน การขยายคลองรากฟัน และมีการกรอ เตรียมโพรงฟันด้านใกล้กลาง-ด้านบดเคี้ยว-ด้านใกล้ กลาง ซึ่งกำหนดให้มีขนาดโพรงฟันและปริมาณเนื้อ

**Table 1** Mean value of fracture resistance of the tested groups (n=10)

Group	Mean±SD (N)
1	277.95±13.76 <sup>a</sup>
2	305.90±13.17 <sup>b</sup>
3	303.84±19.41 <sup>b</sup>
4	321.35±21.63 <sup>c</sup>

Means with the same superscript letter are not significantly different from each other (p>0.05)

**Table 2** Fracture modes of the tested groups (n=10)

Group	Restorable (%)	Non-restorable (%)	Mann-Whitney U Test
1	40	60	A
2	70	30	AB
3	60	40	AB
4	90	10	B

Fracture modes followed by different uppercase letters are significantly different at p<0.05

พื้นที่เหลืออยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งการเตรียมโพรงฟันดังกล่าวมีรายงานว่า เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความแข็งตึง (stiffness) ของฟันลดลงเหลือเพียงร้อยละ 31 ของฟันปกติ<sup>5</sup>

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวสั้นกว่าความสูงของตัวฟันมีผลทำให้ค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับหลายๆ การศึกษา<sup>33-35</sup> โดยการใส่เดือยฟันที่มีความยาวนั้นจะสามารถช่วยกระจายความเค้น ทำให้ค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักสูงขึ้น<sup>36</sup> ซึ่งผลดังกล่าวส่งเสริมวิธีการบูรณะฟันภายหลังการรักษาคลองรากฟันโดยใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมกับสารยึดติด มีรายงานจากการศึกษาการบูรณะโดยใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมกับสารยึดติดด้วยวิธีไฟไนต์อีลีเมนต์ (finite element analysis) ที่แสดงถึงความเค้นที่เกิดขึ้นต่อฟันที่ต่ำลง เนื่องจากเดือยชนิดผสมเส้นใยสามารถดูดซับและกระจายความเค้นไปตลอดความยาวรากฟันโดยสม่ำเสมอ และมีรูปแบบใกล้เคียงที่เกิดขึ้นในฟันธรรมชาติปกติ<sup>29</sup>

ในกลุ่มควบคุมที่ทำการบูรณะโดยไม่ใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยมีความต้านทานการแตกหักต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ที่บูรณะโดยใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่ทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา<sup>37,38</sup> ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติของเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความอดุลย์ยืดหยุ่นใกล้เคียงเนื้อฟัน<sup>39,40</sup> มากกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดมัลติคอร์โพลที่ใช้ โดยค่ามอดุลย์ยืดหยุ่นของเนื้อฟันมีค่าประมาณ 18,600 เมกกะปาสคาล (MPa)<sup>41</sup> ในขณะที่ค่ามอดุลย์ยืดหยุ่นของมัลติคอร์โพลจากรายงานของบริษัทผู้ผลิตมีค่าประมาณ 9,000 เมกกะปาสคาล ซึ่งจากความใกล้เคียงของค่ามอดุลย์ยืดหยุ่นระหว่างเนื้อฟันกับเดือยฟันชนิดผสมเส้นใย ทำให้เกิดการกระจายความเค้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเค้นที่ส่วนใหญ่เกิดบริเวณคอฟันจะถูกดูดซับและกระจายตลอดความยาวรากฟันโดยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใย<sup>29</sup> ทำให้

สามารถต้านทานต่อแรงที่มากระทำจนเกิดการแตกหักได้มากกว่า

เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบการแตกหักจะพบว่า การแตกหักส่วนใหญ่เกิดบริเวณคอฟันซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดความเค้นมากที่สุด<sup>36</sup> และผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าในกลุ่มที่มีการบูรณะโดยใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมด้วยจะพบรูปแบบการแตกหักในลักษณะที่สามารถบูรณะได้สูงกว่าในกลุ่มควบคุมที่บูรณะโดยไม่ใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับหลายๆ การศึกษาที่ผ่านมา<sup>33,38,42</sup> โดยพบรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ในกลุ่มที่บูรณะฟันด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับความสูงตัวฟันสูงกว่ากลุ่มที่ใช้เดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่สั้นกว่าความสูงของตัวฟัน และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการจึงไม่สามารถลอกเลียนสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงในช่องปากได้ ดังนั้นผลการศึกษาจึงเป็นเพียงแนวทางที่จะนำไปประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้ความยาวเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยในการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันแล้วได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตามในการศึกษาต่อไป ควรมีการจำลองลักษณะการบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นในช่องปาก โดยนำฟันไปผ่านการรับแรงที่เกิดจากเครื่องจำลองการบดเคี้ยว (Mechanical loading) ที่จำนวนรอบที่แตกต่างกัน อาจทำให้เห็นถึงผลของการบูรณะฟันดังกล่าวด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยร่วมกับสารยึดติดที่ระดับความลึกแตกต่างกันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

การบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันและมีโพรงฟันด้านใกล้กลาง-ด้านบดเคี้ยว-ด้านไกลกลางโดยไม่ใช้เดือยฟันร่วมด้วยให้ค่าความต้านทานการแตกหักน้อยที่สุด และเมื่อบูรณะฟันด้วยเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยที่มีความยาวเท่ากับความสูงของตัวฟันจะมีความต้านทานการแตกหักของฟันสูงที่สุด และมีรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ



## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอ.ทพ.ดร.ศุภคันธ์  
ทิศทวีรัตน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขบทความนี้

**Funding:** None

**Competing interests:** None declared

**Ethical approval:** The Mahidol University  
Institutional Review Board with Protocol  
No. MU-IRB 2009/004.1405

## เอกสารอ้างอิง

- Gher ME, Jr., Dunlap RM, Anderson MH, Kuhl LV. Clinical survey of fractured teeth. *J Am Dent Assoc* 1987; 114: 174-7.
- Courtade GL, Timmermans JJ. Pins in restorative dentistry. St. Louis Mosby; 1971.
- Panitvisai P, Messer HH. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1995; 21: 57-61.
- Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992; 67: 458-67.
- Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989; 15: 512-6.
- Steele A, Johnson BR. In vitro fracture strength of endodontically treated premolars. *J Endod* 1999; 25: 6-8.
- Cotert HS, Sen BH, Balkan M. In vitro comparison of cuspal fracture resistances of posterior teeth restored with various adhesive restorations. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 374-8.
- Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 529-36.
- Guzy GE, Nicholls JL. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. *J Prosthet Dent* 1979; 42: 39-44.
- Costa LC, Pegoraro LF, Bonfante G. Influence of different metal restorations bonded with resin on fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 365-9.
- Trope M, Langer I, Maltz D, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated premolars. *Endod Dent Traumatol* 1986; 2: 35-8.
- Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995; 28: 12-8.
- Silverstein WH. The reinforcement of weakened pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 1964; 14: 372-81.
- Hudis SI, Goldstein GR. Restoration of endodontically treated teeth: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 1986; 55: 33-8.
- Sorensen JA, Engelman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 64: 419-24.
- Cohen BI, Pagnillo MK, Condos S, Deutsch AS. Four different core materials measured for fracture strength in combination with five different designs of endodontic posts. *J Prosthet Dent* 1996; 76: 487-95.
- Standlee JP, Caputo AA, Collard EW, Pollack MH. Analysis of stress distribution by endodontic posts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33: 952-60.
- Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent* 2003; 28: 86-91.
- Glazer B. Restoration of endodontically treated teeth with carbon fibre posts--a prospective study. *J Can Dent Assoc* 2000; 66: 613-8.
- 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: 427-33.
- Schillingberg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R. Fundamental of fixed prosthodontics. 3<sup>rd</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1997.
- Kvist T, Rydin E, Reit C. The relative frequency of periapical lesions in teeth with root canal-retained posts. *J Endod* 1989; 15: 578-80.
- Morgano SM. Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. *J Prosthet Dent* 1996; 75: 375-80.
- Rosen H. Operative procedures on mutilated endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1961; 11: 973-86.

25. Stern N, Hirshfeld Z. Principles of preparing endodontically treated teeth for dowel and core restorations. *J Prosthet Dent* 1973; 30: 162-5.
26. Bartlett SO. Construction of detached core crowns for pulpless teeth in only two sittings. *J Am Dent Assoc* 1968; 77: 843-5.
27. Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent* 1999; 81: 380-5.
28. Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod* 2002; 28: 629-33.
29. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials* 2002; 23: 2667-82.
30. Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res* 2005; 19: 11-6.
31. Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. *Int Endod J* 2005; 38: 230-7.
32. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence Int* 2008; 39: 117-29.
33. Adanir N, Belli S. Evaluation of different post lengths' effect on fracture resistance of a glass fiber post system. *Eur J Dent* 2008; 2: 23-8.
34. Buttler L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann NU, Weiger R. Influence of post fit and post length on fracture resistance. *Int Endod J* 2009; 42: 47-53.
35. Giovani AR, Vansan LP, de Sousa Neto MD, Paulino SM. In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. *J Prosthet Dent* 2009; 101: 183-8.
36. Santos-Filho PC, Castro CG, Silva GR, Campos RE, Soares CJ. Effects of post system and length on the strain and fracture resistance of root filled bovine teeth. *Int Endod J* 2008; 41: 493-501.
37. Scotti N, Scansetti M, Rota R, Pera F, Pasqualini D, Berutti E. The effect of the post length and cusp coverage on the cycling and static load of endodontically treated maxillary premolars. *Clin Oral Investig* 2011; 15: 923-9.
38. Sorrentino R, Salameh Z, Zarone F, Tay FR, Ferrari M. Effect of post-retained composite restoration of MOD preparations on the fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Adhes Dent* 2007; 9: 49-56.
39. Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater* 2007; 23: 1129-35.
40. Chieruzzi M, Pagano S, Pennacchi M, Lombardo G, D'Errico P, Kenny JM. Compressive and flexural behavior of fibre reinforced endodontic posts. *J Dent* 2012; 40: 968-78.
41. Rees JS, Jacobsen PH, Hickman J. The elastic modulus of dentine determined by static and dynamic methods. *Clin Mater* 1994; 17: 11-5.
42. Salameh Z, Sorrentino R, Ounsi HF, Goracci C, Tashkandi E, Tay FR, et al. Effect of different all-ceramic crown system on fracture resistance and failure pattern of endodontically treated maxillary premolars restored with and without glass fiber posts. *J Endod* 2007; 33: 848-51.