

ผลของสิ่งบูรณะในคลองรากฟันต่อความต้านทานการแตกหัก ของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น

Effect of Intra-canal Restorations on Fracture Resistance of Fixed Partial Denture Abutment

ปิยกุล จรรยาวัฒน์¹, อาทิตยา ญาณไพศาล², กุลภพ สุทธิอาจ³

¹คลินิกทันตกรรมฟันสวย จ.จันทบุรี

²โรงพยาบาลป่าตอง อ.กะทู้ จ.ภูเก็ต

³ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Piyakul Janyawat¹, Artittaya Yanpaisan², Kullapop Suttiat³

¹Private Practice, Chanthaburi

²Patong Hospital, Kathu, Phuket

³Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม. ทันตสาร 2560; 38(2) : 127-138

CM Dent J 2017; 38(2) : 127-138

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของสิ่งบูรณะในคลองรากฟันต่อความต้านทานการแตกหักและรูปแบบการแตกหักของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น

วัสดุและวิธีการ: สร้างแบบจำลองสำหรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ที่มีสันเหงือกไร้ฟันยาว 10 มิลลิเมตร จำนวน 30 ชิ้น สุ่มแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ตามรูปแบบของสิ่งบูรณะในคลองรากฟัน ประกอบด้วย เดือยฟันโลหะหล่อ (CP) เดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (FP) และกลุ่มควบคุมซึ่งไม่มีสิ่งบูรณะในคลองรากฟัน สร้างและยึดชิ้นฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ที่มีด้านบดเคี้ยวแบนราบเข้ากับแบบจำลองแต่ละชิ้นด้วยเรซินซีเมนต์ ให้แรงกด

Abstract

Objectives: To study the effect of the intra-canal restorations on the fracture resistance and failure mode of fixed partial denture (FPD) abutment.

Materials and Methods: Thirty models of a 3-unit FPD with 10 mm edentulous space were prepared and randomly divided into three groups (n=10) according to type of intra-canal restoration consist of cast post (CP), prefabricated fiber-reinforced post (FP) and no intra-canal restoration as a control. A full metal 3-unit FPD with flat occlusal surface was fabricated and cemented on each model with resin cement. The 10,000 N at a cross-head

Corresponding Author:

กุลภพ สุทธิอาจ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Kullapop Suttiat

Assistant Professor; Department of Prosthodontics,
Faculty of Dentistry, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand
E-mail: kullapop.s@cmu.ac.th

ขนาด 10,000 นิวตัน กระทำต่อชิ้นฟันเทียมตามแนวแกนของซี่ฟันแขวน โดยเคลื่อนหัวกดด้วยความเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/นาที จนชิ้นตัวอย่างแตกหัก บันทึกค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหัก (นิวตัน) วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว ($\alpha=0.05$) จำแนกลักษณะการแตกหักเป็นแบบที่สามารถบูรณะได้และแบบที่ไม่สามารถบูรณะได้

ผลการทดลอง: ค่าเฉลี่ยแรงที่ทำให้ตัวอย่างแตกหักของกลุ่ม CP (6250.079 ± 688.337 นิวตัน) กลุ่ม FP (6454.780 ± 556.534 นิวตัน) และกลุ่มควบคุม (6849.830 ± 673.003 นิวตัน) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.124$) ในกลุ่ม CP พบรากฟันแตกในแนวตั้ง 5 จาก 10 ตัวอย่าง การแตกหักในกลุ่มควบคุมและกลุ่ม FP จัดอยู่ในลักษณะที่สามารถบูรณะได้

สรุป: ความแตกต่างของสิ่งบูรณะในคลองรากฟันไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความต้านทานการแตกหักของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น แต่มีอิทธิพลต่อรูปแบบการแตกหักของฟันหลัก

คำสำคัญ: ฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น เดือยและแกนฟัน ความต้านทานการแตกหัก รูปแบบการแตกหัก

speed of 0.5 mm/min was loaded along the long axis of the pontic tooth of FPD until a fracture occurred. The fracture loads (N) were recorded and analyzed by using 1-way ANOVA ($\alpha=0.05$). The fracture patterns were classified as restorable and non-restorable.

Results: The mean fracture load of CP (6250.079 ± 688.337 N), FP (6454.780 ± 556.534 N) and control (6849.830 ± 673.003 N) were not significantly different ($p=0.124$). The 5 out of 10 specimens from CP shown vertical root fracture. The most of fractures in control and FP were classified as restorable type.

Conclusions: The difference of intra-canal restoration had no significant effect on the fracture resistance of FPD abutment but influenced to the abutment fracture pattern.

Keywords: fixed partial denture abutment, post and core, fracture resistance, mode of fracture

บทนำ

ฟันธรรมชาติที่มีตัวฟัน รากฟัน รวมถึงอวัยวะปริทันต์ที่สมบูรณ์ เป็นตัวเลือกลำดับแรกสำหรับใช้เป็นหลักสำหรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น แต่ในหลายกรณีทันตแพทย์จำเป็นต้องเลือกใช้ซี่ฟันธรรมชาติที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันซึ่งมักมีการสูญเสียเนื้อฟันปริมาณมากทั้งในส่วนตัวฟันและรากฟันเป็นหลักสำหรับการยึดอยู่และรองรับฟันเทียม จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและถูกใช้เป็นตัวหลักของสะพานฟันที่มีช่วงยาวหรือฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนถอดได้ชนิดขยายฐาน มีโอกาสเกิดการแตกหักเนื่องจากแรงบิดและแรงในแนวระนาบที่เกิดขึ้นขณะบดเคี้ยวมากกว่าเมื่อเทียบกับการเลือกใช้ฟันหลักที่มีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่มีการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันร่วมด้วย^(1,2) จากการติดตามผลสำเร็จของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นหลังใช้งานตั้งแต่ 1-25 ปี

พบว่า ฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นที่มีฟันหลักเป็นฟันธรรมชาติที่ผ่านการรักษาคลองรากฟัน มีอัตราความสำเร็จต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับครอบฟันเดี่ยวบนฟันหลักที่ผ่านการรักษาคลองรากฟัน⁽³⁾ Caplan และ Weinstraub⁽⁴⁾ พบว่า การเลือกใช้ฟันธรรมชาติที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันเป็นฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นส่งผลให้โอกาสสูญเสียฟันซี่ดังกล่าวมีเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะเวลา 6-7 ปี หลังการใช้งาน Walton^(5,6) ติดตามและประเมินผลการใช้งานฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นจำนวน 515 ชิ้น พบว่า ที่ระยะเวลา 5-10 ปี ความล้มเหลวของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นที่มีฟันหลักเป็นฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันมีค่าประมาณร้อยละ 8 และเพิ่มเป็นร้อยละ 21 ที่ระยะเวลา 10-15 ปี สำหรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นที่มีฟันธรรมชาติที่มีชีวิตเป็นฟันหลักมีค่าความล้มเหลวร้อยละ 2 และร้อยละ 5 ที่ระยะเวลา 5-10 ปี และ 10-15 ปี ตามลำดับ

สอดคล้องกับการศึกษาผลสำเร็จของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นในผู้ป่วยปริทันต์ที่ได้รับการบูรณะมาแล้วเป็นเวลา 20 ปี จำนวน 100 ราย ของ Di Febo และคณะ⁽⁷⁾ ที่พบว่ามีการสูญเสียฟันหลักฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น คิดเป็นร้อยละ 9.9 โดยพบว่า ร้อยละ 98 ของฟันหลักที่สูญเสียเป็นฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้สูญเสียฟันเกิดจากการแตกของรากฟันในแนวตั้งร้อยละ 48 และเกิดจากการลุกลามของโรคปริทันต์ร้อยละ 31

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น เห็นได้ว่าในกรณีที่ทันตแพทย์จำเป็นต้องใช้ฟันธรรมชาติที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันเป็นฟันหลักสำหรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น การเลือกรูปแบบการบูรณะเพื่อสร้างให้ซี่ฟันมีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับการรองรับ การยึดติด และเสถียรภาพ ที่เพียงพอแก่ฟันเทียมที่จะสร้างขึ้น รวมทั้งมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานต่อแรงบดเคี้ยว เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพื่อให้การรักษาประสบผลสำเร็จในระยะยาว

แม้ว่าการบูรณะฟันหลักที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันด้วยเดือยและแกนฟันโลหะหล่อถือเป็นแนวทางการบูรณะมาตรฐานที่ได้รับการสอนในโรงเรียนทันตแพทย์และเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลายาวนาน^(8,9) แต่ในปัจจุบันการเลือกใช้เดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตชนิดเสริมเส้นใย ร่วมกับการสร้างแกนฟันจากวัสดุเรซินคอมโพสิตเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของรูปแบบการบูรณะที่ได้รับความนิยมสำหรับฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันซึ่งวางแผนใช้เป็นฟันหลักสำหรับรองรับครอบฟันเดือยนอกเหนือจากการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยและแกนฟันชนิดโลหะหล่อ⁽¹⁰⁻¹⁴⁾ การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันที่สร้างจากวัสดุประเภทพอลิเมอร์ซึ่งมีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติ จะช่วยให้แรงบดเคี้ยวที่กระทำต่อซี่ฟันถูกกระจายสู่เนื้อฟันเป็นบริเวณกว้าง โอกาสเกิดการแตกหักของซี่ฟันในลักษณะที่ไม่สามารถบูรณะได้จึงลดลง^(2,3,15-20) และยังพบว่า การบูรณะรูปแบบนี้ให้ผลสำเร็จทางคลินิกในระดับที่ดีเมื่อใช้เป็นฟันหลักสำหรับรองรับครอบฟันเดือย^(21,22) นอกจากนี้การยึดติดบริเวณผิวเดือยฟันเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับเนื้อฟันภายในบริเวณคลองรากฟันผ่านเรซินซีเมนต์ยังช่วยให้รูปแบบการกระจายแรงไปยังเนื้อฟันธรรมชาติบริเวณรากฟันมีลักษณะดีขึ้นอีกด้วย^(23,24) จากเหตุผลดังกล่าวมาทำให้การบูรณะซี่ฟันที่ผ่านการรักษาคลอง

รากฟันด้วยเดือยและแกนฟันที่สร้างจากวัสดุพอลิเมอร์เป็นทางเลือกหนึ่งที่ทันตแพทย์ควรให้ความสนใจ

แม้ในปัจจุบันค่อนข้างเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางว่าการบูรณะฟันหลักที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันด้วยวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์ซึ่งมีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติให้ผลการสำเร็จที่ดีทางคลินิก แต่ค่ากล่าวข้างต้นสรุปมาจากการศึกษาซึ่งทำในฟันหลักที่รองรับครอบฟันเดือย การศึกษาเกี่ยวกับผลของการบูรณะภายหลังการรักษาคลองรากฟันในฟันหลักที่ทำหน้าที่รองรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นมีเพียงเล็กน้อย อีกทั้งการศึกษาหรือบทความที่เกี่ยวข้องกับผลของการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันและใช้เป็นฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นมักเป็นการติดตามผลการรักษาทางคลินิก^(2,3,6) ซึ่งอาจมีความแตกต่างของผู้ป่วยที่นำมาศึกษาซึ่งอาจส่งผลต่อความเที่ยงตรงของข้อมูลที่รวบรวมได้ นอกจากนี้บทความหลายชิ้นมีลักษณะเป็นข้อเสนอแนะที่เรียงเรียงขึ้นโดยอาศัยข้อมูลหรือข้อคิดเห็นจากทันตแพทย์ที่มีประสบการณ์เท่านั้น^(11,12) ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาในห้วงปฏิบัติการเกี่ยวกับผลของรูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันที่แตกต่างกันต่อการแตกหักของซี่ฟันเทียม/ซี่ฟันหลัก เปรียบเทียบระหว่างกรณีบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันโลหะหล่อ และเดือยและแกนฟันเรซินคอมโพสิต เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบการบูรณะที่เหมาะสมสำหรับฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน โดยมีสมมติฐานงานวิจัยว่า รูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันที่แตกต่างกันไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการแตกหักของซี่ฟันเทียม/ซี่ฟันหลัก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

วัสดุและวิธีการ

ก) การสร้างแบบจำลองสำหรับรองรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น

คัดเลือกและรวบรวมฟันกรามน้อยซี่แรกซึ่งถูกถอนด้วยเหตุผลของการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ที่มีรากเดือย มีตัวฟันและรากฟันสมบูรณ์ มีขนาดตัวฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal) เฉลี่ย 7.5±0.5 มิลลิเมตร แนวแก้ม-ลิ้น (bucco-lingual) เฉลี่ย 8±0.5 มิลลิเมตร ความสูงของตัวฟัน (crown height) เฉลี่ย 9.5±0.5 มิลลิเมตร และมีความยาวรากฟัน (root length) ซึ่งวัดจากแนวรอยต่อเคลือบ

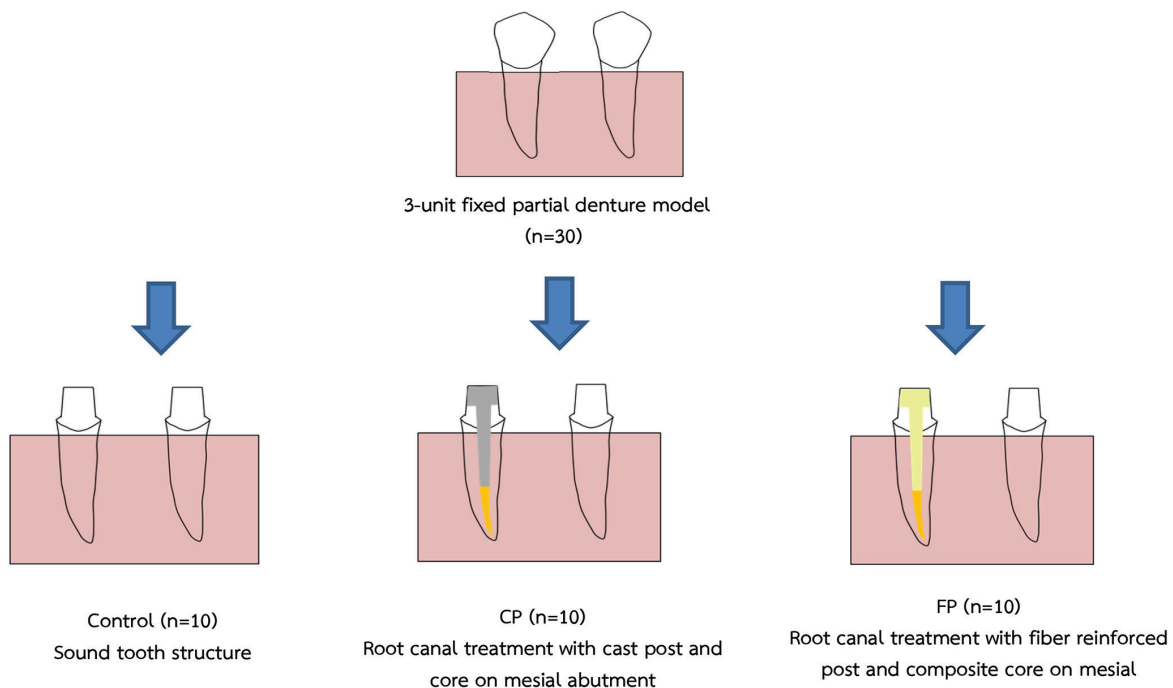
รากฟันเคลือบฟัน (cemento-enamel junction) เฉลี่ย 11.5±0.5 มิลลิเมตร จำนวน 60 ซี่ ภายใต้การอนุมัติจาก คณะกรรมการพิทักษ์สิทธิสวัสดิภาพและปกป้องอันตราย ของผู้ถูกวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (เอกสารเลขที่ 10/2557)

ประเมินจำนวนและขนาดคลองรากฟัน รวมทั้งความหนา ของเนื้อฟันบริเวณตัวฟันและคลองรากของฟันแต่ละซี่ด้วย ภาพถ่ายรังสีรอบปลายราก (periapical film) กำจัดหิน น้ำลายและเนื้อเยื่อปริทันต์ที่เหลือติดบริเวณผิวรากฟันด้วย เครื่องขูดหินน้ำลายไฟฟ้า เก็บซี่ฟันที่เตรียมได้ในสารละลาย ไทโมล ความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิห้อง จนกว่าจะนำ มาใช้สร้างแบบจำลอง

สร้างแบบจำลองสำหรับรองรับฟันเทียมบางส่วนติดแน่น 3 หน่วย ที่มีระยะสันเหงือกไว้ฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง เท่ากับ 10 มิลลิเมตร จำนวน 30 ซี่ โดยยึดซี่ฟันธรรมชาติที่ เตรียมไว้เข้ากับแผ่นฟลิปพลาสติกที่มีรูวงกลมขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร 2 ตำแหน่งที่ห่างกัน 10 มิลลิเมตร ด้วยซีฟิ่งเหนียว (sticky wax) ตรวจสอบแนวแกน (long axis) ของฟันกรามน้อยทั้งสองซี่ให้ตั้งฉากกับแนวระนาบ โดยใช้เครื่องสำรวจความขนาน (Ney surveyor; Densply

Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ปรับระนาบด้าน บดเคี้ยวของฟันกรามน้อยทั้งสองซี่ให้ขนานกับแนวระนาบ ประกอบฟลิปพลาสติกเข้ากับเบ้าทองเหลือง ขนาด 40 x 20 x 25 มิลลิเมตร ผสมวัสดุเรซินอะคริลิกแบบใสชนิดก่อตัวด้วย ปฏิกิริยาเคมี (Orthocryl Clear Acrylic Resin, Ivoclar, Dentaaurum, Frankfurt, Germany) ตามสัดส่วนที่บริษัท ผู้ผลิตกำหนด เทวัสดุที่ผสมได้ลงในเบ้าทองเหลืองจนถึง ระดับต่ำกว่าแนวรอยต่อระหว่างเคลือบรากฟันและเคลือบฟัน ประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยรอบเพื่อจำลองระยะความกว้างทาง ชีวภาพ (biologic width) ร่องนวัตศุก่อตัวเต็มที่แล้วจึงแยก ขึ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ออกจากแบบหล่อทองเหลือง แล้วจึง กรอแต่งอะคริลิกส่วนเกินบริเวณฐานของแบบจำลอง

สุมแบ่งแบบจำลองที่เตรียมได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่น ตามชนิดของการบูรณะภายในคลองรากฟัน คือ กลุ่ม CP (เดี่ยวและแกนฟันชนิดโลหะหล่อ) กลุ่ม FP (เดี่ยวสำเร็จรูป เรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับแกนฟันเรซินคอมโพสิต) และกลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและไม่มี สิ่งบูรณะในคลองรากฟัน) ดังแสดงในรูปที่ 1 แล้วจึงสร้าง สิ่งบูรณะภายในคลองรากฟันตามกลุ่มที่แบ่งไว้



รูปที่ 1 การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับแต่ละกลุ่ม
Figure 1 model preparations for each group

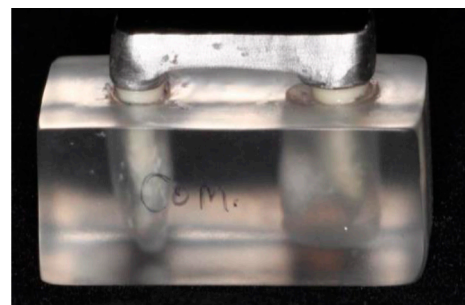
ข) การเตรียมคลองรากฟันบนซี่ฟันหลัก

กรอเปิดทางเข้าสู่โพรงประสาทฟันเพื่อเริ่มขั้นตอนการรักษาคคลองรากฟันบนฟันกรามน้อยซี่หน้าของขึ้นตัวอย่างกลุ่มทดลอง (CP และ FP) ขยายคลองรากฟันโดยวิธีย้อนกลับ (conventional step-back technique) ร่วมกับใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 และน้ำเกลือเป็นสารชะล้างในคลองราก ปรับแต่งรูปร่างคลองรากฟันจนบริเวณปลายสุดของคลองรากฟันมีขนาดเท่ากับตะไบคลองรากฟันเบอร์ 35 และห่างจากปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร อุดคลองรากฟันด้วยแท่งกัตาเปอร์ชาหลัก ขนาดเบอร์ 35 และแท่งกัตาเปอร์ชาเสริมร่วมกับวัสดุผนึกคลองรากฟันชนิดเรซิน (AH plus Root canal sealer, Dentsply, Frankfurt, Germany) ถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากเพื่อตรวจสอบคุณภาพการอุดคลองรากฟัน

ขีดเส้นขนานกับแนวระนาบ และสูงจากแนวรอยต่อเคลือบรากฟันบริเวณกึ่งกลางด้านประชิดของฟันหลักซี่หน้า 2 มิลลิเมตร บนตัวฟันของฟันหลักซี่หน้าในขึ้นตัวอย่างกลุ่มทดลอง ใช้หัวกรอกากเพชรทรงเรียวชนิดปลายมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร (Taper round ended diamond bur diameter 0.5 mm., Jota AG, Bern, Switzerland) ร่วมกับด้ามกรอฟันความเร็วสูงและน้ำ กรอตัดตัวฟันตามแนวที่กำหนด

เตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันยาว 12 มิลลิเมตร จากขอบของรอยตัดบนตัวฟัน บนฟันหลักซี่หน้าของแบบจำลองกลุ่ม CP และ FP โดยใช้เครื่องมืออุดคลองรากฟันลงไฟเพื่อรีดวัสดุกัตาเปอร์ชาออกจากคลองรากฟันตามความยาวที่ต้องการ ใช้เครื่องมืออุดคลองรากอัดวัสดุอุดคลองรากส่วนที่เหลือให้แน่นในคลองรากฟัน แล้วจึงใช้หัวกรอเบอร์ 1 ของชุดเดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตชนิดเส้นใยอาร์ทีดี (No.1 post space drill for RTD Glass Fiber Post, RTD Company, Saint Egreve, France) กรอเตรียมผนังคลองรากฟันให้เรียบและมีรูปร่างเหมือนกันในทุกชั้นตัวอย่าง ยึดแกนฟันโลหะเหนียวที่สร้างจากโลหะผสมโครบอลต์โครเมียมบนฟันหลักซี่หน้าของขึ้นตัวอย่างกลุ่ม CP และยึดเดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตชนิดเส้นใยแก้ว (RTD glass fiber post No.2, RTD company, Saint Egreve, France) บนฟันหลักซี่หน้าของขึ้นตัวอย่างกลุ่ม FP ด้วยเรซินซีเมนต์ (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent

company, Florida, USA) แล้วจึงสร้างแกนฟันบนฟันหลักซี่หน้าของขึ้นตัวอย่างกลุ่ม FP ด้วยคอมโพสิตสำหรับสร้างแกนฟัน (MultiCore® flow, Ivoclar Vivadent Inc, New York, USA) หลังจากนั้นกรอแต่งฟันหลักซี่หน้าและหลังบนแบบจำลองแต่ละชิ้นเพื่อรองรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย แบบโลหะล้วน โดยใช้แม่แบบซิลิโคนเป็นตัวควบคุมปริมาณการกรอแต่งซี่ฟัน กำหนดให้ตัวฟันของฟันหลักสูง 4 มิลลิเมตร จากแนวรอยต่อเคลือบรากฟันบริเวณกึ่งกลางด้านประชิดของฟันหลัก มุมโดยรอบระหว่างแนวตั้งกับผิวฟันที่กรอแต่งมีค่า 2-4 องศา มีขอบแบบรอยตัดเฉียงโค้ง (chamfer margin) โดยรอบซี่ฟัน พิมพ์แบบจำลองที่กรอแต่งเรียบร้อยแล้วด้วยวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลซิลอกเซนชนิดพัตตี (Express™ XT Putty Soft Polyvinyl siloxane, 3M ESPE, Rome, Italy) ร่วมกับวัสดุพิมพ์ปากพอลิไวนิลซิลอกเซนชนิดไลท์บอดี (Express™ XT Light Body Quick Polyvinyl siloxane, 3M ESPE, Frankfurt, Germany) เทแบบรอยพิมพ์ด้วยสโตนทางทันตกรรมชนิดที่ 4 (Velmix Improved Dental Stone, Kerr, Frankfurt, Germany) แล้วจึงสร้างฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ที่มีด้านบดเคี้ยวแบน ฟันเขี้ยวมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม และระนาบบดเคี้ยวตั้งฉากกับแนวแกนฟัน กำหนดให้รอยต่อระหว่างฟันหลักและฟันเขี้ยวมีความสูงในแนวด้านบดเคี้ยว-คอฟัน 4 มิลลิเมตร กว้างในแนวด้านแก้ม-ลิ้น 7 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ที่มีด้านบดเคี้ยวแบนราบ

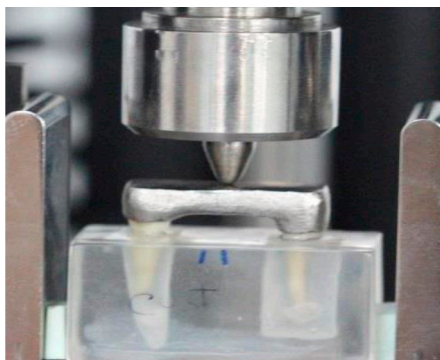
Figure 2 The 3-unit fixed partial denture with flat occlusal surface.

ยึดขึ้นฟันเทียมเข้ากับซี่ฟันหลักบนแบบจำลองด้วยเรซินซีเมนต์ (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent

company, Florida, USA) วางดัดน้ำหนักขนาด 5 นิวตัน บนด้านบดเคี้ยวของซี่ฟันแขวนเพื่อกดขึ้นฟันเทียมให้เข้าที่และนั่งบนฟันหลัก นาน 10 นาที แล้วจึงฉายแสงบริเวณรอยต่อระหว่างขอบฟันเทียมกับซี่ฟันหลัก 20 วินาที วางแบบจำลองไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เรซินซีเมนต์ก่อตัวเต็มที่ก่อนนำชิ้นงานไปทดสอบ

ค) การทดสอบการแตกหักของแบบจำลอง

นำชิ้นงานแต่ละกลุ่มไปทดสอบการแตกหัก โดยยึดแบบจำลองเข้ากับแท่นจับของเครื่องทดสอบสากล (universal testing machine, Instron®, Norwood, MA, U.S.A.) วางหัวกดเหล็กกล้าไร้สนิมปลายกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร บริเวณกึ่งกลางซี่ฟันแขวน ดังแสดงในรูปที่ 3 ให้แรงกดขนาด 10,000 นิวตัน ที่อัตราเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที กระทำต่อชิ้นงานในแนวตั้งฉากกับระนาบด้านบดเคี้ยวของฟันเทียม จนกระทั่งแบบจำลองหรือฟันหลักเกิดการแตกหัก บันทึกแรงกดสูงสุดที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหัก (นิวตัน) วิเคราะห์ค่าแรงกดที่บันทึกได้ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) และสถิติเปรียบเทียบเชิงซ้อนทุกคู่ (Tukey's multiple comparison) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พร้อมกับจำแนกรูปแบบการแตกหักของชิ้นตัวอย่างแต่ละกลุ่ม



รูปที่ 3 การทดสอบความต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบสากล (อินสตรอน)

Figure 3 Fracture resistance test by using a universal testing machine (Instron)

ผลการศึกษา (Results)

ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำให้ฟันหลักแตกหักพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแสดงในตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาค่าดังกล่าวพบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกดของกลุ่มควบคุมมีสูงที่สุด (6849.830±673.002 นิวตัน) รองลงมาคือกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปชนิดเสริมเส้นใยร่วมกับแกนฟันที่สร้างจากวัสดุเรซินคอมโพสิต (6454.780±556.534 นิวตัน) และกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยและแกนฟันชนิดโลหะเหวี่ยง (6250.079±688.337 นิวตัน) ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแรงกดของแต่ละกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกดของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.124)

เมื่อพิจารณารูปแบบการแตกหักของตัวอย่างแต่ละกลุ่มสามารถจำแนกได้ตามที่แสดงในตารางที่ 2 โดยพบว่า 8 ใน 10 ชิ้นของตัวอย่างกลุ่มควบคุม และ 9 ใน 10 ชิ้นของตัวอย่างกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (FP) เกิดการแตกหักของฟันหลักซี่หน้าและหลัง ในแนวราบหรือแนวเฉียงบริเวณคอฟันระดับเหนือต่อขอบเรซินอะคริลิก ซึ่งจัดเป็นการแตกหักในลักษณะที่สามารถบูรณะซ้ำได้ มีตัวอย่างเพียงหนึ่งชิ้นจากกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (FP) ที่เกิดการแตกของรากฟันในแนวตั้งร่วมกับการแตกหักบริเวณคอฟัน และมีเพียงสองชิ้นจากกลุ่มควบคุมที่มีการแตกเฉียงในแนวตั้งต่ำกว่าระดับขอบเรซินอะคริลิก ซึ่งพิจารณาว่าเป็นการแตกหักแบบที่ไม่สามารถบูรณะได้ ในขณะที่ตัวอย่างกลุ่มที่บูรณะด้วย

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย (N) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหัก

Table 1 Mean (N) and standard deviation (SD) of fracture load

Group	Mean ± SD
Control	6849.830±673.003 ^a
Cast post and core (CP)	6250.079±688.337 ^a
Fiber reinforced post and composite core (FP)	6454.780±556.534 ^a

*The same supra letter in each group are not significantly different (p=0.124)

เดือยและแกนฟันชนิดโลหะเทรียง (CP) พบว่า ครึ่งหนึ่งของตัวอย่างมีการแตกของรากฟันในแนวตั้ง ซึ่งถือเป็นรูปแบบการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะซ้ำได้ ส่วนที่เหลือพบการแตกหักบริเวณขอบอะคริลิกหรือเหนือแนวตั้งกล่าว ซึ่งจัดเป็นการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ (รูปแบบการแตกหักของแบบจำลองที่พบในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในรูปที่ 4)

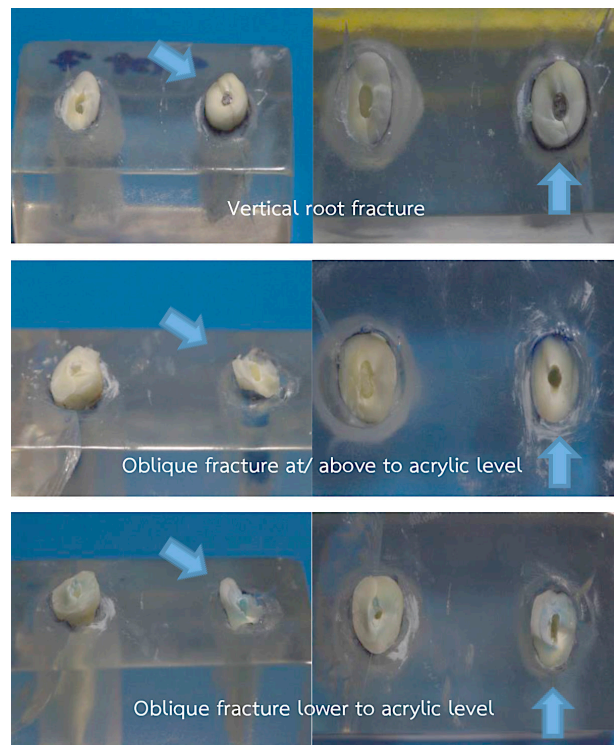
ตารางที่ 2 รูปแบบการแตกหักของฟันหลักในแต่ละกลุ่ม
Table 2 Fracture patterns of abutment teeth in each group

Mode of fracture	Control	CP	FP
<i>Restorable fracture:</i>	8	5	9
Horizontal and/or oblique fracture at or above acrylic level around abutment teeth			
<i>Non-restorable fracture:</i>	2	5	1
Oblique fracture extended lower to acrylic level around abutment tooth and/or vertical fracture			
Total	10	10	10

บทวิจารณ์

การวิจัยนี้ต้องการศึกษาค่าความต้านทานการแตกหักเนื่องจากแรงกระทำในแนวตั้งของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นเปรียบเทียบระหว่างกรณีบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยและแกนฟันโลหะหล่อ กับกรณีบูรณะด้วยเดือยเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใย เพื่อหารูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันที่ให้ค่าความต้านทานการแตกหักสูงที่สุด สำหรับใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการพิจารณาเลือกรูปแบบการบูรณะที่เหมาะสมสำหรับฟันที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันซึ่งจำเป็นต้องใช้เป็นฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ขนาดตัวฟันและรากฟันเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการต้านทานการแตกหักของแบบจำลองที่สร้างขึ้น⁽²⁵⁾ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาเลือกใช้ซี่ฟันธรรมชาติที่มีขนาดของตัวฟันและ



รูปที่ 4 รูปแบบการแตกหักของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่นหลังการทดสอบ

Figure 4 fracture patterns of fixed partial denture abutment teeth after testing

รากฟันใกล้เคียงกัน และควบคุมขั้นตอนการกรอแต่งซี่ฟันเพื่อรักษาคคลองรากฟัน การกรอแต่งคลองรากฟันเพื่อรองรับเดือยฟัน รวมทั้งควบคุมปริมาณการกรอแต่งซี่ฟันหลักเพื่อรองรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น เพื่อให้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมีลักษณะเหมือนกันมากที่สุด แม้ว่าผู้วิจัยได้ควบคุมปัจจัยข้างต้นเป็นอย่างดีแล้ว แต่พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลมีช่วงค่อนข้างกว้าง เป็นไปได้ว่าลักษณะดังกล่าวเกิดจากความแตกต่างขององค์ประกอบของโครงสร้างเนื้อฟันแต่ละซี่ที่นำมาสร้างแบบจำลองซึ่งสัมพันธ์กับสภาวะแวดล้อมและเชื้อชาติ⁽²⁶⁾ และอายุของซี่ฟันที่ใช้สร้างแบบจำลอง⁽²⁷⁾ รวมทั้งลักษณะตามธรรมชาติของเนื้อฟันที่ไม่ได้รวมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้เป็นปกติในเนื้อฟันธรรมชาติ^(26,28-30)

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยควบคุมให้แรงกระทำจากหัวกดมีทิศทางขนานกับแนวแกนฟันหลักเพื่อลดผลที่เกิดจาก

แรงกระทำนอกแนวแกนฟันซึ่งมีผลต่อรูปแบบการกระจายและสะสมแรงเครียดในเนื้อฟัน จึงพิจารณาให้แรงกระทำขึ้นตัวอย่างในทิศทางตั้งฉากกับระนาบสบฟันของชั้นฟันเทียมร่วมกับสร้างด้านบดเคี้ยวของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ให้มีลักษณะแบนราบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงในแนวระนาบกระทำต่อซี่ฟัน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้พิจารณาออกแบบฟันเทียมในลักษณะโหล่หล้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการแตกของพอร์ซเลนขณะให้แรงกดกระทำต่อชั้นตัวอย่าง ซึ่งอาจส่งผลต่อทิศทางของแรงกระทำรวมทั้งรูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นกับชั้นตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำให้แบบจำลองเกิดการแตกหัก พบว่า แม้อะไหล่ของแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) จึงพิจารณายอมรับสมมติฐานงานวิจัย ที่กล่าวว่า รูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันที่แตกต่างกันของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 หน่วย ไม่มีผลต่อค่าความต้านทานการแตกหักของฟันหลัก โดยคาดว่าลักษณะดังกล่าวเป็นผลมาจากปริมาณเนื้อฟันธรรมชาติที่เหลืออยู่ในส่วนตัวฟันและรากฟันของซี่ฟันหลัก ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาได้พิจารณาว่าเป็นปัจจัยหลักที่สัมพันธ์กับความต้านทานการแตกหักของซี่ฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันเมื่อได้รับแรงกระทำ^(2,10,21,22,31,32) นอกจากนี้การที่ฟันหลักในทุกกลุ่มทดลองได้รับการบูรณะด้วยสะพานฟันซึ่งมีขอบวางอยู่บนเนื้อฟันธรรมชาติและโอบล้อมรอบซี่ฟันทำให้เกิดลักษณะเฟอร์รูลซึ่งส่งผลให้ซี่ฟันหลักสามารถรองรับแรงได้เพิ่มมากขึ้นก่อนเกิดการแตกหัก^(16,31,33-37) จึงเป็นไปได้ว่าปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลต่อการแตกหักของชั้นตัวอย่างมากกว่าปัจจัยความแตกต่างของรูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันของฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น สอดคล้องกับข้อสรุปจากการศึกษาที่ผ่านมา ที่พบว่าหากฟันหลักมีเนื้อฟันในส่วนตัวฟันเหลือปริมาณมาก ชนิดของวัสดุที่ใช้สร้างสิ่งบูรณะในคลองรากฟันจะมีผลเพียงเล็กน้อยต่อปริมาณแรงที่ใช้ในการทำให้ซี่ฟันแตกหัก⁽³⁸⁾ โดยปัจจัยเกี่ยวกับชนิดของการบูรณะภายในคลองรากฟันจะมีนัยสำคัญต่อค่าความต้านทานการแตกหักของซี่ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน ก็ต่อเมื่อฟันซี่นั้นมีปริมาณเนื้อฟันเหลือน้อยกว่า 2 ด้าน⁽³⁹⁾

แม้ว่าค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำให้ฟันหลักแตกหักมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกหักเป็นรายกลุ่ม พบว่า กลุ่มควบคุมซึ่งมีฟันหลักที่มีตัวฟันสมบูรณ์มีค่าความต้านทานการแตกหักสูงที่สุด เป็นไปได้ว่าซี่ฟันที่มีเนื้อฟันธรรมชาติครบและสมบูรณ์มีรูปแบบการกระจายแรงเครียดในเนื้อฟันที่เป็นระเบียบมากกว่าซี่ฟันที่มีการแตกหักหรือได้รับการบูรณะด้วยวัสดุสังเคราะห์ จึงทำให้มีโอกาสเกิดการแตกหักน้อยกว่า^(40,41) เมื่อพิจารณาแบบจำลองที่มีฟันหลักที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและได้รับการบูรณะภายในคลองรากด้วยสิ่งบูรณะรูปแบบต่าง ๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกหักมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่มีเนื้อฟันสมบูรณ์ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาจากการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนท์อิลิเมนต์⁽⁴²⁻⁴⁴⁾ ซึ่งพบว่า การบูรณะฟันธรรมชาติด้วยเดือยและแกนฟันที่สร้างจากวัสดุต่างชนิดทำให้เกิดแรงเครียดกระทำต่อเนื้อฟันในลักษณะที่แตกต่างกัน พบว่าปัจจัยค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้สร้างเดือยและแกนฟันมีความสำคัญในการกำหนดลักษณะการตอบสนองต่อแรงที่มากระทำรวมทั้งรูปแบบการสะสมและกระจายแรงเครียด⁽⁴⁴⁾ และยังพบอีกว่า การมีรอยต่อระหว่างวัสดุบูรณะและเนื้อฟันธรรมชาติทำให้โครงสร้างของฟันหลังได้รับการบูรณะมีลักษณะแตกต่างจากเนื้อฟันตามธรรมชาติ ส่งผลให้การกระจายของแรงเครียดในฟันซี่นั้นมีความแตกต่างจากลักษณะที่เกิดขึ้นในฟันที่มีชีวิตและมีเนื้อฟันสมบูรณ์^(41,45) Durmuş และ Oyar⁽⁴⁶⁾ พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้สร้างเดือยฟันแปรผันตรงกับปริมาณแรงเครียดสะสมภายในเนื้อวัสดุ ในขณะที่แรงเครียดสะสมบริเวณผิวรอยต่อระหว่างเดือยฟันและเนื้อฟันบริเวณรากฟันแปรผกผันกับค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้สร้างเดือยฟัน โดยเดือยฟันที่แข็งจะดูดซับแรงเครียดไว้ในเนื้อวัสดุและถ่ายทอดแรงปริมาณเล็กน้อยสู่เนื้อฟัน ในขณะที่เดือยฟันที่มีความยืดหยุ่นจะเกิดแรงเครียดปริมาณมากบริเวณผิวรอยต่อซึ่งแรงเครียดดังกล่าวจะถูกถ่ายทอดไปยังเนื้อฟันบริเวณข้างเคียงจึงมักพบการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันหรือการหลุดของเดือยฟันออกจากคลองรากฟันมากกว่าการแตกหักของเนื้อฟันโดยรอบ

เมื่อพิจารณารูปแบบการแตกหักของซี่ฟันหลักในแต่ละกลุ่ม พบว่า รูปแบบและความถี่ของรูปแบบการแตกหักมีความ

แตกต่างกันตามชนิดของสิ่งบูรณะภายในคลองรากฟัน กล่าวคือ ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดเส้นใยและแกนฟันเรซินคอมโพสิต ตัวอย่างส่วนใหญ่มีการแตกหักของฟันหลักในแนวเฉียงบริเวณคอฟันเหนือต่อขอบเรซินอะคริลิก แตกต่างจากกลุ่มที่ฟันหลักได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันโลหะหล่อ ที่พบการแตกหักได้หลายรูปแบบ คือ การแตกในแนวเฉียงที่มีตำแหน่งของขอบต่ำกว่าขอบเรซินอะคริลิกโดยรอบ การแตกหักของรากฟันในแนวตั้งหรือการแตกหักแนวราบบริเวณคอฟันร่วมกับการแตกหักของรากฟันในแนวตั้ง ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Salameh⁽⁴⁷⁾ และ Hayash⁽³²⁾ ที่พบว่า การแตกหักของซี่ฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันและได้รับบูรณะด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใยและแกนฟันเรซินคอมโพสิตร่วมกับครอบฟันเต็มมักเกิดในแนวราบหรือเฉียงเหนือต่อแนวกระดูกเข้าฟันซึ่งเป็นรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ ในขณะที่การแตกหักที่เกิดขึ้นกับฟันหลักได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อมักเกิดในแนวตั้งหรือเฉียงต่ำกว่าของกระดูกเข้าฟัน ซึ่งเป็นการแตกหักในลักษณะที่ไม่สามารถบูรณะได้⁽³⁹⁾ จากการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ว่า คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สร้างเดือยฟันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อรูปแบบการแตกหักของฟันหลัก โดยซี่ฟันที่บูรณะด้วยเดือยและแกนฟันที่มีค่ามอดูลัสสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงฟันธรรมชาติจะเกิดรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะได้ และเกิดการแตกของรากฟันในแนวตั้งน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันที่มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าเนื้อฟันธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาปริมาณแรงกระทำในแนวตั้งที่ต้องใช้เพื่อทำให้ฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนติดแน่น 3 ยูนิตแตกหัก จากการศึกษาครั้งนี้เปรียบเทียบกับแรงกัดสำหรับการบดเคี้ยวอาหารในกลุ่มตัวอย่างวัยผู้ใหญ่ซึ่งมีค่าประมาณ 7 กิโลกรัม ถึง 15 กิโลกรัม⁽⁴⁸⁾ หรือค่าแรงกัดสูงสุดซึ่งมีค่าประมาณ 90 กิโลกรัม⁽⁴⁹⁾ พบว่า มีค่าสูงกว่าค่าแรงกัดปกติหรือแรงกัดสูงสุดของผู้ป่วยมาก ดังนั้นฟันหลักที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยและแกนฟันรูปแบบต่างๆ และมีปริมาณรวมทั้งสภาพของเนื้อฟันธรรมชาติตามข้อกำหนดในการศึกษาครั้งนี้จึงแข็งแรงเพียงพอที่จะต้านทานแรงบดเคี้ยวในแนวตั้งที่กระทำต่อฟันเทียมได้โดยไม่เกิดการแตกหักของฟันหลัก

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า กรณีที่ซี่ฟันหลักของฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 ยูนิต เหลือเนื้อฟันมากเพียงพอและสามารถสร้างเพอร์รูลโดยรอบซี่ฟันรูปแบบการบูรณะภายในคลองรากฟันของฟันหลักไม่มีผลต่อความต้านทานการแตกหักของฟันหลักภายใต้แรงกระทำในแนวตั้ง การบูรณะฟันหลักด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปเรซินคอมโพสิตร่วมกับแกนฟันที่สร้างจากวัสดุเรซินคอมโพสิตในฟันธรรมชาติที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันและจำเป็นต้องใช้เป็นหลักสำหรับฟันเทียมบางส่วนชนิดติดแน่น 3 ยูนิต อาจเป็นแนวทางการบูรณะที่ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้ได้ แต่อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ ผลการศึกษาที่ได้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาในแง่มุมอื่นๆ เช่น ผลของแรงกระทำในลักษณะพลวัตที่มีลักษณะใกล้เคียงกับแรงบดเคี้ยวในช่องปาก รวมถึงผลของแรงกระทำที่อยู่นอกแนวแกนฟัน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fracture in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010; 36: 609-617.
2. Goga R, Purton DG. The use of endodontically treated teeth as abutments for crowns, fixed partial dentures, of removable partial dentures: literature review. *Quintessence Int* 2007; 38: 106-111.
3. Sorensen JA, Martinoff JT. Endodontically treated teeth as abutments. *J Prosthet Dent* 1985; 53: 631-636.
4. Caplan DJ, Weintraub JA. Factors relating to loss of root canal filled teeth. *J Public Health Dent* 1997; 57: 31-39.
5. Walton TR. An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: part 1-outcome. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 439-445.
6. Walton TR. An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: Part 2. Modes of failure and influence of various clinical characteristics. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 177-182.

7. Di Febo G, Bebendo A, Romano F, Cairo F, Carnevale G. Fixed prosthodontic treatment outcomes in the long-term management of patients with periodontal disease: a 20-year follow-up report. *Int J Prosthodont* 2015; 28: 246-251.
8. Perel ML, Muroff FI. Clinical criteria for posts and cores. *J Prosthet Dent* 1972; 28: 405-411.
9. Sapone J, Lorenski SF. An endodontic-prosthodontic approach to internal tooth reinforcement. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 164-174.
10. Theodosopoulou JN, Chochlidakis KM. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. *J Prosthodont* 2009; 18: 464-472.
11. Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 328-336.
12. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-reinforced composite post systems: a review. *Am J Dent* 2007; 20: 353-360.
13. 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.
14. Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 36-40.
15. Sterzenbach G, Franke A, Naumann M. Rigid versus flexible dentine-like endodontic posts--clinical testing of a biomechanical concept: seven-year results of a randomized controlled clinical pilot trial on endodontically treated abutment teeth with severe hard tissue loss. *J Endod* 2012; 38: 1557-1563.
16. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber reinforced posts and cast gold post and cores cemented with three cements. *J Prosthet Dent* 2013; 110: 127-133.
17. Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodríguez-Cervantes PJ, Pérez-González A, Sánchez-Marín FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. *Oper Dent* 2006; 31: 47-54.
18. Boschian Pest L, Guidotti S, Pietrabissa R, Gagliani M. Stress distribution in a post-restored tooth using the three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 2006; 33: 690-697.
19. Arunpraditkul S, Saengsanon S, Pakviwat W. Fracture resistance of endodontically treated teeth: three walls versus four walls of remaining coronal tooth structure. *J Prosthodont* 2009; 18: 49-53.
20. Tan PLB, Aquilino SA, Gratton DG, et al. In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configuration. *J Prosthet Dent* 2005; 93: 331-336.
21. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 476-482.
22. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature: Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int* 2007; 38: 733-743.

23. Sorrentino R, Aversa R, Ferro V, et al. Three-dimensional finite element analysis of strain and stress distributions in endodontically treated maxillary central incisors restored with different post, core and crown materials. *Dent Mater* 2007; 23: 983-993.
24. Romeed SA, Dunne SM. Stress analysis of different post-luting systems: a three-dimensional finite element analysis. *Aust Dent J* 2013; 58: 82-88.
25. 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.
26. Ivancik J, Naranjo M, Correa S, et al. Differences in the microstructure and fatigue properties of dentine between residents of North and South America. *Arch Oral Biol* 2014; 59: 1001-1012.
27. Bajaj D, Sundaram N, Nazari A, Arola D. Age, dehydration and fatigue crack growth in dentin. *Biomaterials* 2006; 27: 2507-2517.
28. Ivancik J, Naranjo M, Correa S, et al. Differences in the microstructure and fatigue properties of dentine between residents of North and South America. *Arch Oral Biol* 2014; 59: 1001-1012.
29. Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med* 2003; 14: 13-29.
30. Arola DD, Rouland JA. The effects of tubule orientation on fatigue crack growth in dentin. *J Biomed Mater Res A* 2003; 67: 78-86.
31. Marchi GM, Mitsui FH, Cavalcanti AN. Effect of remaining dentine structure and thermal-mechanical aging on the fracture resistance of bovine roots with different post and core systems. *Int Endod J* 2008; 41: 969-976.
32. 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.
33. Veríssimo C, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Noritomi PY, Santos-Filho PC. Effect of the crown, post, and remaining coronal dentin on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent* 2014; 111: 234-246.
34. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63: 529-536
35. Samran A, El Bahra S, Kern M. The influence of substance loss and ferrule height on the fracture resistance of endodontically treated premolars. An in vitro study. *Dent Mater* 2013; 29:1280-1286.
36. Juloski J, Radovic I, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Ferrule effect: a literature review. *J Endod* 2012; 38: 11-19.
37. Juloski J, Apicella D, Ferrari M. The effect of ferrule height on stress distribution within a tooth restored with fibre posts and ceramic crown: A finite element analysis. *Dent Mater* 2014; 30: 1304-1315.
38. Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Córdoba P, et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber reinforced posts and cast gold post and cores cemented with three cements. *J Prosthet Dent* 2013; 110: 127-133.
39. Valdivia AD, Raposo LH, Simamoto-Júnior PC, Novais VR, Soares CJ. The effect of fiber post presence and restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary incisors: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2012; 108: 147-157.

40. Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 565-567.
41. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater* 2005; 21: 709-715.
42. Okamoto K, Ino T, Iwase N, et al. Three-dimensional finite element analysis of stress distribution in composite resin cores with fiber posts of varying diameters. *Dent Mater J* 2008; 27: 49-55.
43. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 321-329.
44. Dejak B, Mtotkowski A. Finite element analysis of strength and adhesion of cast posts compared to glass fiber-reinforced composite resin posts in anterior teeth. *J Prosthet Dent* 2011; 105: 115-126.
45. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R. Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endo crowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis. *Dent Mater* 2006; 22: 1035-1044.
46. Durmuş G, Oyar P. Effects of post core materials on stress distribution in the restoration of mandibular second premolars: a finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 547-554.
47. Salameh Z, Sorrentino R, Papacchini F, et al. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars restored using resin composite with or without translucent glass fiber posts. *J Endod* 2006; 32: 752-755.
48. Anderson DJ. Measurement of stress in mastication. *J Dent Res* 1956; 35: 664-670.
49. Torpopidit D, Lyons MF, Baxendale RH, Gilmour WH. The variability of bite force measurement between sessions, different positions within dental arch. *J Oral Rehabil* 1998; 25: 681-686.