

ความต้านทานการแตกหักของฟันซึ่งได้รับการรักษาลงรากที่มีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์

เมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะ

**Fracture resistance of endodontically treated teeth with incomplete ferrules
restored with cast post and core.**

ไกร แก้วทิพย์ (Krai Kaewtip)* ดร.เกวลิณ ธรรมสิทธิบูรณ์ (Dr.Kewalin Thammasitboon)**

บุญรัตน์ สัตตพัน (Boonrat Sattapan)**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานต่อการแตกหักของฟันและรูปแบบการแตกของฟันที่ได้รับการรักษาลงรากเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะกรณีที่มีเฟอร์รูลสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างกัน ร่วมกับครอบฟันจำนวนรากลุ่ม ผลการทดสอบความต้านทานต่อการแตกหักของฟัน โดยให้แรงกับฟันด้านเพดานของครอบฟันถูกนำมาวิเคราะห์ พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกในกลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบ(CF)มีค่าสูงสุดและมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้ม(B)และกลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูล(NF)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกในกลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบไม่ต่างจากกลุ่มที่กลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน(BMP) และกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดาน(P) รูปแบบการแตกของฟันส่วนใหญ่ขึ้นการแตกในแนวเฉียงจากด้านเพดานบริเวณคอฟันต่ำลงไปยังรากฟันด้านแก้ม

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the fracture resistance and mode of failure of endodontically treated teeth restored with cast posts cores and crowns with complete and incomplete crown ferrules. Fifty maxillary incisors were divided into 5 groups. Teeth were statically loaded from palatal aspect of crown until failure occurred and analyzed. Group complete ferrules (CF) showed the highest mean fracture load. A statistically significant difference was found between group CF, group buccal ferrules (B) and group non ferrules (NF) but not statistically significant from group buccal mesial palatal ferrules (BMP), group palatal ferrules (P) ($p < .05$). The most mode of failure was an oblique from palatal to facial root fracture.

คำสำคัญ: ความต้านทานการแตกหัก เฟอร์รูล เดือยและแกนฟันหล่อโลหะ

Key Words: Fracture Resistance, Ferrule, Cast Post and Core

* นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทนำ

การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคงจะประสบความสำเร็จได้นั้นขึ้นกับประสิทธิภาพของการรักษาคงและการบูรณะหลังการรักษาคง การบูรณะฟันหลังการรักษาคงที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในการรักษา (Ray & Trope, 1995) ดังนั้นในการบูรณะฟันหลังการรักษาคงจึงต้องมีการเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหัก (fracture resistance) ให้กับฟันที่ได้รับการรักษาคง โดยการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคงด้วย เเดือฟัน แกนฟัน (post and core) และครอบฟัน (crown) ที่มีเฟอร์รูลที่สมบูรณ์

เฟอร์รูล (ferrule) หมายถึงแถบโลหะที่เป็นวงแหวนหรือลักษณะที่เป็นฝาครอบเพื่อที่จะเพิ่มความแข็งแรงให้กับสิ่งที่มีลักษณะเป็นแท่งหรือหลอดที่หุ้ม Sorensen and Engelman (1990) นิยามผลของเฟอร์รูล (ferrule effect) ว่าเป็นแถบโลหะของครอบฟันโดยรอบ (360 องศา) ที่อยู่ล้อมรอบผนังของเนื้อฟันที่มีลักษณะขนานที่อยู่เหนือต่อรอยต่อเส้นสิ้นสุดบาราบ (shoulder finishing line) วัตถุประสงค์ของการมีเฟอร์รูลเพื่อที่จะป้องกันการแตกหักของฟันปรับปรุงความสมบูรณ์ด้านโครงสร้าง (structural integrity) ของฟันที่ได้รับการรักษาคงให้ดีขึ้นโดยการลดแรงกด ลดการเกิดแรงแบบลิ้ม (wedging effect) ในกรณีที่ใช้เเดือฟันแบบสอบ ลดแรงกระทำทางด้านข้างในระหว่างการใส่เเดือฟัน และลดแรงกระทำที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน

ประเภทของเเดือฟันแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เเดือฟันสำเร็จรูป (prefabricated post) และเเดือฟันหล่อโลหะ (custom cast post and core) ข้อดีของเเดือฟันหล่อโลหะคือมีความแนบกับผนังคงรูปฟันเนื่องจากสร้างตามลักษณะคงรูปฟันเหมาะสมกับฟันที่มีคลองรากหรือฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปค่อนข้างมาก มีความแข็งแรงสูง (Oden & Tullberg, 2000; Rud & Omnell, 1970)

จากหลายการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคงโดยออกแบบให้มีเฟอร์รูลช่วยลดการเกิดรากฟันแตกได้ (Barkhordar et al., 1989; Hemmings et al., 1991; Isidor et al., 1999; Libman & Nicholls, 1995; Nicholls, 2001; Rosen & Partida-Rivera, 1986; Sorensen & Engelman, 1990; Torbjoner & Fransson, 2004) สำหรับกรณีที่เนื้อฟันเหลืออยู่น้อยและต้องการทำให้ฟันชั้นนั้นมีเฟอร์รูลสมบูรณ์เพื่อให้สามารถบูรณะได้อาจทำได้โดยดึงฟันด้วยเครื่องมือทางทันตกรรมจัดฟัน (orthodontic extrusion) หรือทำศัลยกรรมเพิ่มความสูงของตัวฟัน (periodontal crown lengthening) (Gegauff, 2000; Morgano, 1996)

หากพบว่าการพยากรณ์โรคไม่ดีหลังจากวิธีการเพิ่มความยาวเฟอร์รูลแล้ว อาจพิจารณาไม่ทำการบูรณะฟันชั้นนั้นซึ่งต้องถอนฟันชั้นนั้นทิ้ง ดังนั้นในกรณีนี้จึงมีการศึกษาที่พิจารณาการบูรณะฟันที่รักษาคงที่มีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์

Ng et al. (2006) ได้ศึกษาความต้านทานต่อการแตกหักของฟันตัดกลางบนที่รักษาคงที่มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรเพียงครั้งหนึ่ง (180 องศา) ด้านเพดาน ด้านริมฝีปาก และด้านข้าง เปรียบเทียบกับฟันที่มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรโดยรอบ และฟันที่ไม่มีเฟอร์รูลโดยใช้เเดือฟันเส้นใยควอตซ์ร่วมกับแกนฟันเรซินคอมโพสิตและครอบฟันโลหะผสมแพลเลเดียม (high-palladium alloys) พบว่าความต้านทานต่อการแตกหักของฟันในกลุ่มที่เหลือเฟอร์รูลด้านเพดานไม่ต่างจากกลุ่มที่มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรโดยรอบ จากการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าตำแหน่งของเฟอร์รูลมีผลต่อความต้านทานต่อการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาคง แต่การศึกษาของ Ng et al. (2006) ให้ผลตรงข้ามกับการศึกษาของ Naumann et al. (2006) ที่พบว่าเมื่อใช้เเดือฟันเส้นใยแก้วร่วมกับแกนฟันเรซินคอมโพสิตและครอบฟันเซรามิกแล้วบูรณะฟันที่มีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างกัน พบว่ากลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านริมฝีปากมีความต้านทานต่อการแตกหักของฟันสูงสุดแต่ไม่มี

ความแตกต่างในความต้านทานต่อการแตกหักของฟัน 2 กลุ่มคือกลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบกับกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านริมฝีปากและด้านเพดาน และกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดานกับกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านริมฝีปากและด้านเพดาน ส่วนรูปแบบการแตกของรากฟันส่วนมากเป็นแนวเฉียงจากด้านเพดานระดับคอฟฟันไปยังด้านริมฝีปาก ยกเว้นในกลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบ 4 ใน 8 ซึ่งมี การแตกของรากฟันแนวระนาบใกล้เคียงกับตำแหน่งส่วนปลายของเดือยฟัน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการมีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์และผลของการหายไปของเฟอร์รูลในแต่ละด้านเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะ จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการบูรณะฟันด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะในกรณีที่มีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างๆมีความต้านทานต่อการแตกหักต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบแรงต้านทานการแตกหักและรูปแบบการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะกรณีมีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การเตรียมฟัน

เตรียมฟันตัดหน้าบนที่มี 1 คลองราก จำนวน 50 ซี่ โดยเก็บรวบรวมจากคลินิกทันตแพทย์เอกชน ขูดเนื้อเยื่อที่ติดฟันออก ขัดด้วยผงขัด (pumice) เก็บฟันในสารละลายไทมอล (thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยฟันที่ศึกษาจะต้องไม่เก็บไว้นานเกิน 3 เดือน ไม่มีรอยผุ ไม่มีรอยร้าวซึ่งตรวจสอบด้วยกล้องสเตอริโอไมโครสโคปกำลังขยาย 20 เท่า มีการสร้างรากฟันสมบูรณ์และปลายรากไม่หัก มีความยาวของฟันใกล้เคียงกันและมีความกว้างของฟันบริเวณคอฟฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลางและแนวด้านแก้ม-ด้านเพดานใกล้เคียงกันในกรณีฟันมีความยาวหรือขนาดของฟันที่แตกต่างจากกลุ่มโดยมี

ขนาดแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านเกิน 1 มิลลิเมตรจะถูกคัดออกจากการศึกษา (Heydecke et al., 2002) ดังนั้นฟันที่นำมาศึกษาจึงมีความกว้างของฟันบริเวณคอฟฟันในแนวใกล้กลาง-ไกลกลางอยู่ในช่วง 5.37 - 7.37 มิลลิเมตร ความกว้างของฟันบริเวณคอฟฟันในแนวด้านแก้ม-ด้านเพดานอยู่ในช่วง 5.33 - 7.33 มิลลิเมตร และความยาวของฟันอยู่ในช่วง 16.43 - 18.43 มิลลิเมตร และเมื่อนำขนาดของฟันที่นำมาศึกษาทุกซี่ทดสอบด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าขนาดของฟันไม่แตกต่างกัน ตรวจสอบลักษณะคลองรากฟันของฟันทุกซี่ที่นำมาศึกษาโดยถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง และแนวด้านแก้ม-ด้านเพดานเพื่อเลือกฟันที่มีคลองรากค่อนข้างตรงมีหนึ่งคลองรากและมีความกว้างคลองรากใกล้เคียงกัน จากนั้นกรอตัดส่วนตัวฟันเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันวัดจากด้านข้างของฟัน (proximal surface) ประมาณ 2 มิลลิเมตรโดยใช้หัวกรอกปากเพชรรูปทรงกระบอกร่วมกับด้ามกรอเร็วเพื่อให้ได้ผิวเรียบเสมอกันในแนวราบและตั้งฉากกับแนวแกนฟัน

การเตรียมคลองรากฟัน

เตรียมคลองรากฟันโดยกำหนดความยาวการทำงาน (working length) โดยใช้เคไฟล์ (K-file; Dentsply Maillefer) เบอร์ 20 ในคลองรากให้ปลายเคไฟล์โผล่ที่รูเปิดปลายราก (apical foramen) นำเคไฟล์ออกมาวัดความยาวแล้วลบออก 1 มิลลิเมตรเป็นความยาวการทำงาน ขยายคลองรากฟันด้วยวิธีคราวน์-ดาวน์ (crown-down technique) โดยใช้โปรแทปเปอร์ (ProTaper; Dentsply Maillefer) ร่วมกับเครื่องอิเล็กทรอนิกส์-มอเตอร์เล็กทรอนิกส์ (X-Smart electric motor; Dentsply Maillefer) ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เริ่มจากขยายคลองรากระดับคอฟฟันส่วนต้นด้วยเอสเอ็กซ์ (Sx) เอสวัน (S1) และเอสทู (S2) ตามลำดับ ขยายคลองรากส่วนปลายด้วยเอฟวัน (F1) เอฟทู (F2) เอฟทรี (F3) และเอฟโฟร์ (F4) ตามลำดับ โดยให้ความยาวของเครื่องมือเท่ากับความยาวการทำงาน ในขณะที่ขยายคลองรากใช้อาร์ซีเพรป (RC Prep; Medical Products Laboratories Inc, Phila,

Pa, USA) เป็นสารหล่อลื่นเครื่องมือ ดังคลองรากทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนเครื่องมือด้วยน้ำยาไฮเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร โดยใช้เข็มขนาด 27 สอดเข็มในคลองรากให้ลึกที่สุดเท่าที่ทำได้แต่ไม่ติดแน่นในคลองรากฟัน หลังสิ้นสุดการขยายคลองรากล้างคลองรากด้วยอีดีทีเอ(EDTA; Ethylenediaminetetraacetic acid) ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 5 มิลลิลิตรและน้ำยาไฮเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 5 มิลลิลิตรระหว่างเตรียมคลองรากฟันใช้ผ้าก๊อชชุบน้ำหมาด ๆ หุ้มรอบรากฟันเพื่อให้ความชื้นกับรากฟันป้องกันการเกิดการสูญเสียน้ำของรากฟัน ชับคลองรากให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองรากชนิดแห้ง (paper point) แล้วอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชา (Hygienic GP points; Coltène/Whaledent Inc, Coyahoga Falls, OH, USA) ร่วมกับซีเมนต์อุดคลองรากฟันชนิดเอเชพลัส (AH Plus; Dentsply Maillefer) ด้วยวิธีคอนทินิวอัส เวฟ (continuous wave technique) พร้อมกับการเตรียมคลองรากฟันสำหรับใส่เดือยฟันโดยใช้เครื่องกำเนิดความร้อนซิสเต็มบี (System B heat system) ตัดกัตตาเปอร์ชาลงไป 14 มิลลิเมตรแล้วอุดปิดทางเปิดเข้าสู่คลองรากด้วยสำลีและวัสดุอุดชั่วคราว (cavit; 3M ESPE, St Paul, Minn, USA) หนาประมาณ 4 มิลลิเมตรเก็บฟันในกล่องที่มีฝาปิดที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์เพื่อให้ซีเมนต์แข็งตัวสมบูรณ์

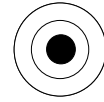
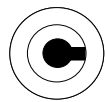
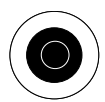
การเตรียมเดือยฟันและแกนฟัน

เตรียมเดือยฟันและแกนฟันโดยแบ่งฟันอย่างสุ่มออกเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 10 ซี่ แสดงดังรูปที่ 1 ใช้เข็มกรอกรากเพชรรูปทรงกระบอกร่วมกับด้ามกรอเร็ว กรอเพื่อให้เกิดตำแหน่งของเฟอร์รูลโดยวัดจากรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันทางด้านข้างของฟัน ดังนี้
CF: มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรโดยรอบตัวฟัน
BMP: มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรด้านริมฝีปากด้านใกล้กลางและด้านเพดานโดยกรอตัดบริเวณกึ่งกลางด้านใกล้กลางระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน

P: มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรด้านเพดาน โดยกรอตัดฟันจากกึ่งกลางของด้านใกล้กลางด้านริมฝีปากทั้งหมด จนถึงกึ่งกลางด้านใกล้กลางที่ระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันทางด้านข้าง

B: มีเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตรด้านริมฝีปาก โดยกรอตัดฟันจากกึ่งกลางของด้านใกล้กลางด้านเพดานทั้งหมดจนถึงกึ่งกลางด้านใกล้กลางที่ระดับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันทางด้านข้าง

NF: ไม่มีเฟอร์รูล โดยตัดฟันให้เสมอกับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันทางด้านข้างของฟัน

ด้านใกล้กลาง	ด้านแก้ม			ด้านใกล้กลาง
	CF	BMP	P	
				
	B	NF		
				
ด้านเพดาน				

รูปที่ 1 การแบ่งกลุ่มตัวอย่าง

ใช้เข็มกรอกรากเพชรรูปทรงสอบปลายตัดร่วมกับด้ามกรอเร็ว (High-speed contra-angle handpiece, Sirius, Micro-Mega, Besancon, France) กรอตัดฟันบริเวณรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันเพื่อสร้างแนวสิ้นสุดรอยต่อของฟัน (finishing line) แบบบาราบ กว้าง 1 มิลลิเมตรโดยรอบ จากนั้นทำการเตรียมคลองรากฟันโดยใช้เข็มกรอเดือยฟันดีทีไลท์เบอร์ 3 กรอในคลองรากลึกประมาณ 14 มิลลิเมตร โดยวัดจากหน้าตัดของฟัน ใช้อะคริลิกเรซินสำหรับทำแบบเดือยฟัน (Duralay; Reliance Dental Manufacturing Co, Worth, III USA) ลอกเลียนรายละเอียดคลองรากฟันเพื่อสร้างเดือยฟัน จากนั้นตกแต่งอะคริลิกเรซินส่วนแกน (core) สูงประมาณ 2 มิลลิเมตร นำแม่แบบอะคริลิกเรซินผ่าน

กระบวนการลอสมท์แวกซ์ (loss was technique) เปลี่ยนเป็นเดือยและแกนฟันหล่อโลหะด้วยโลหะชนิด นิกเกิลโครเมียม (Ni-Cr casting alloy: Dentsply-Sankin KK, Tokyo, Japan) นำเดือยฟันที่ได้มาตรวจสอบความ แนบสนิทและสามารถใส่ในคลองรากฟันที่เตรียมไว้ได้ โดยการใช้วัสดุป้ายขับเคลื่อนการกด (Pressure Spot Indicator; PSD) ตรวจสอบความแนบของเดือยฟันกับ คลองรากฟันและมีความหนาของซีเมนต์โดยตลอด ใกล้เคียงกันโดยใช้ภาพรังสี จากนั้นยึดเดือยฟันกับ คลองรากฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (Hy-Bond zincphosphate cement; Shofu) ผสมบนแท่งแก้วเป็น เวลาประมาณ 20 วินาที โดยให้แรงกดเดือยฟัน 3 กิโลกรัม แล้วรอนซีเมนต์แข็งตัว

การทำครอบฟัน

ตกแต่งขี้ผึ้ง (Bego crown wax, medium hard; BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh, Herbst GmbH & Co, Bremen, Germany) บนฟันที่ใช้ทดสอบให้เป็น ครอบฟันโลหะที่มีรูปร่างของฟันตัดหน้าบนและมี ขนาดตัวฟันเท่ากัน สร้างรอยบากด้านเพดานห่างจาก ปลายฟันประมาณ 3 มิลลิเมตรเพื่อให้เครื่องทดสอบการ แดกหักของฟันที่มีลักษณะลิ้มอยู่ในตำแหน่งคงที่ในทุก กลุ่มทดลอง จากนั้นนำแม่แบบครอบขี้ผึ้งผ่านกระบวนการ ลอสมท์แวกซ์เพื่อเปลี่ยนเป็นครอบฟันโลหะผสมนิก เกิลโครเมียม นำครอบฟันที่ได้มาตรวจสอบโดยครอบ ฟันที่ได้จะต้องไม่หมุน มีความแนบสนิทบริเวณรอยต่อ ของแนวสันสุดกับครอบฟันตรวจสอบโดยใช้กล้อง สเตอร์ไอไมโครสโคป กำลังขยาย 20 เท่า นำครอบฟัน ที่ได้มายึดกับแกนฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์โดยให้ แรงกดครอบฟัน 3 กิโลกรัมแล้วรอนซีเมนต์แข็งตัว จากนั้นเก็บฟันที่บูรณะด้วยครอบฟันแล้วทุกกลุ่มใน กล้องที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการฝังฟันใน เรซินอะคริลิก

สร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองครอบรากฟันโดยจุ่ม รากฟันลงในน้ำยางชนิดหล่อแบบ (compound latex)

1 ครั้งซึ่งจะให้ความหนาของน้ำยางชนิดหล่อแบบ ประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับความหนาของเอ็น ยึดปริทันต์โดยให้น้ำยางชนิดหล่อแบบอยู่ต่ำกว่ารอยต่อ เคลือบฟันกับเคลือบรากฟันทางด้านข้างของฟัน ประมาณ 3 มิลลิเมตร จากนั้นฝังฟันในอะคริลิกเรซิน ชนิดบ่มเอง (Unifast Trad; GC America, Alsip, Ill, USA) โดยใช้แม่แบบซิลิโคนรูปทรงระบอก (Siliagum putty; DMG) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร โดยให้ขอบบนของน้ำยาง ชนิดหล่อแบบที่หุ้มรากฟันอยู่ระดับเดียวกับขอบบน ของอะคริลิกเรซิน

การทดสอบการแตกหักของฟัน

ทดสอบความต้านทานต่อการแตกหักของฟัน ด้วยเครื่องทดสอบสากลแสดงดังรูปที่ 2 โดยยึดชิ้น ทดสอบเข้ากับแป้นรองขึ้นทดสอบซึ่งทำมุมกับพื้นราบ 135 องศา เหมือนแรงจากการบดเคี้ยวในฟันหน้าที่มี การสบฟันแบบที่ 1 (class I occlusion) ให้หัวกดขนาด 5 กิโลกรัมอยู่ที่ตำแหน่งรอยบากบนครอบฟัน อัตราเร็ว หัวกด (cross head speed) 1 มิลลิเมตร/นาที บันทึก ค่าแรง (หน่วยเป็นนิวตัน)ที่ทำให้รากฟันเดือยฟันหรือ แกนฟันแตกจากนั้น ตรวจสอบการแตกหักด้วยกล้อง สเตอร์ไอไมโครสโคป กำลังขยาย 20 เท่าเพื่อจำแนก ลักษณะการแตก โดยแบ่งลักษณะการแตกออกเป็น การ หลุดของครอบฟันการหลุดของเดือยฟันและครอบฟัน การแตกของรากฟันเหนือขอบอะคริลิก และการแตก ของรากฟันต่ำกว่าขอบอะคริลิก



รูปที่ 2 ตำแหน่งหัวกดที่กดลงบนรอยบากบนครอบฟัน และแรงกดที่ทำมุม 135 องศา กับแนวแกนฟัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักโดยใช้สถิติทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทูกีย์ (Tukey HSD) และวิเคราะห์ลักษณะการแตกที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่ม

ผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแรงด้านการแตกหักของฟันกรามที่มีเพอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างกัน ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักของฟันสูงสุดในกลุ่มที่มีเพอร์รูลสมบูรณ์โดยรอบ (CF) รองลงมาคือกลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน (BMP) กลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านเพดาน (P) กลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้ม (B) และกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูล (NF) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของฟันและแรงต้านทาน

การแตกหัก

กลุ่ม	ความกว้าง ด้านแก้ม- เพดาน (มิลลิเมตร)	ความกว้าง ด้านใกล้ กลาง-ไกล กลาง (มิลลิเมตร)	ความยาวราก ฟัน (มิลลิเมตร)	แรงต้านทานการ แตกหัก (นิวตัน)
CF	6.32 ± 0.22	6.40 ± 0.46	17.58 ± 0.48	534.32 ± 100.29
BMP	6.26 ± 0.31	6.26 ± 0.44	17.63 ± 0.53	467.71 ± 54.53
P	6.36 ± 0.26	6.20 ± 0.37	17.42 ± 0.76	462.70 ± 54.92
B	6.43 ± 0.19	6.17 ± 0.34	17.33 ± 0.58	330.48 ± 54.86
NF	6.13 ± 0.15	6.07 ± 0.28	17.18 ± 0.59	275.93 ± 28.35

เมื่อทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Test พบว่าทุกกลุ่มมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นจึงทดสอบข้อมูลทุกกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบแรงด้านการแตกหักเฉลี่ยของฟันระหว่างกลุ่มที่มีเพอร์รูลในตำแหน่งต่างกัน ค่าสถิติทดสอบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงสถิติทดสอบความแปรปรวนทางเดียว

(one-way ANOVA)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	457752.216	4	114438.054	28.807	.000
Within Groups	178767.857	45	3972.619		
Total	636520.074	49			

จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 อย่างน้อย 1 คู่ เมื่อทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูกีย์ได้ผลดังตารางที่ 3 ซึ่งแสดงกลุ่มทดลองที่มีค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักในกลุ่มที่มีเพอร์รูลโดยรอบ (CF) มีค่าสูงสุดและมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้ม (B) และกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูล (NF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักในกลุ่มที่มีเพอร์รูลโดยรอบ (CF) ไม่ต่างจากกลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน (BMP) และกลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านเพดาน (P) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยแรงด้านการแตกหักของกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูล (NF) มีค่าต่ำสุดแต่ไม่ต่างจากกลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้ม (B)

รูปแบบการแตกของฟัน แสดงดังตารางที่ 4 รูปแบบการแตกส่วนใหญ่ในทุกกลุ่มเป็นการแตกในแนวเฉียง (oblique fracture) จากด้านเพดานบริเวณคอฟันไปยังรากฟันด้านแก้มในระดับต่ำกว่าขอบบนของบล็อกระชินอะคริลิกยกเว้นในกลุ่มที่มีเพอร์รูลโดยรอบ (CF) ที่ส่วนใหญ่มีการแตกของรากฟันในแนวระนาบ (horizontal root fracture) สำหรับการแตกแนวระนาบ (horizontal fracture) ระดับรอยต่อของแกนฟันกับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันพบได้ส่วนน้อยในสองกลุ่มคือ กลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านแก้ม (B) และกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูล (NF) จำนวนกลุ่มละ 1 ซี่ การแตก

ของรากฟันในแนวตั้ง (vertical root fracture) ร่วมกับการหลุดของเดือยและแกนฟันพบส่วนน้อยในกลุ่มเดียวคือ กลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูล (NF) จำนวน 2 ซี่

ตารางที่ 3 แสดงทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูลีย์

Group	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
NF	10	275.9290	
B	10	330.4770	
P	10		462.7080
BMP	10		467.7120
Complete	10		534.3260
Sig.		.314	.100

ตารางที่ 4 แสดงรูปแบบการแตกของฟัน

กลุ่ม	รูปแบบความล้มเหลว			
	แตกแนวเฉียง	แตกแนวระนาบที่รอยต่อของแกนฟันกับรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน	รากฟันแตกในแนวระนาบ	รากฟันแตกในแนวตั้งและเดือยฟันหลุด
CF	3	-	7	-
BMP	8	-	2	-
P	9	-	1	-
B	9	-	1	-
NF	7	1	-	2

บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบแรงด้านการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษารากฟันเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะกรณีมีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างกัน

เนื่องจากรูปร่างและขนาดของฟันมีผลต่อการกระจายแรงฟันที่ใช้ศึกษาจึงเป็นฟันตอนซี่ตัดหน้าบนของมนุษย์เพราะมีขนาด รูปร่าง และรูปแบบของคลอง

รากฟันใกล้เคียงกัน โดยคลองรากฟันมักตรงและมีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นการเลือกใช้ฟันตอนของมนุษย์เพื่อที่จะเลียนแบบลักษณะทางคลินิก สำหรับความหลากหลายของขนาดของฟันตอนของมนุษย์นั้นจากการศึกษานี้ได้ควบคุมโดยนำฟันทุกซี่มาวัดขนาดและทดสอบด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่ามีขนาดไม่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีข้อจำกัดเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่นที่มีการเลียนแบบสภาวะในช่องปากมากกว่าเช่นการศึกษาของ Naumann et al. (2006) มีการทำเทอร์โมไซคลิ่งและการให้แรงกับฟันแบบซ้ำๆ (thermal cycling and mechanical loading) ก่อนการทดสอบแรงด้านการแตกหักของฟัน แต่การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษารากฟันส่วนใหญ่ (Naumann et al., 2009) ใช้การให้แรงแบบคงที่ (static loading) เหมือนการศึกษานี้เนื่องจากหากให้แรงแบบซ้ำๆ ที่มากกว่าแรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวอาจมีผลต่อค่าแรงที่ใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง นอกจากนั้นการศึกษาของ Butz et al. (2001) ที่มีการเลียนแบบสภาวะในช่องปากโดยการทำเทอร์โมไซคลิ่งและการให้แรงกับฟันแบบซ้ำๆ กลับพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เกิดการแตกหักในระหว่างการทำเทอร์โมไซคลิ่งและการให้แรงกับฟันแบบซ้ำๆ

นอกจากนี้ระหว่างการศึกษาฟันนั้นไม่สามารถเลียนแบบให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทั้งหมดแต่ทุกขั้นตอนได้พยายามป้องกันไม่ให้ฟันเกิดการสูญเสียความชื้นโดยห่อฟันด้วยผ้าก๊อชชุบน้ำและเก็บฟันในกล่องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เพื่อป้องกันการสูญเสีย

เดือยฟันที่ใช้ในการศึกษานี้คือเดือยฟันหล่อโลหะเนื่องจากเดือยฟันหล่อโลหะถือเป็นมาตรฐาน (gold standard) ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษารากฟันและมีการสูญเสียเนื้อฟันส่วนตัวฟันไป (Stockon, 1999; Torbjoner & Fransson, 2004) นอกจากนี้ Pereira et al. (2009) ศึกษาแรงต้านทานการแตกหักของฟัน

เจ้าของมนุษย์ที่ถอนแล้วได้รับการรักษาคลองรากและบูรณะด้วยเดือยฟันและแกนฟันแบบต่างๆร่วมกับครอบฟันโลหะ พบว่าเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะจะมีแรงต้านทานการแตกหักที่สูงกว่าการใช้เดือยฟันเส้นใยแก้ว (glass fiber post) และแกนฟันเรซินคอมโพสิต โดยได้ให้เหตุผลว่าโลหะจะมีการทนแรงกด (flexural strength) และค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ที่สูงกว่า (Fraga et al., 1998) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาอื่นที่พบว่าเดือยฟันหล่อโลหะมีความต้านทานการแตกหักสูงกว่าเดือยฟันสำเร็จรูปร่วมกับแกนฟันเรซินคอมโพสิต (Martinez-Insua et al., 1998.; Zhi-Yue & Yu-Xing, 2003) โดยยังให้เหตุผลเพิ่มว่าเดือยฟันหล่อโลหะมีรูปร่างที่พอดีกับคลองรากทำให้ช่วยในการกระจายความเครียด (Sendhilnathan & Nayar, 2008)

การศึกษาจำนวนมากได้รายงานเกี่ยวกับผลของเฟอร์รูลในฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากโดยหลายการศึกษา (Libman & Nicholls, 1995; Milot & Stein, 1992) สนับสนุนว่าเฟอร์รูลจะช่วยต้านทานการแตกหักของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากและจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อมีความสูงของเนื้อฟันอย่างน้อย 1-2 มิลลิเมตรโดยรอบซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่ากลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบมีความต้านทานการแตกหักมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูลอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการมีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์ในตำแหน่งต่างๆพบว่าความต้านทานการแตกหักมีค่าจากมากไปหาน้อยดังนี้ กลุ่มที่มีเฟอร์รูลโดยรอบมีค่าความต้านทานการแตกหักมากที่สุดรองลงมาก็คือกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน และกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดาน สามกลุ่มแรกมีความต้านทานการแตกหักมากกว่ากลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มและกลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความต้านทานการแตกหักได้ลดลงตามการหายไปของเฟอร์รูลหรือปริมาณเนื้อฟันสอดคล้องกับการศึกษาของ Sorensen and

Engelman (1990) ที่รายงานว่าในฟันที่ผ่านการรักษาคองรากการบูรณะโดยใช้เดือยฟันอาจทำให้เกิดความเครียดและส่งผลต่อการเกิดรากฟันแตกโดยความต้านทานการแตกหักนั้นสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเนื้อฟันที่เหลือ

สำหรับกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดานกับกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มที่มีปริมาณเนื้อฟันใกล้เคียงกันคือเหลือเนื้อฟันด้านเดียวแต่ในกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดานกลับมีความต้านทานการแตกหักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Ng et al. (2006) ที่พบว่าปัจจัยสำคัญที่ฟันซี่นั้นจะมีความต้านทานต่อการแตกหักของฟันสูงขึ้นกับการเหลือเนื้อฟันในด้านตรงข้ามกับจุดที่มีแรงมากระทำกับฟัน จากการศึกษาเมื่อให้แรงกระทำกับฟันด้านเพดานพบว่ากลุ่มที่เหลือเนื้อฟันด้านเพดานได้แก่กลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน และกลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านเพดาน มีค่าแรงต้านการแตกหักของฟันสูงกว่ากลุ่มที่เหลือเนื้อฟันด้านแก้ม (กลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้ม) นอกจากนี้พบว่ากลุ่มที่เหลือเนื้อฟันด้านเพดานทั้ง 2 กลุ่มมีค่าแรงต้านการแตกหักของฟันไม่ต่างจากกลุ่มที่มีเนื้อฟันโดยรอบ ซึ่งสอดคล้องกับ Ng et al. (2006) ที่พบว่าแรงต้านการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากขึ้นกับความแข็งแรงของรากฟัน เนื้อฟันส่วนที่เหลือความแข็งแรงของเดือยฟันและแกนฟัน และความแข็งแรงของพันธะ (bond strength) ระหว่างแต่ละส่วน

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษานี้กับการศึกษาของ พะนอจิต (2552) ที่มีการออกแบบการศึกษาใกล้เคียงกันแตกต่างกันที่การใช้เดือยและแกนฟัน โดยการศึกษาของพะนอจิต (2552) เลือกใช้เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ร่วมกับแกนเรซินคอมโพสิตในขณะที่การศึกษานี้เลือกใช้เดือยและแกนฟันหล่อโลหะพบว่าให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันโดยการศึกษาของพะนอจิต (2552) นั้นพบว่ากลุ่มที่มีความต้านทานการแตกหักที่สูงตามลำดับคือ กลุ่มที่มีเฟอร์รูลด้านแก้มใกล้กลางและด้าน

เพดาน รองลงมาคือกลุ่มที่มีเพอร์รูลด้านเพดาน กลุ่มที่มีเพอร์รูลดโดยรอบ กลุ่มที่มีเพอร์รูลดด้านแก้ม และกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูลดมีความต้านทานการแตกหักน้อยที่สุดซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ความต้านทานการแตกหักลดลงตามปริมาณเนื้อฟันที่สูญเสียไปอาจเนื่องมาจากผลของความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ในการเลือกใช้เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ร่วมกับแกนเรซินคอมโพสิต โดยคุณสมบัติของคอมโพสิตเรซินนั้นสามารถยึดกับเนื้อฟันได้ทำให้เกิดการดึงเข้าหากันของเนื้อฟันส่วนที่เหลือ

รูปแบบการแตกหักของการศึกษานี้พบว่าส่วนใหญ่เริ่มจากด้านเพดานก่อนซึ่ง Ichim et al., (2006) พบว่าเมื่อให้แรงกับฟันด้านเพดานจะเกิดความเค้นแรงอัด (compressive stress) ด้านแก้มส่วนด้านเพดานจะเกิดความเค้นแรงดึง (tensile stress) ซึ่งแรงที่เกิดขึ้นจะถ่ายทอดไปตามผนังคลองรากฟันด้านเพดานและเกิดการสะสมของความเค้นที่รอยต่อของเนื้อฟันด้านเพดานกับครอบฟันซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหักของรากฟันและรอยแตกจะขยายไปยังรากฟันและขยายไปในแนวเฉียงจากรากฟันด้านเพดานไปยังรากฟันด้านแก้ม โดยจะเกิดรอยแตกจากภายในรากฟันออกสู่ภายนอกรากฟัน เมื่อพิจารณารายกลุ่มจุดที่น่าสังเกตคือในกลุ่มที่มีเพอร์รูลดโดยรอบและกลุ่มที่มีเพอร์รูลดด้านแก้มใกล้กลางและด้านเพดาน ส่วนใหญ่มีลักษณะการแตกหักที่รากฟันในแนวระนาบแต่เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอื่น Pereira et al., (2009) รายงานว่าในฟันเขี้ยวเมื่อบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะไม่ว่าในกลุ่มที่มีเพอร์รูลดโดยรอบหรือกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูลดจะมีการแตกหักที่ราก ร้อยละ 100 แต่การศึกษาของ Pereira et al., (2009) ไม่ได้ระบุว่ามีการแตกหักที่รากนั้นเป็นการแตกหักเฉพาะที่รากฟันในแนวระนาบหรือเป็นการแตกแบบแนวเฉียงจากตัวฟันไปที่รากฟัน หากเปรียบเทียบกับการศึกษาของพะนอนิจิต (2552) ที่มีการบูรณะด้วยเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ร่วมกับแกนเรซินคอมโพสิต

พบว่าในทุกกลุ่มส่วนใหญ่มีการแตกในแนวเฉียงเริ่มจากด้านเพดานไปด้านแก้มมีส่วนน้อยที่มีการแตกของรากฟันในแนวระนาบได้แก่ กลุ่มที่มีเพอร์รูลดโดยรอบและกลุ่มที่ไม่มีเพอร์รูลดกลุ่มละ 2 ซึ่ง กลุ่มที่มีเพอร์รูลดด้านเพดาน และกลุ่มที่มีเพอร์รูลดด้านแก้มใกล้กลางและเพดานกลุ่มละ 1 ซึ่ง

สรุปผลการวิจัย

ความต้านทานการแตกหักลดลงตามปริมาณเนื้อฟันที่สูญเสียไปโดยหากให้แรงกระทำด้านเพดานกับฟันที่ได้รับการรักษาลงรากและบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะร่วมกับครอบฟันพบว่าหากมีเพอร์รูลดด้านเดียวกับแรงที่มากระทำจะทำให้แรงต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกันและตำแหน่งของเพอร์รูลดที่หายไปมีผลต่อความต้านทานการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาลงรากฟันและบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันหล่อโลหะ

รูปแบบการแตกหักส่วนใหญ่มีการเป็นการแตกในแนวเฉียง (oblique fracture) จากด้านเพดานบริเวณครอบฟันไปยังรากฟันด้านแก้มในระดับต่ำกว่าขอบบนของบล็อครีซินอะคริลิกยกเว้นในกลุ่มที่มีเพอร์รูลดโดยรอบ (CF) ที่ส่วนใหญ่มีการแตกของรากฟันในแนวระนาบ (horizontal root fracture)

จากการศึกษานี้จึงอาจนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกโดยหากทำการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาลงรากนั้นปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่มีผลต่อความต้านทานการแตกหักและหากพิจารณาแล้วว่าการทำการบูรณะโดยทำให้ฟันชิ้นนั้นมีเพอร์รูลดที่สมบูรณ์อาจทำให้การพยากรณ์ค่าลงการบูรณะฟันโดยมีเพอร์รูลดไม่สมบูรณ์แต่ยังคงเหลือเพอร์รูลดด้านเดียวกับแรงจากการบดเคี้ยวที่ได้รับอาจเป็นทางเลือกในการวางแผนการรักษาผู้ป่วย

เอกสารอ้างอิง

พะนอนิจิต เมืองอำพัน. 2552. ความต้านทานต่อการแตกหักของฟันซึ่งได้รับการรักษากล่องรากที่มีเฟอร์รูลไม่สมบูรณ์เมื่อบูรณะด้วยเคียวเคียวฟันเส้นใย คอวอดซ์ร่วมกับแกนเรซินคอมโพสิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Barkhordar, RA., Radke, R., Abbasi, J. 1989. Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. *J Prosthet Dent.* 61(6):676-678.

Butz, F., Lennon, AM., Heydecke, G., Strub, JR. 2001. Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems: an in vitro study. *Int J Prosthodont.* 14(1):58-64.

Fraga, RCCB., Mello, GS, Siqueira, JF. Jr. 1998. Fracture resistance of endodontically treated roots after restoration. *J Oral Rehabil.* 25(11):809-13.

Gegauff, AG. 2000. Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns. *J Prosthet Dent.* 84(2):169-179.

Hemmings, KW., King, PA., Setchell, DJ. 1991. Resistance to torsional forces of various post and core designs. *J Prosthet Dent.* 66(3):325-329.

Heydecke, G., Butz, F., Hussein, A., Strub, JR. 2002. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 87(4):438-445.

Ichim, I., Kuzmanovic, DV., Love RM. 2006. A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within a root. *Int Endod J.* 2006 Jun;39(6):443-52.

Isidor, F., Brondum, K., Ravnholt, G. 1999. The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *Int J Prosthodont.* 12(1):78-82.

Libman, W J., Nicholls, JI. 1995. Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *Int J Prosthodont.* 8(2):155-161.

Martinez-Insua, A., da Silva, L., Rilo, B., Santana, U. 1998. 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.* 80(5):527-32.

Milot, P., Stein, RS. Root fracture in endodontically treated teeth related to post selection and crown design. *J Prosthet Dent.* 68(3):428-35.

Morgano, SM. 1993. Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts. *J Prosthet Dent.* 75(4):375-80.

Naumann, M., Preuss, A., Rosentritt, M. 2006. Effect of incomplete crown ferrules on load capacity of endodontically treated maxillary incisors restored with fiber posts, composite build-ups, and all-ceramic crowns: an in vitro evaluation after chewing simulation. *Acta Odontol Scand.* 64(1):31-36.

Naumann, M., Metzendorf, G., Fokkinga, W., Watzke, R., Sterzenbach, G., Bayne, S., Rosentritt, M. 2009. Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post-endodontic restorations: a structured review. *J Oral Rehabil.* 36(4):299-312.

- Ng, CC., Dumbrigue, HB., Al-Bayat, MI., Griggs, JA., Wakefield, CW. 2006. Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 95(4):290-296
- Nicholls, JI. 2001. The dental ferrule and the endodontically compromised tooth. *Quintessence Int.* 32(2):171-173.
- Oden, A. and Tullberg, M. 1985. Cracks in gold crowns cemented on amalgam restorations. *Acta Odontol Scand.* 43(1):15-17.
- Pereira, JR., Valle, AL., Shiratori, FK., Ghizoni, JS., Melo, MP. 2009. Influence of intraradicular post and crown ferrule on the fracture strength of endodontically treated teeth. *Braz Dent J.* 20(4):297-302.
- Ray, HA. and Trope, M. 1995. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 28(1):12-18.
- Rosen, H. and Partida-Rivera, M. 1990. Iatrogenic fracture of roots reinforced with a cervical collar. *Oper Dent.* 11(2):44-55.
- Rud, J. and Omnell, KA. 1970. Root fractures due to corrosion. Diagnostic aspects. *Scand J Dent Res.* 78(5):397-403.
- Sendhilnathan, D., Nayar, S. 2008. The effect of post-core and ferrule on the fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *Indian J Dent Res.* 19(1):17-21
- Sorensen, JA. and Engelman, MJ. 1990. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 63(5):529-536.
- Stockton, LW. 1999. Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent.* 81(4):380-5.
- Torbjomer, A. and Fransson, B. 2004. A literature review on the prosthetic treatment of structurally compromised teeth. *Int J Prosthodont.* 17(3):369-376.
- Zhi-Yue, L., Yu-Xing, Z. 2003. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent.* 2003. 89(4):368-73.