การศึกษานำร่องเรื่องความต้านทานการแตกหักของฟันซึ่งผ่านการรักษารากฟันที่สร้างเฟอร์รูลด้วยเรซินคอมโพสิต

อุษณีย์ ปึงไพบูลย์* วรินทร์ ทองเนรมิตรชัย**

บทคัดย่อ

การบูรณะฟันภายหลังการรักษารากด้วยเดือยฟันและครอบฟันจะประสบความสำเร็จหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งเฟอร์รูลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ ทั้งในเรื่องของความสูงของเฟอร์รูล หรือจำนวนด้านของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ในบางครั้งฟันที่ต้องการบูรณะจะมีลักษณะของคลองรากที่ผายออกมาก หรือเหลือเนื้อฟันในส่วนรากฟันอยู่บาง จึงมีการนำเรซินคอมโพสิต มาใช้เพื่อเสริมความแข็งแรงของผนังเนื้อฟัน และช่วยเพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหัก แต่ในงานวิจัยที่ผ่านมาไม่ได้มีการทำเรซินคอมโพสิตให้ให้เกิดลักษณะของเฟอร์รูลร่วมด้วย

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินว่าการก่อเรซินคอมโพสิตเป็นส่วนของเฟอร์รูลจะช่วยเพิ่มความต้านการแตกหักของฟันได้หรือไม่

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: ฟันกรามน้อยล่างซี่ที่หนึ่งที่ผ่านการรักษารากแล้วจำนวน 18 ซี่ นำมาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มโดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมที่มีเฟอร์รูล โดยมีเนื้อฟัน สูง 2 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร โดยรอบ ส่วนกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูล และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่มีเฟอร์รูลที่สร้างขึ้นจากเรซินคอมโพสิต ความสูง 2 มิลลิเมตร กว้าง 2 มิลลิเมตร โดยรอบ แล้วบูรณะด้วยเดือยโลหะเหวี่ยง และครอบฟันโลหะทั้ง 3 กลุ่ม จากนั้นทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine model 5566, Instron Co., U.S.A.) โดยให้แรงกดอัดด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที จนกระทั่งเกิดการแตกหัก บันทึกค่าแรงสูงสุด

ผลการทดลอง: ผลของแรงต้านทานการแตกหักเมื่อกดแรงลงบนครอบฟันพบว่าค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้เกิดการแตกในกลุ่มที่ 1 มีค่า 1085.0 ± 208.4 นิวตัน กลุ่มที่ 2 มีค่า 581.6 ± 159.0 นิวตัน และกลุ่มที่ 3 มีค่า 388.1 ± 73.5 นิวตัน จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบพหุคูณชนิดเชฟเฟ (Scheffe's Test) พบว่า กลุ่มที่ 1 สูงกว่ากลุ่มที่ 2 และ กลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผล: การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตและสร้างเป็นเฟอร์รูล ไม่ได้ส่งผลให้มีความต้านทานการแตกหักเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบกับกลุ่มที่มีเนื้อฟันเพียงพอเป็นเฟอร์รูลและกลุ่มที่ไม่มีลักษณะเนื้อฟันเป็นเฟอร์รูล

คำสำคัญ: เฟอร์รูล เรซินคอมโพสิต เฟอร์รูล ความต้านทานการแตกหัก เดือยและแกนฟันโลหะเหวี่ยง

**อาจารย์ ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110*

***ทันตแพทย์ โรงพยาบาลกรุงเทพ พระประแดง ถนนสุขสวัสดิ์ ตำบลปากคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ 10290*

Preliminary Study of Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth with Built up Resin Composite Ferrule

Usanee Puengpaiboon* Varin Thongneramitchai**

Abstract

There are several factors that contribute to the success of restoration for endodontically treated tooth. Remaining tooth structure is one of the most important factors. Regarding the ferrule effect of the tooth, the height and the number of surrounding walls remained are both crucial. Recently, resin composite has been used to strengthen the tooth structure and to increase resistance to fracture of the root canal treated tooth when the shape of those root canals are extensively flared. However, previous studies did not consider creating the ferrule effect together with resin composite built up.

Objective: To determine whether creating a ferrule effect using resin composite would increase the fracture resistance of the tooth.

Materials and methods: Eighteen lower first premolar teeth were root canal treated and were divided into 3 groups, group1: control, having all around ferrule of 2mm in height and 2mm in thickness, group 2: having no ferrule, group 3: having all around ferrule built up from resin composite of 2mm in height and 2mm in thickness. All samples were then restored with cast post and metal crown. They were all subjected to compression test using the universal testing machine (Instron testing machine model 5566, Instron Co., U.S.A.), with crosshead speed of 1mm/min. The result was statistical analyzed using One-way ANOVA and Scheffe's Test.

Result: The mean fracture resistance were, group1: 1085.0 ± 208.4 N, group2: 581 ± 159.0 N, group3: 388.1 ± 73.5 N. Statistical analysis showed that the mean fracture resistance of Group1 is significantly higher than that of group 2 and 3.

Conclusion: Resin composite built up did not increase the fracture resistance of the root canal treated tooth when compare to the group with adequate ferrule effect and the group without ferrule effect.

Keywords: Ferrule, Resin composite ferrule, Fracture resistance, Cast post and core

**Lecturer, Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok, 10110*

***Dentist, Bangkok Hospital Phrapradaeng Suk Sawat, Phra Samut Chedi, Samut Prakan 10290*

บทนำ

ฟันที่ผ่านการรักษารากจะมีความแข็งแรงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟันธรรมชาติซึ่งแนวคิดเดิมเชื่อว่าเกิดจากการสูญเสียน้ำของเนื้อฟันส่งผลให้เนื้อฟันเปราะและแตกง่าย [1] แต่ในปัจจุบันเชื่อว่าเกิดจากการสูญเสียโครงสร้างของฟันเป็นหลัก [2] ซึ่งการบูรณะฟันภายหลังการรักษารากนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ในกรณีที่เหลือเนื้อฟันอยู่มากพอไม่จำเป็นที่จะต้องทำเดือยฟันโลหะเหวี่ยง เนื่องจากเดือยฟันโลหะไม่ได้ช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับฟันและอาจส่งผลให้เกิดการแตกหักของรากได้อีกด้วย [2,3] เพราะเดือยฟันชนิดนี้จะก่อให้เกิดแรงเค้นกระทำต่อผนังรากฟัน ซึ่งหน้าที่หลักของเดือยฟัน คือ ให้การยึดอยู่แก่แกนฟันและแกนฟันก็จะให้การยึดอยู่แก่ครอบฟัน [4]

การบูรณะฟันด้วยเดือยฟันและครอบฟันจะประสบความสำเร็จได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟัน ความยาวของเดือยฟันขนาดของเดือยฟัน ลักษณะของพื้นผิวของเดือยฟัน ชนิดของเดือยฟัน ความหนาของผนังคลองรากฟัน และการมีเนื้อฟันเพียงพอให้เป็นเฟอร์รูล ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จของการบูรณะด้วยเดือยฟันและครอบฟัน

ความหมายของเฟอร์รูล คือ การที่มีส่วนของครอบฟันที่โอบล้อมส่วนของเนื้อฟันโดยรอบและขอบของครอบฟันวางอยู่บนขอบของฟันที่เตรียมไว้[5] โดยมีรายงานว่า การมีเฟอร์รูลจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการต้านการแตกหักของรากฟันมากขึ้น ซึ่งผลของเฟอร์รูลต่อความสำเร็จของการบูรณะด้วยเดือยและครอบฟันนี้ ประกอบขึ้นจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น เรื่องของความสูงของเฟอร์รูล จากการทดลองของ Libman (1995) โดยเตรียมฟันให้มีเฟอร์รูลที่ความสูงต่างๆ คือ 0.5, 1, 1.5, และ 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปวัดค่าแรงต้านการหัก ด้วยเครื่องทดสอบสากล พบว่าความสูงของเฟอร์รูล ประมาณ 1.5-2 มิลลิเมตร ให้ผลในการช่วยเพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหัก อย่างมีนัยสำคัญ [6] แต่มีงานวิจัยอีกหลายฉบับที่สรุปว่าความสูงของเฟอร์รูลต้องมีอย่างน้อยคือ ประมาณ 1 มิลลิเมตร [7,8]

โดยปกติเฟอร์รูลจะหมายถึงเฟอร์รูลโดยรอบตัวฟันคือ มีทั้งทางด้าน ใกล้แก้ม ใกล้ลิ้น ใกล้กลาง และทางด้าน ไกลกลาง แต่เมื่อเกิดการสูญเสียเนื้อฟันไปบางส่วนไม่ว่าจะเกิดจากแรงจากอุบัติเหตุ เกิดจากฟันผุลึก หรือ จากเหตุใดๆ ก็ตามที่ทำให้ไม่เหลือเฟอร์รูลโดยรอบตัวฟัน จะส่งผลให้เกิดค่าแรงต้านทานการแตกหักลดลง [9,10]

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการมีเฟอร์รูลนั้นมีส่วนสำคัญที่จะทำให้เพิ่มความสำเร็จในการบูรณะฟันที่รักษารากฟัน ด้วยเดือยฟันและครอบฟัน ซึ่งหากฟันซี่นั้นๆ มีการสูญเสียเนื้อฟันไปมากจนไม่มีเนื้อฟันเหลือพอที่จะทำให้เกิดเฟอร์รูลแล้ว ในบางครั้งทันตแพทย์จะต้องเพิ่มขั้นตอนการรักษาเพื่อสร้างเฟอร์รูล เช่นการดึงฟันด้วยวิธีการจัดฟัน เพื่อดึงให้มีส่วนเนื้อฟันสูงจากขอบกระดูกมากขึ้นทำให้มีเนื้อฟันสำหรับการทำให้เกิดเฟอร์รูลได้ โดยไม่เสียอัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟัน เนื่องจากกระดูกจะมีการเคลื่อนที่ตามฟันด้วย ถึงแม้ว่าการดึงฟันด้วยวิธีการจัดฟัน จะไม่ทำให้สูญเสียอัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟัน แต่ก็ยังคงมีข้อเสียบางประการ เช่น การเสียค่าใช้จ่ายที่สูง ระยะเวลาในการรักษานาน ความไม่สะดวกสบายในการติดเครื่องมือจัดฟันของผู้ป่วย เป็นต้น นอกจากวิธีนี้ ยังมีวิธีอื่นที่จะสร้างเฟอร์รูลได้คือการทำศัลย์ปริทันต์เพิ่มความสูงตัวฟัน ซึ่งเป็นการกรอลดระดับของกระดูก ทำให้มีส่วนของความยาวตัวฟันมากขึ้นแต่วิธีนี้ก็มีข้อเสีย สำคัญคือการทำให้อัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟันมากขึ้น ซึ่งโดยปกติควรมีอัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟันอย่างน้อยประมาณ 1:1 ดังเช่นมีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการทำศัลย์ปริทันต์เพิ่มความสูงตัวฟันเพื่อทำให้เกิดเฟอร์รูลขึ้น เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ทำศัลยกรรมเพิ่มความสูงตัวฟัน

และไม่มีเฟอร์รูล กลับพบว่าการทำให้เกิดเฟอร์รูลด้วยการทำศัลยกรรมเพิ่มความสูงตัวฟันนั้นส่งผลให้ลดค่าแรงต้านการหักลงด้วย นอกจากเรื่องของอัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟันแล้วยังมีข้อเสียอื่นๆ เช่นกัน ทั้งเรื่องค่าใช้จ่าย เวลาในการรอให้แผลหาย เป็นต้น [1]

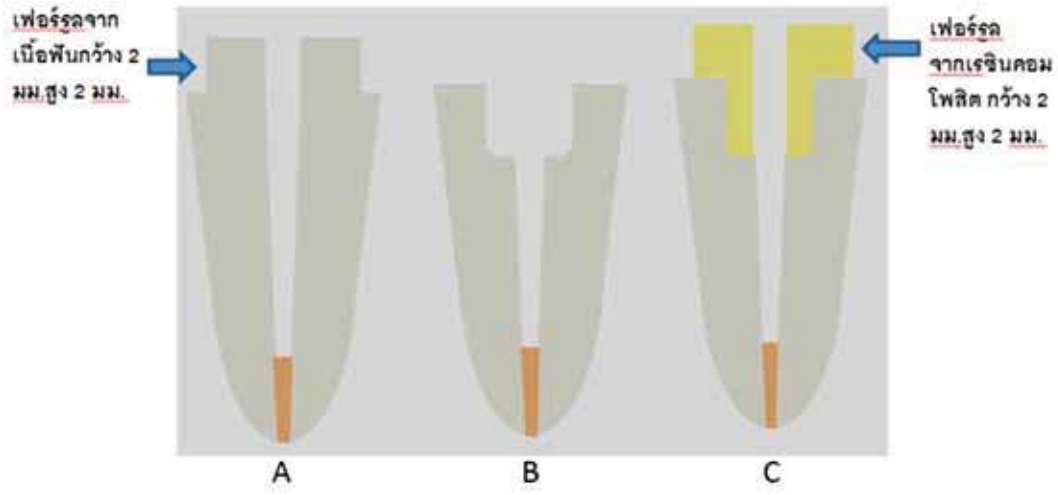
นอกจากนี้ยังพบฟันที่มีลักษณะของ คลองรากที่มีลักษณะผายออกมาก หรือเกิดการผุต่อจากเดือยฟันเก่า ทำให้เหลือเนื้อฟันที่เหลืออยู่บาง และทำให้ค่าแรงต้านการหักลดลง และยังทำให้เกิดเฟอร์รูลได้ยากอีกด้วย จึงได้มีการใช้เรซินคอมโพสิต ในการช่วยเสริมความแข็งแรงของผนังเนื้อฟัน และส่งผลให้ช่วยเพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหักอย่างมีนัยสำคัญ [11] เนื่องจากเรซินคอมโพสิตนั้นมีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันได้ และมีมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับของเนื้อฟัน [12] แต่ในงานวิจัยที่ผ่านมานั้นไม่ได้สร้างเรซินคอมโพสิตให้เกิดลักษณะของเฟอร์รูลร่วมด้วย

จึงน่าจะเป็นไปได้ว่า หากก่อเรซินคอมโพสิตขึ้นมาเป็นส่วนของเฟอร์รูล จะช่วยเพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหัก รวมถึงช่วยลดข้อเสียในเรื่องของระยะเวลา และค่าใช้จ่าย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการสร้างเฟอร์รูลด้วยเรซินคอมโพสิตที่มีต่อความต้านทานการแตกหักของฟันที่ผ่านการรักษารากและบูรณะด้วยเดือยและครอบฟันแบบโลหะเหวี่ยง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

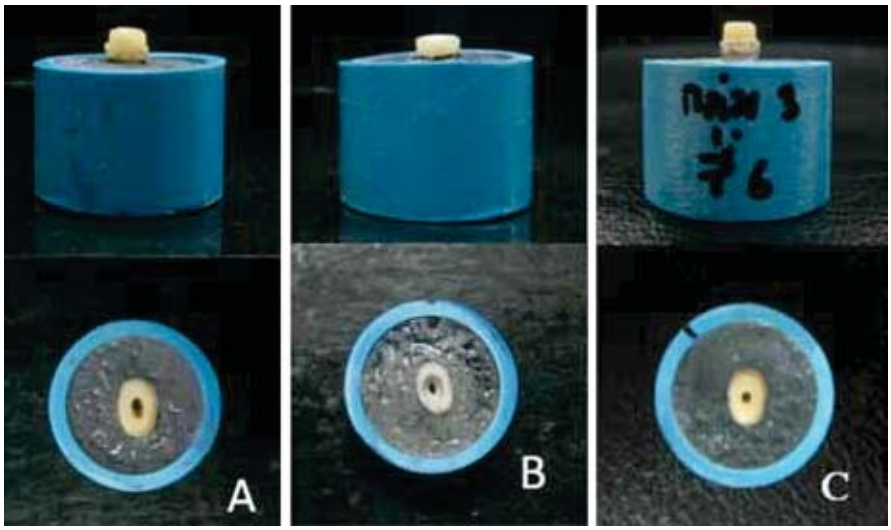
คัดเลือกฟันกรามน้อยล่างซี่ที่หนึ่ง 18 ซี่ที่ได้จากการถอนฟันของมนุษย์ที่มีเหตุผลจากการจัดฟัน ซึ่งดูจากลักษณะภายนอกว่าปลายรากปิด บริเวณคอฟันไม่มีฟันผุ ไม่มีวัสดุอุดฟันและไม่มีการสึกที่คอฟัน และถ่ายภาพรังสีตรวจสอบว่ามี 1 คลองราก ไม่มีการละลายภายในคลองราก ไม่มีการตีบตันของคลองราก มีความยาวฟันจากปุ่มยอดฟันข้างแก้มถึงปลายรากเฉลี่ย 17.5 ± 1 มิลลิเมตร ความยาวรากจากจุดสูงสุดของรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ถึงปลายราก เฉลี่ย 13.5 ± 1 มิลลิเมตร ความกว้างเฉลี่ยด้านใกล้แก้มถึงใกล้ลิ้น (Bucco-lingual) 7±1 มิลลิเมตร และด้านใกล้กลางถึงไกลกลาง (Mesio-distal) 6.2±1 มิลลิเมตรที่จุดสูงสุดของรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน หลังจากนั้นแบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีสุ่ม (Simple random sampling) กลุ่มละ 6 ซี่ และเก็บฟันทั้งหมดไว้ใน สารละลาย โซเดียม เอไซด์ (Sodium Azide, NaN_3) ใช้หัวกรอกากเพชรรูปร่างสอบปลายมน (round end taper diamond bur) ต่อกับเครื่องกรอความเร็วสูง (high speed airoter) กรอตัดฟันโดย กลุ่มที่ 1 ตัดฟันส่วนตัวฟันออก จนเหลือความยาวฟันมากกว่าความยาวรากเฉลี่ย 2 มิลลิเมตร เท่ากับ 15.5 มิลลิเมตรเพื่อให้มีความสูงของเฟอร์รูล 2 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 และ 3 ตัดฟันส่วนตัวฟันที่ระดับเดียวกับจุดสูงสุดของรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันออกจนเหลือความยาวรากเฉลี่ย 13.5±1 มิลลิเมตร นำฟันทุกซี่มารักษาคลองรากฟันด้วยวิธีสเต็ปแบค (step back technique) โดยขยายคลองรากฟันด้วยตะไบคลองรากฟันหลัก (Master Apical File) ขนาด 40 และขยายส่วนบนจนถึงตะไบคลองรากฟันขนาด 80 ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มร้อยละ 2.5 แล้วอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาเบอร์ 40 และ ซีเมนต์อุดคลองรากฟันที่ไม่มีน้ำมันกานพลูผสม (Apexit Plus, Ivoclar Vivadent : Liechtenstein) ใช้เครื่องมืออุดคลองรากฟัน (Root canal plugger) ลนไฟ ตัดกัตตาเปอร์ชาออก 6 มิลลิเมตรจนถึงระดับรูเปิดคลองรากฟัน ปิดทางเปิดเข้ารักษารากฟันด้วยสำลีและวัสดุอุดฟันชั่วคราว (Cavitron™G: 3M ESPE) รอให้ซีเมนต์อุดคลองรากก่อตัว 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้เกลียวคว้านคลองรากของเดือยฟันเสริมเส้นใย (FRC finishing reamer, FRC postec plus®) ขนาด 3 ซึ่งมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมขนาดเท่ากับเดือยฟันดังกล่าว ตัดกัตตาเปอร์ชาออกให้เหลือกัตตาเปอร์ชาปลายราก (apical seal) 4 มิลลิเมตร โดยกลุ่มที่ 1 ตัดลงไป 11.5 มิลลิเมตร ส่วนกลุ่มที่ 2 และ 3 ตัดลงไป 9.5 มิลลิเมตร

แล้วขยายคลองรากให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันทุกกลุ่ม ใช้กระดาษฟอยล์หนา 0.2 มิลลิเมตร หุ้ม 1 ชั้นให้ผิวเรียบมากที่สุดโดยรอบบริเวณรากฟันของฟันแต่ละซี่ตั้งแต่ระดับ 1 มิลลิเมตรต่ำกว่ารอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันไปทางปลายราก เพื่อเป็นช่องว่างระหว่างรากฟันและอะคริลิคเรซินสำหรับที่อยู่ของเอ็นยึดปริทันต์จำลอง นำฟันทั้งหมดแต่ละซี่ยึดกับแท่งวิเคราะห์ (analyzing rod) ของเครื่องสำรวจความขนาน (surveyor, Ney; Dentsply) ฝังในแท่นยึดด้วยอะคริลิคเรซินชนิดบ่มด้วยตัวเองที่อยู่ในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร สูง 30มิลลิเมตร โดยให้แกนฟันขนานกับแกนของท่อพีวีซีจมลึกที่ระดับเดียวกับกระดาษฟอยล์และเมื่ออะคริลิคเรซินเริ่มก่อตัวนำไปแช่น้ำเพื่อไม่ให้ความร้อนทำอันตรายต่อฟัน จากนั้นยก analyzing rod ขึ้นเพื่อยกฟันออกจากเบ้าอะคริลิค แกะกระดาษฟอยล์ออกจากบริเวณรากฟัน ฉีดเคลือบวัสดุพิมพ์แบบซิลิโคนแบบเติม (Addition Silicone) ชนิดความหนืดต่ำ (Silagum: DMG, Germany) บริเวณผนังรอบเบ้าอะคริลิคแล้วจากนั้นใส่ฟันกลับลงไปในเบ้าตามตำแหน่งเดิม เพื่อจำลองเอ็นยึดปริทันต์รอบรากฟัน กำจัดวัสดุพิมพ์แบบส่วนเกินออก โดยกลุ่มที่ 1 จะลงให้มีส่วนของเนื้อฟันอยู่สูงกว่าเบ้าอะคริลิค 4 มิลลิเมตร เพื่อจำลองความกว้างทางชีวภาพ (biologic width) และเป็นความสูงของเฟอร์รูล ส่วนกลุ่มที่ 2 และ 3 จะวางฟันให้มีส่วนของเนื้อฟันสูงจากเบ้าอะคริลิค 2 มิลลิเมตร เพื่อจำลองความกว้างทางชีวภาพ นำฟันในกลุ่มที่ 1 มากรอเนื้อฟัน ให้มีลักษณะของเฟอร์รูลสูงและกว้าง 2 มิลลิเมตรโดยรอบ กลุ่มที่ 2 และ 3 กรอผนังคลองรากฟันส่วนต้นโดยกรอให้ลึกลงไปในแนวดิ่ง 3 มิลลิเมตร และลึกเข้าไปในแนวราบด้วยครึ่งของความกว้างหัวกรอกากเพชรทรงกระบอกปลายมนหมายเลข 878 ขนาด 012 ประมาณ 0.6 มิลลิเมตรโดยรอบ วัดความหนาของผนังเนื้อฟันระดับใกล้คอฟันที่ด้านใกล้กลาง ไกลกลาง ด้านแก้มด้านลิ้นด้วยเกจวัดความหนาครอบฟัน (crown guage) โดยความหนาของผนังรากฟันที่ตำแหน่งลึกที่สุดหลังจากกรอแล้วต้องเหลือประมาณ 1.5 มิลลิเมตร นำฟันเฉพาะกลุ่มที่ 3 มาก่อเฟอร์รูล ด้วยเรซิน คอมโพสิตร่วมกับระบบสารยึดติด โดย เริ่มจากการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มร้อยละ 37 (Total Etch, Ivoclar Vivadent) ทาผิวฟันในคลองราก 15 วินาที ล้างน้ำ เป่าลม และซับคลองรากฟันให้แห้งสนิทด้วยแท่งกระดาษ(paper point) ทากาวยึดแบบก่อตัวด้วยแสงและปฏิกิริยาเคมี (Excite DSC, Ivoclar Vivadent : Liechtenstein) 15 วินาที ใช้แท่งกระดาษซับให้แห้ง ใช้แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นจากซิลิโคนเป็นต้นแบบของเฟอร์รูลหุ้มรอบท่อพีวีซี ทาวาสลินบางๆ รอบเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใย (FRC Postec Plus®) ขนาด 3 เพื่อเป็นสารหล่อลื่นป้องกันการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเดือยฟันดังกล่าว ฉีดวัสดุเรซินคอมโพสิตก่อแกนฟันแบบเหลวซึ่งก่อตัวได้ด้วยแสงและปฏิกิริยาเคมี (Multicore flow, Ivoclar Vivadent) เข้าไปในคลองรากฟันโดยวางปลายหลอดฉีดที่จุดลึกสุดของช่องว่างสำหรับเดือยฟันที่เตรียมไว้แล้วค่อยๆ ถอยปลายหลอดฉีดขึ้นมาจนเต็มแม่พิมพ์ซิลิโคน นำเดือยฟันมาใส่ลงในคลองรากให้ถึงตำแหน่งลึกที่สุดของช่องว่างสำหรับเดือยฟันไว้ ฉายแสง 10 วินาที แล้วดึงเดือยฟันออก หลังจากนั้นฉายแสงต่อ 40 วินาที ให้หน้าตัดที่ฉายแสงอยู่ชิดและตั้งฉากกับแกนเรซินคอมโพสิต นำแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับสร้างเฟอร์รูลออก ฉายแสงรอบเรซินคอมโพสิตเฟอร์รูลทั้งด้านบดเคี้ยว ด้านใกล้กลาง ด้านไกลกลาง ด้านแก้ม และด้านลิ้นด้านละ 40 วินาที นำชิ้นงานไปถ่ายภาพรังสีตรวจสอบถ้าชิ้นงานใดมีฟองอากาศคัดชิ้นนั้นออกจากกลุ่มทดลอง จากนั้นกรอแต่งอีกครั้งโดยให้เฟอร์รูลที่สร้างจากเรซินคอมโพสิตมีความสูงและกว้าง 2 มิลลิเมตร และกรอให้มีเส้นสิ้นสุดเป็นchamferกว้าง0.5มิลลิเมตรที่ระดับเดียวกับรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันโดยรอบดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของการเตรียมซี่ฟันแต่ละกลุ่มก่อนการยึดเดือยฟันและแกนฟันโลหะเหวี่ยง: A กลุ่มที่ 1 มีเนื้อฟันที่เป็นเฟอร์รูล, B กลุ่มที่ 2 ไม่มีเนื้อฟันเป็นเฟอร์รูล, C กลุ่มที่ 3 สร้างเฟอร์รูลด้วยเรซินคอมโพสิต

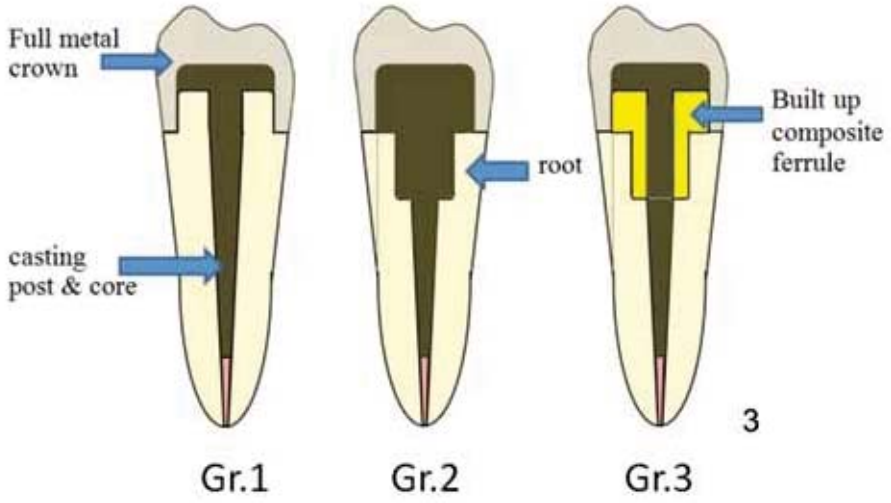
Figure 1. Teeth preparation of each group before casting post and core cementation: A group 1 with ferrule from dentine, B group2 without ferrule, C group3 with ferrule built up from resin composite.



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของฟันแต่ละกลุ่มภายหลังการยึดซี่ฟันกับเบ้าอะคริลิค เรซิน: 2A ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มที่1, 2B ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มที่ 2, 2C ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มที่ 3

Figure 2. All teeth in each group were embedded in acrylic resin blocks: 2A Specimens in group 1, 2B Specimens in group 2, 2C Specimens in group 3.

แต่งขี้ผึ้งเดือยและแกนฟันให้มีความสูงและขนาดของส่วนแกนฟันจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันขึ้นมาเท่ากันทุกชิ้น เหวี่ยงเดือยและแกนฟันด้วยโลหะโคบอลต์โครเมียม (Wirobond® 280: Bego, USA) ล้างช่องว่างที่เตรียมเดือยฟันไว้ด้วยน้ำให้สะอาด ซับด้วยแท่งกระดาษให้แห้ง จากนั้นนำเดือยและแกนฟันที่เหวี่ยงได้มาลองในชิ้นงานตัวอย่าง และถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบชิ้นงาน จากนั้นยึดส่วนของเดือยและแกนฟันโลหะด้วยซิงก์ฟอสเฟต ซีเมนต์ (Hybond Zinc phosophate cement: Shofu Dental Corperation, Japan) กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก หลังจากนั้นทำครอบฟันโลหะเหวี่ยงด้วยโลหะชนิดเดียวกันแล้วยึดครอบฟันด้วยซิงก์ฟอสเฟต ซีเมนต์ดังภาพที่ 3 และ 4



ภาพที่ 3 แผนภาพของชิ้นงานแต่ละกลุ่มภายหลังยึดเดือยฟันและครอบฟันโลหะเหวี่ยง

Figure 3. Diagram showed specimen in each group after casting post-core and crown cementation.

ภาพที่ 4 แสดงชิ้นงานภายหลังการยึดเดือยฟันโลหะเหวี่ยงและครอบฟันโลหะด้วยซิงก์ฟอสเฟต ซีเมนต์ฝังในเบ้าอะคริลิค เรซิน

Figure 4. Specimen after casting post-core and full metal crown cementation was embedded in acrylic resin block.

นำชิ้นงานที่ได้ในแต่ละกลุ่ม ไปทดสอบค่าแรงต้านทานการแตกหัก โดยใช้เครื่อง ทดสอบสากล (Universal testing machine: Instron model 5566, USA) โดยยึดชิ้นงานเข้ากับฐานยึดจับ ที่เอียงทำมุม 135 องศากับแนวแกนฟัน (ภาพที่ 5) โดยใช้ความเร็วหัวกด (cross head speed) 1 มิลลิเมตร/นาที จนรากฟันหรือเดือยหรือตัวแกนฟันหัก บันทึกแรงที่ทำให้เกิดการแตกเป็น นิวตัน และสังเกตรูปแบบการแตกที่เกิดขึ้น โดยแบ่งระดับการแตกเป็น 3 ระดับ โดยวัดความยาวรากฟันจากจุดสูงสุดของรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันถึงปลายรากหารสาม แบ่งระดับการแตกเป็นแตกระดับรากใกล้คอฟัน(cervical 1/3) ระดับกึ่งกลางรากฟัน (middle 1/3) และระดับปลายรากฟัน (apical1/3)

ภาพที่ 5A ภาพขณะที่ชิ้นงานกำลังถูกทดสอบแรงต้านทานการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบสากลที่มุม 135 องศา ภาพที่ 5B ภาพหัวกดวางทำมุม 135 องศากับแนวแกนฟัน

Figure 5A. The specimen mounting at 135 degree before testing in the Universal Testing Machine. Figure 5B. The head of load cell was aligned 135 degree to longitudinal axis of the tooth.

นำค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกหักของชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมดไปวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วย one sample Kolmogorov Smirnov (K-S test) เพื่อให้ทราบว่าการแจกแจงของข้อมูลที่ได้เป็นปกติหรือไม่ ถ้าแจกแจงปกติจะวิเคราะห์ต่อด้วยสถิติการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติเชฟเฟ (Scheffe) ถ้าแจกแจงไม่ปกติจะวิเคราะห์ด้วยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์แบบ Kruskal Wallis test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$)

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ one sample Kolmogorov Smirnov (K-S test) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จึงใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวและสถิติเชฟเฟ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกหัก (นิวตัน) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่มทดลอง

Table 1. Average maximum compressive load (N) and standard deviation of each experimental group.

Group	Average maximum compressive load ± SD
1. Ferrule	1085.0 ± 208.4[a]
2. No ferrule	581.6 ± 159.0[b]
3. Resin composite ferrule	388.1 ± 73.5[b]

[a,b] แสดงกลุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่ม

Table 2. Fracture site of each experimental group.

กลุ่มที่	แตกที่รากฟัน		
	ระดับรากใกล้คอฟัน	ระดับกึ่งกลางรากฟัน	ระดับปลายรากฟัน
1	-	5	1
2	6	-	-
3	6	-	-

ภาพที่ 6 ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มควบคุมที่มีเฟอร์รูลแตกที่ระดับกึ่งกลางรากฟัน

Figure 6. Specimens in control group (with ferrule) after compressive loading fractured near middle third of root.

ภาพที่ 7 ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มที่ 2, 3 (ไม่มีเฟอร์รูล) แตกที่ระดับรากใกล้คอฟัน

Figure 7. Specimens in group 2 and 3 (without ferrule) after compressive loading fractured near cervical third of root.

บทวิจารณ์

จากผลการทดลอง กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีเฟอร์รูลมีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกหักสูงกว่ากลุ่มที่ 2 ที่ไม่มีเฟอร์รูลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องของเฟอร์รูลที่ผ่านมา [3,5] ตรงกันข้ามกับผลการทดลองระหว่างกลุ่มที่ 2 เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 3 ที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งๆที่ในกลุ่มที่ 3 ฟันที่ได้รับการเสริมผนังด้วยเรซินคอมโพสิตและก่อขึ้นมาเป็นลักษณะของเฟอร์รูล กลับมีค่าแรงต้านทานการแตกหักน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 ที่ไม่ได้เสริมผนังคลองรากฟันเป็นเฟอร์รูลซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาที่ผ่านมา [11,13,14]

ในปี 1994 Lui ได้ใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสง ร่วมกับเดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสง (light transmitting plastic post) เสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บาง โดยเลือกใช้เดือยพลาสติกที่มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้และมีความแข็งแรงเพียงพอ เพื่อให้ส่วนของเรซินคอมโพสิตมีความหนาเพียงพอ ทำให้เพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหักของรากฟัน [11]

Saupe และคณะ อธิบายด้วยว่าการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต ซึ่งมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน เป็นการกระจายความเค้นได้ดีส่งผลให้ค่าแรงต้านทานการแตกหักสูงขึ้นด้วย [13] นอกจากนี้การใช้เรซินคอมโพสิตเสริมผนังและก่อขึ้นมาเป็นลักษณะของเฟอร์รูล ในการศึกษานี้ยังเป็นการเปลี่ยนลักษณะของเดือยฟันให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางให้เล็กลงและขนานมากขึ้นทำให้สามารถต้านทานต่อการเกิดการแตกของรากฟันได้ดีกว่าการใช้เดือยขนาดใหญ่ [14]

จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นว่าการที่เสริมผนังด้วยเรซินคอมโพสิต ก่อนการบูรณะด้วยเดือยฟันและครอบฟันนั้นจะช่วยให้เกิดค่าแรงต้านทานการแตกหักได้สูงขึ้น ดังนั้นการเสริมเรซินคอมโพสิตขึ้นมาเป็นลักษณะของเฟอร์รูลก็น่าจะมีแนวโน้มเพิ่มค่าแรงต้านทานการแตกหักได้สูงขึ้นด้วย [11,13,14] ซึ่งตรงข้ามกับผลการทดลองในการศึกษานี้

งานวิจัยนี้ได้มีการก่อเรซินคอมโพสิต เป็นลักษณะของเฟอร์รูลแล้วบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันโลหะเหวี่ยง แล้วยึดด้วยซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซึ่งเป็นซีเมนต์ที่มีการใช้มานาน ใช้งานง่าย มีความแข็งแรง ระยะเวลาในการทำงานและการก่อตัวเหมาะสม มีการไหลแผ่ที่ดี แต่มีข้อเสียคือขาดการยึดติดที่แท้จริง เนื่องจากเป็นการยึดติดทางกลเท่านั้น ไม่ได้เกิดพันธะกับฟัน [15] ซึ่งจากการศึกษาของ Mendoza และคณะ ได้ทำการ

ศึกษาการบูรณะฟันเขี้ยวล่างที่ทำการสร้างให้ผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง พบว่า ซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่ยึดกับฟันด้วยพันธะเคมีทำให้ รากฟัน ซีเมนต์ และเดือยไม่ยึดเป็นหน่วยเดียวกัน เมื่อซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ ได้รับแรงมากจะทำให้เกิดการแตกของซีเมนต์ และเกิดรากแตกตามมา และพบว่าการใช้เรซินซีเมนต์แทน จะช่วยให้ค่าแรงต้านทานการแตกหักสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ [16]

การเตรียมลักษณะของผนังคลองรากฟันส่วนต้นที่บางแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาโดยพบว่ามีงานวิจัยหลายฉบับกรอเตรียมผนังคลองรากฟันเป็นลักษณะของกรวย [11,12,13,16] ซึ่งควบคุมองศาที่ผนังรากฟันผายออกให้ใกล้เคียงกันได้ยากกว่า การเตรียมชิ้นงานในการศึกษานี้คาดหวังให้รูปร่างคลองรากฟันแต่ละชี่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดจึงเตรียมผนังคลองรากฟันโดยกรอโดยใช้หัวกรอกากเพชรทรงกระบอกให้ผนังรากฟันบางลง มีลักษณะเป็นขั้นบันได เนื่องจากจะควบคุมให้ความหนาของผนังรากฟันแต่ละชี่มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด แต่การกรอแบบขั้นบันไดจะทำให้จุดลึกสุดที่กรอมีความหนาของเนื้อฟันน้อยกว่า ทำให้บริเวณนี้เป็นจุดที่อ่อนแอและเกิดการแตกของรากฟันได้ง่าย จะเห็นได้จากรูปแบบการแตกของรากฟันในการศึกษานี้ที่พบว่าในกลุ่มที่มีผนังคลองรากบาง ไม่ว่าจะเสริมผนังคลองรากฟันหรือไม่ก็จะพบว่ามีการแตกหักของรากฟันบริเวณส่วนใกล้คอฟัน (cervical1/3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yoldas และคณะ [12] นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Pierrisnand และคณะที่ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element analysis) ในโมเดลฟันรักษารากพบว่าเมื่อบูรณะด้วยเดือยฟันโลหะเหวี่ยงกรณีที่มีเฟอร์รูล บริเวณใกล้คอฟันจะมีแรงเค้นน้อยกว่าบริเวณกึ่งกลางฟัน ขณะที่กลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูลไม่ว่าจะบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดใดก็ตามจะมีแรงเค้นในบริเวณใกล้คอฟันมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับระดับการแตกของฟันในการศึกษานี้ที่กลุ่มควบคุมที่มีเฟอร์รูลจะแตกที่ระดับกึ่งกลางฟันแต่กลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูลแตกที่ระดับคอฟัน [17]

มีงานวิจัยของ Hamburger และคณะที่ศึกษาผลของความหนาของเรซินคอมโพสิตที่ยึดติดกับเนื้อฟันวัว พบว่าเรซินคอมโพสิตบางชนิดที่มีความหนาน้อยจะมีความแข็งแรงอัดน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตมีความหนามาก [18] ในกลุ่มที่ 3 ส่วนของเฟอร์รูลที่สร้างด้วยเรซินคอมโพสิตอาจมีความแข็งแรงไม่เพียงพอเนื่องจากมีความหนาของเรซินคอมโพสิตในส่วนรากฟันที่ถูกกรอออกเพียง 0.6 มิลลิเมตร เมื่อบริเวณดังกล่าวได้รับแรงกดมาก จึงเกิดความล้มเหลวของเรซินคอมโพสิตเฟอร์รูล ส่งผลให้เกิดการแตกหักของรากฟันตามมาได้ ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่ได้ค่าแรงกดที่ทำให้เกิดการแตกหักในกลุ่มนี้ต่ำที่สุด นอกจากนี้การสร้างเฟอร์รูลด้วยเรซินคอมโพสิตอาจจะเกิดรูพรุนขนาดเล็กในเนื้อวัสดุ ที่ไม่สามารถตรวจสอบด้วยภาพรังสี ซึ่งจะส่งผลให้เรซินคอมโพสิตต้านแรงกดได้ลดลง[19] และมักจะมีการแตกหักโดยเริ่มจากบริเวณที่เป็นรูพรุน [20]

อย่างไรก็ตามค่าแรงต้านทานการแตกหักในการศึกษานี้อาจจะเป็นตัวแทนที่ไม่ดีนักเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมในช่องปากซึ่งความล้มเหลวของวัสดุบูรณะแต่ละชนิดจะเกิดจากผลของแรงบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในระยะเวลานาน และปัจจัยอื่น เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง และเชื้อโรคในช่องปาก [21,22] ซึ่งตัวแปรตามที่จะใช้ทดสอบและสามารถเป็นตัวแทนได้ดีกว่านั้นคือการวัดความต้านทานต่อการล้า (fatigue resistance) หรือการวิจัยทดลองทางคลินิกแบบมีกลุ่มควบคุม (controlled clinical trial) แต่ข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณ และเครื่องมือทดสอบความล้าในประเทศไทยที่มีจำนวนจำกัด อีกทั้งจำนวนฟันที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ค่อนข้างน้อย จึงมีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนสูง ผลการทดลองที่ได้จึงยังไม่สามารถนำมาเป็นข้อสรุปที่แน่ชัดเกี่ยวกับผลของเฟอร์รูลที่สร้างจากเรซินคอมโพสิตที่มีต่อแรงต้านทานการแตกได้ การศึกษานี้จึงเป็นเพียงการศึกษานำร่อง ซึ่งต้องทำวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต

บทสรุป

จากข้อจำกัดต่างๆในการศึกษานี้พบว่าการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตและสร้างขึ้นเป็นเฟอร์รูล ไม่ได้ส่งผลให้มีแรงต้านทานการแตกหักเพิ่มขึ้น เมื่อทำการเปรียบกับกลุ่มที่มีเนื้อฟันเป็นเฟอร์รูลและกลุ่มที่ไม่มีเฟอร์รูล โดยพบว่ากลุ่มสร้างเฟอร์รูลด้วยเรซินคอมโพสิตมีแรงต้านทานการแตกหักต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

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

2. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle?. J Endod 1992; 18(7): 332-335.

3. Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. Int Endod J 2002; 35(7): 575-581.

4. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E. A survey of failed post-retained restorations. Clin Oral Investig 2008; 12(1): 37–44.

5. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 1990; 63(5): 529-536.

6. Libman WJ, Nicholls JI. Load fatigue of teeth restored with cast post and cores and completed crowns. Int J Prosthodont 1995; 8(2): 155-161.

7. Fan P, Nicholls JI, Kois JC. Load fatigue of five restoration modalities in structurally compromised premolars Int J Prosthodont 1995; 8(3): 213-220.

8. Junge T, Nicholls JI, Phillips KM, Libmans WJ. Load fatigue of compromised teeth: comparison of 3 luting agents. Int J Prosthodont 1998; 11(6): 558-564.

9. Naumann M, Preuss A, Rosentritt M. Effect of incomplete crown ferrule 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 2006; 64(1): 31-36.

10. 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 Jan; 18(1): 49-53.

11. Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canal using light-transmitting plastic posts. Quintessence Int 1994; 25(5): 313-319.

12. Yoldas O, Akova T. An experimental analysis of stresses in simulated flared root canals subjected to various post-core application. J Oral Rehabil 2005; 32(6): 427-432.

13. Saupe WA, Gluskin AH, Radke RA. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and resin-reinforced dowel system in the intraradicular restoration of structurally compromised roots. Quintessence Int 1996; 27(7): 483-491.

14. Standlee JP, Caputo AA, Hanson EC. Retention of endodontic dowel: effect of cement, dowel length, diameter, and design. J Prosthet Dent 1978; 39(4): 400-405.

15. Anusavice KJ, editor. Phillips' science of dental material. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996. p.563-567.

16. Mendoza DB, Ekle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with resin bonded pre-form post. J Prosthet Dent 1997; 78(1): 10-14.

17. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquinsd M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: A mechanical study using finite element analysis. J Prosthet Dent 2002; 88(4): 442-448.

18. Hamburger JT, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JJ, Huysmans MC. Effect of thickness of bonded composite resin on compressive strength. J Mech Behav Biomed Mater 2014; 37(September): 42-47.

19. McCabe JF, Ogden AR. The relationship between porosity, compressive fatigue limit and wear in composite resin materials. Dent Mater 1987; 3(1): 9-12.

20. Gjerdet NR, Hegdahl T. Porosity of resin filling materials. Acta Odontol Scand 1978; 36(5): 303-307.

21. Huysmans MC, Peters MC, Van der Varst PG, Plasschaert AJ. Failure behavior of fatigue-tested post and cores. Int Endod J 1993; 26(5): 294-300.

22. Padipatvuthikul P, Mair LH. Comparison of shear bond strength, fatigue limit and fatigue life in resin bonded metal to enamel bond. Dent Mater 2008; 24(5): 674-680.

ติดต่อบทความ:
อ.ทพญ.อุษณีย์ ปึงไพบูลย์
ภาควิชาทันตกรรมทั่วไป คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
114 ซอย สุขุมวิท23 ถ.สุขุมวิท เขตวัฒนา
กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ 02-6495000 ต่อ 15090-15093
จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ usaneep@g.swu.ac.th

Corresponding author:
Dr.Usanee Puengpaiboon
Department of General Dentistry, Faculty of Dentistry. Srinakharinwirot University
114 Soi Sukhumvit 23, Sukhumvit Rd., Wattana, Bangkok 10110
Tel: 02-6495000 ext. 15090-15093
E-mail: usaneep@g.swu.ac.th