แรงยึดเกาะระหว่างเรซินซีเมนต์กับเดนทีนในคลองรากฟัน
Adhesive Bond Strength between Resin Cements and Root Canal Dentin

พนัสยา จตุรานนท์[1], ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์[2], นพวงศ์ ลือวิฑูรเวชกิจ[2]
[1]นักศึกษาระดับมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[2]ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
Phanassaya Jaturanont[1], Pavisuth Kanjantra[2], Nopawong Leuvitoonvechakij[2]
[1]Master Program Student, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University
[2]Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University

ชม.ทันตสาร 2552; 30(1) : 43-53
CM Dent J 2009; 30(1) : 43-53

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์ระบบเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 2 ชนิด คือ รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยและมัลติลิงค์สปรินท์ เรซิน-ซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช คือ พานา-เวียเอฟสองจุดศูนย์ และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอน คือ วาริโอลิงค์ทูกับเดนทีนในคลองรากฟัน โดยนำฟันกรามน้อยที่มีคลองรากเดียวจำนวน 40 ซี่ ตัดรากฟันให้ได้ชิ้นทดสอบรูปทรงแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร รากละ 2 ชิ้น นำชิ้นทดสอบไปขยายคลองรากฟันด้วยพีโซรีมเมอร์เบอร์ 4 นำมาสุ่มแบ่งเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 20 ชิ้น แต่ละกลุ่มอุดคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด นำไปแช่ในน้ำกลั่นที่ 37 ˚ซ นาน 24 ชั่วโมงแล้วทำการทดสอบกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ทั้ง 4 กลุ่ม ด้วยเครื่องทดสอบอินสตรอน นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและวิเคราะห์แบบเชิงซ้อนทูกี้ก่อนทดสอบเลือกชิ้นงานกลุ่มละ 1 ชิ้น เพื่อไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเพื่อศึกษาลักษณะที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อระหว่างสารยึดติดเรซินซีเมนต์และผนังคลองรากฟัน ผลการศึกษาพบว่าเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชและ

Abstract

This study compared shear bond strength between root canal dentin and a variety of resin cements: two self-adhesive (Rely X™ U100, Multilink® Sprint), one with self-etch system (Panavia® F 2.0) and one with total-etch system (Variolink® II with 3 step). Forty single-canal premolars each provided two pieces of 2 mm-thick disk-shaped samples. Peeso reamers No. 4 were used to prepare all canal surfaces. The specimens were randomly divided into four groups of twenty (n=20), and filled with one of the four resin cements and then stored in distilled water for 24 hours at 37°C. Shear bond strengths were measured with an Instron testing machine and data analyzed by one-way ANOVA ($p<0.05$) and Tukey Multiple Comparison Test. The adhesive interface between resin cement and dentin was also examined with a SEM. The mean shear bond strengths of the total-etch and self-etch cements were found to be significantly higher than those of the self-adhesives ($p<0.05$),

ระบบเซล์ฟเอชให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่สูงกว่าเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และระหว่างเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิดนั้น รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่สูงกว่ามัลติลิงค์สปรินท์อย่างมีนัยสำคัญ ผลการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่ากลุ่มที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชและระบบโททอลเอชนั้นมีชั้นไฮบริดและเรซินแทคเกิดขึ้นและไม่พบช่องว่างระหว่างเรซินซีเมนต์กับเดนทีนในคลองรากฟันเลย ซึ่งแตกต่างจากเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิด ที่ไม่พบชั้นไฮบริดและเรซินแทค อีกทั้งยังมีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างชั้นของเรซินซีเมนต์และเดนทีนในคลองรากฟันอีกด้วย ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนและผลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดชี้ให้เห็นว่ากลุ่มที่ยึดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีค่าแรงยึดกับผนังคลองรากฟันต่ำกว่ากลุ่มที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชและระบบโททอลเอช

คำไขรหัส: เรซินซีเมนต์ ค่ากำลังแรงเฉือน

and Rely X™ U100 bonds were significantly stronger than those of Multilink® Sprint. SEM micrographs of the interfaces between dentin and total-etch and self-etch cements revealed that a hybrid layer and resin tags were formed, with no gap between the cements and intraradicular dentin. However, in the self-adhesive specimens there was no hybrid layer or resin tags, and gaps were present in the adhesive interface area. Both shear bond strength measurements and microscope findings indicate that the bonding potential of self-adhesive resin cements is lower than the alternatives.

Keywords: resin cement, shear bond strength

บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้ไฟเบอร์โพสต์ (fiber post or fiber reinforced composite posts) ซึ่งเป็นโพสต์ที่ไม่ได้ทำจากโลหะ (non-metal posts) ร่วมกับเรซินซีเมนต์ (resin cements) ในการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเรซินซีเมนต์ที่นำมาใช้ยึดโพสต์ (posts) กับคลองรากฟันมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการยึด (bond strength) ของเรซินซีเมนต์กับเดนทีนในคลองรากฟัน ได้แก่ ปัจจัยรูปร่างของโพรงฟันบูรณะ (C-factor) ระบบสารยึดติด (adhesive systems) ระบบการบ่มตัว (curing systems) ความหนาของเรซินซีเมนต์ (cement thickness) ปัญหาความไม่เข้ากันของเรซินซีเมนต์กับระบบสารยึดติด ลักษณะของเดนทีนในคลองรากฟัน เป็นต้น[1,2,3,4,5,6,7] ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันร่วมกับการใช้โพสต์และเรซินซีเมนต์ คือ การหลุดของโพสต์ ซึ่งมักเกิดความล้มเหลวที่รอยต่อระหว่างโพสต์กับเรซินซีเมนต์ หรือเรซินซีเมนต์กับเดนทีนในคลองรากฟัน ซึ่งจะนำไปสู่การรั่วซึม และความล้มเหลวในการรักษาคลองรากฟัน[8] ดังนั้นการยึดอยู่ที่ดีของรอยต่อเหล่านี้มักส่งผลให้การบูรณะฟันประสบความสำเร็จและล้มเหลวได้ การยึดเกาะของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ กับเดนทีนในคลองรากฟัน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกชนิดของเรซินซีเมนต์ เนื่องจากเมื่อมีการยึดที่ดีจะทำให้เกิดการกระจายแรงบดเคี้ยวอย่างสม่ำเสมอจากเรซินซีเมนต์ไปยังรากฟัน ส่งผลให้ความเสี่ยงในการเกิดรากฟันแตกลดลง รวมทั้งช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทานการหลุดและการแตกหักของโพสต์ได้ดีขึ้น

แบ่งเรซินซีเมนต์ตามระบบการยึดติด[9] ออกเป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอช (total-etch adhesive system) ระบบนี้มีการกำจัดชั้นเสมียร์

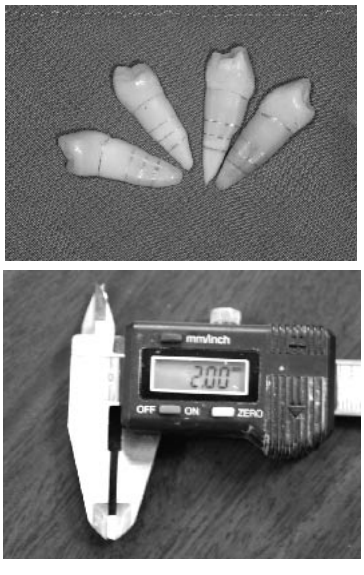
(smear layer)เสมียร์พลัก (smear plug)[1] โดยใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุออกจากเดนทีน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วาริโอลิงค์ทู (Variolink® II) รีไลน์เอกซ์เออาร์ซี (Rely X™ ARC) เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช (self-etch adhesive system) ระบบนี้มีโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acidic monomer) ซึ่งสามารถละลายชั้นเสมียร์ได้เกือบหมด แต่ยังเหลือเสมียร์พลักอยู่บ้าง และเกิดการละลายแร่ธาตุในเดนทีนบางส่วนพร้อมๆ ไปกับการพาเรซิน (resin) แทรกซึมเข้าไปในส่วนที่ละลายแร่ธาตุแล้วเกิดเป็นชั้นไฮบริด (hybrid layer, resin-dentin interdiffusion zone) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ (Panavia® F 2.0) และเซล์ฟ-แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self-adhesive resin cement) ระบบนี้ไม่สามารถละลายชั้นเสมียร์ที่หนา 3-4 ไมโคร-เมตร (micrometer) ได้ จึงไม่พบชั้นไฮบริด แต่จะพบเป็นชั้นรวมของเดนทีนที่ไม่ถูกละลายแร่ธาตุ ชั้นเสมียร์และเรซินซีเมนต์แทน (interdiffusion zone) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย (Rely X™ U100) มัลติลิงค์สปรินท์ (Multilink® Sprint) แมกเซ็ม (MaxCem®)

ในระยะแรกเรซินซีเมนต์ที่นำมาใช้เป็นชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอช แต่เนื่องจากข้อด้อยหลายประการอันได้แก่ การใช้งานทางคลินิกมีขั้นตอนยุ่งยาก ต้องทำให้ถูกวิธีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตกำหนดข้อจำกัดในการควบคุมความชื้นในคลองรากฟันที่แคบ อีกทั้งคลองรากฟันที่แคบจะพยุงน้ำไว้ด้วยแรงตึงผิว (surface tension)[10] ทำให้เป็นการยากที่จะแทนที่น้ำส่วนนี้ด้วยสารยึดติด ส่งผลให้ความสำเร็จในการยึดติดลดลง จึงนำไปสู่การพัฒนาเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช ซึ่งมีลักษณะการใช้งานง่ายขึ้น ลดขั้นตอนการทำงานลงไป แต่ก็ยังมีความยุ่งยากในการใช้อยู่ จึงมีการพัฒนาเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ขึ้นมาเพื่อง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากไม่ต้องใช้กรดและไม่ต้องล้างน้ำ

การศึกษานี้จึงมีขึ้นเพื่อเปรียบเทียบแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์ระบบเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 2 ชนิด คือ รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยและมัลติลิงค์สปรินท์ เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช คือ พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอน คือ วาริโอลิงค์ทู กับเดนทีนในคลองรากฟัน เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุอย่างถูกต้องและเหมาะสม

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

เลือกฟันกรามน้อยที่มีคลองรากเดียว ไม่ผุ ไม่แตกหัก จำนวน 40 ซี่ นำมาตัดให้ได้ชิ้นทดสอบเป็นแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร โดยวัดจากรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟันจนถึงปลายราก จากนั้นกำหนดเส้นกึ่งกลางและวัดจากเส้นกึ่งกลางฟันไปด้านบนและล่างด้านละ 2 มิลลิเมตร ทำการตัดฟันตามเส้นที่กำหนดด้วยแผ่นกรอกากเพชร จะได้ชิ้นทดสอบ 2 ชิ้นต่อฟัน 1 ซี่ (รูปที่ 1)

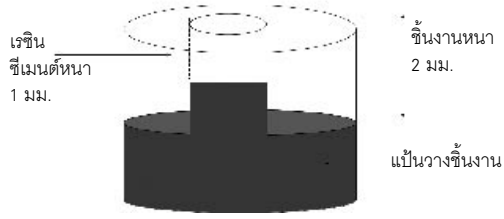


รูปที่ 1 *ชิ้นทดสอบหนาขนาด 2 มิลลิเมตร ตัดจากกึ่งกลางความยาวรากฟัน*

Figure 1 *A two millimeters thick disc-shaped sample sliced from middle area of radicular part.*

จากนั้นขยายคลองรากฟันด้วยพีโซรีมเมอร์เบอร์ 4 (Peeso reamer #4) ร่วมกับการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำเกลือ หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบมาอุดคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัท ร่วมกับชุดอุปกรณ์อุดคลองรากฟันเพื่อควบคุมความหนาของ

เรซินซีเมนต์ให้เท่ากับ 1 มม. (รูปที่ 2)



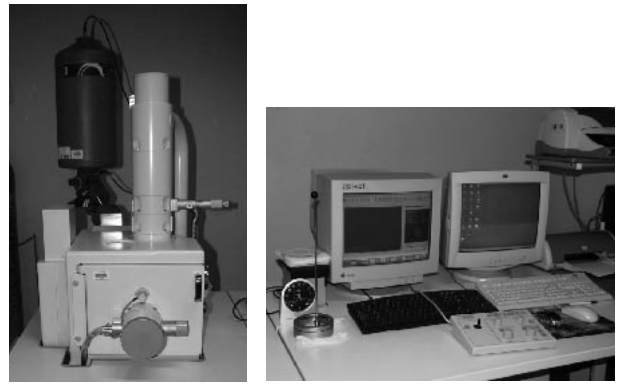
รูปที่ 2 *แป้นวางชิ้นงานสำหรับควบคุมความหนาของการอุดเรซินซีเมนต์*

Figure 2 *Specimen holder for controlling thickness of resin cement filling*

สุ่มแบ่งเป็น 4 กลุ่มกลุ่มละ 20 ชิ้น กลุ่มที่ 1 อุดด้วยเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์ (Multilink® Sprint) กลุ่มที่ 2 อุดด้วยเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย (Rely X™ U100) กลุ่มที่ 3 อุดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับระบบยึดติดเซล์ฟเอชอีดีไพรเมอร์ (Panavia® F2.0/ED primer) และกลุ่มที่ 4 อุดด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับระบบยึดติดโททอลเอช 3 ขั้นตอนซินแทค (Variolink® II/Syntac Primer) ทำการสุ่มเลือกชิ้นงาน 1 ชิ้นจากแต่ละกลุ่มเพื่อนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JEOL JSM-5910LV SEM, Tokyo, Japan) (ดังรูปที่ 3) เพื่อศึกษาลักษณะที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างสารยึดติด เรซินซีเมนต์และผนังคลองรากฟัน

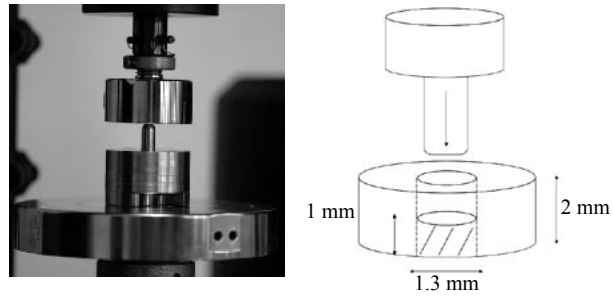
จากนั้นนำชิ้นทดสอบทั้งหมดมาทดสอบกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ทั้ง 4 กลุ่ม ด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน (Instron® Testing Machine, Instron 5560 Series, U.S.A) ร่วมกับชุดเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนภายในคลองรากฟันโดยใช้หัวกดแท่งปลายมนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 มม. (รูปที่ 4) กดบริเวณส่วนของเรซินซีเมนต์ที่อุดอยู่ในคลองรากฟัน วัดค่าแรงกดที่ทำให้เรซินซีเมนต์หลุดออกจากผนังคลองรากฟัน

นำค่าแรงที่วัดได้มาคำนวณหาค่ากำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ โดยใช้การคำนวณจากแรงต่อหน่วยพื้นที่ BS = L/area (L= load at debonding, area = $2\pi rh$, r = รัศมีคลองรากฟัน, h = ความสูงของเรซินซีเมนต์)



รูปที่ 3 *กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ใช้ในการทดลอง*

Figure 3 *Scanning electron microscope used in this study. (JEOL JSM-5910LV SEM, Tokyo, Japan)*



รูปที่ 4 *เครื่องวางชิ้นทดสอบพร้อมหัวกด วางบนแป้นทดสอบของเครื่องอินสตรอน*

Figure 4 *The specimen holder with a plunger on the Instron® Universal Testing Machine, Instron 5560 Series,U.S.A*

นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p<0.05$) เพื่อเปรียบเทียบค่าแรงยึดเฉือนของทั้ง 4 กลุ่มว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยการวิเคราะห์แบบเชิงซ้อนทูกี้ (The Tukey Multiple Comparison Test)

ผลการทดลอง

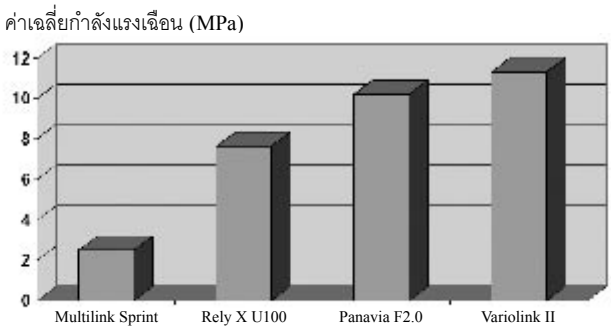
จากการทดสอบพบว่ากลุ่มทดสอบที่อุดด้วยเซล์ฟ-แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ต่ำที่สุด และกลุ่มที่อุดด้วยเรซิน

ซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 5

ตารางที่ 1 *ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มชิ้นทดสอบ*

Table 1 *Mean shear bond strengths of resin cements in each group.*

กลุ่มทดลอง	ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือน (MPa)	ค่าความแปรปรวน (MPa)
กลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์	2.50^{A}	1.29
กลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย	7.63^{B}	3.02
กลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรม์เมอร์	10.20^{C}	3.51
กลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค	11.32^{C}	2.38
Values are means ±standard deviations. Group with the same upper case superscripts are not significantly different (p<0.05).		



รูปที่ 5 *ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มชิ้นทดสอบ*

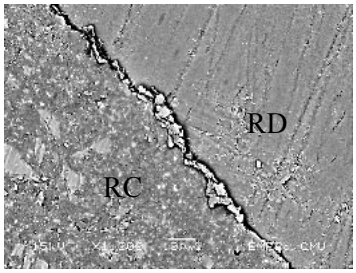
Figure 5 *Mean shear bond strengths of resin cements in each group.*

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่ากำลังแรงเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดเซล์ฟ-แอดฮีซีฟ 2 ชนิด เซล์ฟเอช และโททอลเอช ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดทูกี้ระหว่างค่ากำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์ทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าในกลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค มีค่าเฉลี่ยเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p<0.05$) กับกลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวีย-เอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรม์เมอร์ แต่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟ-แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์และรีไลน์เอ็กซ์-ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับกลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟ-เอชอีดีไพรม์เมอร์นั้นมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่สูงกว่ากลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์และรีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์-รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยกับมัลติลิงค์สปรินท์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยกลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่มากกว่ากลุ่มที่อุดด้วยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการนำตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 4 กลุ่มไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นบริเวณรอยต่อของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดกับส่วนของคลองรากฟัน ดังรูปที่ 6-11 ในกลุ่มของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิดนั้น ไม่พบชั้นไฮบริดที่ชัดเจนและยังพบช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างเรซินซีเมนต์กับเดนทีนในคลองรากฟันเป็นบางส่วน โดยเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์มีช่องว่างเกิดขึ้นมากกว่าเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย

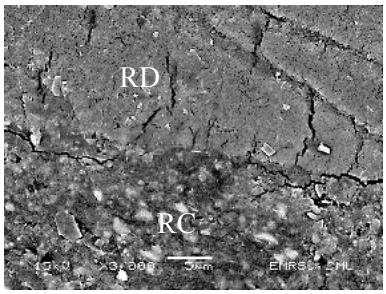
สำหรับกลุ่มที่อุดด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรม์เมอร์นั้น พบลักษณะของชั้นไฮบริดที่หนาประมาณ 1-1.5 ไมโครเมตรและพบเรซินแทคกระจายอยู่ห่างๆ กัน ในระบบนี้ไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟันกับเรซินซีเมนต์

ส่วนเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค พบลักษณะของชั้นไฮบริดที่หนาประมาณ 5-8 ไมโครเมตร และพบเรซินแทคในจำนวนที่มากกว่าระบบเซล์ฟเอช ระบบนี้ไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟันกับเรซินซีเมนต์



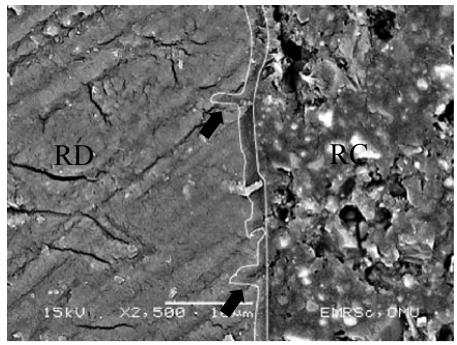
รูปที่ 6 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มัลติลิงค์สปรินท์ (กำลังขยาย 1,000 เท่า) ไม่พบลักษณะของชั้นไฮบริดที่ชัดเจน และพบช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

Figure 6 *SEM micrograph(x1000) of self-adhesive resin cement Multilink® Sprint showed that hybrid layer was not obviously seen and there were several gaps between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*



รูปที่ 7 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย (กำลังขยาย 3,000 เท่า) ไม่พบลักษณะของชั้นไฮบริดที่ชัดเจน และพบช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

Figure 7 *SEM micrograph(x3000) of self-adhesive resin cement Rely X™ U100 showed that hybrid layer was not obviously seen and there were some gaps between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*



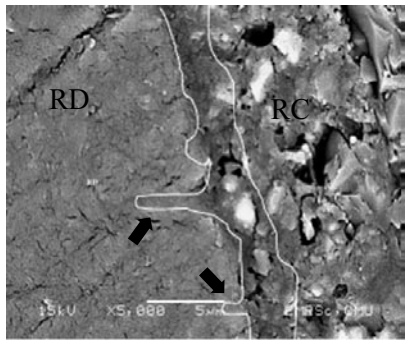
รูปที่ 8 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรม์เมอร์ (กำลังขยาย 2500 เท่า) จะเห็นลักษณะของชั้นไฮบริด (H) และเรซินแทคที่เกิดขึ้น และไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

Figure 8 *SEM micrographs(x2500) of resin cement Panavia F 2.0 with self etch adhesive (ED primer) showed that there was a hybrid layer and resin tags, no gap could be seen between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*

บทวิจารณ์

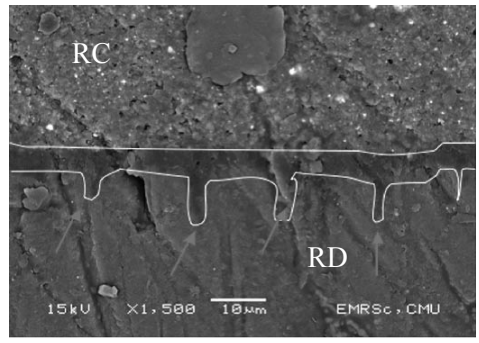
จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีค่ากำลังแรงเฉือนของการยึดติดไม่แตกต่างกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชและระบบโททอลเอชนั้นได้รับการปฏิเสธ เนื่องจากเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชและเซล์ฟเอชนั้นให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของการยึดติดที่สูงกว่าเซล์ฟแอด-ฮีซีฟเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลไกในการเกิดการยึดติดขึ้นอยู่กับการยึดติดทางจุลกลศาสตร์ ซึ่งได้มาจากชั้นไฮบริด เรซินแทคและส่วนแขนงด้านข้างของสารยึดติด การยึดติดที่ดีนั้นจำเป็นต้องกำจัดชั้นเสมียร์ที่เกิดจากการกรอแต่งคลองรากฟัน ซึ่งในการทดลองนี้กรอแต่งคลองรากฟันโดยใช้พีโซรีมเมอร์ ซึ่งทำให้เกิดชั้นเสมียร์หนาประมาณ 1 มม.[1] ในระบบโททอลเอชใช้กรดฟอสฟอริกที่มีค่าพีเอชต่ำ (pH=1) สามารถกำจัดชั้นเสมียร์ได้ทั้งหมด และจากการศึกษาที่ผ่านๆ มาระบบนี้สามารถกำจัดชั้นเสมียร์และเสมียร์พลัก



รูปที่ 9 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรม์เมอร์ (กำลังขยาย 5000 เท่า) จะเห็นลักษณะของชั้นไฮบริด (H) และเรซินแทค (ลูกศรชี้) ที่เกิดขึ้น และไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

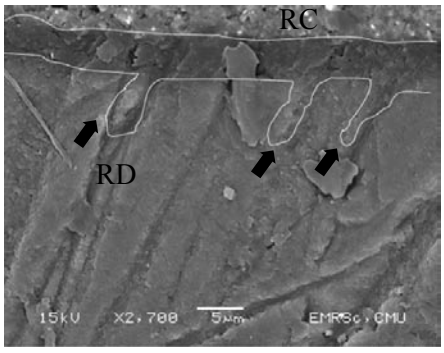
Figure 9 *SEM micrographs (x5000) of resin cement Panavia® F 2.0 with self etch adhesive (ED primer) showed that there was a hybrid layer and resin tags (arrow), no gap could be seen between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*



รูปที่ 10 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค (กำลังขยาย 1500 เท่า) จะเห็นลักษณะของชั้นไฮบริด (H) และเรซินแทค (ลูกศรชี้) ที่เกิดขึ้นและไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

Figure 10 *SEM micrographs (x1500) of resin cement Variolink® II with total-etch adhesive (Syntac) showed that there was a hybrid layer and resin tag (arrow), no gap could be seen between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*

ได้ทั้งหมด มีการละลายแร่ธาตุออกจากเดนทีน[9] เส้นใยคอลลาเจน (collagen fibers)เผยผึ่งออก ต่อจากนั้นส่วนไพรเมอร์จะแทรกซึมลงไปในเนื้อฟันเพื่อช่วยคงสภาพและปรับสภาพเส้นใยคอลลาเจนให้ฟูขึ้นพร้อมต่อการแทรกซึมของเรซิน เพิ่มพลังงานที่พื้นผิว (surface energy) เพิ่มความสามารถในการไหลแผ่บนพื้นผิวเนื้อฟัน (wettability) เมื่อทาสารแอดฮีซีฟเรซินลงบนผิวเนื้อฟัน ส่วนโมโนเมอร์จะไหลแทรกซึมผ่านเข้าไปในเส้นใยคอลลาเจน เมื่อแข็งตัวจะเกิดเป็นชั้นที่ประกอบด้วยสารเรซินและคอลลาเจนที่เรียกว่าชั้นไฮบริด ชั้นนี้จะมีความหนาประมาณ 8-10 ไมโครเมตร และไม่พบการแยกชั้นระหว่างชั้นไฮบริดและเรซินซีเมนต์[1] ซึ่งภาพที่ได้จากจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชในการศึกษานี้ แสดงลักษณะของชั้นไฮบริดที่หนาประมาณ 5-8 ไมโครเมตรและพบเรซินแทคกระจายโดยทั่วไป ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่ได้สูงกว่าในกลุ่มอื่น แต่ในระบบนี้การทำให้เดนทีนมีความชื้นเหลืออยู่เป็นสิ่งจำเป็นในการก่อให้เกิดการยึดติดที่ดี[8] เพราะถ้าเดนทีนแห้งเส้นใยคอลลาเจนจะฟุบตัว ทำให้โมโนเมอร์แทรกซึมเข้าไปในเดนทีนที่เกิดการละลายแร่ธาตุ (demineralized dentine) ไม่ได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดติดลดลง[10] ซึ่งการควบคุมความชื้นให้พอเหมาะในคลองรากฟันจะทำได้ยากกว่าบนเดนทีนในส่วนตัวฟัน สำหรับระบบเซล์ฟเอชนั้นมีโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด ละลายชั้นเสมียร์ได้เกือบหมด แต่ยังเหลือเสมียร์พลักอยู่บ้าง และเกิดการละลายแร่ธาตุในเดนทีนบางส่วนพร้อมๆ ไปกับการพาโมโนเมอร์แทรกซึมเข้าไปในส่วนที่ละลายแร่ธาตุแล้ว ระบบนี้จะมีวิธีทำไม่ซับซ้อน เกิดความผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนน้อยกว่าระบบโททอลเอช เพราะระบบ



รูปที่ 11 *ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทูร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอชชนิด 3 ขั้นตอนซินแทค (กำลังขยาย 2700 เท่า) จะเห็นลักษณะของชั้นไฮบริด (H) และเรซินแทค (ลูกศรชี้) ที่เกิดขึ้นและไม่พบช่องว่างระหว่างเดนทีนในคลองรากฟัน (RD) กับเรซินซีเมนต์ (RC)*

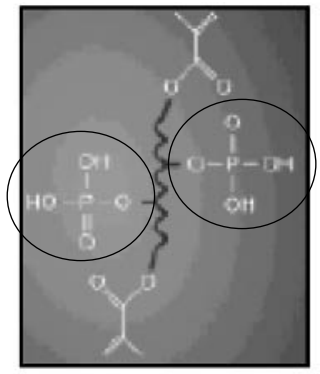
Figure 11 *SEM micrographs (x2700) of resin cement Variolink® II with total-etch adhesive (Syntac) showed that there was a hybrid layer and resin tag (arrow), no gap could be seen between root canal dentin (RD) and resin cement (RC).*

เซล์ฟแอดฮีซีฟไม่ต้องมีการล้างกรดออกและใช้กับเดนทีนที่แห้งได้ ทำให้เกิดความสำเร็จในการยึดติดในคลองรากฟันที่มองเห็นได้ยาก ชั้นไฮบริดที่ได้มีความหนาที่น้อยกว่าระบบโททอลเอช คือ หนาประมาณ 1-1.5 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบด้วย ชั้นเสมียร์ที่หลงเหลืออยู่ เดนทีนที่ถูกละลายแร่ธาตุไปบางส่วนและสารยึดติด ในการทดลองนี้ใช้อีดีไพรม์เมอร์ซึ่งมีส่วนประกอบของเอ็มดีพี (MDP, 10-Methacryloxydecyl-dihydrogen phosphate) ที่มีพีเอชเท่ากับ 3 มีความเป็นกรดน้อยกว่ากรดฟอสฟอริก[9] แต่เพียงพอที่จะละลายชั้นเสมียร์ได้และละลายแร่ธาตุจากเดนทีนได้บางส่วน จากนั้นส่วนของฮีมา (HEMA,2-hydroxyethylmethacrylate) ซึ่งเป็นโมโนเมอร์ที่ชอบน้ำ (hydrophilic monomer) ที่เป็นส่วนประกอบอีกส่วนหนึ่งในอีดีไพร์มเมอร์ จะสามารถแทรกซึมเข้าไปในเดนทีนที่ถูกละลายแร่ธาตุได้อย่างดีและนำพาสารยึดติดลงไป[11] ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอช เห็นได้ว่าระบบนี้เกิดชั้นไฮบริดที่มีความหนาประมาณ 1-1.5 ไมโครเมตรซึ่งน้อยกว่าระบบโททอลเอชที่หนา 5-8 ไมโครเมตรและพบเรซิน-แทคกระจายตัวห่างๆ กันและมีจำนวนที่น้อยกว่าระบบโททอลเอช แต่ระบบนี้มีฟังชันนอลโมโนเมอร์ (functional monomer) คือ เอ็มดีพี ซึ่งสามารถมีพันธะทางเคมีกับเนื้อฟันได้ และมีความยุ่งยากในขั้นตอนการทำที่น้อยกว่าระบบโททอลเอช ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ได้ไม่แตกต่างจากระบบโททอลเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับบางการศึกษาที่ผ่านมา[4,12]

จากการศึกษาของ Goracci และคณะ[1] พบว่าเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอช 2 ขั้นตอน เอ็กไซท์ดีเอสซี/วาริโอลิงค์ทู (Excite DSC/Variolink® II) ให้ค่าแรงยึดเกาะที่สูงกว่าเรซินซีเมนต์พานาเวียยี่สิบเอ็ดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซล์ฟเอชอีดีไพรเมอร์ (ED primer/Panavia® 21) และเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์รีไลน์เอ็กซ์ยูนิเซม (Rely X™ Unicem) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้ เนื่องจากการทดลองของ Goracci และคณะ[1] ใช้เซล์ฟเอชไพรเมอร์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ที่เป็นชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง ซึ่งอาจเกิดปัญหาความไม่เข้ากันระหว่างเรซินซีเมนต์กับสารยึดติด เนื่องจากความเป็นกรดที่หลงเหลืออยู่ในเซล์ฟเอชไพรเมอร์อาจไปทำปฏิกิริยากับเทอเทียรี่เอมีน (tertiary amine) ในเรซินซีเมนต์ ทำให้เกิดการโพลีเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) ไม่สมบูรณ์และส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดลดลงได้ แต่การทดลองนี้ใช้เซล์ฟเอช-ไพรเมอร์ร่วมกับพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวสองรูปแบบร่วมกัน เมื่อทำการฉายแสงก็จะเกิดการโพลีเมอร์ไรเซชั่นทันที จึงไม่เกิดปัญหาความไม่เข้ากันระหว่างเรซินซีเมนต์กับสารยึดติด ทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ได้มีค่าสูงไม่แตกต่างกับระบบโททอล-เอชอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์นั้น ถึงแม้จะมีการยึดติดทางเคมีกับไฮดรอกซี่แอพ-พาไทด์ (hydroxyapatite) ของเนื้อฟันได้ การใช้งานมีเพียงแค่ขั้นตอนเดียวไม่ต้องล้างกรดออก ทำให้เทคนิกไม่ยุ่งยากเหมือนระบบโททอลเอช ลดขั้นตอนและเวลา แต่ไม่พบว่าเกิดชั้นไฮบริดเลยจึงทำให้มีค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำ

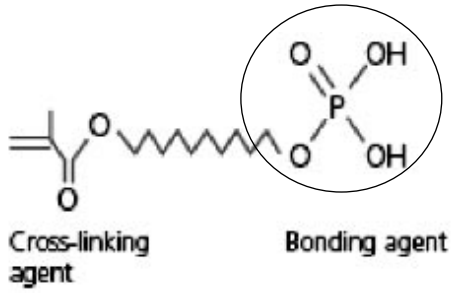
กว่าสองแบบแรก

จากการทดลองนี้ได้เปรียบเทียบเซล์ฟแอดฮีซีฟสองชนิด คือ มัลติลิงค์สปรินท์และรีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย ได้ผลว่ารีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่มากกว่ามัลติลิงค์สปรินท์ อาจเป็นเพราะส่วนประกอบของฟังชันนอลโมโนเมอร์ที่ต่างกัน โดยในรีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยนั้นจะมีมัลติฟังชันนอลโมโนเมอร์ (multi-functional monomer) คือ เมตาคริเลท ฟอสฟอริกเอสเทอร์ (metacrylate phosphoric ester-MDP) ที่มีฟังชันนอลโมโนเมอร์สองกลุ่ม[13] ดังรูปที่ 12 ส่วนมัลติลิงค์สปรินท์มีฟังชันนอลโมโนเมอร์เพียงกลุ่มเดียว[14] ดังรูปที่ 13 จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนมากกว่ามัลติลิงค์สปรินท์



รูปที่ 12 *กลุ่มมัลติฟังชันนอลโมโนเมอร์*

Figure 12 *Multi-finctional monomer group*



รูปที่ 13 *กลุ่มฟังชันนอลโมโนเมอร์*

Figure 13 *Functional monomer group*

อีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่ากำลังแรงเฉือน คือ ความข้นหนืดของซีเมนต์[15] ถ้าซีเมนต์มีความหนืดน้อยการเกิดฟองอากาศก็จะน้อย เนื่องจากสามารถไหลแผ่ได้ดี ส่งผลให้ค่าแรงยึดที่ได้มากกว่า ในการทดลองนี้ใช้เซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 2 ชนิดที่มีความข้นหนืดต่างกัน โดยมัลติลิงค์สปรินท์มีความหนืดที่มากกว่ารีไลน์เอ็กซ์ยูร้อย ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดฟองอากาศในชั้นเรซินซีเมนต์ที่มากกว่า จึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่ต่ำกว่ารีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนี้พวกเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มักมีความหนืดที่มากกว่าสองระบบแรก หากไม่มีแรงกดระหว่างการอุด อาจเกิดช่องว่างบางส่วนขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันกับเรซินซีเมนต์ได้ง่าย ส่งผลให้ค่ากำลังแรงเฉือนที่ได้ต่ำกว่าสองระบบแรก ดังจะเห็นได้จากภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นช่องว่างที่พบระหว่างชั้นของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ชนิด แต่ไม่พบช่องว่างเลยในระบบโททอลเอชและระบบเซล์ฟเอช

จากข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ทั้งในด้านเวลา ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง และการออกแบบการทดลองที่ต่างจากสภาวะจริงในทางคลินิก ที่ไม่ได้ใช้โพสต์ร่วมด้วยในการยึดติด เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาค่ากำลังแรงเฉือนที่รอยต่อระหว่างผนังคลองรากฟันและเรซินซีเมนต์เป็นหลัก ซึ่งในความเป็นจริงการยึดติดโพสต์ในคลองรากฟันจะต้องมีทั้งรอยต่อระหว่างผนังคลองรากฟันกับเรซินซีเมนต์และระหว่างเรซินซีเมนต์กับโพสต์ ผลที่ได้จากการศึกษานี้จึงเป็นเพียงข้อมูลพื้นฐานซึ่งจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เพิ่มชนิดของเรซินซีเมนต์ตลอดจนการออกแบบการทดลองที่เหมือนสภาวะจริงในทางคลินิก ทำการยึดโพสต์ด้วยเรซินซีเมนต์ในคลองรากฟันและศึกษารอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับโพสต์และรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนและเป็นประโยชน์ต่องานทางทันตกรรมบูรณะมากขึ้น

บทสรุป

จากขอบเขตการศึกษาในครั้งนี้ วาริโอลิงค์ทูและพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับระบบโททอลเอชและระบบเซล์ฟเอช ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนในการยึดกับผนังคลองรากฟันสูงกว่ารีไลน์เอ็กซ์-

ยูร้อยและมัลติลิงค์สปรินท์ซึ่งเป็นเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของวาริโอลิงค์ทูและพานาเวียเอฟสองจุดศูนย์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนของเซล์ฟแอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์สองชนิดนั้น รีไลน์เอ็กซ์ยูร้อยให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนที่มากกว่ามัลติลิงค์สปรินท์ ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นถึงค่าเฉลี่ยกำลังแรงเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดที่ต่างกัน ซึ่งขั้นตอนการใช้งานของเรซินซีเมนต์ที่ต่างชนิดกัน ก็มามีส่วนในการที่ทันตแพทย์จะเลือกใช้เรซินซีเมนต์แต่ละชนิดให้เหมาะสมในการทำงานแต่ละกรณีด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทสามเอ็มเอสเป้ บริษัทแอกตีออน และบริษัทยูนิตี้ จำกัดที่ได้เอื้อเฟื้อวัสดุสิ้นเปลืองในการทำวิจัยครั้งนี้ ภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานกล้องจุลทรรศน์สเทอริโอ-ไมโครสโคพ (Steriomicroscope) และระบบบันทึกภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้งานกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทางทันตกรรม เจ้าหน้าที่คลินิกบัณฑิตศึกษา และคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ สถานที่และทุนสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. *Oper Dent* 2005; 30: 627-635.
2. Gogos C, Stavrianos C, Kolokouris I, Economides N, Papadoyannis I. Shear bond strength of two resin cements to human root dentin using three dentin bonding agents. *Oper Dent* 2007; 32: 31-36.
3. Mannocci F, Pilecki P, Bertelli E, Watson TF. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. *Dent Mater* 2004; 20: 293-296.
4. Lopes GC, Cardoso Pde C, Vieira LC, Baratieri LN. Microtensile bond strength to root canal vs pulp chamber dentin: Effect of bonding strategies. *J Adhes Dent* 2004; 6: 129-133.
5. Perez BE, Barbosa SH, Melo RM, Zamboni SC, Ozcan M, Valandro LF, Bottino MA. Does the thickness of the resin cement affect the bond strength of a fiber post to the root dentin? *Int J Prosthodont* 2006; 19: 606-609.
6. Perdigão J, Gomes G, Augusto V. The effect of dowel space on the bond strengths of fiber posts. *J Prosthodont* 2007; 16: 154-164.
7. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Mathias P, Muench A. Microtensile bond strength of light- and self-cured adhesive systems to intraradicular dentin using a translucent fiber post. *Oper Dent* 2005; 30: 500-506.
8. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cycling loading: A confocal microscopic study. *J Prosthet Dent* 2001; 85: 284-291
9. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Adhesion to root canal dentine using one and two-step adhesives with dual-cure composite core materials. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 97-104.
10. Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34: 661-670.
11. Varela SG, Rábade LB, Lombardero PR, Sixto JM, Bahillo JD, Park SA. In vitro study of endodontic post cementation protocols that use resin cements. *J Prosthet Dent* 2003; 89: 146-153.

12. Valandro LF, Filho OD, Valera MC, de Araujo MA. The effect of adhesive systems on the pullout strength of a fiber glass-reinforced composite post system in bovine teeth. *J Adhes Dent* 2005; 7: 331-336.
13. http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/products /category/cement/relyx-u100/
14. http://www.ivoclarvivadent.com/content/products/detail. aspx?id=prd_t1_139447385 & product=Multilink%20Sprint
15. Grandini S, Sapio S, Goracci C, Monticelli F, Ferrari M. A one step procedure for luting glass fiber posts: An SEM evaluation. *Int Endod J* 2004; 37: 679-686

ขอสำเนาบทความ:

ผศ.ดร.ภาวิศุทธิ แก่นจันทร์ ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202

Reprint Request:

Assist.Prof.Dr. Pavisuth Kanjantra, Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50202