

กำลังแรงยึดแบบตั้งระดับจุดภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน



นาย ยุทธนา คุณุฒยากร

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MICROTENSILE BOND STRENGTH OF SELF ADHESIVE RESIN LUTING CEMENT
TO ENAMEL AND DENTIN



Mr.Yuttana Khuwuttayakorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Operative Dentistry

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ต่อ
เคลือบฟันและเนื้อฟัน

โดย

นาย ยุทธนา คุฎมยากร

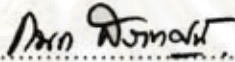
สาขาวิชา

ทันตกรรมหัตถการ

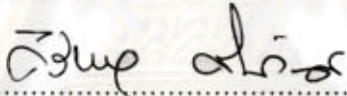
อาจารย์ที่ปรึกษา

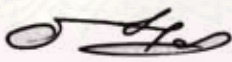
รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ชัยวัฒน์ มณีบุษย์


คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... รักษาการคณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ชัยวัฒน์ มณีบุษย์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.รังสิมา สุกุลณะมรรคา)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วรรณธนะ สัตตบรรณคุช)

ศูนย์วิจัยทันตวิทยาการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยุทธนา คุ้มฉายกร : กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์ต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน (MICROTENSILE BOND STRENGTH OF SELF ADHESIVE RESIN LUTING CEMENT TO ENAMEL AND DENTIN) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ทพ.ดร.ชัยวัฒน์ มณีมนุษย์, 145 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อประเมินความทนทานของการยึดติดของเรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์ที่มีต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยนำฟันกรามมนุษย์ซี่ที่สามมากรัดด้วยหัวกรอกากเพชรความเร็วสูง ให้ได้ผิวฟันที่เรียบ 2 กลุ่มคือ เคลือบฟันและเนื้อฟัน ใช้รีซินคอมโพสิตมายึดติดกับผิวฟันที่กรอเตรียมไว้ด้วยเรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ วีโลเอกซ์ยู100 แมคเรม มัลติลิงค์สปริน และเรซินเอทรีเรซินซีเมนต์ 1 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ฟานาเวียเอฟ 2.0 เก็บชิ้นงานไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แต่ละชิ้นงานถูกตัดให้เป็นชิ้นทดสอบลักษณะนาฬิกาทราย 3 ชิ้นแล้วแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย สำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคทันที ทดสอบภายหลังเก็บไว้ในน้ำกลั่น 1 สัปดาห์และทดสอบภายหลังเก็บไว้ในน้ำกลั่น 1 เดือน ที่ความเร็วหัวกด 1 มิลลิเมตรต่อนาที คำนวณค่ากำลังแรงยึดเฉลี่ยและเปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง ทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยแบบพหุคูณ และการทดสอบค่าที่หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษา พบว่า เรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังแรงยึดที่แตกต่างกัน โดยวีโลเอกซ์ยู100 จะให้กำลังแรงยึดที่คงที่เมื่อแช่อยู่ในน้ำตลอดระยะเวลาที่ทดสอบ แต่แมคเรมและมัลติลิงค์สปรินจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ลดลงเมื่อแช่อยู่ในน้ำตลอดระยะเวลาทดสอบ ส่วนฟานาเวียเอฟ 2.0 ให้ค่ากำลังแรงยึดทั้งกับเคลือบฟันและเนื้อฟันสูงสุด และมีความคงตัวของกำลังแรงยึดเมื่อแช่อยู่ในน้ำตลอดระยะเวลาทดสอบ สรุปว่า ความทนทานในการยึดติดของเรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์นั้นจะขึ้นอยู่กับวัสดุ และเรซินแอคทีฟเรซินซีเมนต์มีประสิทธิภาพการยึดติดดีกว่าเรซินเอทรีเรซินซีเมนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ทันตกรรมหัตถการ
สาขาวิชา ทันตกรรมหัตถการ
ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนิสิต.....ยุทธนา.....คุ้มฉายกร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....


4976117332 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEY WORD: MICROTENSILE BOND STRENGTH / SELF ADHESIVE RESIN LUTING CEMENT / WATER STORAGE TIME

YUTTANA KHUWUTTAYAKORN : MICROTENSILE BOND STRENGTH OF SELF ADHESIVE RESIN LUTING CEMENT TO ENAMEL AND DENTIN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. CHAIWAT MANEENUT, Ph.D. 145 pp.

The purpose of this study was to evaluate bond durability of self adhesive resin luting cements to enamel and dentin. Enamel and dentin surface of human third molars were flattened using a high-speed diamond bur. Resin composite blocks (Filtex Z350) were bonded to those surface using three self adhesive resin cements (Rely X U100, Maxcem and Multilink Sprint) and a self-etch resin cement (Panavia F 2.0). After storage in water for 24 hours at 37 degrees celsius the bonded specimens were serially sectioned into three hourglass shape tested specimens for subjected to μ TBS immediately, after water storage for 1 week and after water storage for 1 month at crosshead speed 1 mm/minute. Data was analyzed by three-way ANOVA, multiple comparison and independent sample *t*-test ($\alpha=0.05$). Results were: when bonded to enamel and dentin, changing in bond strengths of self adhesive resin cements were not uniform over time. Over the test period, Rely X U100 exhibited bond stability, but a significant decrease in bond strengths was observed for Maxcem and Multilink Sprint after water storage, Panavia F 2.0 showed the highest bond strength value and exhibited bond stability. In conclusion, the bonding durability of self adhesive resin cements is material-dependent, and the bond effectiveness of self adhesive resin cements is lower than that of self-etch resin cement.

Department Operative Dentistry
Field of study Operative Dentistry
Academic year 2008

Student's signature.....^{ยัตตนา} ^{ขุวัตตะยากอร์น}
Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงาน ดังรายนามต่อไปนี้

รศ.ทพ.ดร.ชัยวัฒน์ มณีนุชย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งยังเป็นแรงบันดาลใจและเป็นแรงกระตุ้นในการทำวิจัยต่อไป

อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำทางด้านสถิติ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์

อาจารย์ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณาจารย์จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ความไม่รู้อันตลอดจนจริยธรรมให้แก่ข้าพเจ้า

เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดี

บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่

1/2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
เรซินซีเมนต์.....	6
วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสารยึดติด.....	16
การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค.....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
ประชากร.....	24
วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
วิธีการวิจัย.....	28
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค.....	38
ลักษณะความล้มเหลวและการวิเคราะห์ทางสถิติ.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	45
อภิปรายผล.....	45
สรุปผลการวิจัย.....	56
ข้อเสนอแนะ.....	56
รายการอ้างอิง.....	57
ภาคผนวก.....	66
ผลค่ากำลังแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาค.....	67
รายละเอียดการวิเคราะห์ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค.....	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง.....	75
การวิเคราะห์ทางสถิติผลของลักษณะความล้มเหลว.....	94
ผลการตรวจสอบความล้มเหลวในการยึดติดเมื่อตรวจสอบกล่องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์ แบบสองกราด.....	121
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	145



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

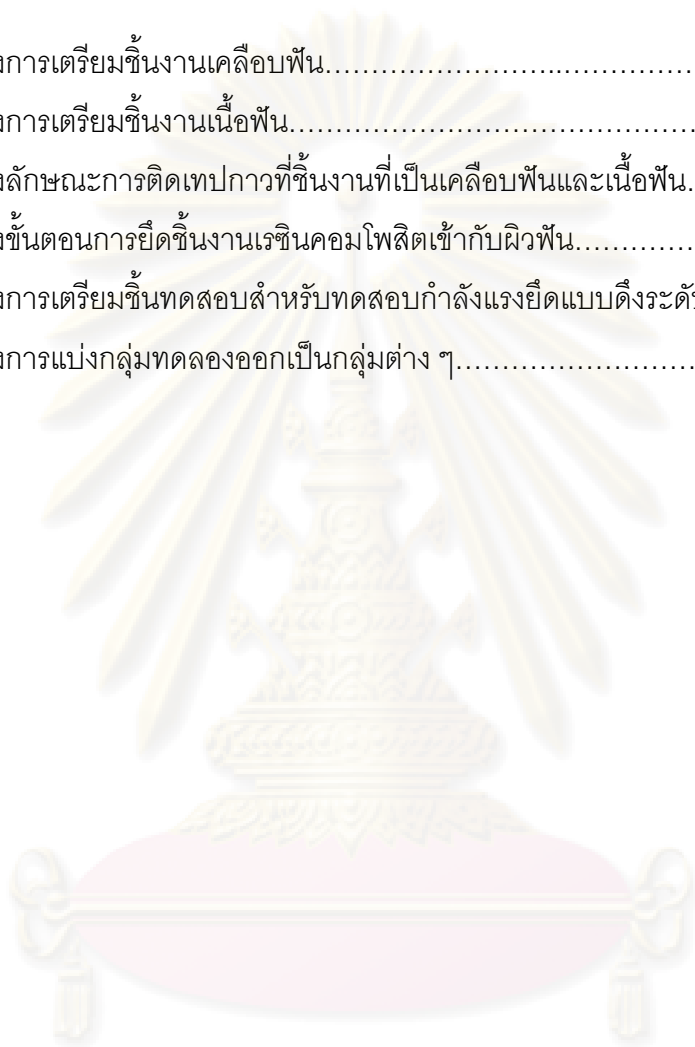
สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบการยึดติดกับเคลือบฟันจากการศึกษานำร่อง.....	25
ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟันการศึกษานำร่อง.....	25
ตารางที่ 3 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในการทดสอบการยึดติดกับเคลือบฟัน.....	25
ตารางที่ 4 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในการทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน.....	26
ตารางที่ 5 แสดงส่วนประกอบและวิธีใช้งานของเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์.....	32
ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	39
ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	40
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเปรียบเทียบระหว่างการยึดกับเคลือบฟันและการยึดกับเนื้อฟัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	42
ตารางที่ 9 แสดงความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเคลือบฟัน.....	43
ตารางที่ 10 แสดงความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเนื้อฟัน.....	44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงการเตรียมชิ้นงานเคลือบฟัน.....	29
ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมชิ้นงานเนื้อฟัน.....	29
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการติดเทปกาวที่ชิ้นงานที่เป็นเคลือบฟันและเนื้อฟัน.....	30
ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตเข้ากับผิวฟัน.....	31
ภาพที่ 5 แสดงการเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค.....	34
ภาพที่ 6 แสดงการแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ.....	35



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ (self-etch resin cement) ถูกผลิตออกมาเพื่อใช้ยึดชิ้นงานอินเลย์ (inlay) ออนเลย์ (onlay) ครอบฟัน (crown) และเดือยฟัน (post) การใช้เรซินซีเมนต์ชนิดนี้จะใช้สารไพรเมอร์ที่มีความเป็นกรดในการปรับสภาพผิวฟันก่อน แล้วตามด้วยการใช้ซีเมนต์ยึดชิ้นงานเข้ากับผิวฟัน แม้ว่าเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์จะให้กำลังแรงยึดในการยึดชิ้นงานกับตัวฟันน้อยกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์¹⁻⁴ แต่ก็ยังเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย เพราะลดขั้นตอนการใช้งานที่มีความยุ่งยากลง และยังคงมีค่ากำลังแรงยึดกับฟันที่ค่อนข้างสูง ดังเช่นการใช้เซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์พานาเวียเอฟ 2.0 (Panavia F 2.0)^{2, 5, 6}

มีการพัฒนาเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ที่ไม่มีขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์ เรียกว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self adhesive resin cement) มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) ในซีเมนต์ชนิดนี้จะทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันให้เหมาะต่อการยึดติด⁶ การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) และแบบส่องกราด (scanning electron microscope) พบว่า เมื่อเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์สัมผัสกับเคลือบฟันจะมีการละลายแร่ธาตุบริเวณผิวบนสุดออกเล็กน้อย ทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก รอยต่อระหว่างซีเมนต์กับเคลือบฟันมีลักษณะขรุขระ (irregular interaction) ซึ่งเป็นลักษณะการยึดติดแบบกลระดับจุลภาค (micromechanical retention)⁷ ส่วนการยึดติดกับเนื้อฟันนั้น จะพบลักษณะผิวรอยต่อที่ขรุขระระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟันหนาประมาณ 2 ไมครอน และพบชั้นสเมียร์ (smear layer) และสเมียร์พ러그 (smear plug) อุดปิดท่อนเนื้อฟันอยู่^{2, 7}

การทดสอบกำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันพบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ให้กำลังแรงยึดติดที่ต่ำกว่าการใช้เซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์⁵⁻⁷ ส่วนกำลังแรงยึดกับเนื้อฟันจะมีค่าใกล้เคียงกัน⁵⁻⁷ ค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่ได้คาดว่าจะเป็นผลจากการยึดติดทางเคมีระหว่างหมู่ฟอสเฟตของแอดฮีซีฟมอนอเมอร์กับแคลเซียมในโครงสร้างของฟัน⁷ อย่างไรก็ตาม การทดสอบค่ากำลังแรงยึดส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบภายหลังการยึดชิ้นงานแล้ว 24 ชั่วโมง ซึ่งในสภาพการใช้งานจริง วัสดุบูรณะและซีเมนต์ยึดชิ้นงานจะต้องพบกับสภาวะหลายๆ อย่างภายในช่องปาก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงบดเคี้ยว รวมทั้งการสัมผัสกับกรดและเอนไซม์ต่างๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติด ส่งผลให้อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะสั้นลง การทดสอบกำลังแรงยึดโดยการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นระยะ

เวลานาน ๆ ก่อนการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเป็นอีกวิธีหนึ่งในการจำลองสภาพการใช้งานในช่องปาก มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า กำลังแรงยึดของสารยึดติดจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ถึงแม้ว่าจะเก็บชิ้นตัวอย่างไว้เป็นระยะเวลาสั้น ๆ^{8,9} การลดลงของประสิทธิภาพการยึดติดที่ได้จากการศึกษาเหล่านี้ เป็นผลมาจากการเสื่อมสลาย (degradation) บริเวณรอยต่อของฟันกับสารยึดติดซึ่งเกิดจากกระบวนการสลายด้วยน้ำ (water hydrolysis)^{8,9}

ปัจจุบัน เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ถูกพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นและมีผลิตภัณฑ์ออกมาจำหน่ายมากมาย แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุเหล่านี้กับตัวฟันมากนัก และยังไม่มียางานการศึกษาถึงผลของความทนทานของกำลังแรงยึดเมื่อเก็บชิ้นทดสอบไว้ในน้ำ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซิน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ รีไลเอกซ์ยู 100 แมคเซม และมัลติลิงค์สปริน โดยใช้เรซินซีเมนต์ชนิดเซลฟ์เอทซ์ผลิตภัณฑ์พานาเวียเอฟ 2.0 เป็นตัวเปรียบเทียบ และศึกษาผลของการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นเวลานาน ว่ามีผลต่อค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์และเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์หรือไม่ รวมทั้งทำการเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคบริเวณระหว่างเคลือบฟันกับเนื้อฟันในเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เดียวกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดติดแบบดึงระดับจุลภาคที่มีต่อเคลือบฟันและต่อเนื้อฟันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์และเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ 1 ผลิตภัณฑ์ ณ ระยะเวลาการเก็บชิ้นทดสอบไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานที่เท่ากัน
2. เพื่อศึกษาผลของเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานที่ต่างกัน (24 ชั่วโมง 7 วัน และ 1 เดือน) ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันและเนื้อฟัน
3. เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างการยึดที่บริเวณเคลือบฟันและเนื้อฟันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์

สมมุติฐานงานวิจัย

1. เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคที่ไม่แตกต่างกัน
2. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคที่ไม่แตกต่างกัน

3. เวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์
4. ตำแหน่งบนตัวฟันซึ่งได้แก่ เคลือบฟันและเนื้อฟันไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (experimental research) โดยทำในฟันกรามแท้ของมนุษย์ที่สามที่ถูกถอน ด้วยการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength test) เมื่อใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์และเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยใช้ระยะเวลาของการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่ใช้ในการศึกษาจะถูกเก็บในสารละลายไทมอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) ก่อนนำมาทดสอบ
2. การเตรียมผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันก่อนทำการยึดติดด้วยเรซินซีเมนต์ จะทำการเตรียมด้วยเข็มกรอฟันกากเพชรทรงกระบอกความละเอียดมาตรฐาน โดยจะทำการเปลี่ยนเข็มกรอฟันใหม่ทุก ๆ 1 ซีของฟันที่กรอ การกรอจะใช้แรงกดของเข็มกรอฟันขณะสัมผัสกับฟันประมาณ 100 กรัม มีความเร็วรอบของเข็มกรอฟันที่ประมาณ 150,000 รอบต่อนาที โดยใช้น้ำร่วมด้วยขณะกรอเพื่อควบคุมความหนาของชั้นสเมียร์
3. วัสดุเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่ใช้เป็นเรซินซีเมนต์สีใส (translucent or clear shade)
4. เตรียมขึ้นทดสอบในการทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคแบบนาฬิกาทราย (hour glass) โดยประยุกต์จากวิธีของ Sano และคณะ¹⁰
5. การเตรียมขึ้นทดสอบและทำการทดลองจะใช้ผู้ทำการวิจัยเพียงคนเดียว โดยการทำงานทุกขั้นตอนจะทำภายใต้แว่นติดเลนส์ที่มีกำลังขยาย 3 เท่า
6. ชิ้นส่วนที่แตกของขึ้นทดสอบจะถูกตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่มีกำลังขยาย 40 เท่า เพื่อดูลักษณะความล้มเหลวบริเวณรอยแตกที่เกิดขึ้นหลังจากการดึงขึ้นทดสอบ

ข้อจำกัดการวิจัย

การศึกษาทำในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงไม่สามารถจำลองสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค : Microtensile bond strength

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ : Self adhesive resin cement

ระยะเวลาการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ : Water storage time

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ใช้ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ได้ มาประเมินการเสื่อมสลายของการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ เมื่อแช่อยู่ในน้ำเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน
2. สามารถประเมินประสิทธิภาพการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับผิวฟัน ภายหลังผ่านการจำลองสภาพการใช้งานจริง
3. เป็นแนวทางในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ รวมถึงการพัฒนา ปรับปรุงประสิทธิภาพการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์
4. เป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำที่ต่างกัน ที่มีต่อการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์และเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ 1 ผลิตภัณฑ์ โดยวัดค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของซีเมนต์ยึดชิ้นงานกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน ซึ่งมีหน่วยเป็นเมกะพาสคาล

ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย
 - 1.1 ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม เมษายน 2550 – มิถุนายน 2550
 - 1.2 วางแผนออกแบบการวิจัย มิถุนายน 2549 – กรกฎาคม 2550
 - 1.3 ศึกษาวิจัยนำร่อง กรกฎาคม 2550 – สิงหาคม 2550
 - 1.4 จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ สิงหาคม 2550 - กันยายน 2550
 - 1.5 เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ ตุลาคม 2550
2. ขั้นตอนการวิจัยและเก็บข้อมูล ตุลาคม 2550 – กุมภาพันธ์ 2551
3. ชั้นวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล มีนาคม 2551
4. ชั้นรายงานผล
 - 4.1 จัดทำรายงาน มีนาคม 2551 – มิถุนายน 2551
 - 4.2 นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ กรกฎาคม 2551



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

การศึกษาจะทำการศึกษาผลของเวลาในการเก็บขึ้นตัวอย่างในน้ำหลังยึดขึ้นงานที่มีต่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันและเนื้อฟัน ดังนั้น การทบทวนวรรณกรรมจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ เรซินซีเมนต์ โดยเฉพาะเรื่องของค่ากำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดขึ้นงานกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของการยึดติด และการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

1. เรซินซีเมนต์ (Resin cement)

ปัจจุบัน งานทันตกรรมที่เกี่ยวข้องกับความสวยงามที่ทำจากเซรามิก เช่น ครอบฟัน กระเบื้องลิ้น งานวีเนียร์ ชีงงานอินเลย์และอนเลย์เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากขึ้นงานบูรณะที่ได้มีความสวยงาม มีสีใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ และมีความแข็งแรงสูง ซึ่งความสวยงามและความคงทนของขึ้นงานบูรณะนั้นส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากซีเมนต์ที่ใช้ยึดขึ้นงาน เรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีบทบาทสำคัญในการยึดขึ้นงานบูรณะประเภทต่าง ๆ ดังกล่าวให้ติดกับตัวฟัน

เรซินซีเมนต์ถูกพัฒนาขึ้นในราวปี ค.ศ. 1950 ในระยะแรกไม่เป็นที่นิยมมากนัก เนื่องจากคุณสมบัติต่าง ๆ ยังไม่ดีพอ เช่น มีการหดตัวเมื่อมีการบ่มตัว (polymerization shrinkage) และมีการรั่วซึมตามขอบ¹¹ แต่ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาคุณสมบัติต่าง ๆ ของเรซินซีเมนต์ให้ดียิ่งขึ้น โดยมีสมบัติทางกล (mechanical properties) เช่น แค้นแรงอัด (compressive strength) ความทนแรงดึง (tensile strength) และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น (elastic modulus) ที่สูง นอกจากนี้ยังมีสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ที่ดี โดยเฉพาะการละลายตัวในช่องปากที่ต่ำ ทำให้ลดการรั่วซึมตามขอบได้ดีในระยะยาว ลดการเกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อโพรงเนื้อฟัน ลดการผุซ้ำและลดอาการเสียวฟันหลังบูรณะ¹² ทำให้เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมและแพร่หลายมากขึ้น

เรซินซีเมนต์ถูกผลิตออกมาหลายรูปแบบและหลายประเภท แต่ละผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป เรซินซีเมนต์แบ่งตามส่วนประกอบพื้นฐานออกได้เป็น 2 ประเภท¹³ คือ อะคริลิกเรซินซีเมนต์ (acrylic resin cement) และไดเมทาครีเลตซีเมนต์ (dimethacrylate cement)

อะคริลิกเรซินซีเมนต์ถูกผลิตมาในลักษณะที่มี 2 ส่วนคือ ส่วนผงและส่วนเหลว ส่วนผงประกอบด้วย เมทิล เมทาครีเลตพอลิเมอร์ (methyl-methacrylate polymer) หรือโคพอลิเมอร์ (copolymer) และเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นในการ

เกิดปฏิกิริยา โดยมีส่วนของวัสดุอัดแทรก (filler) และเม็ดสี (pigment) รวมอยู่ด้วย ส่วนเหลวประกอบด้วย เมทิลเมทาครีเลต มอนอเมอร์ (methyl-methacrylate monomer) และเอมีน (amine) ซึ่งเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (accelerator) ส่วนผงกับส่วนเหลวจะถูกผสมเข้าด้วยกันเมื่อใช้งาน มอนอเมอร์จะทำหน้าที่ในการละลายส่วนของพอลิเมอร์ให้อ่อนตัวลง พร้อมกับเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว ปัจจุบัน มีการปรับปรุงอะคริลิกเรซินซีเมนต์โดยเพิ่มส่วนที่ช่วยเพิ่มการยึดอยู่ (adhesion promoter) เช่น โฟร์เมทิลลิกซีเอทิลไตรเมลิติก แอนไฮไดรด์ (4-methoxy ethyltrimellitic anhydride; 4-META) ซึ่งสามารถเกิดพันธะทางเคมีกับองค์ประกอบของฟันได้

ส่วนไดเมทาครีเลตซีเมนต์นั้น มีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกับวัสดุบูรณะฟันเรซินคอมโพสิต คือ มีเรซิน เมทริกซ์ (resin matrix) และวัสดุอัดแทรก เรซินเมทริกซ์เป็นพอลิเมอร์หรือมอนอเมอร์ที่มีสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการแข็งตัวผสมอยู่ เมื่อเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวจะเกิดเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ มอนอเมอร์หลักที่ใช้ในไดเมทาครีเลตซีเมนต์ คือ บิสฟีเอ็มเอ (bisphenol A Dimethacrylate; Bis GMA) นอกจากนี้มีการเติมมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น ยูรีเทนไดเมทาครีเลต (urethane dimethacrylate; UDMA) และไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลต (triethylene glycon dimethacrylate; TEGDMA) เพื่อลดความข้นหนืดของซีเมนต์ วัสดุอัดแทรกซึ่งเป็นส่วนที่มีความคงทนและเสถียรภาพสูงมีหลายชนิด เช่น คอลลอยด์ซิลิกา (colloidal silica) แก้วแบเรียม (barium glass) และแก้วเซอร์โคเนียม (zirconium glass) เรซินซีเมนต์ผลิตภัณท์ต่าง ๆ จะมีวัสดุอัดแทรกแตกต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพแตกต่างกันออกไป ถ้ามีปริมาณวัสดุอัดแทรกน้อยจะทำให้เรซินซีเมนต์มีลักษณะค่อนข้างเหลว สามารถไหลแผ่ที่พื้นผิว (surface wettability) ได้ดี ถ้ามีวัสดุอัดแทรกปริมาณมากจะทำให้เรซินซีเมนต์มีลักษณะข้นหนืดไหลแผ่ไม่ได้ดีนัก แต่มีความต้านทานต่อแรงกดสูง ลดการละลายตัวในช่องปาก สามารถต้านทานการถูกขัดสีได้ดี และลดการหดตัวของเรซินซีเมนต์จากปฏิกิริยาการก่อตัวของซีเมนต์¹²

หากแบ่งเรซินซีเมนต์ตามกลไกในการกำจัดชั้นสเมียร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบใช้กรดทาแล้วล้างออก (etch and rinse system) ซึ่งเป็นระบบที่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ และระบบเซลฟ์เอชท์ (self-etch system) ที่ไม่มีขั้นตอนการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรด ซึ่งเป็นระบบที่มีการรวมชั้นสเมียร์เป็นส่วนหนึ่งของการยึดติด

ในการใช้งานเรซินซีเมนต์นั้น ระบบที่ใช้กรดทาแล้วล้างออก จะใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 30-40 ปรับสภาพผิวเคลือบฟันเป็นเวลาประมาณ 15 วินาที แล้วล้างกรดออกด้วยน้ำ กรดจะละลายสารอนินทรีย์ (inorganic matrix) ทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากบนผิวเคลือบฟัน เมื่อทาสารเรซินแอตชีซีฟลงไปจะมีการแทรกซึมเข้าไปในรูพรุน เกิดเป็นแท่งเรซินระดับจุลภาค (micro-resin tag) สำหรับเนื้อฟันนั้น เมื่อถูกทาด้วยกรดฟอสฟอริกแล้วล้างออกจะพบว่า ชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟันจะถูกกำจัดออก มีการเปิดช่องต่อเนื้อฟันและมีการละลายแร่ธาตุ

ออกจากเนื้อฟัน เหลือเส้นใยคอลลาเจน (collagen) ที่มีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่ายระดับจุลภาค อยู่บนผิว จากนั้นจะทาสารไพรเมอร์เพื่อปรับสภาพผิวฟันให้มีสภาพพร้อมต่อการยึดติด เมื่อทาสารเรซินแอดฮีซีฟลงไป ส่วนมอนอเมอร์จะไหลแทรกซึมผ่านเข้าไปแทรกกระหว่างเส้นใยคอลลาเจน เมื่อเรซินแข็งตัวจะเกิดเป็นชั้นที่ประกอบด้วยสารเรซินและโครงสร้างของเนื้อฟันที่ถูกละลายแร่ธาตุออกเรียกว่าชั้นไฮบริด (hybrid layer)¹⁴ สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์จัดว่าเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยึดติดที่ดีและประสบความสำเร็จในการทำงานทางคลินิกอย่างสูง¹⁵ แต่การใช้สารยึดติดระบบนี้ต้องใช้เวลาในการเตรียมผิวฟันที่นาน และมีความยุ่งยากในการทำงาน (technique sensitive) ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาต่อการบูรณะ ด้วยเหตุดังกล่าวจึงมีการพัฒนาเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทซ์ขึ้นเพื่อลดขั้นตอนในการทำงาน โดยมีการรวมขั้นตอนการใช้กรดและไพรเมอร์ไว้ด้วยกัน หรือรวมทั้งขั้นตอนการใช้กรด ไพรเมอร์ และเรซินแอดฮีซีฟไว้ด้วยกัน สารยึดติดระบบนี้จะมีมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเป็นองค์ประกอบ เมื่อทาสารยึดติดไปบนผิวฟันจะไม่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ออกหมด แต่จะปรับสภาพชั้นสเมียร์ให้เหมาะแก่การยึดติด (modified smear layer) และรวมเอาชั้นสเมียร์ที่ปรับสภาพแล้วเป็นส่วนหนึ่งของการยึดติด ข้อดีของการใช้สารยึดติดระบบนี้คือ ลดขั้นตอนการทำงานและอาจลดความผิดพลาดจากขั้นตอนการทำงานในหลายขั้นตอน เช่น การใช้กรดปรับสภาพเนื้อฟันนานเกินไปหรือน้อยเกินไป และการคงสภาพความชื้นของเนื้อฟันหลังการใช้กรด เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 2001 มีการพัฒนาเรซินซีเมนต์ที่สามารถยึดกับฟันได้โดยไม่ต้องมีขั้นตอนการเตรียมผิวฟัน ซึ่งเป็นการรวมส่วนของสารยึดติดและเรซินซีเมนต์เข้าไว้ด้วยกัน เรียกว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดนี้สามารถยึดติดกับโครงสร้างฟันโดยไม่ต้องมีการเตรียมผิวฟัน ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ลดเวลาในการทำงาน รวมทั้งลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการยึดติดขึ้นงานเข้ากับตัวฟัน

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ มีส่วนประกอบคล้ายกับเรซินซีเมนต์ประเภทไดเมทาครีเลต คือ มีส่วนประกอบพื้นฐาน 2 ส่วน ได้แก่

1. เรซินเมทริกซ์ ประกอบด้วย

1.1 แอดฮีซีฟมอนอเมอร์ (adhesive monomer) ส่วนนี้เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้

ซีเมนต์ชนิดนี้สามารถยึดติดกับผิวฟันได้โดยไม่ต้องใช้ร่วมกับสารยึดติด แอดฮีซีฟมอนอเมอร์จะทำหน้าที่ปรับสภาพชั้นสเมียร์ให้เหมาะสมต่อการยึดติด และรวมเอาชั้นสเมียร์เข้าไว้เป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริด รวมทั้งแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของฟันและเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโครงสร้างฟันด้วย แอดฮีซีฟมอนอเมอร์ที่ใช้ ได้แก่ เมทาครีเลตฟอสเฟตเอสเทอร์ (methacrylated phosphate ester) และกลีเซอรอลไดเม

ทาครีเลต ไดไฮโดรโดเจน ฟอสเฟต (glyceroldimethacrylate dihydrogen phosphate)

1.2 เมทาครีเลทมอนอเมอร์ (methacrylates monomer) เป็นมอนอเมอร์ที่เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแล้วเปลี่ยนเป็นสายพอลิเมอร์ และเกิดการเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ ซึ่งจัดเป็นส่วนพื้นฐานในปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ชนิดนี้ โดยเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวทั้งแบบกระตุ้นด้วยแสงและจากการกระตุ้นด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ตัวอย่างของเมทาครีเลทมอนอเมอร์ คือ บิสจีเอ็มเอ และไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาครีเลต

1.3 สารเริ่มปฏิกิริยาและสารกระตุ้นปฏิกิริยา (initiators and catalysts) เป็นสารที่ใช้เริ่มเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยสารเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากกระตุ้นด้วยแสง คือ แคมฟอร์ควิโนน (camphorquinone) ส่วนสารเริ่มปฏิกิริยาทางเคมี คือ เบนโซอิลเพอร์ออกไซด์ (benzoylperoxide) ซึ่งจะมาทำปฏิกิริยากับเทอร์เทียเรียมิน (tertiary amine) เกิดอนุมูลอิสระ (free radical) แล้วเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน

1.4 สารคงสภาพ (stabilizer) สารนี้จะช่วยยืดอายุวัสดุให้เก็บได้นานขึ้น

1.5 สารสีต่างๆ (optical modifier)

2. วัสดุอัดแทรก (filler)

โดยทั่วไป วัสดุอัดแทรกที่เป็นส่วนประกอบของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุอัดแทรกที่ใช้เป็นส่วนประกอบของวัสดุเรซินคอมโพสิต เช่น วัสดุอัดแทรกแบบแก้ว (glass filler) และซิลิกา (silica) วัสดุอัดแทรกเป็นวัสดุที่มีความคงทนและมีเสถียรภาพที่สูง นอกจากนี้ เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์บางผลิตภัณฑ์ได้มีการเพิ่มวัสดุอัดแทรกที่ใช้ในวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ คือ แก้วอลูมิโนซิลิเกต (alumino-silicate glass) ซึ่งเมื่อผสมกับกรดและน้ำสามารถเกิดปฏิกิริยากัด-เบสได้

3. สารเชื่อมติด (coupling agent)

สารเชื่อมติดเป็นสารที่ทำหน้าที่ยึดส่วนเรซินเมทริกซ์และวัสดุอัดแทรกเข้าด้วยกัน โดยปลายด้านหนึ่งจะยึดกับมอนอเมอร์ในส่วนของเรซินเมทริกซ์ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะยึดกับส่วนของวัสดุอัดแทรก

นอกจากส่วนประกอบข้างต้นแล้ว เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์บางผลิตภัณฑ์ เช่น Rely X unicem ยังมีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 10^{16} ฟลูออไรด์จะถูกละลายจากวัสดุอัดแทรกมาอยู่ในเมทริกซ์แล้วจึงปลดปล่อยออกมาจากวัสดุ ซึ่งคาดว่าฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาจะช่วยลดการผุซึบที่ขอบของการบูรณะ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาถึงปริมาณฟลูออไรด์ที่ถูก

ปล่อยออกมาจากเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ว่าสัมพันธ์กับการลดการเกิดฟันผุหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่า เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยังมีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 2¹⁶ ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial effect) และสามารถกระตุ้นกระบวนการดูดซึมแร่ธาตุกลับ (remineralization) ของฟันได้

เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ถูกผลิตออกมาในลักษณะเป็นเพส (paste) สองหลอด หรือในลักษณะส่วนผงกับส่วนเหลว เมื่อผสมทั้งสองส่วนเข้าด้วยกันจะเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเบนโซิลเปอร์ออกไซด์กับสารประกอบเอมีนเกิดเป็นอนุมูลอิสระ จากนั้นอนุมูลอิสระจะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเปลี่ยนมอนอเมอร์เป็นโครงข่ายพอลิเมอร์ ทำให้เกิดการแข็งตัวของซีเมนต์ในรูปแบบชนิดก่อดำด้วยตนเอง นอกจากนี้ ยังสามารถทำให้ซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันจากการก่อดำด้วยแสง โดยการฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตรไปกระตุ้นแคมฟอร์ควิโนนให้ทำปฏิกิริยากับเทอร์พียเรียมเอมีนเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันอีกด้วย ดังนั้นการก่อดำของเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์จะเป็นการก่อดำสองรูปแบบร่วมกัน

ปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์ที่เพียงพอ เป็นส่วนที่สำคัญที่จะทำให้เรซินซีเมนต์มีคุณสมบัติด้านกายภาพและชีวภาพที่ดี การเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์จะเหลือมอนอเมอร์ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาอยู่มาก ส่งผลให้คุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของซีเมนต์ลดลง จากการทดลองพบว่า หลังผสมซีเมนต์เป็นเวลา 15 นาที เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem มีปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันโดยปฏิกิริยาทางเคมีอย่างเดียวเพียงร้อยละ 26 หากมีการกระตุ้นจากแสงร่วมด้วยจะมีปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันร้อยละ 56 ในขณะที่เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดจะมีปริมาณการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันระหว่างร้อยละ 55 -61 เมื่อใช้ปฏิกิริยาทางเคมีอย่างเดียว และร้อยละ 64-81 เมื่อใช้การกระตุ้นจากแสงร่วมด้วย¹⁷

คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างขององค์ประกอบในวัสดุและประสิทธิภาพของปฏิกิริยาก่อดำ ซีเมนต์ที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกสูงจะมีคุณสมบัติเชิงกลที่สูง¹⁸ ค่าความแข็งแรงของซีเมนต์ยึดชิ้นงานทางทันตกรรมเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ทำนายความสำเร็จในการใช้งานทางคลินิกของวัสดุ¹⁹ ซึ่งสัมพันธ์กับการแตกหักในเนื้อซีเมนต์และการหลุดของชิ้นงาน²⁰ จากการศึกษาของ Kumbuloglu และคณะ¹⁷ พบว่า เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem มีค่าเค้นแรงอัด (compressive strength) 145 เมกะพาสคาล ในขณะที่เรซินซีเมนต์ชนิดอื่นๆ มีค่าเค้นแรงอัดประมาณ 57-127 เมกะพาสคาล แต่จากการศึกษาของ Pixowarczyk และคณะ²¹

พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีค่าเค้นแรงอัดอยู่ระหว่าง 198.3–240.6 เมกะพาสคาล ในขณะที่เรซินซีเมนต์จะมีค่าระหว่าง 244.2-325.8 เมกะพาสคาล ในการศึกษาค่าความต้านแรงโค้งงอ (flexural strength) พบว่า เรซินซีเมนต์ที่นำมาทดสอบจะให้ค่าระหว่าง 72-90 เมกะพาสคาล ส่วนเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem จะมีค่าต่ำที่สุดคือ 55 เมกะพาสคาล¹⁷ การศึกษาของ Pixowarczyk และคณะ²¹ ก็ให้ผลที่สอดคล้องกัน คือเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีค่าความต้านแรงโค้งงอต่ำกว่าเรซินซีเมนต์ประมาณร้อยละ 40

จากการศึกษาของ Kumbuloglu และคณะ¹⁷ พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่าความแข็งผิวแบบวิกเกอร์ (vickers microhardness) เท่ากับ 44 ซึ่งสูงกว่าเรซินซีเมนต์ที่มีค่าระหว่าง 32-35 ในขณะที่ค่าความแข็งผิวของเนื้อฟันและเคลือบฟันมีค่าเท่ากับ 60 และ 408 ตามลำดับ¹²

ปัญหาการดูดน้ำของเรซินซีเมนต์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณสมบัติเชิงกลของเรซินซีเมนต์ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรซินซีเมนต์ที่มียูรีเทนเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน (urethane-based) และเรซินซีเมนต์ที่มีปริมาณวัสดุอุดแทรกน้อย ทั้งนี้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ก็มีส่วนของยูรีเทนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานเช่นกัน จนถึงปัจจุบัน ยังไม่มีการศึกษาที่แสดงถึงการดูดน้ำและการละลายน้ำของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ แต่มีการทดลองที่พบว่าพื้นผิวของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem จะมีลักษณะขาวขุ่นขึ้น (chalky) เมื่อผ่านการเร่งอายุ (accelerated aging) ในขณะที่ผิวของเรซินซีเมนต์ยังคงลักษณะความมันวาวเช่นเดิมทั้งก่อนและหลังการเร่งอายุ²²

International Organization for Standardization (ISO) และ American National Standards Institute / The American Dental Association (ANSI/ADA) ได้กำหนดค่าความทึบรังสีของซีเมนต์ที่ใช้ยึดชิ้นงานต่ำสุดเท่ากับแผ่น aluminum alloy หนา 1100 มิลลิเมตรที่ค่ารังสี 70 kVp ซึ่งเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินผลิตภัณฑ์ Rely X unicem มีค่ามากกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดไว้สองเท่า และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินผลิตภัณฑ์ Embrace Wetbond มีค่าใกล้เคียงกับค่าต่ำสุดที่กำหนด²³

ANSI/ADA specification No.96 ได้กำหนดความหนาของแผ่นฟิล์มประเภทที่ 1 สำหรับยึดชิ้นงานที่ทำจากโลหะมีสกุล (precision restoration) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมครอน และความหนาของแผ่นฟิล์มประเภทที่ 2 สำหรับยึดชิ้นงานประเภทอื่น (all other purposes) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 ไมครอน สำหรับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem พบว่าในการยึดชิ้นงานอินเลย์ชนิดเซรามิก (ceramic inlay) มีความหนาของชั้นซีเมนต์ประมาณ 80 ไมครอน⁷ และในการยึดครอบฟันทองแบบทั้งซี่มีความหนาประมาณ 74.59 ± 29.15 ไมครอน²⁴

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจะมีความข้นหนืดแตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถลดหรือเพิ่มความข้นหนืดได้ จากการประเมินความยากง่ายในการใช้งานในทางคลินิกของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem โดยผู้ใช้งาน 13 คน พบว่า ซีเมนต์ชนิดนี้ให้การไหลแผ่เป็นที่น่าพอใจและมีความข้นหนืดที่เหมาะสมต่อการใช้งาน คือจะมีการไหลแผ่เมื่อมีแรงกด แต่จะคงความข้นหนืดเมื่อไม่มีแรงมากระทำ (thixotropic property) ทำให้ได้ความหนาของซีเมนต์ที่เหมาะสมและสามารถกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินได้ง่าย และจากการประเมินความยากง่ายในการใช้งานโดยใช้ visual analogue scale ซึ่ง 5 หมายถึงมีความง่ายต่อการ ใช้ และ 1 หมายถึงมีความยุ่งยากในการใช้งาน พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีความง่ายต่อการใช้งานที่ 4.7 ส่วนซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีความง่ายต่อการใช้งานที่ 4.4 และเรซินซีเมนต์ที่ใช้สารยึดติดร่วมด้วยมีความง่ายต่อการใช้งานที่ 3.7²⁵

เมื่อผสมส่วนประกอบของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เข้าด้วยกัน ซีเมนต์จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง โดยแอดฮีซีฟมอนอเมอร์ที่มีค่าความเป็นกรดจะทำหน้าที่ปรับสภาพส่วนชั้นสเมียร์และละลายแร่ธาตุออกจากผิวฟัน เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องผ่านและแบบส่องกราดพบว่า เมื่อเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์สัมผัสกับเคลือบฟันจะมีการละลายของแร่ธาตุเฉพาะบริเวณผิวบนสุดออกเล็กน้อย เกิดรูพรุนขนาดเล็กที่ผิวเคลือบฟัน และพบลักษณะผิวรอยต่อที่ขรุขระระหว่างซีเมนต์กับเคลือบฟัน⁷ Al-Assaf และคณะ² ศึกษาการละลายแร่ธาตุจากเนื้อฟันโดยใช้ฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดไมโครสโคปี (Fourier Transform Infrared; FT-IR microscopy) พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem มีค่าร้อยละในการละลายแร่ธาตุต่ำที่สุดคือ 45.03 และความลึกในการละลายแร่ธาตุที่ 0 ไมโครเมตร ในขณะที่เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ที่ขั้นตอนการไพร้มิ่ง (priming) ก่อนการใช้ซีเมนต์จะมีร้อยละการละลายแร่ธาตุระหว่าง 51.99 ถึง 66.86 และมีความลึก 0.95-2.39 ไมโครเมตร ส่วนการใช้กรดฟอสฟอริกจะทำให้มีการละลายแร่ธาตุร้อยละ 100 และมีความลึก 4.17 ไมโครเมตร และจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องผ่านและแบบส่องกราดไม่พบลักษณะของชั้นไฮบริดที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับซีเมนต์ แต่จะพบลักษณะผิวรอยต่อที่ขรุขระระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟันหนาประมาณ 2 ไมโครเมตร และยังพบส่วนของชั้นสเมียร์ (smear layer) และสเมียร์พ러그 (smear plug) อุดปิดท่อนเนื้อฟันอยู่^{2, 7}

การทดสอบกำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันพบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ให้กำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการเตรียมผิวฟันก่อน⁵⁻⁷ โดย Abo-Hamar และคณะ⁵ พบว่า ค่ากำลังยึดแบบเฉือนของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ Rely X unicem กับเคลือบฟันมีค่าเท่ากับ 14.5 เมกะพาสคาล ในขณะที่กำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ที่มีขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์มีค่าเท่ากับ 23.6 เมกะ

พาสคาล และกำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Variolink II ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ผลิตภัณฑ์ syntac มีค่าเท่ากับ 32.8 เมกะพาสคาล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ De Munck และคณะ⁷ ที่พบว่า การใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดกับเคลือบฟันให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเท่ากับ 19.6 เมกะพาสคาล ในขณะที่การใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia-F มีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 35.4 เมกะพาสคาล การศึกษาของ Hikita และคณะ⁶ พบว่าการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดกับเคลือบฟันให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเท่ากับ 19.6 เมกะพาสคาล ซึ่งต่ำกว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้จากการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการเตรียมผิวฟันก่อน โดยเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Variolink II ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด Syntac ให้ค่าเท่ากับ 49.3 เมกะพาสคาล เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Linkmax ที่มีขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์ Self-Etching Primer EP ก่อนให้ค่าเท่ากับ 49.2 เมกะพาสคาล และผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่มีขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์ ED-Primer ก่อนให้ค่าเท่ากับ 25.4 เมกะพาสคาล ความล้มเหลวของการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินกับเคลือบฟันที่พบส่วนใหญ่จะเป็นความล้มเหลวที่รอยต่อระหว่างซีเมนต์กับเคลือบฟัน^{6,7}

การใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพเคลือบฟันก่อนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์สามารถทำให้การค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันสูงขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 19.6 เป็น 35.6 เมกะพาสคาล⁷ ส่วนการใช้สารยึดติดระบบฮอล-อิน-วันชนิดที่มีความเป็นกรดสูงผลิตภัณฑ์ Prompt L-pop ปรับสภาพเคลือบฟันก่อนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 23.5 เมกะพาสคาล ในขณะที่การใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์โดยไม่มีการปรับสภาพเคลือบฟันจะมีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 19.6 เมกะพาสคาล⁶

ส่วนการศึกษาค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ให้กำลังแรงยึดที่ใกล้เคียงกับการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการเตรียมผิวฟันก่อน⁵⁻⁷ Abo-Hamar และคณะ⁵ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem กับเนื้อฟันมีค่า 10.8 เมกะพาสคาล ซึ่งไม่แตกต่างกับแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ซึ่งมีค่า 10.5 เมกะพาสคาล และกำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Variolink II ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดผลิตภัณฑ์ Syntac ซึ่งมีค่า 15.1 เมกะพาสคาล แต่ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จะสูงกว่าการยึดด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Ketac Cem ที่มีค่า 4.1 เมกะพาสคาล De Munck และคณะ⁷ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem กับเนื้อฟันมีค่า 15.9 เมกะพาสคาล ในขณะที่กำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F มีค่า 17.5 เมกะพาสคาล Hikita และคณะ⁶ พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem มีค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเท่ากับ 15.9 เมกะพาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับกำลังแรงยึดของเซลฟ์

เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Linkmax ที่มีขั้นตอนการใช้ Self-Etching Primer EP ก่อนจะมีค่าเท่ากับ 15.4 เมกะพาสคาล รวมทั้งใกล้เคียงกับกำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่มีค่าเท่ากับ 17.5 เมกะพาสคาล และกำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Nexus 2 ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดผลิตภัณฑ์ Optibond solo ที่มีค่าเท่ากับ 22.3 เมกะพาสคาล Walter และคณะ²⁶ พบว่า เซลฟ์เอทซ์ซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันที่บริเวณตัวฟัน (coronal dentin) และที่รากฟัน (root dentin) เท่ากับ 20.2 และ 19.1 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าการใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F มีค่าแรงยึดเท่ากับ 9.7 และ 10.1 เมกะพาสคาล ตามลำดับ Goracci และคณะ²⁷ ใช้เซลฟ์เอทซ์ซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดติดกับเนื้อฟันภายในคลองรากฟัน แล้วทดสอบกำลังแรงยึดแบบผลักออก (push out test) พบว่า มีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 5.01 เมกะพาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับกำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่มีค่าเท่ากับ 5.04 เมกะพาสคาล แต่จะต่ำกว่าแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Variolink II ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติด Syntac ที่มีค่าเท่ากับ 10.18 เมกะพาสคาล Bin Yang และคณะ²⁸ ได้ศึกษา กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของเซลฟ์เอทซ์ซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem กับเนื้อฟันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ เนื้อฟันส่วนใกล้โพรงฟัน (superficial dentin) เนื้อฟันส่วนใกล้โพรงฟัน (deep dentin) และส่วนคอฟัน (cervical dentin) พบว่า มีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 8.2 5.7 และ 5.5 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ในขณะที่กำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Super bond C&B จะมีค่าเท่ากับ 31.9 18.6 และ 24.2 เมกะพาสคาล ตามลำดับ และกำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F จะมีค่าเท่ากับ 29.1 10.4 และ 10.2 เมกะพาสคาล ตามลำดับ

การใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวเนื้อฟันก่อนการใช้เซลฟ์เอทซ์ซีฟเรซินผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 5.9 เมกะพาสคาล ในขณะที่การไม่เตรียมเนื้อฟันด้วยกรดจะมีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 15.9 เมกะพาสคาล⁷ ส่วนการใช้สารยึดติดระบบบอล-อิน-วันชนิดที่มีความเป็นกรดสูงผลิตภัณฑ์ Prompt L-pop เตรียมผิวเนื้อฟันก่อนการใช้เซลฟ์เอทซ์ซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 22.2 เมกะพาสคาล ในขณะที่การไม่เตรียมผิวเนื้อฟันจะค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 15.9 เมกะพาสคาล⁶

การยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเซรามิกประกอบด้วยกลไกการยึดทางกลและทางเคมี กลไกการยึดทางกลได้จากการเตรียมผิวเซรามิกให้มีความขรุขระ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้กรดปรับสภาพผิวเซรามิกหรือการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนการยึดทางเคมีได้จากการใช้สารเชื่อมติดไฮเลนาทาที่ผิวเซรามิกก่อนการยึดด้วยซีเมนต์

ความเป็นกรดหลังผสมเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ บริษัทผู้ผลิตระบุว่า สามารถใช้ซีเมนต์นี้ยึดงานเซรามิกโดยไม่ต้องเตรียมผิวของชิ้นงาน การศึกษาของ Pisani และคณะ²⁹ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดที่ได้ระหว่างเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem กับเซรามิกระบบไอพีเอส เอ็มเพส ทู (IPS Empress II) ที่ไม่มีการเตรียมผิวเซรามิกมีค่าเท่ากับ 9.6 เมกะพาสคาล ในขณะที่กำลังแรงยึดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Multilink และ Panavia F กับเซรามิกที่ไม่ได้เตรียมพื้นผิวจะมีค่าเท่ากับ 6.2 และ 7.4 เมกะพาสคาล ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่ากำลังแรงยึดเมื่อใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดกับผิวชิ้นงานที่ถูกปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร่วมกับสารไซเลนจะมีค่าเท่ากับ 18.8 เมกะพาสคาล การศึกษาของ Kumbuloglu และคณะ³⁰ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem กับเซรามิกระบบไอพีเอส เอ็มเพส ทู ที่ไม่มีการเตรียมผิวเซรามิกมีค่าเท่ากับ 6.6 เมกะพาสคาล ในขณะที่กำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Variolink II และ Rely X ARC กับเซรามิกที่มีการเตรียมผิวด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกร่วมกับสารไซเลนจะมีค่าเท่ากับ 26.0 และ 28.7 เมกะพาสคาล ตามลำดับ การทดลองของ Kumbuloglu และคณะ³¹ พบว่า เมื่อเตรียมผิวเซรามิกเซอร์โคเนียม (zirconium oxide ceramic) ด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์และอนุภาคซิลิกา ก่อนทำการยึดติดด้วยเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem จะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเท่ากับ 18.7 และ 20.9 เมกะพาสคาล ส่วนการใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F จะให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 16.3 และ 18.5 เมกะพาสคาล ตามลำดับ

กลไกการยึดติดระหว่างซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิตก็ประกอบด้วยกลไก 2 แบบเช่นกัน คือ การยึดติดทางกลกับการยึดติดทางเคมี วิธีการยึดติดทางกลคือการทำให้เกิดความขรุขระที่ผิวของกับเรซินคอมโพสิตโดยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ส่วนการยึดติดทางเคมีทำได้โดยการใส่สารไซเลน แต่ในปัจจุบัน ยังไม่มีการศึกษากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเรซินคอมโพสิต

ในการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดครอบฟันทองแบบทั้งซี่แล้วเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ร่วมกับการทำเทอร์โมไซคลิก 5000 รอบ พบว่า มีค่าการรั่วซึมตามขอบเนื้อฟันและเคลือบฟันที่ 1.01 และ 0.70 มิลลิเมตรตามลำดับ ในขณะที่การใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X ARC จะมีค่าการรั่วซึมที่มากกว่าทั้งในส่วนเนื้อฟันและเคลือบฟัน โดยมีค่า 2.19 และ 1.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าการรั่วซึมจากการใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่เนื้อฟันและเคลือบฟันมีค่าเท่ากับ 2.11 และ 0.95 มิลลิเมตรตามลำดับ²⁴ ส่วนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดครอบฟันเซรามิกระบบเอ็มเพสทู (Empress II) และทำการประเมินคุณภาพของขอบครอบฟันโดยกล้อง

จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ให้ขอบที่ดีเยี่ยม (perfect margin) มากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งใกล้เคียงกับการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการเตรียมผิวฟัน³² สำหรับการใส่เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ยึดชิ้นงานเซรามิกอินเลย์แล้วนำไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิก แล้วประเมินคุณภาพที่ขอบของการบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ทั้งที่เนื้อฟันและเคลือบฟันให้ขอบที่ดีมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับการใช้เรซินซีเมนต์³³ ส่วนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดชิ้นงานอินเลย์คลาสทู ที่ทำจากทองและเซรามิก แล้วนำไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิกพบว่า ค่าการรั่วซึมไม่แตกต่างกับการใช้เรซินซีเมนต์ทั้งที่ขอบด้านบดเคี้ยวและบริเวณคอฟัน (occlusal and cervical margin)³⁴ การใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ในการยึดชิ้นงานวีเนียร์ แล้วทำเทอร์โมไซคลิก พบว่า ที่บริเวณเนื้อฟันมีการรั่วซึมตามขอบที่ต่ำเพียงร้อยละ 28.1 ในขณะที่การใช้เรซินซีเมนต์มีการรั่วซึมถึงร้อยละ 44.1 แต่ที่เคลือบฟันกลับมีการรั่วซึมถึงร้อยละ 10.8 ซึ่งมากกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ที่มีการรั่วซึมเพียงร้อยละ 2.5 และเมื่อดูรอยต่อระหว่างเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดจะพบว่า มีช่องว่างเกิดขึ้น (gap formation)³⁵

2. วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของสารยึดติด

ส่วนใหญ่ของการศึกษากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับฟันจะเป็นการทดสอบภายหลังการยึดชิ้นงานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงวัสดุบูรณะและสารยึดติดต้องพบกับสภาวะหลายๆ อย่างภายในช่องปาก เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงบดเคี้ยว รวมทั้งต้องสัมผัสกับกรดและเอนไซม์ต่างๆ สภาวะเหล่านี้อาจทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติด ส่งผลให้อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะที่ใช้สารยึดติดสั้นลง การทดสอบกำลังแรงยึดในสภาวะลอกเลียนแบบสภาวะการใช้งานจริงในช่องปากมีหลายรูปแบบ เช่น การทำเทอร์โมไซคลิก (thermo-cycling) การเก็บชิ้นทดสอบไว้ในสารทดสอบต่างๆ (storage media) และการจำลองสภาพแรงบดเคี้ยวที่กระทำต่อชิ้นงาน (occlusal loading)

การทำเทอร์โมไซคลิก เป็นจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในช่องปาก โดยการนำชิ้นงานมาผ่านการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อน-เย็นเป็นจังหวะ โดย ISO TR 11450 standard (1994) แนะนำวิธีการทำเทอร์โมไซคลิกว่าควรทำ 500 รอบ ในน้ำที่อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าการเร่งอายุขึ้นตัวอย่างที่เหมาะสมอย่างหนึ่ง จากวรรณกรรมปริทัศน์ของ Gale และ Darvell³⁶ สรุปไว้ว่า การทำเทอร์โมไซคลิกที่ 10,000 รอบเปรียบได้กับการใช้งานจริงภายในช่องปากประมาณ 1 ปี การทำเทอร์โมไซคลิก 500 รอบตามมาตรฐานที่ ISO กำหนด ถือว่าเป็นทดสอบเพื่อดูประสิทธิภาพของการยึดติดในระยะยาวในห้องปฏิบัติการ

ในการเร่งอายุขึ้นตัวอย่างจากการทำเทอร์โมไซคลิงนั้น น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะไปเร่งขบวนการเสื่อมสลายทางเคมี (hydrolysis) ที่บริเวณรอยต่อระหว่างสารยึดติดกับฟัน แล้วมีการดูดน้ำเข้าไปในบริเวณที่มีการเสื่อมสลาย จากนั้นจะมีการหลุดออกของสารที่ถูกย่อยสลาย (breakdown products) หรือเรซินที่ยังบ่มตัวไม่สมบูรณ์³⁷ และเนื่องจากความแตกต่างของค่าของสัมประสิทธิ์การหดตัวและขยายตัวของวัสดุและฟัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทำให้วัสดุและฟันจะมีการหดและขยายตัวที่ไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความเครียดบริเวณรอยต่อของวัสดุกับฟัน จากนั้นจะเกิดการแตกที่ขยายไปตามบริเวณรอยต่อของการยึดติดและมีช่องว่างเกิดตามมา น้ำจะมีการเคลื่อนที่เข้าและออกบริเวณช่องว่างดังกล่าว กระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ถูกเรียกว่า เพอร์โคเลชัน (percolation)³⁶

จากการศึกษาของ Abo-Hamar และคณะ⁵ พบว่า การใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ยึดติดกับเคลือบฟันโดยไม่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนมีค่าเท่ากับ 14.5 เมกะพาสคาล แต่เมื่อผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงที่ 6000 รอบ มีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 6.6 เมกะพาสคาล ส่วนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ยึดติดกับเนื้อฟันโดยไม่ผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงได้ค่ากำลังแรงยึด 10.8 เมกะพาสคาล และเมื่อผ่านการทำเทอร์โมไซคลิงได้ค่ากำลังแรงยึด 14.9 เมกะพาสคาล การศึกษาของ Kubais Al-Assaf และคณะ² พบว่า หลังทำเทอร์โมไซคลิงที่ 3000 รอบ เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 4.47 เมกะพาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Super bond C&B ที่ให้ค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 4.79 เมกะพาสคาล ในขณะที่เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Bistile II DC M-bond และ Panavia F มีค่ากำลังแรงยึดเท่ากับ 13.01 9.19 และ 7.07 เมกะพาสคาล ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ Meta-analysis ของข้อมูลที่มีการตีพิมพ์ออกมาในช่วงปี 1992 และ 1996 ถึงผลของการทำเทอร์โมไซคลิงต่อค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติด สรุปได้ว่า การทำเทอร์โมไซคลิงไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดอย่างมีนัยสำคัญ โดยการศึกษาส่วนมากจะทำตามมาตรฐาน ISO ที่กำหนดให้ทำเทอร์โมไซคลิงที่ 500 รอบ โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 630 รอบ ซึ่งจำนวนรอบนั้นอาจต่ำไปในการทำให้เกิดการเร่งอายุขึ้นตัวอย่าง^{36, 37} และการศึกษาส่วนมากจะใช้ขึ้นตัวอย่างเป็นฟันที่ตัดด้านบดเคี้ยวออกให้ได้ผิวเรียบและแบน แล้วทำสารยึดติดก่อนที่จะบ่มด้วยเรซินคอมโพสิตให้เป็นรูปทรงกระบอกครอบคลุมพื้นที่ผิวฟันที่ตัดได้ทั้งหมด จากนั้นนำไปผ่านการทำเทอร์โมไซคลิง แล้วจึงนำไปตัดเพื่อเตรียมชิ้นทดสอบค่ากำลังแรงยึด ซึ่งการเตรียมชิ้นทดสอบลักษณะดังกล่าว เนื้อฟันและเคลือบฟันที่ยึดกับเรซินคอมโพสิตที่ล้อมรอบบริเวณที่ต้องการทดสอบกำลังแรงยึดจะสามารถป้องกันผลกระทบของการทำเทอร์โมไซคลิงได้³⁸

การจำลองสภาพการบดเคี้ยวในช่องปากโดยให้วัสดุบ่มภายใต้ภาวะทางกล (mechanical loading) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพของสารยึดติด ซึ่งภาวะทางกล

ที่ใช้มักจะเป็นแรงในรูปแบบไดนามิก (dynamic loading) ซึ่งจะเป็นการจำลองสภาพที่ใกล้เคียงสภาพในช่องปากมากกว่าแรงแบบสถิต (static loading)³⁹

การใช้เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F และ Super Bond C&B ยึดครอบฟันหลังแบบกระเบื้องล้วนชนิดอะลูมินัมออกไซด์ (aluminum oxide ceramic posterior crown) ให้ค่าการต้านทานการแตกหัก (fracture strength) ที่ไม่แตกต่างกัน และเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ยังให้ค่าที่ไม่แตกต่างระหว่างก่อนและหลังได้รับแรงไดนามิกร่วมกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ⁴⁰ แต่การใช้เซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X unicem ยึดครอบฟันหลังแบบกระเบื้องล้วนชนิดอะลูมินัมออกไซด์กับเนื้อฟันพบว่า ให้ความทนทานต่อความล้า (fatigue resistance) ต่ำกว่าการใช้เซลฟ์เอพท์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F⁴¹

ประสิทธิภาพการยึดติดหลังการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในสารต่างๆ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของสารยึดติด วิธีที่นิยมทำมากที่สุดคือการเก็บขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นระยะเวลา (long term water storage) โดยขึ้นตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการเก็บขึ้นงานจะมีความแตกต่างกันตั้งแต่ไม่กี่เดือนจนถึงเวลา 4-5 ปี หรือมากกว่านั้น³⁹

การศึกษาของ Armstrong และคณะ⁴² เพื่อเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของสารยึดติดกับเนื้อฟัน เมื่อเก็บขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นเวลา 1 เดือน 6 เดือน และ 15 เดือน พบว่า ที่เวลา 1 และ 6 เดือนสารยึดติดระบบโททอลเอพท์ชนิด 3 ชั้นตอนและระบบเซลฟ์เอพท์ชนิด 2 ชั้นตอนจะให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงกว่าระบบโททอล เอพท์ชนิด 2 ชั้นตอน เมื่อเวลาผ่านไป 15 เดือน ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จะมีค่าลดลงและมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้สารยึดติดระบบฮอลอินวันจะมีการแตกหักของชิ้นทดลองระหว่างเตรียมขึ้นงานจำนวนมากก่อนที่จะนำมาทดสอบค่ากำลังแรงยึด การศึกษาของ De Munck และคณะ⁹ ถึงค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคของสารยึดติดระบบโททอลเอพท์กับเนื้อฟัน เมื่อเก็บขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึด 24 ชั่วโมงกับ 4 ปี พบว่า เวลาในการเก็บที่นานขึ้นจะมีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลง และสารยึดติดระบบโททอลเอพท์ชนิด 3 ชั้นตอนมีความคงตัวของกำลังแรงยึดมากกว่าสารยึดติดระบบโททอลเอพท์ชนิด 2 ชั้นตอน การศึกษาของ Toledano และคณะ⁴³ ที่เปรียบเทียบกำลังแรงยึดของสารยึดติดเมื่อเก็บขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง 3 เดือน และ 1 ปี พบว่า ที่เวลา 24 ชั่วโมง ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จากสารยึดติดระบบโททอลเอพท์ชนิด 2 ชั้นตอนกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอพท์ชนิด 2 ชั้นตอนมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนสารยึดติดระบบฮอลอินวันจะให้กำลังแรงยึดต่ำที่สุด และเมื่อผ่านไป 3 เดือน พบว่า สารยึดติดระบบโททอลเอพท์ชนิด 2 ชั้นตอนและสารยึดติดระบบฮอลอินวันจะมีค่ากำลังแรงยึดลดลง ส่วนสารยึดติดระบบเซลฟ์เอพท์ชนิด 2 ชั้นตอนจะลดลงเมื่อผ่านไป 12 เดือน

การศึกษาของ Carrilho และคณะ⁴⁴ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันของสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ชนิด 2 ชั้นตอน ระบบเซลฟ์เอทซ์ชนิด 2 ชั้นตอน และระบบออลอินวันเมื่อเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำเป็นเวลา 6 เดือนให้ค่ากำลังแรงยึดที่ลดลงร้อยละ 28-48 และเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 ปี ค่ากำลังแรงยึดจะลดลงร้อยละ 55-71 โดยสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ชนิด 2 ชั้นตอนจะมีการลดลงของกำลังแรงยึดน้อยที่สุด การศึกษาส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญถึงแม้ว่าจะเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในระยะเวลาสั้น ๆ การลดลงของประสิทธิภาพการยึดติดเป็นผลจากการขบวนการเสื่อมสลายทางเคมีบริเวณรอยต่อของฟันกับสารยึดติด ซึ่งจะเกิดการเสื่อมสลายทั้งในส่วนของเรซินและคอลลาเจน⁴⁵ อีกทั้งยังเป็นผลมาจากการซึมผ่านของน้ำและคุณสมบัติทางกลที่ลดลงของพอลิเมอร์เมทริกซ์ ทำให้ส่วนของเรซินเกิดการยึดตัวออก (plasticization) โดยจะเกิดการบวมและมีการลดของแรงเสียดสี (frictional force) ระหว่างสายพอลิเมอร์และเกิดการหลุดออกของสารที่ถูกย่อยสลายหรือเรซินที่ยังบวมตัวไม่สมบูรณ์ ทำให้มีค่ากำลังแรงยึดที่ลดลง⁴⁶

การเก็บชิ้นทดสอบในน้ำเป็นระยะเวลาสั้นก็มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเซรามิกเช่นกัน การศึกษาของ Salvio และคณะ⁴⁷ ถึงค่ากำลังแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิกระบบไฮฟิเอส เอ็มเพส ทู เมื่อเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและ 1 ปี พบว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้จะมีค่าลดลงเมื่อเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำเป็นระยะเวลา 1 ปี และเมื่อเตรียมผิวเซรามิกด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกจะให้กำลังแรงยึดที่สูงกว่าการเตรียมผิวด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์

ในปัจจุบัน ยังไม่มีการศึกษาถึงค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันและเนื้อฟันเมื่อเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งจะเป็นการจำลองสภาพการใช้งานจริงในช่องปากอีกรูปแบบหนึ่ง

3. การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (Microtensile bond strength test)

การทดสอบหาค่ากำลังแรงยึด (bond strength test) เป็นการทดสอบที่นิยมใช้ในการประเมินวัสดุประเภทสารยึดติด ทั้งนี้ กำลังแรงยึดในทางทันตกรรมคือ แรงที่ใช้ในการทำลายการยึดติดที่เกิดขึ้นในส่วนของพื้นผิวสัมผัส (interface) ระหว่างสารยึดติดและผิวฟันที่เกิดขึ้นต่อหน้าหน่วยพื้นที่⁴⁸ ถ้าค่ากำลังแรงยึดที่เกิดขึ้นระหว่างตัวฟันกับชีววัสดุ (biomaterial) มีค่าสูง แสดงว่าวัสดุนั้นจะสามารถต้านทานแรงที่เกิดขึ้นจากการใช้งานภายในช่องปากได้ดี หากเป็นวัสดุจำพวกเรซิน วัสดุนั้นก็จะสามารถต้านทานต่อแรงเครียดที่เกิดขึ้นขณะที่เกิดพอลิเมอร์เซชันได้ดีเช่นกัน การทดสอบกำลังแรงยึดสามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าการทดสอบตีบอนดึง (debonding tests) หมายถึงการทดสอบเพื่อทำลายการยึดติด วัตถุประสงค์ของการทำลายการยึดติดก็เพื่อที่จะ

หาค่าออกมาเป็นตัวเลขที่แสดงถึงความแข็งแรงของการยึดติด⁴⁹ ค่ากำลังแรงยึดจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ที่ใช้ในการยึด⁴⁸ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมพื้นที่ที่ใช้ในการยึดให้แน่นอนเพื่อที่จะสามารถคำนวณค่าการยึดติดได้ถูกต้อง

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดที่นิยมใช้กันมี 2 ลักษณะ^{50, 51} คือ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน (shear bond strength) และ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง (tensile bond strength) การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเป็นการวัดค่าความต้านทานต่อแรงเฉือน ซึ่งวิธีนี้มีการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ง่าย แต่การทดสอบด้วยแรงเฉือนจะให้การกระจายของแรงที่สม่ำเสมอ น้อยกว่าการใช้การทดสอบแบบดึง และจุดแตกหักเริ่มแรกจะไม่ใช่จุดที่อ่อนแอที่สุดของชิ้นทดสอบ⁵² ส่วนการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงเป็นการทำลายการยึดติดในแนวที่ตั้งฉากกับพื้นผิวสัมผัส ดังนั้น เมื่อมีแรงดึงมากกระทำ จุดแตกหักเริ่มแรกที่เกิดขึ้นจะเป็นจุดที่อ่อนแอที่สุด ซึ่งจะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ถึงกลไกการยึดติด รวมถึงสามารถกระจายแรงได้อย่างทั่วถึงในบริเวณที่ทดสอบ แต่สิ่งสำคัญที่ต้องระวังในการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงคือ การควบคุมแนวในการทำการทดสอบ (alignment) ทั้งในระหว่างทำการยึดและในระหว่างทำการทดสอบ เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความเครียดที่จุดใดจุดหนึ่งมากกว่าปกติ⁵²

ในการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดแบบดึง ส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่ในการยึดติดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 มิลลิเมตร หรือมีพื้นที่ประมาณ 7-12 ตารางมิลลิเมตร⁵¹ การทดสอบแบบนี้มีการเตรียมชิ้นงานที่ง่ายและสามารถใช้ได้ดีในกรณีที่มีการยึดติดระหว่างเรซินและเนื้อฟันมีค่ากำลังแรงยึดค่อนข้างต่ำคือประมาณ 10-15 เมกะพาสคาล แต่ในปัจจุบัน เทคนิคในการยึดติดและวัสดุทางทันตกรรมได้มีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ค่ากำลังแรงยึดสูงขึ้น ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นจากการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดแบบดึงมักจะเป็นลักษณะการแตกหักในส่วนของเนื้อฟันทั้งหมด โดยที่บริเวณพื้นผิวสัมผัสระหว่างเรซินและเนื้อฟัน (resin-dentin interface) ยังคงยึดติดกันดีอยู่ เมื่อค่ากำลังแรงยึดแบบดึงมีค่าเท่ากับ 25 เมกะพาสคาล ความถี่ของการเกิดการแตกหักที่พบทั้งหมดในส่วนของเนื้อฟันจะมีค่าสูงถึงร้อยละ 80⁵⁰ ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้ทำให้การทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดแบบดึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ เนื่องจากไม่สามารถวัดความแข็งแรงของการยึดติดที่แท้จริงบริเวณรอยต่อได้ การเกิดการแตกหักทั้งหมดในส่วนของเนื้อฟันไม่ได้หมายความว่ากำลังแรงยึดบริเวณรอยต่อระหว่างเรซินและเนื้อฟันมีค่าสูงกว่ากำลังแรงยึดในเนื้อฟัน แต่บ่งบอกถึงว่า เกิดแรงเครียดจากการยึดที่ไม่เป็นรูปแบบและความเครียดจะถูกส่งไปยังส่วนของเนื้อฟัน ทำให้เกิดรอยร้าวในเนื้อฟันตามมา ความเครียดที่เกิดขึ้นมักจะเกิน 100 เมกะพาสคาล แต่ค่าความแข็งแรงของกำลังแรงยึดจริงมีค่าประมาณ 25 เมกะพาสคาล^{53, 54} ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการแตกหักในส่วนของเนื้อฟันในขณะที่ทำการทดสอบกำลังแรงยึด นักวิจัยจึงพัฒนาการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค⁵¹

การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ได้ถูกออกแบบมาเพื่อทำการวัดค่ากำลังแรงยึดระหว่างสารยึดติดกับพื้นที่เล็กๆ ซึ่งมีข้อดีหลายประการคือ ในพื้นที่หนึ่งซึ่งจะได้จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ทดสอบมากขึ้นและสามารถนำค่าแรงยึดมาเปรียบเทียบกันได้ พื้นที่สัมผัสที่เล็กลงทำให้มีความผิดพลาดหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวของรอยต่อระหว่างเรซินและผิวฟันน้อยลง สามารถหาค่ากำลังแรงยึดที่ระดับและตำแหน่งต่าง ๆ ของฟันได้ รวมทั้งความล้มเหลวที่พบมักเกิดการแตกหักแบบแอดฮีซีฟ (adhesive failure) คือ แตกหักที่บริเวณรอยต่อระหว่างสารยึดติดและเนื้อฟันมากกว่าความล้มเหลวหรือแตกหักแบบโคฮีซีฟ (cohesive failure) ที่เกิดในส่วน

ของเนื้อฟัน⁵¹

อย่างไรก็ตาม การทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคก็มีข้อด้อยที่ต้องคำนึงถึงหลายประการ เช่น การเตรียมชิ้นตัวอย่างต้องใช้เวลาและความระมัดระวังสูงเนื่องจากชิ้นตัวอย่างมีขนาดเล็ก มีวิธีในการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ยุงยาก ต้องการอุปกรณ์พิเศษ และการที่ชิ้นตัวอย่างมีขนาดเล็กจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากชิ้นตัวอย่างได้ง่ายขณะเตรียมชิ้นตัวอย่าง⁵¹

การเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคสามารถเตรียมได้หลายรูปแบบ เช่น แบบแท่ง (stick) ที่ไม่มีการกรอแต่งหลังตัดชิ้นตัวอย่าง และแบบที่มีการกรอแต่งชิ้นตัวอย่างร่วมด้วย เช่น แบบนาฬิกาทราย (hour glass)⁵⁵ มีการศึกษาโดยใช้ไฟไนต์อีลีเมนต์ (Finite element analysis) ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบการกระจายของความเครียดบนชิ้นตัวอย่างทรงนาฬิกาทรายกับรูปทรงกระบอกที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดเท่ากัน เมื่อใช้การทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคพบว่า ชิ้นตัวอย่างทรงนาฬิกาทรายมีการกระจายความเครียดที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม การกรอแต่งชิ้นตัวอย่างทรงนาฬิกาทรายที่ไม่เหมาะสม จะทำให้เกิดความล้มเหลวบริเวณที่ยึดติดก่อนที่จะทดสอบกำลังแรงยึดได้ ดังนั้นในการกรอแต่งชิ้นงานควรทำให้เกิดแรงกระทำต่อชิ้นงานที่น้อยที่สุด⁵⁵

ในการทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคนั้น มีปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัยซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความแตกต่างกัน เช่น ประเภทและชนิดของฟัน ระดับความลึกของเนื้อฟัน ด้านของเนื้อฟันที่จะทำการยึด การเตรียมผิวฟัน วิธีการเก็บฟัน วิธีการยึดชิ้นงาน รวมทั้งการเตรียมชิ้นทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาค เพราะฉะนั้นจึงควรควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ให้ดีและมีความเหมาะสม

โดยทั่วไป ในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบการยึดติดในส่วนของเนื้อฟันและเคลือบฟันสามารถใช้ทั้งฟันของวัวและฟันของมนุษย์ ชิ้นตัวอย่างที่ดีที่สุดในการทดสอบคือ ฟันของมนุษย์ที่ยังมีชีวิตและอยู่ในช่องปาก แต่มีความยุ่งยากมากในการทดลองวัดค่ากำลังแรงยึดในฟันมนุษย์อยู่ในช่องปาก ทำให้จำเป็นต้องทดลองในฟันมนุษย์ที่ถอนออกมาแล้ว แม้ว่าฟันของสัตว์จำพวกวัวจะหาได้ง่ายและมีขนาดใหญ่กว่าฟันมนุษย์ แต่คุณสมบัติทางเคมีและส่วนของโครงสร้างของฟันวัวมีความแตกต่างจากฟันของมนุษย์มาก⁵⁶ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดค่ากำลัง

แรงยึดส่วนใหญ่จึงเลือกใช้ฟันของมนุษย์ โดยเฉพาะฟันกรามซี่ที่สามหรือฟันกรามน้อย เพราะเป็นฟันที่ถูกถอนเพื่อการรักษามากกว่าฟันซี่อื่น ๆ การใช้ฟันกรามซี่ที่สามจะมีพื้นที่ทั้งส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟันในการยึดติดมากกว่าฟันกรามน้อย

โดยปกติเคลือบฟันจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่เป็นแร่ธาตุประมาณร้อยละ 95-98 โดยน้ำหนัก ส่วนใหญ่เป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีการเรียงตัวของโครงสร้างแบบผลึกที่หนาแน่น (dense crystalline structure) โครงสร้างและองค์ประกอบของเคลือบฟันจะมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน โดยไม่คำนึงถึงตำแหน่งและความลึก ยกเว้นเคลือบฟันแบบไม่มีผลึก (aprismatic) ที่อยู่บริเวณผิวนอกของฟันที่มีการเรียงตัวของผลึกแบบขนานซึ่งกันและกันและตั้งฉากกับพื้นผิว⁵⁷ ในกรณีที่ฟันมีการพัฒนาตามปกติ องค์ประกอบของเคลือบฟันในแต่ละตำแหน่งมักไม่ค่อยมีความแตกต่างกันในฟันแต่ละซี่ แต่ลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัดที่บริเวณหน้าตัดของแท่งเคลือบฟัน (enamel rod) จะมีลักษณะที่แตกต่างจากลักษณะเคลือบฟันที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัดที่บริเวณด้านข้างของแท่งเคลือบฟัน และทำให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้แตกต่างกัน⁵⁸ ส่วนเนื้อฟันนั้นจะมีองค์ประกอบต่างจากเคลือบฟัน โดยมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ร้อยละ 45 (ส่วนใหญ่เป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์) สารอินทรีย์ประเภทคอลลาเจนและสารประกอบอื่นๆ ร้อยละ 33 และอีกร้อยละ 22 เป็นน้ำโดยปริมาตร นอกจากนี้ เนื้อฟันยังประกอบด้วยท่อเนื้อฟัน ซึ่งมีขนาดและตำแหน่งแตกต่างกันไปขึ้นกับระดับความลึกและตำแหน่ง ท่อเนื้อฟันในส่วนใกล้กับโพรงประสาทฟันมีขนาดใหญ่ ในขณะที่ไกลจากโพรงประสาทฟันออกไปจะมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ความหนาแน่นของท่อเนื้อฟันรวมถึงปริมาณความชื้นในส่วนใกล้กับโพรงประสาทฟันมากกว่าบริเวณที่ไกลโพรงประสาทฟัน ลักษณะดังกล่าว ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดกับสารยึดติดในแต่ละบริเวณแตกต่างกัน การศึกษาของ Bin Yang และคณะ²⁸ ถึงค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตชีฟเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันที่ตำแหน่งต่างๆ แสดงให้เห็นว่า ค่ากำลังแรงยึดที่ตำแหน่งเนื้อฟันส่วนใกล้โพรงฟันเท่ากับ 8.2 เมกะพาสคาล ซึ่งสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดที่ตำแหน่งเนื้อฟันส่วนใกล้โพรงฟันและส่วนคอฟัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.7 และ 5.5 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ดังนั้นการทดสอบกำลังแรงยึดควรใช้ระดับความลึกและตำแหน่งของเนื้อฟันที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้ได้กำลังแรงยึดกับเนื้อฟันที่คงที่ การศึกษาของ Causton⁵⁹ แสดงให้เห็นว่า การใช้เนื้อฟันที่ระดับความลึกเดียวกันที่ 1 มิลลิเมตรจากเหนือยอดของโพรงประสาทฟัน หรือที่ระดับ 1 มิลลิเมตรต่ำกว่ารอยต่อของส่วนของเนื้อฟันกับส่วนของเคลือบฟันเป็นระดับที่สามารถวัดค่ากำลังแรงยึดได้ง่าย

ความผิดปกติของเนื้อฟันและเคลือบฟันจะมีผลต่อการทดสอบค่ากำลังแรงยึด เช่น ในฟันที่ได้รับฟลูออไรด์มากเกินไปในขณะที่มีการพัฒนา (fluorosis tooth) ผิวเคลือบฟันจะมีรูพรุนมากกว่าและจะมีปริมาณแร่ธาตุที่ต่ำกว่าเคลือบฟันปกติ เมื่อทำการยึดติดด้วยสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จะต่ำกว่าค่ากำลังแรงยึดที่ได้กับเคลือบฟันปกติ⁶⁰ ส่วนเนื้อฟันที่มี

ความผิดปกติ เช่น เนื้อฟันส่วนที่ได้รับผลกระทบจากรอยโรคฟันผุ (caries affected dentin) และเนื้อฟันสเคลอโรติก (sclerotic dentin) เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จะพบว่า มีการอุดตันของท่อเนื้อฟัน ทำให้มีการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในเนื้อฟันน้อย ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดมีค่าน้อยกว่าเนื้อฟันปกติ^{61, 62}

โดยทั่วไป เป็นการยากที่จะนำฟันหลังถอนมาใช้ในการทดลองทันที ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการช่วงเวลาในการเก็บฟันหลังการถอนไว้ก่อนที่จะนำฟันมาเตรียมเป็นชิ้นตัวอย่าง หากเวลาที่ใช้เก็บยิ่งนานขึ้น จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของฟันมากขึ้น⁵⁹ และส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดด้วย⁶³ ดังนั้น การเก็บฟันหลังการถอนไว้เป็นเวลาที่สั้นที่สุด จะให้กำลังแรงยึดใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากขึ้น ISO ได้กำหนดไว้ว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมที่สามารถนำฟันมาศึกษาในแง่ของการทดสอบกำลังแรงยึดคือ ฟันที่เก็บไว้ในช่วงเวลาไม่เกิน 1 ถึง 6 เดือนหลังการถอนฟัน

วิธีการเก็บฟันหลังถอนเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการวัดค่ากำลังแรงยึด ดังนั้น การเก็บฟันที่นำมาทดสอบจึงควรหาวิธีที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของฟันให้น้อยที่สุด โดยทั่วไป สารที่ใช้ในการเก็บฟันก่อนการเตรียมผิวฟันมีหลายชนิด การเก็บฟันไว้ในสารละลาย แอลกอฮอล์หรือฟอร์มาลินจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์สารซึ่งส่งผลต่อการยึดติด⁶⁴ ส่วนการเก็บไว้ในน้ำเกลือ น้ำประปา หรือน้ำกลั่น ยังไม่สามารถสรุปผลได้ชัดเจน มีการแนะนำให้ใช้สารละลายไทมอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในการเก็บฟัน เพราะไม่ส่งผลต่อกำลังแรงยึดและสามารถการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย⁶⁵

การทดลองในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับการยึดติดส่วนใหญ่จะเตรียมผิวเนื้อฟันก่อนการใช้สารยึดติดด้วยกระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide abrasive paper) ที่มีความละเอียดต่าง ๆ กัน ซึ่งจะทำให้ได้ชั้นสเมียร์ที่มีความหนาและความละเอียดที่แตกต่างกัน⁶⁶ การใช้กระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์เตรียมผิวฟันไม่ได้เป็นการจำลองสภาพการทำงานในทางคลินิกเหมือนการใช้เข็มกรอฟัน การใช้กระดาษซิลิคอนคาร์ไบด์เตรียมผิวเนื้อฟันจะทำให้ได้ชั้นสเมียร์ที่ไม่อัดแน่นเท่าการใช้เข็มกรอฟัน รวมทั้งมีแนวโน้มที่จะเปิดท่อเนื้อฟันมากกว่าการใช้เข็มกรอฟัน⁶⁷ ดังนั้น การใช้เข็มกรอฟันเตรียมผิวฟันจึงเหมาะในการจำลองสภาพการทำงานในทางคลินิก แต่การใช้เข็มกรอฟันที่มีความละเอียดต่าง ๆ กันในการกรอฟัน ก็จะทำให้เกิดชั้นสเมียร์ที่มีความหนา ความหยาบและการอัดแน่นที่ต่างกันด้วย การศึกษาถึงผลของการใช้เข็มกรอฟันที่มีความละเอียดต่าง ๆ กันต่อค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันของสารยึดติดทั้งในระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ พบว่า ชนิดของเข็มกรอฟันจะมีผลอย่างมากต่อค่ากำลังแรงยึด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ที่มีการปรับสภาพชั้นสเมียร์และรวมชั้นสเมียร์เป็นส่วนหนึ่งของชั้นที่เกิดการยึดติด⁶⁸

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานแท็กซี่ของมนุษย์ที่สามที่ปราศจากรอยฝู รอยริ้ว และการบูรณะใดๆ
2. การคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) ต่อกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

สูตรการคำนวณ

$$n = \frac{2 \sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

$$\sigma^2 = S_p^2 = \frac{(S_1^2 + S_2^2)}{2}$$

โดยที่ σ^2 = ความแปรปรวนของประชากร (variance)

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard. Deviation)

$Z_{1-\alpha/2}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ α

$Z_{1-\beta}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ β

μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

กำหนด $\alpha = 0.05$ $Z_{1-\alpha/2}$ ที่ 95% แทนค่า 1.96

กำหนด $\beta = 0.05$ $Z_{1-\beta}$ มี power ที่ 95% แทนค่า 1.96

จากการศึกษานำร่อง ซึ่งใช้ซีเมนต์ยี่ห้อขึ้นงาน 4 ผลิตภัณฑ์มายึดติดกับเคลือบพื้นและเนื้อพื้น แล้วทดสอบค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคหลังจากยึดขึ้นงานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 1 และ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบการยึดติดกับเคลือบฟัน

	Rely X U100	Multilink Sprint	Maxcem	Panavia F 2.0
N Valid	7	4	4	8
Mean	8.8616	2.5102	5.0773	25.0929
Std. Deviation	4.083235	0.21434	2.01773	10.12495

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน

	Rely X U100	Multilink Sprint	Maxcem	Panavia F 2.0
N Valid	5	7	6	6
Mean	8.6246	4.2779	5.4579	23.4336
Std. Deviation	2.3354	0.93629	0.2127	5.7839

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ นำมาแทนค่าในสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบทุกคู่จากซีเมนต์ยึดขึ้นงานทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ จะได้ค่าขนาดตัวอย่าง (n) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง (n) ในการทดสอบการยึดติดกับเคลือบฟัน

เปรียบเทียบกลุ่มทดสอบ	μ_1	S_1	μ_2	S_2	σ^2	N
Rely X U100 กับ Multilink Sprint	8.861683	4.083235	2.510237	0.214348	4.54	6.37
Rely X U100 กับ Maxcem	8.861683	4.083235	5.077318	2.017734	5.44	22.26
Rely X U 100 กับ Panavia F	8.861683	4.083235	25.09299	10.12495	9.49	6.95
Multilink Sprint กับ Maxcem	2.510237	0.214348	5.077318	2.017734	2.26	9.60
Multilink Sprint กับ Panavia F2.0	2.510237	0.214348	25.09299	10.12495	6.32	3.09
Maxcem กับ Panavia F2.0	5.077318	2.017734	25.09299	10.12495	7.60	4.09

ตารางที่ 4 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง (n) ในการทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน

เปรียบเทียบกลุ่มทดสอบ	μ_1	S_1	μ_2	S_2	σ^2	N
Rely X U100 กับ Multilink Sprint	8.6246	2.3354	4.2779	0.9363	3.17	5.15
Rely X U100 กับ Maxcem	8.6246	2.3354	5.4579	0.2128	2.75	8.43
Rely X U100 กับ Panavia F 2.0	8.6246	2.3354	23.4336	5.7839	19.45	2.73
Multilink Sprint กับ Maxcem	4.2779	0.9363	5.4579	0.2128	0.46	10.17
Multilink Sprint กับ Panavia F 2.0	4.2779	0.9363	23.4336	5.7839	17.17	1.44
Maxcem กับ Panavia F 2.0	5.4579	0.2128	23.4336	5.7839	16.75	1.59

ซึ่งค่าจำนวนขนาดตัวอย่าง (n) ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 22.26 ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงจะใช้ $n = 24$ ต่อกลุ่มทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

1. ฟันกรามแท้ของมนุษย์ซี่ที่สามที่ปราศจากรอยผุ รอยร้าว และการบูรณะใดๆ
2. วัสดุเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ Rely X U100 รูปแบบ Clicker (3M/ESPE, USA) สี translucent
3. วัสดุเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ Multilink Sprint (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein) สี translucent
4. วัสดุเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ Maxcem (Kerr, USA) สี clear
5. วัสดุเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 (Kuraray, Japan) สี translucent light
6. เข็มกรอพื้นกากเพชรทรงกระบอกความละเอียดมาตรฐาน (837/010, Dentacare SA, Bioggio-Lugano, Switzerland)
7. เข็มกรอพื้นกากเพชรทรงกระบอกความละเอียดมาก (886/012, Dia Tessin, Switzerland)
8. เรซิน คอมโพสิตชนิดก่อดำด้วยแสง ผลิตภัณฑ์ Z350 สี A3 (3M/ESPE, USA)
9. สารไซเลน (Monobond-S, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)
10. สารเรซินแอคทีฟ (Heliobond adhesive, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)
11. พู่กันขนาดเล็กพู่เดียว (Microbrush, Kerr, USA) สำหรับทาสารยึดติด
12. กาวยึดไซยาโนเมธาคริเลท (Model repair II blue, Dentsply, USA)
13. สารละลายไทมอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% thymol solution)
14. น้ำกลั่น
15. เทปกาวยหนา 80 ไมครอน
16. อีพอกซี เรซิน
17. แม่แบบโลหะไร้สนิมขนาด 4x6x6 มิลลิเมตร
18. แผ่นกระจกใส (glass slide)

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. เครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (The Elipar™ FreeLight 2, 3M ESPE, USA)
2. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร
3. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator รุ่น Contherm 160M, Contherm Scientific Ltd., New Zealand)

4. เครื่องกรอแบบเร็วและช้า รวมทั้งหัวเป่าลมและน้ำแบบ 3 ทาง (Kavo, Heidelberg, Germany)
5. เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, LR10K, LLOYD Instrument, England)
6. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo Microscope MEIJI รุ่น ML 9300)
7. เครื่องตัดความเร็วต่ำ (Slow speed cutting machine, Isomet, Buehler Ltd. Lake Bluff, Illinois, USA)
8. เครื่องทำความสะอาดอุลตราโซนิก (Ultrasonic cleanser VI, Yoshida Dental Trade Distribution, Tokyo, Japan)
9. เครื่องเป่าทราย (sandblasting machine)
10. เครื่องมือสำหรับผสมซีเมนต์ (cement spatula)

วิธีการวิจัย

1. การเลือกฟัน

นำฟันจำนวน 192 ซี่ ที่เก็บในสารละลายไทมอลเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนหลังถูกถอน มาตรวจสอบด้วยแว่นติดเลนส์กำลังขยาย 3 เท่า เลือกฟันที่ปราศจากรอยผุ รอยร้าวและไม่มีอาการบูรณะใด ๆ มาทำความสะอาด และเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส)

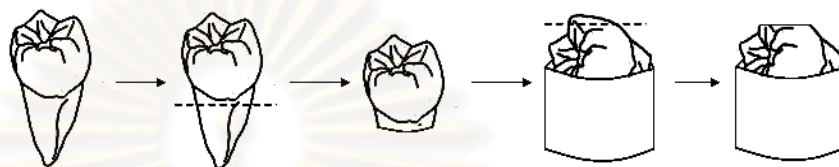
2. การเตรียมฟัน

2.1 การเตรียมเคลือบฟันสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (ภาพที่ 1)

- 2.1.1 นำฟันที่เลือกไว้จำนวน 96 ซี่ มากรอตัดรากฟันออก ให้รอยตัดต่ำกว่าแนวรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและรากฟัน 2 มิลลิเมตร โดยใช้เข็มกรอกากเพชรความละเอียดมาตรฐานร่วมกับน้ำเวลาที่กรอ
- 2.1.2 นำฟันที่กรอตัดรากแล้วมายึดด้วยอีพอกซีเรซิน โดยเอียงให้ occlusal 1/3 ของด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้นขนานกับพื้นระนาบ และให้อีพอกซีเรซินที่ใช้ยึดอยู่ห่างจากตำแหน่งที่จะทำการกรอประมาณ 5 มิลลิเมตร
- 2.1.3 ใช้เข็มกรอฟันกากเพชรทรงกระบอกความละเอียดมาตรฐาน กรอตัดเคลือบฟันบริเวณ occlusal 1/3 ของด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้น ให้ได้ผิวเคลือบฟันที่เรียบและมีพื้นที่ประมาณ 4 x 6 ตารางมิลลิเมตร โดยใช้แรงกดของเข็มกรอฟันขณะสัมผัสกับฟันประมาณ 100 กรัม⁶⁹ และมีความเร็วรอบของเข็มกรอฟันที่

150,000 รอบต่อนาที โดยจะทำการเปลี่ยนเข็มกรอฟันใหม่ทุก ๆ 1 ชีของฟันที่กรอ

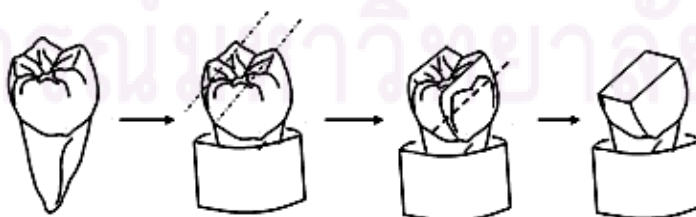
- 2.1.4 ใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 10 เท่าตรวจสอบผิวเคลือบฟันบริเวณที่ถูกกรอแล้วว่าเป็นส่วนของเคลือบฟันเท่านั้น



ภาพที่ 1 แสดงการเตรียมชิ้นงานเคลือบฟัน

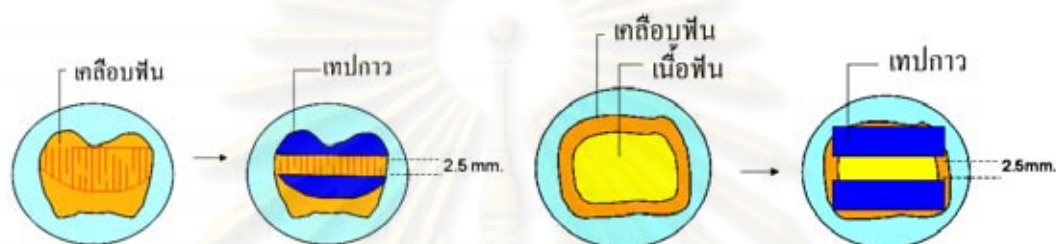
- 2.2 การเตรียมเนื้อฟันสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (ภาพที่ 2)

- 2.2.1 นำฟันที่เลือกไว้อีกจำนวน 96 ซี่มายึดด้วยอีพอกซีเรซิน โดยให้แนวแกนฟันตั้งฉากกับพื้นระนาบ ให้ส่วนอีพอกซีเรซินที่ใช้ยึดอยู่ต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันและรากฟันประมาณ 2 มิลลิเมตร
- 2.2.2 นำฟันยึดไว้ในอีพอกซีเรซินมาตัดด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้นออกด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ โดยตัดที่ตำแหน่งห่างจากแนวของ central groove ด้านละ 3 มิลลิเมตร เพื่อประเมินหาตำแหน่งของรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน (dentino-enamel junction) ของด้านบดเคี้ยว จากนั้นตัดฟันด้านบดเคี้ยวที่ตำแหน่งใต้รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน 1 มิลลิเมตร โดยใช้เข็มกรอฟันกากเพชรทรงกระบอกความละเอียดมาตรฐานและใช้แรงกดของเข็มกรอฟันขณะสัมผัสกับฟันประมาณ 100 กรัม⁶⁹ และมีความเร็วรอบของเข็มกรอฟันที่ 150,000 รอบต่อนาที โดยจะทำการเปลี่ยนเข็มกรอฟันใหม่ทุก ๆ ชีของฟันที่กรอ
- 2.2.3 ใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 10 เท่าตรวจสอบบริเวณผิวเนื้อฟันที่ถูกกรอแล้ว ว่าปราศจากเคลือบฟันและเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน



ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมชิ้นงานเนื้อฟัน

3. แบ่งฟันในแต่ละกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 24 ซี่ นำเทปกาวที่มีความหนา 80 ไมครอน จำนวน 2 ซี่ มาติดขนานกันที่บริเวณผิวฟันที่จะทำการยึดกับชิ้นเรซินคอมโพสิต เพื่อควบคุมความหนาของซีเมนต์ที่จะใช้ยึดให้หนาเท่ากัน โดยมีระยะระหว่างเทปกาวทั้งสองเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการติดเทปกาวที่ชิ้นงานที่เป็นเคลือบฟัน(ซ้าย) และเนื้อฟัน(ขวา)

4. การเตรียมชิ้นเรซินคอมโพสิต

4.1 เตรียมชิ้นเรซินคอมโพสิตจำนวน 192 ซี่ โดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดก่อดัวด้วยแสง ผลิตภัณฑ์ Z350 (3M/ESPE, USA) สี A3 มาใส่ในแม่แบบโลหะไร้สนิมขนาด 4 x 6 x 6 มิลลิเมตร เป็นชั้น ๆ ชั้นละ 2 มิลลิเมตร ฉายแสงชั้นละ 40 วินาทีให้แข็งตัว ด้วยเครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดีความเข้มแสง 450 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ชั้นสุดท้ายจะปิดทับด้วยแผ่นกระจกใสก่อนฉายแสง

4.2 เตรียมผิวชิ้นเรซิน คอมโพสิตด้านที่มีพื้นที่ 4 x 6 ตารางมิลลิเมตร เพื่อทำการยึดติดกับผิวฟัน โดยนำไปทำการเป่าผิวด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 50 ไมครอน นาน 15 วินาทีด้วยความดัน 35 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร⁴⁷ นำชิ้นคอมโพสิตมาทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น โดยใช้เครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 10 นาที เป่าลมให้แห้ง ทาสารไฮเลนทิ้งไว้ 1 นาที เป่าลมให้แห้ง และทาสารยึดติด

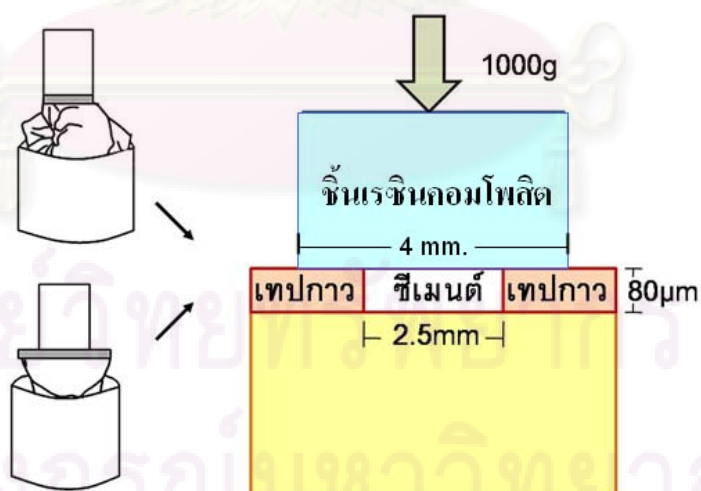
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ขั้นตอนการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตเข้ากับผิวฟัน (ภาพที่ 4)

ใช้น้ำกลั่นล้างบริเวณผิวฟันที่จะทำการยึดเป็นเวลา 10 วินาทีและเป่าลมเป็นเวลา 10 วินาที⁴³ เพื่อเตรียมที่จะยึดติดกับชิ้นเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

- กลุ่ม PF ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 (Kuraray, Tokyo, Japan) หลังจากทา ED-primer
- กลุ่ม RU ยึดด้วยเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 (3M/ESPE, USA)
- กลุ่ม MS ยึดด้วยเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)
- กลุ่ม MC ยึดด้วยเซลฟ์แอคทีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Maxcem (Kerr, USA)

ผสมเรซินซีเมนต์ตามคำแนะนำที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด (ตารางที่ 5) แล้วนำมาทาลงบนผิวฟันระหว่างเทปกาวทั้งสอง วางชิ้นเรซินคอมโพสิตทับไปบนซีเมนต์ให้อยู่บริเวณกลางแนวที่ติดเทปกาวไว้ ใช้แท่งโลหะหนัก 1000 กรัม กดชิ้นงานเป็นเวลา 3 นาที โดยแรงที่เกิดตั้งฉากกับผิวของชิ้นเรซินคอมโพสิต กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน จากนั้นใช้เครื่องฉายแสงชนิดเอลอีดีความเข้มแสง 450 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ฉายบริเวณที่ชิ้นงานสัมผัสกับผิวฟันทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 20 วินาที โดยให้ปลายแท่งแก้วนำแสงห่างจากชิ้นงาน 2 มิลลิเมตร โดยในขณะฉายแสงยังคงกดชิ้นงานด้วยน้ำหนัก 1000 กรัม จากนั้นนำชิ้นทดลองเก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 4 แสดงขั้นตอนการยึดชิ้นเรซินคอมโพสิตเข้ากับผิวฟัน

ตารางที่ 5 แสดงส่วนประกอบและวิธีใช้งานของเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์

เรซินซีเมนต์	ส่วนประกอบ	การใช้งาน
Panavia F 2.0 (Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japan)	Primer A: HEMA, 10-MDP, 5-NMSA, water, accelerator. Primer B: 5-NMSA, accelerator, water, sodium benzene sulfinate Paste A: 10-MDP, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophilic dimethacrylate, silanated silica, photoinitiator, dibenzoyl peroxide Paste B: hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophilic dimethacrylate, sodium aromatic sulfinate, accelerator, sodium fluoride, silanated barium glass	ผสม ED primer II A กับ B เข้า ด้วยกันทาลงบนผิวฟันทิ้งไว้ 30 วินาที เป่าลมเบาๆ จากนั้น ผสมเรซินซีเมนต์หลอด A และ B ให้เข้ากันเป็นเวลา 20 วินาที นำซีเมนต์ที่ผสมได้ยัดขึ้นงาน หลังจากกำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ใช้ Oxygurad II ฉีดรอบ รอยต่อระหว่างฟันกับขึ้นงาน
Rely X U100 (3M/ESPE, USA)	Catalyst : Glass powder, substituted dimethacrylate, silane treated silica, sodium P-toluenesulfinate, calcium hydroxide Base : Glass powder, methacrylated phosphoric acid esters, triethylene glycol dimethacrylate, silane treated silica, sodium persulfate	วัสดุจะถูกบรรจุมาให้พร้อมใช้ งานในหลอดคู่ บีบซีเมนต์จาก หลอด จากนั้นผสมเรซิน ซีเมนต์ให้เข้ากันเป็นเวลา 20 วินาที นำซีเมนต์ที่ผสมได้ไปทำ การยัดขึ้นงาน

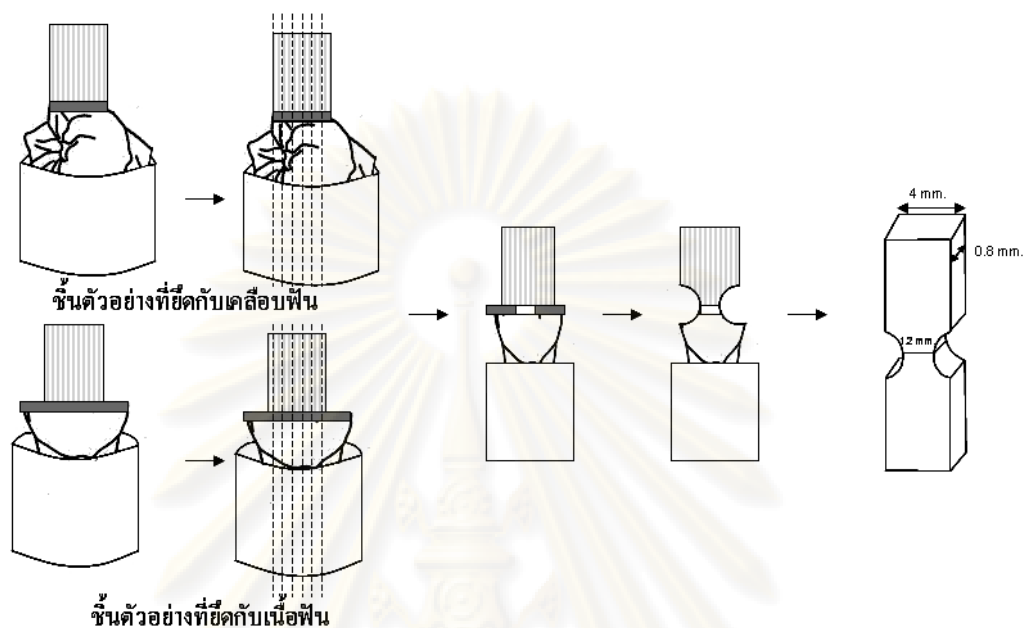
<p>Multilink Sprint (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein)</p>	<p>Monomer matrix : Dimethacrylate adhesive monomer, Methacrylated phosphoric acid ester, Initiators/ stabilizers- Benzoylperoxide.</p> <p>Fillers: (The mean particle size is 5 μm.) barium glass, ytterbium trifluoride and silicon dioxide.</p>	<p>วัสดุจะถูกบรรจุมาให้พร้อมใช้งานในหลอดคู่พร้อมผสม โดยใส่ปลายหลอดสำหรับผสมซีเมนต์ (Mixing Tip) เข้าไปที่ส่วนปลายหลอด สามารถฉีดใช้งานวัสดุได้ทันที นำซีเมนต์ที่ผสมได้ไปทำการยึดชิ้นงาน</p>
<p>Maxcem (Kerr,USA)</p>	<p>Resin Matrix : acidic monomer- Glyceroldimethacrylate dihydrogen phosphate (GPDM), Comonomers including mono-, di-, and tri-functional methacrylate monomers, Proprietary self-cure redox initiator, Photoinitiator, Stabilizer</p> <p>Three Fillers : (with an average particle size of 3.6 microns) Barium glass filler, Fluoroaluminosilicate glass filler, Fumed silica</p>	<p>วัสดุจะถูกบรรจุมาให้พร้อมใช้งานในหลอดคู่พร้อมผสม โดยใส่ปลายสำหรับผสมซีเมนต์ (Mixing Tip) เข้าไปที่ส่วนปลายหลอด สามารถฉีดใช้งานวัสดุได้ทันที นำซีเมนต์ที่ผสมได้ไปทำการยึดชิ้นงาน</p>

HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate; 10-MDP: 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate; 5-NMSA: N-methacryloyl-5-aminosalicylic acid.

6. การเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (ภาพที่ 5)

ตัดชิ้นทดลองด้วยเครื่องตัดชิ้นเนื้อเยื่อชนิดแข็ง โดยตัดให้เป็นแผ่นที่มีความหนา 0.8 มิลลิเมตร จากนั้น นำพลาสติกแม่แบบรูปนาฬิกาทรายที่มีส่วนแคบที่สุดประมาณ 1.2 มิลลิเมตร มาวางทับกับชิ้นทดลองเพื่อใช้เป็นแม่แบบในการกรอชิ้นทดลองให้ได้ลักษณะนาฬิกาทราย โดยให้ส่วนแคบที่สุดอยู่ที่บริเวณรอยต่อของเรซินซีเมนต์กับผิวฟัน ใช้ปากกาเคมีกำหนดจุดที่จะทำการกรอตัด กรอตัดชิ้นทดลองด้วยเข็มกรอกากเพชรทรงกระบอกความหนาขนาดละเอียด โดยใช้เครื่องกรอความเร็วสูงร่วมกับน้ำตลอดเวลาที่กรอ นำชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นที่ตัดได้มาวัดความกว้าง

และความหนาบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับพื้นด้วยเครื่องแบบดิจิทัล (Digital Caliper Micrometer) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการคำนวณพื้นที่ในการยึดติด



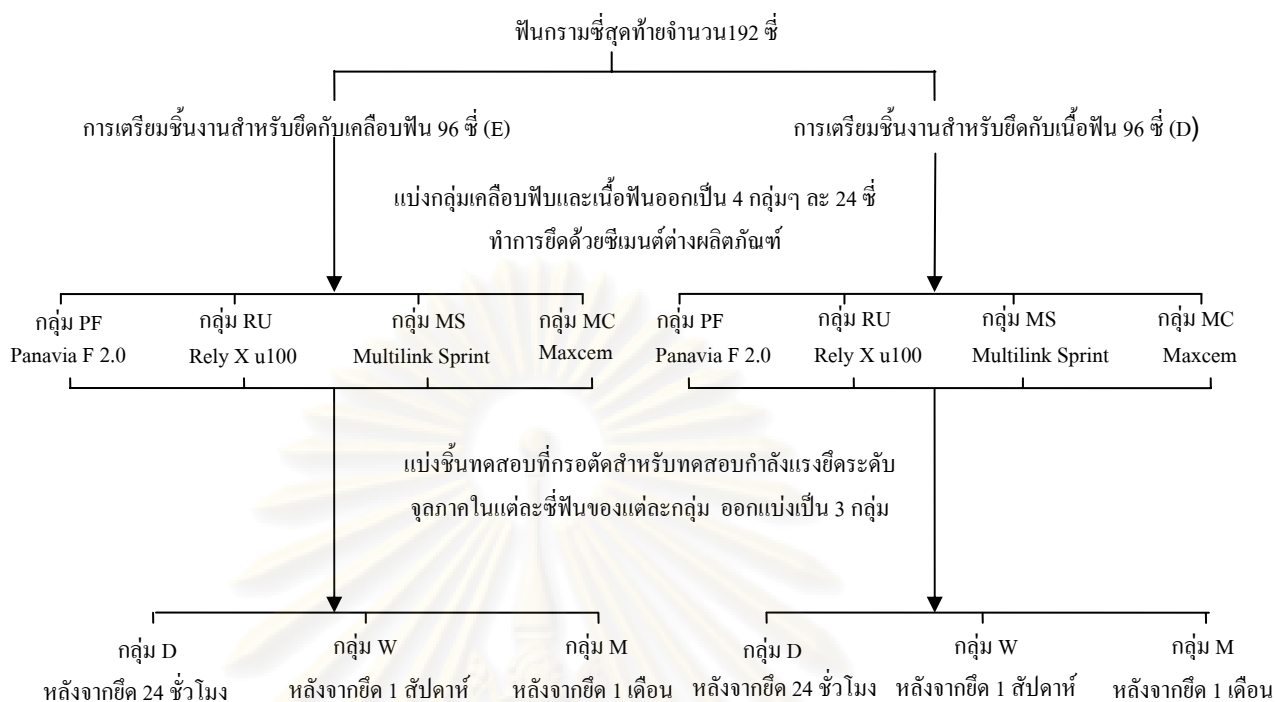
ภาพที่ 5 แสดงการเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

7. การเก็บชิ้นทดสอบ

แบ่งชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบกำลังแรงยึดระดับจุลภาคในแต่ละซีฟั้นออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้

1. กลุ่ม D สำหรับทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคทันที
2. กลุ่ม W นำชิ้นทดลองไปเก็บไว้ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 6 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค
3. กลุ่ม M นำชิ้นทดลองไปเก็บไว้ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 29 วัน ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค โดยจะทำการเปลี่ยนน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสสำหรับแช่ชิ้นทดสอบทุก ๆ 7 วัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 6 แสดงการแบ่งกลุ่มทดลอง

8. การทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

นำชิ้นทดสอบที่เตรียมไว้มายึดติดกับอุปกรณ์ทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ด้วยกาวยึดไซยาโนเมธาคริเลท โดยให้ส่วนที่แคบที่สุดคือบริเวณรอยต่อของเรซินซีเมนต์กับพินอยู่กึ่งกลางของอุปกรณ์ทดสอบ จากนั้นนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงด้วยเครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal testing machine) ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตร/นาที โดยใช้โหลดเซลล์ (load cell) ขนาด 100 นิวตัน บันทึกค่าความต้านทานแรงดึงระดับจุลภาคมีหน่วยเป็นกิโลกรัม แล้วนำมาคำนวณกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคและบันทึกค่าเป็นหน่วยเมกะพาสคาล โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{กำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (MPa)} = \frac{\text{ความต้านทานแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค (Kg)} \times 9.8}{\text{พื้นที่ที่ใช้ยึดติด (mm}^2\text{)}}$$

9. การตรวจสอบลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด

นำชิ้นส่วนที่แตกของชิ้นทดสอบมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อดูลักษณะความล้มเหลวบริเวณรอยแตกที่เกิดขึ้นหลังจากการดึงชิ้นทดสอบ และบันทึกลงในตารางบันทึกผล

โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

9.1 ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดกับเคลือบฟัน⁷

- A - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของเคลือบฟัน (Cohesive failure in enamel)
- B - มีการแตกหักบริเวณรอยต่อของเคลือบฟันกับซีเมนต์ (Adhesive failure at luting-enamel interface)
- C - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของซีเมนต์ (Cohesive failure in the luting agent)
- D - มีการแตกหักบริเวณรอยต่อของเรซินคอมโพสิตกับซีเมนต์ (Adhesive failure at luting-resin composite interface)
- E - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของเรซิน คอมโพสิต (Cohesive failure in resin composite)

9.2 ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดกับเนื้อฟัน⁷

- A - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของเนื้อฟัน (Cohesive failure in dentin)
- B - มีการแตกหักบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันกับซีเมนต์ (Adhesive failure at luting-dentin interface)
- C - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของซีเมนต์ (Cohesive failure in the luting agent)
- D - มีการแตกหักบริเวณรอยต่อของเรซินคอมโพสิตกับซีเมนต์ (Adhesive failure at luting-resin composite interface)
- E - มีการแตกหักทั้งหมดในชั้นของเรซินคอมโพสิต (Cohesive failure in resin composite)

จากนั้นนำชิ้นส่วนที่แตกของชิ้นทดสอบกลุ่มละ 2 ชิ้น มาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อยืนยันลักษณะความล้มเหลวที่ตรวจสอบได้จากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ค่าสถิติแบบพาราเมตริกซ์ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทาง (Three Way ANOVA) ให้เวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และส่วนของฟันที่ทำการยึดติดเป็นปัจจัยที่ต้องการทดสอบ

ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรโดยแยกเป็นการทดสอบต่าง ดังนี้

1. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรระหว่างเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์กัน ซึ่งใช้เวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานเท่ากันและพื้นผิวของฟันที่ทำการยึดแบบ

ติดเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) ว่ามีแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหรือไม่ ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน จะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ชนิดบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ถ้ามีความแตกต่างและมีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน จะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ชนิดแทมฮาน (Tamhane)

2. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรระหว่างเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยัดที่ต่างกัน ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์เดียวกันและพื้นผิวของฟันที่ทำการยึดติดแบบเดียวกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดวัดซ้ำแบบทางเดียว (One-Way Repeated Measures Analysis of Variance) ว่ามีแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหรือไม่ ถ้ามีความแตกต่างกันและมีความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน จะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดบอนเฟอโรนี ถ้ามีความแตกต่างกันและในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน จะใช้การเปรียบเทียบเชิงซ้อนชนิดแทมฮาน

3. ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรระหว่างการยึดติดกับเนื้อฟันและเคลือบฟัน ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์เดียวกัน ที่เวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยัดชิ้นงานเท่ากัน โดยทดสอบค่าที่หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent Sample *t*-test)

นำค่าความถี่ของลักษณะความล้มเหลวหลังการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติในแต่ละกลุ่มทดลองดังนี้ ในกรณีที่มีเซลล์ของค่าความถี่ของลักษณะความล้มเหลวมีความถี่ที่คาดไว้ (expected value) ต่ำกว่า 5 ไม่เกินร้อยละ 20 และไม่มีเซลล์ที่มีค่าความถี่ต่ำกว่า 1 จะใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริกซ์แบบไคสแควร์ แต่ถ้ามีเซลล์ของค่าความถี่ของลักษณะความล้มเหลวมีความถี่ที่คาดไว้ต่ำกว่า 5 เกินร้อยละ 20 และมีเซลล์ที่มีค่าความถี่ต่ำกว่า 1 จะใช้การทดสอบแบบฟิชเชอร์เอกซ์เท็ก (Fisher's Exact)

การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 13 (SPSS 13) และโปรแกรมซิกมาสเตต เวอร์ชัน 2.03 (Sigmastat 2.03) และการศึกษานี้กำหนดค่านัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค

(* รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในภาคผนวก)

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

- มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคที่เคลือบฟันและเนื้อฟันอย่างน้อย 2 กลุ่ม ($p = 0.000$)
- มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 2 กลุ่ม ($p = 0.000$)
- มีแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเมื่อ ใช้เวลาเก็บขึ้นทดสอบต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม ($p = 0.004$)
- มีอิทธิพลร่วมของฟันและผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ($p = 0.003$)
- มีอิทธิพลร่วมของฟันและเวลาหลังการเก็บขึ้นทดสอบต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ($p = 0.038$)
- มีอิทธิพลร่วมของผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์และเวลาหลังการเก็บขึ้นทดสอบต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ($p = 0.004$)
- ไม่มีอิทธิพลร่วมของฟัน ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์และเวลาหลังการเก็บขึ้นทดสอบ ต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ($p = 0.348$)

จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค โดยแยกเป็นการทดสอบต่าง ๆ ดังนี้

1. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันระหว่างเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์กัน ที่ใช้เวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำเท่ากัน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 6)

1.1 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมงพบว่า ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันของ Panavia F 2.0 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของซีเมนต์

ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 และ Maxcem ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกำลังแรงยึดของ Multilink Sprint มีค่าไม่แตกต่างกับ Maxcem แต่มีค่ากำลังแรงยึดน้อยกว่า Rely X U100

1.2 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 1 สัปดาห์ พบว่า ค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 และ Maxcem ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกำลังแรงยึดของ Multilink Sprint มีค่าไม่แตกต่างกับ Maxcem แต่มีค่ากำลังแรงยึดน้อยกว่า Rely X U100

1.3 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 1 เดือน พบว่า ค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 มีค่าสูงกว่า Maxcem และ Multilink Sprint และไม่พบความแตกต่างระหว่างกำลังแรงยึดของ Maxcem และ Multilink Sprint

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน MPa (S.D.)

	Bond to enamel			
	Panavia F 2.0	Rely X U100	Maxcem	Multilink Sprint
1 Day	18.4 (4.8) a,#	14.1 (3.8) b,#	12.4 (4.7) b,#	10.8 (3.7) b,#
1 Week	19.2 (8.5) a,#	12.5 (3.8) b,#	12.2 (5.3) b,c,*	9.2 (3.3) c,*
1 Month	19.0 (8.5) a,#	12.5 (3.3) b,#	7.2 (1.8) c,*	6.8 (2.3) c,+

- ในแต่ละแถว ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ในแต่ละสดมภ์ เครื่องหมาย (# หรือ * หรือ +) ที่เหมือนกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันระหว่างเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์กัน ที่ใช้เวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำเท่ากัน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 7)

2.1 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง พบว่าค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 ไม่แตกต่างจากค่ากำลังแรงยึดของ Maxcem แต่สูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 และ Multilink Sprint อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ค่ากำลังแรงยึดของ Multilink Sprint มีค่าต่ำที่สุด

2.2 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 1 สัปดาห์ พบว่าค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 และ Maxcem ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กำลังแรงยึดของ Multilink Sprint มีค่าต่ำที่สุด

2.3 ค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 1 เดือน พบว่าค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดของซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 และ Maxcem ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่กำลังแรงยึดของ Multilink Sprint มีค่าต่ำที่สุด

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน MPa (S.D.)

	Bond to dentin			
	Panavia F 2.0	Rely X U100	Maxcem	Multilink Sprint
1 Day	16.8 (4.6) a,#	11.7 (2.6) b,#	13.1 (5.3) a,b,#	5.1 (2.3) c,#
1 Week	18.0 (7.3) a,#	11.0 (3.3) b,#	9.3 (4.6) b,*	5.0 (2.3) c,#
1 Month	18.2 (4.9) a,#	11.8 (3.2) b,#	9.4 (4.2) b,*	5.0 (2.2) c,#

- ในแต่ละแถว ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

- ในแต่ละสดมภ์ เครื่องหมาย (# หรือ *) ที่เหมือนกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันระหว่างเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ต่างกัน โดยใช้ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์เดียวกันได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 6)

3.1 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 กับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน

3.2 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 กับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน

3.3 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Maxcem กับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง และ 1 สัปดาห์ ส่วนที่ระยะเวลา 1 เดือนจะมีค่ากำลังแรงยึดต่ำที่สุด

3.4 ค่ากำลังแรงยึดของ Multilink sprint กับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมงมีค่าสูงที่สุด ส่วนที่ระยะเวลา 1 เดือนจะมีค่ากำลังแรงยึดต่ำที่สุด

4. การทดสอบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเฉลี่ยกับเนื้อฟันระหว่างเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ต่างกัน โดยใช้ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์เดียวกัน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 7)

4.1 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Panavia F 2.0 กับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน

4.2 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Rely X U100 กับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน

4.3 ค่ากำลังแรงยึดของ Maxcem กับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมงมีค่าสูงที่สุดและไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดที่เวลา 1 สัปดาห์และ 1 เดือน

4.4 ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดของ Multilink Sprint กับเนื้อฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน

5. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดกับเนื้อฟันที่เวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำเท่ากันและใช้ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์เดียวกัน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 8)

5.1 ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ไม่พบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันทุกช่วงเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ

5.2 ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ที่ระยะเวลาเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมง ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน แต่ที่เวลา 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนไม่พบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน

5.3 ผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่ระยะเวลาเก็บขึ้นทดสอบ 24 ชั่วโมงไม่พบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน ที่เวลา 1 สัปดาห์ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน และ ที่เวลา 1 เดือนค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันน้อยกว่าค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน

5.4 ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ทุกช่วงเวลาในเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันสูงกว่าค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟัน

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตั้งระดับจุดภาคเปรียบเทียบระหว่างการยึดกับเคลือบฟันและการยึดกับเนื้อฟัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน MPa (S.D.)

		Bond to enamel	Bond to dentin
Panavia F 2.0	1 Day	18.4(4.8) *	16.8(4.6) *
	1 Week	19.2(8.5) *	18.0(7.3) *
	1 Month	19.0(8.5) *	18.2(4.9) *
Rely X U100	1 Day	14.1(3.8) *	11.7(2.6) #
	1 Week	12.5(3.8) *	11.0(3.3) *
	1 Month	12.5(3.3) *	11.8(3.2) *
Maxcem	1 Day	12.4(4.7) *	13.1(5.3) *
	1 Week	12.2(5.3) *	9.3(4.6) #
	1 Month	7.2(1.8) *	9.4(4.2) #
Multilink Sprint	1 Day	10.8(3.7) *	5.1(2.3) #
	1 Week	9.2(3.3) *	5.0(2.3) #
	1 Month	6.8(2.3) *	5.0(2.2) #

- ในแต่ละแถว เครื่องหมาย (* หรือ #) ที่เหมือนกันแสดงถึงการไม่มีความแตกต่างระหว่างกำลังแรงยึดกับเนื้อฟันและเคลือบฟันที่ระดับนัยสำคัญ .05

ลักษณะความล้มเหลวและการวิเคราะห์ทางสถิติ

1. ความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเคลือบฟัน (ตารางที่ 9) พบว่า
 - ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 91.3) เป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อของเคลือบฟันกับซีเมนต์
 - ไม่พบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นภายในชั้นของเรซินคอมโพสิต

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเคลือบฟัน พบว่า

- ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ของการยึดติดกับเคลือบฟัน ในเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เดียวกัน ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ต่างกัน
- ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเคลือบฟันของเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์กัน ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำเดียวกัน

ตารางที่ 9 แสดงความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเคลือบฟัน

	Panavia F			Rely X U100			Maxcem			Multilink Sprint		
	D	W	M	D	W	M	D	W	M	D	W	M
Cohesive in enamel	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adhesive-enamel/luting	22	18	21	22	23	23	20	23	20	24	23	24
Cohesive in luting cement	1	2	2	2	1	1	2	1	1	0	1	0
Adhesive-luting/resin composite	1	3	1	0	0	0	2	0	3	0	0	0
Cohesive in Resin composite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D = 1 วัน W = 1 สัปดาห์ M = 1 เดือน

2. ความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเนื้อฟัน (ตารางที่ 10) พบว่า

- ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ (ร้อยละ 88.5) เป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันกับซีเมนต์
- ไม่พบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นภายในชั้นของเรซินคอมโพสิต

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเนื้อฟัน พบว่า

- ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความล้มเหลวที่เกิดขึ้น ในการยึดติดกับเนื้อฟัน ในเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เดียวกัน ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ต่างกัน
- มีความแตกต่างของลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเนื้อฟันของเรซินซีเมนต์ต่างผลิตภัณฑ์กัน ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์และ 1 เดือน

ตารางที่ 10 แสดงความถี่ของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดกับเนื้อฟัน

	Panavia F			Rely X U100			Maxcem			Multilink Sprint		
	D	W	M	D	W	M	D	W	M	D	W	M
Cohesive in dentin	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Adhesive-dentin/luting	22	21	20	22	24	23	18	17	16	24	24	24
Cohesive in luting cement	2	2	4	1	0	1	2	1	2	0	0	0
Adhesive-luting/resin composite	0	1	0	1	0	0	3	6	6	0	0	0
Cohesive in Resin composite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D = 1 วัน W = 1 สัปดาห์ M = 1 เดือน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการยึดติดเคลือบฟันและในการยึดติดเนื้อฟัน พบว่า

- ไม่มีความแตกต่างของลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดเคลือบฟันกับลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดเนื้อฟัน ของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์เดียวกัน ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบเดียวกันในทุกกลุ่มทดลอง ยกเว้นในผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่ระยะเวลาในการเก็บขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

จากการตรวจสอบลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของขึ้นทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ลักษณะความล้มเหลวของขึ้นทดสอบเหมือนกับที่ตรวจสอบได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (รูปภาพแสดงไว้ในภาคผนวก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

การเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคสามารถเตรียมได้หลายรูปแบบ เช่น แบบแท่ง (stick) ที่มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาวหรือแบบคล้ายรูปนาฬิกาทราย (hour glass) ที่มีการกรอแต่งชิ้นทดสอบให้มีลักษณะเป็นรอยคอดตรงกลาง ใน การศึกษานี้ ใช้วิธีการเตรียมชิ้นทดสอบตามวิธีของ Sano และคณะ¹⁰ โดยเตรียมชิ้นทดสอบให้มีลักษณะคล้ายรูปนาฬิกาทราย บริเวณที่มีการยึดติดจะอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางรอยคอดและมีพื้นที่ประมาณ 1 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งเล็กกว่าพื้นที่ของการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงรูปแบบเดิมที่มีพื้นที่ประมาณ 7-12 ตารางมิลลิเมตร⁵¹ แม้ว่าวิธีการเตรียมชิ้นทดสอบลักษณะคล้ายรูปนาฬิกาทรายจะค่อนข้างยุ่งยาก แต่การมีพื้นที่ยึดติดขนาดเล็กจะทำให้มีการกระจายแรงที่สม่ำเสมอและเกิดความเครียดบริเวณรอยต่อของซีเมนต์กับผิวฟันขณะทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง รวมทั้งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อที่ต้องการทดสอบมากกว่าการเตรียมชิ้นทดสอบแบบแท่ง⁷⁰ นอกจากนี้ ยังลดโอกาสที่จะเกิดความบกพร่องของการยึดติดและทำให้ได้ค่ากำลังแรงยึดที่มีความถูกต้องมากกว่าอีกด้วย แม้ว่ากรอแต่งชิ้นทดสอบแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคลักษณะคล้ายรูปนาฬิกาทรายเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน แต่การกรอแต่งชิ้นทดสอบที่ไม่ระมัดระวังจะทำให้เกิดการแตกหักบริเวณที่ยึดติดก่อนที่จะทดสอบแรงยึด (pretest failure) ได้ ดังนั้น ในการกรอแต่งชิ้นทดสอบจะต้องทำให้เกิดแรงกับชิ้นงานที่น้อยที่สุด⁵⁵ ใน การศึกษานี้ จะไม่รวมชิ้นทดสอบที่มีการแตกหักก่อนนำไปวัดค่าแรงยึดติดในการคำนวณทางสถิติ เพราะการแตกหักก่อนที่จะนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแสดงให้เห็นว่า เกิดแรงเครียดที่มากเกินไปในขั้นตอนการกรอตัดเพื่อเตรียมชิ้นทดสอบ⁵⁵ อีกทั้งในการศึกษานี้ ต้องการแบ่งชิ้นทดสอบที่กรอตัดสำหรับทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคในพื้นที่เดียวกันออกเป็น 3 กลุ่มตามช่วงเวลาการเก็บชิ้นทดสอบไว้ในน้ำ ดังนั้น จึงคัดออก (exclude) พื้นที่ที่มีการแตกหักของชิ้นทดสอบก่อนนำไปวัดค่ากำลังแรงยึด จะคัดเข้า (include) เฉพาะพื้นที่สามารถกรอแบ่งได้ชิ้นทดสอบครบ 3 ชิ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตาม การไม่รวมการแตกหักของชิ้นทดสอบก่อนนำไปวัดค่ากำลังแรงยึดในการคำนวณทางสถิติจะทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง⁷¹ นอกจากนี้ การกรอแต่งชิ้นทดสอบรูปทรงนาฬิกาทรายก็ยังมีข้อจำกัดในการควบคุมตำแหน่งรอยคอดของชิ้นทดสอบให้ตรงกับตำแหน่งรอยต่อระหว่างผิวฟันกับเรซินซีเมนต์ที่ต้องการทราบกำลังแรงยึด รวมทั้งการควบคุมพื้นที่ของการยึดติดให้คงที่เท่ากันในทุกชิ้นทดสอบและการวัดขนาดของชิ้นทดสอบตรงตำแหน่งรอยคอดก่อนนำไปทดสอบกำลังแรงยึดทำได้ยาก ดังเช่นในการศึกษานี้ที่พบว่า พื้นที่ยึดติดของชิ้น

ทดสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-1.4 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งอาจส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดแบบตั้งระดับ
จุดภาคที่ได้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง

การศึกษาี้พยายามจัดเตรียมสภาพและขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ให้คล้ายคลึงกับการ
ทำงานในคลินิกมากที่สุด การเตรียมผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันจะใช้เข็มกรอกากเพชรความเร็วสูง
ทรงกระบอกความละเอียดมาตรฐาน และทำการเปลี่ยนเข็มกรอกใหม่ทุกครั้งในการกรอฟันแต่ละซี่
โดยใช้แรงกดขณะกรอฟันเท่ากับ 100 กรัม ซึ่งเป็นแรงที่ทันตแพทย์ส่วนใหญ่ใช้ในการกรอฟัน⁶⁹
ด้วยวิธีการเตรียมผิวดังกล่าวนี้ จะสามารถควบคุมชั้นสเมียร์ให้มีลักษณะคล้ายคลึงกันในทุกซี่
ฟัน ตำแหน่งของเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ใช้ในการยึดติด จะถูกควบคุมให้อยู่ที่ระดับความลึกและมี
มีแนวการเรียงตัวของฟันเหมือนกันในฟันทุกซี่ เพราะตำแหน่งของผิวฟันที่ทำการยึดติดที่ต่างกัน
จะส่งผลต่อค่าแรงยึดติด^{28, 58} ในส่วนเนื้อฟัน จะใช้เนื้อฟันส่วนไกลโพรงฟัน (superficial dentin)
เนื่องจากการกรอเตรียมฟันทางด้านบดเคี้ยว (occlusal reduction) สำหรับทำครอบฟัน อินเลย์
หรือออนเลย์นั้น บริเวณที่จะยึดติดกับซีเมนต์จะเป็นส่วนของเนื้อฟันส่วนไกลโพรงฟัน⁷² สำหรับ
เคลือบฟันนั้น จะใช้เคลือบฟันบริเวณที่ต่ำกว่า occlusal 1/3 ของด้านใกล้แก้มหรือด้านใกล้ลิ้นลง
มา 1 มิลลิเมตร ซึ่งไม่ได้เป็นตำแหน่งในการยึดติดเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นจริงในคลินิก เนื่องจาก
ต้องการพื้นที่ในการยึดติดให้มีขนาดอย่างน้อย 4 x 6 ตารางมิลลิเมตร ความหนาของซีเมนต์ยึด
ชิ้นงานจะถูกควบคุมให้หนาประมาณ 80 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นความหนาของชั้นเซลฟ์แอตชีฟเรซิน
ซีเมนต์ที่พบในการยึดชิ้นงานอินเลย์ชนิดเซรามิก⁷ และครอบฟันทอง²⁴ แม้ว่า ความหนาของชั้น
ซีเมนต์ในการศึกษาี้มีค่าค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับความหนาของซีเมนต์ที่ American National
Standards Institute/ American Dental Association (ANSI/ADA) specification No.96
กำหนดไว้ว่า ความหนาของซีเมนต์ประเภทที่ 1 สำหรับยึดชิ้นงานที่ทำจากโลหะมีสกุล (precision
restoration) ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ไมโครเมตร และความหนาของแผ่นฟิล์มประเภทที่
2 สำหรับยึดชิ้นงานประเภทอื่น (all other purposes) ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40
ไมโครเมตร¹¹ แต่ในการใช้งานทางคลินิก ช่องว่างระหว่างฟันกับครอบฟันชนิดเซรามิกล้วน
(marginal gap) จะมีค่าประมาณ 46-112 ไมโครเมตร⁷³ ขึ้นอยู่กับชนิดของเซรามิกที่ใช้ อย่างไรก็ตาม
ตามช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานกับฟันควรมีค่าไม่เกิน 120 ไมโครเมตร⁷⁴ น้ำหนักที่ใช้กด
ชิ้นงานขณะทำการยึดติดกับผิวฟันเท่ากับ 1000 กรัม เฉลี่ยได้ประมาณ 40 กรัมต่อตาราง
มิลลิเมตร ซึ่งเทียบได้กับแรงกดปกติที่ทันตแพทย์ใช้ในการยึดครอบฟัน⁷⁵ และซีเมนต์ยึดชิ้นงานที่
ใช้ในการศึกษาี้จะมีการก่อตัวสองรูปแบบร่วมกัน โดยจะให้เกิดการก่อตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีเป็น
เวลา 3 นาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต (Rely X U100 และ Maxcem) ก่อนที่จะกำจัด
ซีเมนต์ส่วนเกินออก จากนั้นทำให้ซีเมนต์เกิดการก่อตัวด้วยแสงจากการฉายแสงโดยรอบชิ้นงาน

การศึกษานี้ต้องการทราบแรงยึดติดระหว่างซีเมนต์ยึดชิ้นงานกับเคลือบฟันและเนื้อฟัน ดังนั้น ผิวชิ้นงานเรซินคอมโพสิตที่นำมายึดติดและเป็นส่วนหนึ่งของชิ้นทดสอบจึงถูกเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ จากนั้นทำความสะอาด แล้วทำไซเลนและสารยึดติดก่อนทำการยึดติดกับผิวฟันโดยใช้ซีเมนต์ การเตรียมผิวเรซินคอมโพสิตด้วยวิธีนี้จะให้ค่าแรงยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเรซินซีเมนต์ที่ค่อนข้างสูง⁷⁶ ดังนั้น ภายหลังจากทดสอบกำลังแรงยึด รูปแบบการแตกหักของชิ้นงานส่วนใหญ่ที่พบในการศึกษานี้ จึงเป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์ยึดชิ้นงานกับผิวฟันตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม การเตรียมผิวเรซิน คอมโพสิตดังกล่าวจะไม่สอดคล้องกับคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตในการใช้เรซินซีเมนต์ยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิต โดยบริษัทผู้ผลิตแนะนำไว้ว่าไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมผิวเรซินคอมโพสิต

การศึกษากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับฟันที่ผ่านมา จะเป็นการทดสอบภายหลังจากยึดชิ้นงานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง^{2, 5-7} อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานจริงวัสดุบูรณะและสารยึดติดต้องพบกับสภาวะหลายๆ อย่างภายในช่องปาก เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แรงบดเคี้ยว รวมทั้งต้องสัมผัสกับกรดและเอนไซม์ต่างๆ สภาวะเหล่านี้อาจทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติด ส่งผลให้อายุการใช้งานของวัสดุบูรณะที่ใช้สารยึดติดสั้นลง⁷⁷ การทดสอบค่ากำลังแรงยึดในสภาวะลอกเลียนแบบสภาวะการใช้งานจริงในช่องปากสามารถทำได้หลายรูปแบบ ซึ่งในการศึกษานี้เลือกการแช่ชิ้นทดสอบไว้ในน้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาหนึ่งเพื่อจำลองสภาพการใช้งานในช่องปาก เนื่องจากการเก็บชิ้นทดสอบไว้ในน้ำเป็นระยะเวลานานเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่ได้^{9, 42, 78} อีกทั้งเป็นวิธีที่นิยมและสามารถทำได้ง่าย³⁹

การศึกษานี้ใช้ระยะเวลาการเก็บชิ้นทดสอบ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 1 วัน 1 สัปดาห์และ 1 เดือนเหมือนการศึกษาของ Nakajima และคณะ⁷⁹ ซึ่งเป็นระยะเวลาในการเก็บชิ้นทดสอบที่ยาวนานนักเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ ที่ผ่านมามีระยะเวลาเก็บชิ้นทดสอบที่นานกว่า⁸⁰⁻⁸³ โดยการศึกษาเหล่านั้นพบว่า จะมีการลดลงของค่ากำลังแรงยึดเมื่อแช่ชิ้นทดสอบไว้ในน้ำตั้งแต่เวลา 3, 6, 9 เดือน หรือ 1 ปี⁸⁰⁻⁸³ เหตุที่เลือกระยะเวลาในการแช่ชิ้นทดสอบที่ค่อนข้างสั้นในการศึกษานี้ เนื่องจากการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับผิวฟันจะมีชั้นสเมียร์บนผิวฟันมาเป็นส่วนหนึ่งของการยึดติดด้วย ซึ่งโดยปกติแล้ว ชั้นสเมียร์เป็นชั้นที่ประกอบด้วยเศษผงฟันที่เป็นเส้นใยคอลลาเจนที่ถูกตัดทำลายและผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ปกคลุมผิวฟันอย่างหลวม ๆ ลักษณะการปกคลุมดังกล่าวจะทำให้มีการลดลงของค่าแรงยึดติดอย่างรวดเร็วเมื่อแช่ชิ้นทดสอบไว้ในน้ำในระยะเวลาที่ไม่ยาวนานนัก นอกจากนั้น การกรอตัดชิ้นทดสอบที่พร้อมสำหรับทดสอบค่ากำลังแรงยึดในการศึกษานี้ จะทำให้บริเวณรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับฟัน (resin cement-tooth interface) สัมผัสกับน้ำโดยตรง ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้ลดลงในระยะเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นงานที่

ยังไม่ได้กรอตัด^{39, 43} ยิ่งไปกว่านั้น การเปลี่ยนน้ำกลั่นที่ใช้แช่ชิ้นทดสอบทุก ๆ 7 วัน จะช่วยเร่งกระบวนการเสื่อมสลายด้วยน้ำของการยึดติดที่เกิดขึ้นได้⁶⁴

โดยทั่วไปแล้ว จะมีชิ้นทดสอบ 2 รูปแบบที่เก็บไว้ในน้ำ³⁹ คือ ชิ้นทดสอบที่ทำการกรอตัดพร้อมที่จะทำการทดสอบค่ากำลังแรงยึด และชิ้นตัวอย่างที่ยังไม่ได้กรอตัดแบ่งเป็นชิ้นทดสอบ ซึ่งการศึกษานี้จะแช่ชิ้นทดสอบที่ทำการกรอตัดแล้ว เนื่องจาก การเตรียมชิ้นตัวอย่างจะมีการติดเทปกาวเพื่อควบคุมความหนาของซีเมนต์ หากแช่ชิ้นตัวอย่างโดยที่ไม่ได้มีการกรอตัดก่อน เทปกาวที่ติดอยู่อาจขัดขวางไม่ให้น้ำสัมผัสกับซีเมนต์ ซึ่งจะมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่ได้ ซึ่งการแช่ชิ้นทดสอบที่กรอตัดไว้แล้วในน้ำ จะทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลงในระยะเวลาที่สั้นกว่าเมื่อเทียบกับชิ้นงานที่ยังไม่ได้กรอตัด^{39, 43}

ในการศึกษานี้ ใช้เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 เป็นตัวเปรียบเทียบ เพราะเป็นเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ที่มีขั้นตอนการปรับสภาพผิวฟันด้วยสารไพรเมอร์ก่อนการยึดติด มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดในสารไพรเมอร์จะทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันก่อนการใช้เรซินซีเมนต์ ขั้นตอนดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับการใช้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ที่มีการรวมเอามอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเข้าเป็นส่วนหนึ่งของซีเมนต์ด้วย อีกทั้ง Panavia F 2.0 ก็เป็นเรซินซีเมนต์ที่มีการศึกษาและวิจัยในทางทันตกรรมอย่างแพร่หลาย และแม้ว่า Panavia F 2.0 จะลดขั้นตอนการทำงานที่มีความยุ่งยากลง แต่ยังคงมีค่ากำลังแรงยึดกับพื้นที่ค่อนข้างสูง^{2, 5, 6}

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในการศึกษานี้พบว่า มีความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดระหว่างเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์กับเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ให้ค่ากำลังแรงยึดที่แตกต่างกัน เวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำหลังยึดชิ้นงานมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ และบริเวณของพื้นที่ทำการยึดซึ่งได้แก่เคลือบฟันและเนื้อฟันมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ ดังนั้น สมมุติฐานของการวิจัยครั้งนี้จึงถูกปฏิเสธทุกกรณี

ผลจากการศึกษานี้พบว่า ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันของ Panavia F 2.0 ที่เวลา 24 ชั่วโมงมีค่าสูงกว่าเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับการผลของศึกษาอื่น ๆ ที่ทำมาก่อนหน้านี้^{5-7, 75} ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ ED-Primer ที่มีความหนืดน้อยและมีคุณสมบัติในการไหลแผ่ที่ดีในการปรับสภาพผิวเคลือบฟันก่อนการใช้เรซินซีเมนต์ มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดใน ED-Primer จึงมีประสิทธิภาพในการปรับสภาพชั้นสเมียร์ให้เหมาะสมต่อการยึดติดได้ดีกว่าเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ แม้ว่าผู้วิจัยได้ใช้แรง 1000 กรัม ในการกดชิ้นเรซินคอมโพสิตตลอดระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์ ซึ่งน่าจะทำให้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์สัมผัสผิวฟันได้อย่างสมบูรณ์ แต่การแทรกซึมของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์เข้าไปที่ผิวเคลือบฟันเพื่อไปปรับสภาพนั้น อาจเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์นักเมื่อเทียบกับการใช้สาร ED-primer ที่มีความหนืดน้อยกว่า

รวมทั้งลักษณะการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่เห็นจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่า มีรูพรุนขนาดเล็ก (porous) ตามรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับผิวเคลือบฟัน^{ref} ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์มีความสามารถในการแทรกซึมและไหลแผ่ที่ไม่ดีพอ อย่างไรก็ตาม ลักษณะการแตกหักของชั้นทดสอบทั้งในกลุ่มเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์และกลุ่มเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ส่วนใหญ่จะเป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับเคลือบฟันเหมือนกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การยึดติดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์และเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟันน่าจะเกิดการยึดติดในชั้นสเมียร์เท่านั้น มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดในเรซินซีเมนต์จะไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการละลายสารอินทรีย์ออกจากเคลือบฟันและทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก เพื่อเกิดเป็นแท่งเรซินระดับจุลภาค (microtag) และแท่งเรซิน (macrotag) ได้ แม้ว่าค่าแรงยึดติดกับเคลือบฟันของ Panavia F 2.0 จะมีค่าสูงกว่าค่าแรงยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์แต่ก็ยังน้อยกว่าค่ากำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทซ์^{5, 6} การศึกษาของ Yoshioka และคณะ⁸⁵ พบว่า สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์อย่างอ่อน (mild self-etch adhesive) ที่มีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 2 ไม่สามารถกัดกร่อนผิวเคลือบฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการใช้สารยึดติดระบบโททอลเอทซ์ที่ใช้กรดฟอสฟอริกในการกัดผิวฟัน

สำหรับการยึดติดกับเคลือบฟันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 และ Maxcem ให้ค่ากำลังแรงยึดที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดที่ใกล้เคียงกัน⁸⁶ ส่วนผลิตภัณฑ์ Multilink sprint ให้กำลังแรงยึดที่ต่ำกว่า Rely X U100 แต่ให้กำลังแรงยึดไม่แตกต่างกับ Maxcem เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่างของ Multilink sprint มีค่า 4.2 ซึ่งสูงกว่าของ Rely X U100 และ Maxcem ทำให้มีประสิทธิภาพการละลายแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันน้อยกว่า ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้ต่ำกว่า Rely X U100 และ Maxcem

สำหรับค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันนั้น การศึกษานี้พบว่า Panavia F 2.0 ให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่เวลา 24 ชั่วโมงสูงกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ เนื่องมาจากการที่ ED-primer ที่ใช้ร่วมกับ Panavia F2.0 ทำหน้าที่ปรับสภาพชั้นสเมียร์ให้เหมาะสมต่อการยึดติด จากการศึกษาของ Al-Assaf และคณะ² ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนภายหลังการทำ ED-primer ที่ผิวเนื้อฟันแล้วทำการล้างออกด้วยอะซิโตน (acetone) และน้ำ พบว่า ชั้นสเมียร์จะถูกกำจัดออกหมดและมีการเปิดช่องท่อเนื้อฟันในบางตำแหน่ง ส่วนการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์หลังจากทำซีเมนต์ที่ผสมแล้วไว้ที่เนื้อฟัน 3 นาทีและทำการล้างออกด้วยอะซิโตนและน้ำ จะพบว่าชั้นสเมียร์จะถูกกำจัดออกเพียงบางส่วนและยังพบสเมียร์พลัคภายในท่อเนื้อ ทำให้การใช้ Panavia F2.0 มีปริมาณการละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันที่มากกว่าการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์² อย่างไรก็ตาม รูปแบบการแตกหักภายหลังการทดสอบส่วนใหญ่ทั้งในกลุ่มเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์และกลุ่มเซลฟ์

แอดฮีซีฟเรซินก็มีรูปแบบเดียวกัน คือ เกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟัน ซึ่งแสดงว่า ลักษณะการยึดติดที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดเป็นเพียงชั้นที่รวมกันระหว่างชั้นสเมียร์กับเรซินซีเมนต์ทำให้เกิดเป็นชั้นที่มีความแข็งแรงน้อย เมื่อทดสอบค่าแรงยึดติดแบบดึงจึงเกิดการแตกหักบริเวณดังกล่าว ถึงแม้ว่าการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า Panavia F2.0 สามารถเกิดขึ้นไฮบริดได้^{2, 7} แต่การศึกษาครั้งนี้จะใช้ซีเมนต์ที่ที่มีความยากในการเตรียมผิวฟันซึ่งทำให้ได้ชั้นสเมียร์ที่ค่อนข้างหนา ซึ่งอาจทำให้ ED-primer ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้เกิดชั้นไฮบริดได้หรืออาจเกิดขึ้นเพียงบางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดที่มีต่อเนื้อฟันของ Maxcem กับ Panavia F 2.0 ที่ 24 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ Maxcem ประกอบด้วยมอนอเมอร์หลายชนิดซึ่งเป็นส่วนสำคัญของกลไกการยึดติด เช่น glycerol dimethacrylate dihydrogen phosphate มอนอเมอร์เหล่านี้จะประกอบอยู่ในสารยึดติดผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น Optibond FL และ Optibond Solo plus อีกทั้ง Maxcem ยังมีมอนอเมอร์ที่มีความชอบน้ำ (hydrophilic monomer) ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันได้ดี⁸⁷

เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ที่เวลา 24 ชั่วโมงพบว่า Rely X U100 กับ Maxcem ให้ค่ากำลังแรงยึดที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลไกการยึดติดที่อาศัยมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเหมือนกัน การมีปริมาณวัสดุอุดแทรกที่ใกล้เคียงกัน⁸⁸ และค่าความเป็นกรดต่างที่ใกล้เคียงกัน⁸⁶ นอกจากนั้น Rely X U100 และ Maxcem ยังประกอบด้วยแก้วไอออโนซิลิเกต ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอ้างว่าสามารถทำปฏิกิริยากับความชื้นในเนื้อฟันและมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด แล้วเกิดปฏิกิริยากรด-ด่างและการยึดติดทางเคมีกับเนื้อฟันแบบเดียวกับวัสดุในกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์⁸⁹ ส่วน Multilink Sprint มีค่ากำลังแรงยึดที่ต่ำกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบ เหตุที่เป็นเช่นนั้นอาจจะเนื่องมาจากความเป็นกรดต่างของซีเมนต์ที่มีค่า 4.2⁹⁰ ซึ่งมีค่าสูงกว่า Rely X U100 และ Maxcem ที่มีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 2.0-2.4⁸⁶ ทำให้ Multilink Sprint ไม่สามารถปรับสภาพเนื้อฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้น Multilink Sprint ยังไม่มีแก้วไอออโนซิลิเกตเป็นองค์ประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยากรด-ด่าง เช่นเดียวกับ Rely X U100 และ Maxcem ทำให้ความชื้นที่เหลืออยู่ขณะเตรียมผิวเนื้อฟันอาจไปขัดขวางการยึดติดระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟันได้ แต่ในการยึดติดกับเคลือบฟันที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าในเนื้อฟันจะไม่เกิดลักษณะดังกล่าว จึงส่งผลให้ Multilink Sprint ให้ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันไม่แตกต่างเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่น นอกจากนั้นขนาดมวลโมเลกุลของมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดและขนาดของวัสดุอุดแทรกในเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ก็น่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการยึดติดที่แตกต่างกันได้จากค่ากำลังแรงยึดของ Multilink Sprint กับเนื้อฟันที่มีค่าค่อนข้างน้อยส่งผลให้ลักษณะการ

แตกหักทั้งหมดภายหลังการทดสอบที่เกิดขึ้นของ Multilink Sprint เป็นการแตกหักเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและซีเมนต์

การลดลงของประสิทธิภาพการยึดติดจากการแช่ขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ เป็นผลมาจากการเสื่อมขององค์ประกอบของเรซินและส่วนของฟันบริเวณผิวรอยต่อจากขบวนการเสื่อมสลายทางเคมีที่อาศัยน้ำ (hydrolysis) หรือเกิดจากการยืดตัว (plasticization) ที่เกิดจากการซึมผ่านของน้ำและการลดลงของคุณสมบัติทางกลของพอลิเมอร์เมทริกซ์ (polymer matrix) โดยก่อให้เกิดการบวมและลดแรงการเสียดสีระหว่างสายพอลิเมอร์⁹¹ นอกจากนี้ องค์ประกอบบริเวณรอยต่อบางชนิด เช่น มอนอเมอร์ที่ไม่ได้บ่มตัว (uncured monomers) และสารที่ถูกสลายออกมา (breakdown products) จากกระบวนการเสื่อมสลายที่เกิดขึ้นก็สามารถส่งผลให้การยึดติดอ่อนแอลงด้วย⁴⁶

จากการศึกษานี้ พบว่า Panavia F 2.0 ให้ค่าแรงยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันที่เวลา 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนไม่แตกต่างกัน และที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนให้ค่าแรงยึดติดสูงกว่าเซลฟ์แอตอีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากขั้นตอนที่มีการใช้ ED-primer ที่มีความหนืดน้อยและมีประสิทธิภาพในการปรับสภาพชั้นสเมียร์ให้เหมาะสมต่อการยึดติดได้ดีกว่าเซลฟ์แอตอีซีฟเรซินซีเมนต์ นอกจากนี้ ED-primer ยังประกอบด้วย MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) ซึ่งจัดเป็นมอนอเมอร์ที่มีความคงตัวในน้ำ (hydrolytic stability)⁹² รวมทั้งยังสามารถเกิดพันธะทางเคมีกับแคลเซียมที่ผิวฟันได้⁹² แม้ว่าลักษณะการแตกหักของขึ้นทดสอบ Panavia F 2.0 ที่พบส่วนใหญ่ทุกช่วงเวลาทดสอบจะเป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับผิวฟัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Panavia F 2.0 น่าจะเกิดการยึดติดในชั้นสเมียร์เท่านั้น และอาจไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการแทรกซึมลงไปทีผิวฟันด้านล่างเพื่อสร้างชั้นไฮบริด แต่หลาย ๆ การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า Panavia F 2.0 สามารถยึดติดกับผิวฟันเกิดชั้นไฮบริดได้^{2, 7, 75} โดยชั้นไฮบริดที่เกิดขึ้นจากการใช้เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 แม้ว่าจะเกิดเป็นชั้นบางๆ⁷⁵ แต่ความหนาของชั้นไฮบริดที่ได้ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของการยึดติด ความสมบูรณ์ที่ได้ของชั้นไฮบริดจะมีความสำคัญต่อความทนทานในการใช้งานของวัสดุบูรณะ⁹³ ปัจจุบัน ยังไม่มีการศึกษาถึงการยึดติดของ Panavia F 2.0 กับเคลือบฟันเมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ แต่จากการศึกษาถึงการยึดติดกับเคลือบฟันของ Clearfil SE Bond ซึ่งเป็นสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอนชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำที่ผลิตโดยบริษัทผู้ผลิตเดียวกันกับ Panavia F 2.0 และมีส่วนประกอบทางเคมีที่คล้ายคลึงกัน พบว่าค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันที่ได้จะมีความคงตัวเมื่อแช่ขึ้นตัวอย่างไว้ในน้ำเป็นเวลา 1 ปี^{94, 95}

ส่วนการศึกษาถึงการยึดติดของ Panavia F 2.0 กับเนื้อฟันเมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ผ่านมาของ Kitasako และคณะ⁸⁴ ให้ผลสอดคล้องกับผลของการศึกษานี้ โดยพบว่า Panavia F 2.0 จะให้ค่ากำลังแรงยึดที่ไม่แตกต่างเมื่อแช่ขึ้นทดสอบที่เวลา 1 วันและ 1 ปี และค่ากำลังแรงยึด

ของ Panavia F 2.0 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยเมื่อผ่านการแช่น้ำหรือผ่านการทำเทอร์โมไซคลิก⁹⁶ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการศึกษานี้จะแสดงให้เห็นว่า การใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 สามารถให้ผลการยึดติดที่มีความคงตัวในน้ำ แต่ในการยึดติดกับเคลือบฟันนั้นสารไพรเมอร์ในระบบเซลฟ์เอทซ์ไม่สามารถปรับสภาพผิวเคลือบฟันได้ดีเท่ากับการใช้กรดฟอสฟอริก⁸⁵ รวมทั้งสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ยังประกอบด้วยมอนอเมอร์ที่มีคุณสมบัติชอบน้ำ เช่น HEMA ซึ่งสามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว⁹² ซึ่งอาจส่งผลต่อการลดลงของค่าแรงยึดติดติดในระยะยาว

สำหรับการยึดติดกับเคลือบฟันของกลุ่มเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์เมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ระยะเวลาแตกต่างกันพบว่า ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ให้ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเวลาผ่านไปเพียง 1 สัปดาห์และลดลงอีกที่เวลา 1 เดือน แม้ว่า Multilink Sprint จะใช้ MDP ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดเช่นเดียวกับสาร ED-primer ของ Panavia F 2.0 ในการปรับสภาพผิวเคลือบฟัน แต่เนื่องจากลักษณะของซีเมนต์ที่มีความหนืดสูงกว่า ED-primer รวมทั้งค่าความเป็นกรด-ด่างของ Multilink Sprint ที่มีค่าค่อนข้างสูง (pH 4.2)⁹⁰ ทำให้มีประสิทธิภาพในการปรับสภาพผิวเคลือบฟันที่ต่ำกว่า ดังนั้น เมื่อนำ Multilink Sprint ไปยึดกับผิวเคลือบฟันที่มีชั้นสเมียร์ปกคลุม จึงยังคงเหลือชั้นสเมียร์ที่ปกคลุมผิวเคลือบฟันอยู่ การยึดติดของ Multilink Sprint กับผิวเคลือบฟันจึงเป็นการยึดกับชั้นสเมียร์ซึ่งเป็นชั้นที่ประกอบด้วยเศษผงฟันจากการกรอตัดยึดกันอย่างหลวมๆ หนาประมาณ 1-5 ไมครอน^{97, 98} ลักษณะการยึดติดดังกล่าวทำให้เกิดกระบวนการเสื่อมสลายด้วยน้ำบริเวณรอยต่ออย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีการลดลงของค่าแรงยึดติดอย่างรวดเร็วเมื่อแช่ขึ้นทดสอบไว้ในน้ำ

สำหรับผลิตภัณฑ์ Rely X U100 นั้น แม้ว่าจะมีลักษณะการยึดติดเช่นเดียวกับ Maxcem และ Multilink sprint แต่ Rely X U100 กลับให้ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันหลังเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง 1 สัปดาห์ และ 1 เดือนที่ไม่แตกต่างกัน การที่ Rely X U100 มีความคงทนของการยึดติดภายหลังการแช่ไว้ในน้ำมากกว่า Maxcem และ Multilink Sprint นั้น น่าจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างภายหลังการผสมซีเมนต์ โดยเมื่อเริ่มผสมซีเมนต์ค่าความเป็นกรด-ด่างของ Rely X U100 จะมีค่าประมาณ 2^{86, 88} หลังจากนั้นค่าเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นจนเป็นกลาง ซึ่งจะทำให้ซีเมนต์เปลี่ยนคุณสมบัติจากซีเมนต์ที่ชอบน้ำไปเป็นซีเมนต์ที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งส่งผลให้ซีเมนต์มีความคงตัวเมื่ออยู่ในน้ำมากกว่า Maxcem ที่เมื่อเริ่มผสมซีเมนต์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซีเมนต์จะมีค่าประมาณ 2 และเมื่อปล่อยให้มีการแข็งตัวทั้งจากปฏิกิริยาเคมีเพียงอย่างเดียวหรือมีการฉายแสงร่วมด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่างของซีเมนต์จะยังคงความเป็นกรดอยู่^{86, 88} ทั้งนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้นของ Rely X U100 นั้น บริษัทผู้ผลิตอ้างว่าเกิดจากปฏิกิริยากรด-ด่างระหว่าง methacrylated phosphoric ester ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรดกับแก้วอะลูมิโนซิลิเกตและน้ำ อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลาแช่ขึ้นทดสอบ 1 สัปดาห์ และ 1

เดือน ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันของ Rely X U100 ก็มีค่าต่ำกว่า Panavia F 2.0 อย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนการยึดติดกับเนื้อฟันของกลุ่มเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์เมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำที่ระยะเวลาต่างกัน พบว่า ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 กับ Multilink Sprint ไม่มีความแตกต่างของค่าแรงยึดติดเมื่อเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำที่เวลา 1 วัน 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ส่วนค่ากำลังแรงยึดของ Maxcem จะลดต่ำลงที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ และที่ระยะเวลาแช่ขึ้นทดสอบ 1 สัปดาห์และ 1 เดือน ค่ากำลังแรงยึดที่ได้ของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่า Panavia F 2.0 อย่างมีนัยสำคัญนั้น อาจเนื่องมาจาก กลไกการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่เป็นการยึดติดกันระหว่างชั้นสเมียร์กับซีเมนต์เหมือนกับที่เกิดในการยึดติดกับเคลือบฟัน โดยในผลิตภัณฑ์ Rely X U100 จะมีความคงตัวในน้ำมากกว่าเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์อื่นๆ เนื่องจากซีเมนต์มีคุณสมบัติที่สามารถเปลี่ยนจากซีเมนต์ที่ชอบน้ำไปเป็นซีเมนต์ที่ไม่ชอบน้ำเมื่อซีเมนต์มีการก่อตัว ส่วนใน Multilink Sprint ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างของค่าแรงยึดติดกับเนื้อฟันเมื่อเก็บชิ้นงานไว้ในน้ำที่เวลาต่าง ๆ กัน แต่ค่ากำลังแรงยึดที่ได้จะมีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ในทุกช่วงเวลา

แม้ว่าเคลือบฟันและเนื้อฟันจะประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ (organic) สารอนินทรีย์ (inorganic) และน้ำ ในสัดส่วนที่แตกต่างกันไป การเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดระหว่างเคลือบฟันกับเนื้อฟันของเรซินซีเมนต์แต่ละผลิตภัณฑ์ที่เวลาในการเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำหลังยึดเดียวกัน กลับพบว่าผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ให้ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ไม่แตกต่างกัน ทั้ง 3 ช่วงเวลา ทั้งนี้คงเนื่องมาจากการใช้สารโพรมีเมอร์ปรับสภาพผิวฟันโดยไม่มีการล้างออก ซึ่งสามารถลดความผิดพลาดในการควบคุมปริมาณความชื้นที่ผิวเนื้อฟันลง⁹⁹ ทำให้ลดอิทธิพลของน้ำภายในเนื้อฟันที่เป็นอุปสรรคต่อการยึดติดได้

ส่วนในกลุ่มเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ที่พบว่า ค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันมีค่าสูงกว่าในเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญสำหรับผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ที่เวลา 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่เวลา 1 สัปดาห์และผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ที่เวลา 24 ชั่วโมงและ 1 สัปดาห์ นั้น อาจเนื่องมาจากเคลือบฟันและเนื้อฟันมีปริมาณสารอนินทรีย์ และสารอินทรีย์ที่ต่างกัน เคลือบฟันซึ่งมีปริมาณสารอนินทรีย์มากกว่าจะเกิดพันธะทางเคมีได้ดีกว่าในส่วนของเนื้อฟัน อีกทั้งปริมาณของสารอินทรีย์จำพวกคอลลาเจนในชั้นสเมียร์ของเนื้อฟันอาจมีส่วนในการยับยั้งการแทรกซึมของมอนอเมอร์ลงไปในเนื้อฟัน ค่าความเป็นกรดต่างของซีเมนต์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลให้การยึดติดระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟันที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลา 1 เดือน เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ทุกผลิตภัณฑ์ให้ค่ากำลังแรงยึดระหว่างเคลือบฟันกับเนื้อฟันที่ไม่ต่างกัน ซึ่งคาดว่าผลจากลักษณะการยึดติดที่เกิดขึ้นของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟัน

และเนื้อฟันเหมือนกัน คือ มีการยึดกันระหว่างชั้นสเมียร์กับเรซินซีเมนต์ ทำให้ผลการเสื่อมสลายด้วยน้ำมีผลต่อการยึดติดที่เกิดขึ้นคล้ายคลึงกัน

ในการศึกษานี้พบว่า ลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบกำลังแรงยึดแบบดึงที่เกิดขึ้นมีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างฟันกับซีเมนต์ยึดขึ้นงาน เนื่องจากผิวชั้นงานเรซิน คอมโพสิตที่นำมายึดติดและเป็นส่วนหนึ่งของชั้นทดสอบได้ทำการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ ทาไฮเลนและสารยึดติดก่อนทำการยึดติดกับผิวฟัน เพื่อให้ได้ค่ากำลังแรงยึดของเรซินคอมโพสิตกับซีเมนต์ที่ดีที่สุด⁷⁶ และให้ค่ากำลังแรงยึดที่คงตัวในน้ำในระยะเวลาที่ยาวนาน⁴⁷ อีกทั้งการเตรียมรูปร่างชั้นทดสอบแบบนาฬิกาทรายทำให้มีการกระจายแรงเครียดที่บริเวณรอยต่อที่ดี ลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในการใช้ Panavia F 2.0 ส่วนใหญ่ก็เกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างฟันกับซีเมนต์ยึดขึ้นงานเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kitasako และคณะ⁸⁴ ที่ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนตรวจสอบลักษณะความล้มเหลวที่มักเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและซีเมนต์ยึดขึ้นงานเมื่อแช่ชั้นทดสอบไว้ในน้ำเป็นเวลา 1 ปี ส่วนลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดในเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ส่วนใหญ่ก็จะเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและซีเมนต์ยึดขึ้นงาน ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะการยึดติดที่ซีเมนต์จะยึดบนชั้นสเมียร์ที่ปกคลุมผิวฟันอยู่ ซึ่งจะเป็นชั้นที่มีการยึดตัวกันอย่างหลวมๆของเศษผงฟัน

การยึดติดกับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ในการศึกษาครั้งนี้มีค่ากำลังแรงยึดที่น้อยกว่าเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 มีความพยายามที่จะเพิ่มกำลังแรงยึดของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์กับเคลือบฟัน เช่น การใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวฟันก่อนการใช้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X Unicem ทำให้กำลังแรงยึดที่ได้มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวเคลือบฟัน⁷ อย่างไรก็ตาม การใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวเนื้อฟันก่อนการใช้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X Unicem ทำให้กำลังแรงยึดกับเนื้อฟันที่ได้ต่ำลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้กรดฟอสฟอริก เนื่องจากซีเมนต์ที่มีความหนืดสูงจะไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปยังโครงร่างคอลลาเจนที่เกิดขึ้นจากการใช้กรดฟอสฟอริกได้⁷ ส่วนการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แบบขั้นตอนเดียวเตรียมผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันก่อนการใช้เซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X Unicem สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แบบขั้นตอนเดียวจะมีประสิทธิภาพในการปรับสภาพชั้นสเมียร์บนผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันได้ดีกว่า ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดทั้งกับเคลือบฟันและเนื้อฟันสูงขึ้น⁶ จากผลการศึกษาพบว่า ค่ากำลังแรงยึดกับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันของเซลฟ์แอตตีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ให้ค่าที่ต่ำกว่าการใช้เซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น⁶

เนื่องจากการใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์แบบชั้นตอนเดียวเตรียมผิวพื้นก่อนการใช้ซีเมนต์มี
กลไกการทำงานคล้ายกับชั้นตอนการโพรมิ่งในเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ Panavia F 2.0

จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซิน
ซีเมนต์กับทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันยังไม่ดีเท่าที่ควร การเก็บชิ้นทดสอบไว้ในน้ำเป็นระยะ
เวลานานส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดที่ได้ ซึ่งแสดงว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ไม่มีความคงทนใน
การยึดติด การใช้งานเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ในทางคลินิกอาจส่งผลต่อความสำเร็จของสิ่ง
บูรณะในระยะยาวได้ ดังนั้น จึงควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซิน
ซีเมนต์ให้ดียิ่งขึ้น หรือเพิ่มขั้นตอนการเตรียมสภาพผิวพื้นให้เหมาะสมต่อการยึดติดของซีเมนต์
และที่สำคัญก็คือ การติดตามผลการใช้งานเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ในทางคลินิกในระยะยาว
ต่อไป



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

1. การยึดติดกับพื้นของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ผลิตภัณฑ์ Maxcem และ ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint มีประสิทธิภาพด้อยกว่าการยึดติดของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0
2. ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังแรงยึดกับเคลือบฟันและกับเนื้อฟันของเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 เมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำในระยะเวลาที่ทำการศึกษา
3. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Maxcem และ Multilink Sprint มีการลดลงของค่ากำลังแรงยึดเมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำในระยะเวลาที่ทำการศึกษา ส่วนเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังแรงยึดเมื่อเก็บขึ้นทดสอบไว้ในน้ำในระยะเวลาที่ทำการศึกษา
4. เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ผลิตภัณฑ์ Maxcem และ ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint มีประสิทธิภาพการยึดติดกับเคลือบฟันและกับเนื้อฟันที่ต่างกันขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์และระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาที่ใช้ระยะเวลาการเก็บขึ้นทดสอบเป็น 3 ช่วงเวลา ได้แก่ 1 วัน 1 สัปดาห์ และ 1 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาในการเก็บขึ้นทดสอบที่สั้นเมื่อเทียบกับการศึกษาอื่น ๆ การเพิ่มระยะเวลาการเก็บขึ้นทดสอบให้มากขึ้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาถึงผลการยึดติดในระยะยาวของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- (1) Jayasooriya, PR.; Pereira, PN.; Nikaido, T.; and Tagami, J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. J Esthet Restor Dent 15 (2003): 105-113.
- (2) Al-Assaf, K.; Chakmakchi, M.; Palaghias, G.; Karanika-Kouma, A.; and Eliades, G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. Dent Mater 23 (2007): 829-839.
- (3) Taira, Y.; Shimoda, M.; Abe, K.; Soeno, K. and Atsuta M. Bond strength between four luting systems and enamel modified with phosphoric acid. Dent Mater J 24 (2005): 583-587.
- (4) Chang, JC.; Hart, DA.; Estey, AW.; and Chan, JT. Tensile bond strengths of five luting agents to two CAD-CAM restorative materials and enamel. J Prosthet Dent 90 (2003):18-23.
- (5) Abo-Hamar, SE.; Hiller, KA.; Jung, H.; Federlin, M.; Friedl, KH.; and Schmalz, G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. Clin Oral Investig 9 (2005):161-167.
- (6) Hikita, K.; Van Meerbeek, B.; De Munck, J.; Ikeda, T.; Van Landuyt, K.; Maida, T.; et al. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. Dent Mater 23 (2007):71-80.
- (7) De Munck, J.; Vargas, M.; Van Landuyt, K.; Hikita, K.; Lambrechts, P.; and Van Meerbeek, B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater 20 (2004): 963-971.
- (8) Sadr, A.; Ghasemi, A.; Shimada, Y.; and Tagami, J. Effects of storage time and temperature on the properties of two self-etching systems. J Dent 35 (2007): 218-225.
- (9) De Munck, J.; Van Meerbeek, B.; Yoshida, Y.; Inoue, S.; Vargas, M.; Suzuki, K.; et al. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. J Dent Res 82 (2003):136-140.

- (10) Sano, H.; Shono, T.; Sonoda, H.; Takatsu, T.; Ciucchi, B.; Carvalho, R.; et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength - evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater 10 (1994): 236-40.
- (11) Rosenstiel, SF.; Land, MF.; and Crispin, BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. J Prosthet Dent 80(1998): 280-301.
- (12) Anusavice, K. Phillips Science of Dental Materials. Eleven Edition ed: Elsevier, St.Louis, 2003.
- (13) O'Brien JW, E. Dental material and their selection: Chicago, Quintessence Publishing Co, Inc,1997.
- (14) Nakabayashi, N.; and Pashley, DH. Hybridization of dental hard tissues: Tokyo; 1998.
- (15) Lopes, GC.; Baratieri, LN.; de Andrada, MA.; and Vieira, LC. Dental adhesion: present state of the art and future perspectives. Quintessence Int 33 (2002): 213-224.
- (16) Gerth HU, Dammaschke T, Zuchner H, Schafer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites--a comparative study. Dent Mater 22 (2006): 934-41.
- (17) Kumbuloglu, O.; Lassila, LV.; User, A.; and Vallittu, PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. Int J Prosthodont 17 (2004): 357-363.
- (18) Blatz, MB.; Sadan, A.; and Kern, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. J Prosthet Dent 89 (2003): 268-274.
- (19) White, SN.; and Yu, Z. Compressive and diametral tensile strengths of current adhesive luting agents. J Prosthet Dent 69 (1993): 568-572.
- (20) Li, ZC.; and White, SN. Mechanical properties of dental luting cements. J Prosthet Dent 81 (1999): 597-609.
- (21) Piwowarczyk, A.; and Lauer, HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. Oper Dent 28 (2003): 535-542.
- (22) Lu, H.; and Powers, JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. Am J Dent 17 (2004): 354-358.

- (23) Gu, S.; Rasimick, B.J.; Deutsch, A.S.; and Musikant, B.L. Radiopacity of dental materials using a digital X-ray system. Dent Mater 22 (2006): 765-770.
- (24) Piwowarczyk, A.; Lauer, H.C.; and Sorensen, J.A. Microleakage of various cementing agents for full cast crowns. Dent Mater 21 (2005): 445-453.
- (25) Burke, F.J.; Crisp, R.J.; and Richter, B. A practice-based evaluation of the handling of a new self-adhesive universal resin luting material. Int Dent J 56 (2006):142-146.
- (26) Walter, R.; Miguez, P.A.; and Pereira, P.N. Microtensile bond strength of luting materials to coronal and root dentin. J Esthet Restor Dent 17 (2005):165-171.
- (27) Goracci, C.; Sadek, F.T.; Fabianelli, A.; Tay, F.R.; and Ferrari, M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. Oper Dent 30 (2005): 627-635.
- (28) Yang, B.; Ludwig, K.; Adelung, R.; and Kern, M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. Dent Mater 22 (2006): 45-56.
- (29) Pisani-Proenca, J.; Erhardt, M.C.; Valandro, L.F.; Gutierrez-Aceves, G.; Bolanos-Carmona, M.V.; Del Castillo-Salmeron, R.; et al. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensile bond strength to a glass ceramic. J Prosthet Dent 96 (2006): 412-417.
- (30) Kumbuloglu, O.; Lassila, L.V.; User, A.; Toksavul, S.; and Vallittu, P.K. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. J Oral Rehabil 32 (2005): 128-133.
- (31) Kumbuloglu, O.; Lassila, L.V.; User, A.; and Vallittu, P.K. Bonding of resin composite luting cements to zirconium oxide by two air-particle abrasion methods. Oper Dent 31 (2006): 248-255.
- (32) Behr, M.; Rosentritt, M.; Regnet, T.; Lang, R.; and Handel, G. Marginal adaptation in dentin of a self-adhesive universal resin cement compared with well-trying systems. Dent Mater 20 (2004): 191-197.
- (33) Rosentritt, M.; Behr, M.; Lang, R.; and Handel, G. Influence of cement type on the marginal adaptation of all-ceramic MOD inlays. Dent Mater 20 (2004): 463-469.
- (34) Fabianelli, A.; Goracci, C.; Bertelli, E.; Monticelli, F.; Grandini, S.; and Ferrari, M. In vitro evaluation of wall-to-wall adaptation of a self-adhesive resin cement used for luting gold and ceramic inlays. J Adhes Dent 7 (2005): 33-40.

- (35) Ibarra, G.; Johnson, GH.; Geurtsen, W.; and Vargas, MA. Microleakage of porcelain veneer restorations bonded to enamel and dentin with a new self-adhesive resin-based dental cement. Dent Mater 23 (2007): 218-225.
- (36) Gale, MS.; and Darvell, BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent 27 (1999): 89-99.
- (37) Miyazaki, M.; Sato, M.; Onose, H.; and Moore, BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. Am J Dent 11 (1998):118-122.
- (38) Nikaido, T.; Kunzelmann, KH.; Chen, H.; Ogata, M.; Harada, N.; Yamaguchi, S.; et al. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. Dent Mater 18 (2002): 269-275.
- (39) De Munck, J.; Van Landuyt, K.; Peumans, M.; Poitevin, A.; Lambrechts, P.; Braem, M.; et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res 84 (2005): 118-132.
- (40) Komine, F.; Tomic, M.; Gerds, T.; and Strub, JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. J Prosthet Dent 92 (2004): 359-364.
- (41) Baldissara, P.; Valandro, LF.; Monaco, C.; Ferrari, M.; Bottino, MA.; and Scotti, R. Fatigue resistance of the bond of a glass-infiltrated alumina ceramic to human dentin. J Adhes Dent 8 (2006): 97-104.
- (42) Armstrong, SR.; Vargas, MA.; Fang, Q.; and Laffoon, JE. Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. J Adhes Dent 5 (2003):47-56.
- (43) Toledano, M.; Osorio, R.; Osorio, E.; Aguilera, FS.; Yamauti, M.; Pashley, DH.; et al. Durability of resin-dentin bonds: effects of direct/indirect exposure and storage media. Dent Mater 23 (2007): 885-892.
- (44) Carrilho, MR.; Carvalho, RM.; Tay, FR.; Yiu, C.; and Pashley, DH. Durability of resin-dentin bonds related to water and oil storage. Am J Dent 18 (2005): 315-319.

- (45) Hashimoto, M.; Ohno, H.; Sano, H.; Kaga, M.; and Oguchi, H. In vitro degradation of resin-dentin bonds analyzed by microtensile bond test, scanning and transmission electron microscopy. Biomaterials 24 (2003): 3795-3803.
- (46) Hashimoto, M.; Ohno, H.; Sano, H.; Tay, FR.; Kaga, M.; Kudou, Y.; et al. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. J Biomed Mater Res 63 (2002): 306-311.
- (47) Salvio, LA.; Correr-Sobrinho, L.; Consani, S.; Sinhoreti, MA.; de Goes, MF.; and Knowles, JC. Effect of water storage and surface treatments on the tensile bond strength of IPS Empress 2 ceramic. J Prosthodont 16 (2007): 192-199.
- (48) CD TR 11405 - Guidance testing of adhesion to tooth structure. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- (49) Oilo, G. Bond strength testing--what does it mean? Int Dent J 43 (1993): 492-498.
- (50) Pashley, DH.; Sano, H.; Ciucchi, B.; Yoshiyama, M.; and Carvalho, RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. Dent Mater 11 (1995):117-125.
- (51) Pashley, DH.; Carvalho, RM.; Sano, H.; Nakajima, M.; Yoshiyama, M.; Shono, Y.; et al. The microtensile bond test: a review. J Adhes Dent 1 (1999): 299-309.
- (52) Watanabe, I.; and Nakabayashi, N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. J Dent 22 (1994): 67-72.
- (53) Van Noort, R.; Noroozi, S.; Howard, IC.; and Cardew, G. A critique of bond strength measurements. J Dent 17 (1989): 61-67.
- (54) Sudsangiam, S.; and van Noort, R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? J Adhes Dent 1 (1999): 57-67.
- (55) Betamar, N.; Cardew, G.; and Van Noort, R. Influence of specimen designs on the microtensile bond strength to dentin. J Adhes Dent 9 (2007):159-168.
- (56) Nakamichi, I.; Iwaku, M.; and Fusayama, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res 62 (1983): 1076-1081.
- (57) Ermis, RB.; De Munck, J.; Cardoso, MV.; Coutinho, E.; Van Landuyt, KL.; Poitevin, A.; et al. Bonding to ground versus unground enamel in fluorosed teeth. Dent Mater 23 (2007):1250-1255.
- (58) Shimada, Y.; and Tagami, J. Effects of regional enamel and prism orientation on resin bonding. Oper Dent 28 (2003): 20-27.

- (59) Causton, BE. Improved bonding of composite restorative to dentine. A study in vitro of the use of a commercial halogenated phosphate ester. Br Dent J 156 (1984): 93-95.
- (60) Weerasinghe, DS.; Nikaido, T.; Wettasinghe, KA.; Abayakoon, JB.; and Tagami, J. Micro-shear bond strength and morphological analysis of a self-etching primer adhesive system to fluorosed enamel. J Dent 33 (2005): 419-426.
- (61) Harnirattisai, C.; Inokoshi, S.; Shimada, Y.; and Hosoda, H. Interfacial morphology of an adhesive composite resin and etched caries-affected dentin. Oper Dent 17 (1992): 222-228.
- (62) Tay, FR.; and Pashley, DH. Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. J Dent 32 (2004):173-196.
- (63) Mitchem, JC.; and Gronas, DG. Effects of time after extraction and depth of dentin on resin dentin adhesives. J Am Dent Assoc 113 (1986): 285-287.
- (64) Kimura, S.; Shimizu, T.; and Fujii, B. Influence of dentin on bonding of composite resin. Part 1. Effect of fresh dentin and storing conditions. Dent Mater J 4 (1985): 68-80.
- (65) Rueggeberg, FA. Substrate for adhesion testing to tooth structure - review of the literature. Dent Mater 7 (1991): 2-10.
- (66) Koibuchi, H.; Yasuda, N.; and Nakabayashi, N. Bonding to dentin with a self-etching primer: the effect of smear layers. Dent Mater 17 (2001):122-126.
- (67) Oliveira, SS.; Pugach, MK.; Hilton, JF.; Watanabe, LG.; Marshall, SJ.; and Marshall GW, Jr. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self-etching primer vs. a total-etch system. Dent Mater 19 (2003): 758-767.
- (68) Sattabanasuk, V.; Vachiramon, V.; Qian, F.; and Armstrong, SR. Resin-dentin bond strength as related to different surface preparation methods. J Dent 35 (2007):467-475.
- (69) Siegel, SC.; and Von Fraunhofer, JA. Dental cutting with diamond burs: heavy-handed or light-touch? J Prosthodont 8 (1999): 3-9.
- (70) Meira, JB.; Souza, RM.; Driemeier, L.; and Ballester, RY. Stress concentration in microtensile tests using uniform material. J Adhes Dent 6 (2004): 267-273.

- (71) Reis, A.; Loguercio, AD.; Azevedo, CL.; de Carvalho, RM.; da Julio Singer, M.; and Grande, RH. Moisture spectrum of demineralized dentin for adhesive systems with different solvent bases. J Adhes Dent 5 (2003):183-192.
- (72) Al-Omari, WM.; and Al-Wahadni, AM. Convergence angle, occlusal reduction, and finish line depth of full-crown preparations made by dental students. Quintessence Int 4 (2004): 287-93.
- (73) Yeo, IS.; Yang, JH,.; and Lee, JB. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems. J Prosthet Dent (2003) :459-64.
- (74) McLean, JW.; and Von Fraunhofer, JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J 3 (1971):107-11.
- (75) Goracci, C.; Cury, AH.; Cantoro, A.; Papacchini, F.; Tay, FR.; and Ferrari, M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. J Adhes Dent 8 (2006): 327-335.
- (76) Trajtenberg, CP.; and Powers, JM. Bond strengths of repaired laboratory composites using three surface treatments and three primers. Am J Dent 17 (2004): 123-126.
- (77) Carrilho, MR.; Carvalho, RM.; Tay, FR.; and Pashley, DH. Effects of storage media on mechanical properties of adhesive systems. Am J Dent 17 (2004): 104-108.
- (78) Giannini, M.; Seixas, CA.; Reis, AF.; and Pimenta, LA. Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. J Esthet Restor Dent 15 (2003): 43-48.
- (79) Nakajima, M.; Hosaka, K.; Yamauti, M.; Foxton, RM.; and Tagami, J. Bonding durability of a self-etching primer system to normal and caries-affected dentin under hydrostatic pulpal pressure in vitro. Am J Dent 19 (2006):147-150.
- (80) Armstrong, SR.; Keller, JC.; and Boyer, DB. The influence of water storage and C-factor on the dentin-resin composite microtensile bond strength and debond pathway utilizing a filled and unfilled adhesive resin. Dent Mater 17 (2001): 268-276.

- (81) Okuda, M.; Pereira, PN.; Nakajima, M.; Tagami, J.; and Pashley, DH. Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs. microtensile bond strength. Oper Dent 27 (2002): 289-296.
- (82) Nakajima, M.; Okuda, M.; Ogata, M.; Pereira, PN.; Tagami, J.; and Pashley, DH. The durability of a fluoride-releasing resin adhesive system to dentin. Oper Dent 28 (2003):186-192.
- (83) Shono, Y.; Terashita, M.; Shimada, J.; Kozono, Y.; Carvalho, RM.; Russell, CM.; et al. Durability of resin-dentin bonds. J Adhes Dent 1 (1999): 211-218.
- (84) Kitasako, Y.; Burrow, MF.; Nikaido, T.; and Tagami, J. The influence of storage solution on dentin bond durability of resin cement. Dent Mater 16 (2000): 1-6.
- (85) Yoshioka, M.; Yoshida, Y.; Inoue, S.; Lambrechts, P.; Vanherle, G.; Nomura, Y.; et al. Adhesion/decalcification mechanisms of acid interactions with human hard tissues. J Biomed Mater Res 59 (2002): 56-62.
- (86) Saskalauskaite, E.; Tam, LE.; and McComb, D. Flexural Strength, Elastic Modulus, and pH Profile of Self-etch Resin Luting Cements. J Prosthodont 4 (2008): 262-8.
- (87) Moszner, N.; Salz, U.; and Zimmermann, J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. Dent Mater 21 (2005): 895-910.
- (88) Han, L.; Okamoto, A.; Fukushima, M.; and Okiji, T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. Dent Mater J 26 (2007): 906-914.
- (89) Technical data sheet: Expertise RelyX Unicem, 3M ESPE, Seefeld Germany. 2002.
- (90) Mazzitelli, C.; Monticelli, F.; Osorio, R.; Casucci, A.; Toledano, M.; and Ferrari, M. Effect of simulated pulpal pressure on self-adhesive cements bonding to dentin. Dent Mater 24 (2008) : 1156-1163.
- (91) Ferracane, JL.; Berge, HX.; and Condon, JR. In vitro aging of dental composites in water--effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. J Biomed Mater Res 42 (1998): 465-472.
- (92) Van Landuyt, KL.; Snauwaert, J.; De Munck, J.; Peumans, M.; Yoshida, Y.; Poitevin, A.; et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials 28 (2007): 3757-3785.

- (93) Nakabayashi, N.; Kojima, K.; and Masuhara, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res 16 (1982): 265-273.
- (94) Loguercio, AD.; Moura, SK.; Pellizzaro, A.; Dal-Bianco, K.; Patzlaff, RT.; Grande, RH.; et al. Durability of enamel bonding using two-step self-etch systems on ground and unground enamel. Oper Dent 33 (2008): 79-88.
- (95) Wang, H.; Shimada, Y.; and Tagami, J. Shear bond stability of current adhesive systems to enamel. Oper Dent 29 (2004): 168-175.
- (96) Holderegger, C.; Sailer, I.; Schuhmacher, C.; Schlapfer, R.; Hammerle, C.; and Fischer J. Shear bond strength of resin cements to human dentin. Dent Mater 24 (2008): 944-950
- (97) Gwinnett, AJ. Smear layer: morphological considerations. Oper Dent Suppl 3 (1984): 2-12.
- (98) Pashley, DH. Smear layer: physiological considerations. Oper Dent Suppl 3 (1984): 13-29.
- (99) Kanca J, 3rd. Resin bonding to wet substrate. Bonding to dentin. Quintessence Int 1 (1992): 39-41.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลอง

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเคลือบฟันที่ระยะเวลาการขึ้นงาน 1 วัน

Group	Panavia F 2.0 enamel day	Rely X U 100 enamel day	Maxcem enamel day	Multilink Sprint enamel day
1	7.1827825	7.2811846	5.9366607	5.0044765
2	18.343656	8.5776908	6.0867742	5.5053116
3	19.045658	8.9737555	6.0981059	5.792625
4	18.644761	9.0896853	6.3965152	6.3904468
5	21.123637	11.086295	7.4502719	6.7167533
6	12.544954	11.596998	8.7266092	6.8229872
7	21.319928	11.972196	9.184488	7.0519049
8	12.043773	12.260981	9.625555	7.6289433
9	14.231615	12.572233	10.008053	9.0517221
10	15.355697	13.685549	10.550141	10.07203
11	16.437129	13.714758	10.575283	10.243995
12	17.334381	13.719723	11.789581	11.148437
13	18.591198	13.76654	12.913186	11.222207
14	19.096442	14.432072	13.283672	12.501968
15	20.232897	14.732688	13.852612	12.667831
16	20.756635	14.849414	13.913025	13.500602
17	20.913301	15.934579	13.923593	13.536762
18	22.66508	16.672196	14.558716	13.542201
19	20.427752	16.695413	16.120723	13.683801
20	15.124171	18.463483	16.156221	13.81704
21	16.539868	18.511754	16.677885	14.127034
22	20.411835	19.008028	19.961512	15.794572
23	20.313259	20.737275	21.505452	15.940043
24	33.475647	20.855679	21.6515	17.611441
Mean	18.42316902	14.13292376	12.37275563	10.80729728
Std. Deviation	4.826469323	3.756674979	4.711687255	3.740872132

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเคลือบฟันที่ระยะเวลาเก็บชิ้นงาน 1 สัปดาห์

Group	Panavia F2.0 enamel week	Rely X U 100 enamel week	Maxcem enamel week	Multilink Sprint enamel week
1	5.723293919	4.964298633	3.334242446	4.436289703
2	7.383793753	5.642077982	5.05808919	4.482909799
3	8.173714354	16.11163147	5.154698584	5.190918882
4	9.356320089	17.28465128	6.459048909	5.221165471
5	10.10937695	7.717088606	7.488836531	6.192796936
6	12.09479407	8.017374828	7.725772431	7.439298219
7	13.87044274	8.262587997	7.813069192	7.699995706
8	14.40827483	9.414692275	7.883939027	7.78966067
9	14.99131588	9.906562247	8.242948689	7.837895127
10	15.67232931	10.43502662	10.19719306	7.913915492
11	16.69782052	11.18636874	12.40809859	8.087134861
12	17.18781124	12.04285937	12.66041524	8.232318691
13	17.66736686	12.14996482	12.75050329	8.284763311
14	21.19918394	12.9048044	12.80803337	8.359797035
15	21.28884157	13.56734711	13.3842357	9.203936549
16	23.58582008	14.01997603	13.46064551	9.207676013
17	24.10297908	14.50057865	14.32506748	10.31835733
18	25.90578504	14.55530669	16.39146344	10.96259016
19	27.09785127	14.67664599	17.77393643	12.24913957
20	27.34468885	15.02149351	18.49140853	12.55577272
21	27.46175349	15.460435	19.1604501	13.62513782
22	29.95960462	15.98544345	19.88030077	14.30577993
23	34.90436364	16.94620647	20.31573209	15.46761804
24	35.03071513	19.57883488	20.44341356	15.61552602
Mean	19.21742672	12.51467738	12.23381426	9.195016419
Std. Deviation	8.530245223	3.827636885	5.315445576	3.306556018

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเคลือบฟันที่ระยะเวลาเก็บชิ้นงาน 1 เดือน

Group	Panavia F 2.0 enamel month	Rely X U 100 enamel month	Maxcem enamel month	Multilink Sprint enamel month
1	6.43229	7.4230152	4.83394	3.88801
2	8.04311	8.1740925	4.94571	4.03594
3	9.20622	8.3390434	4.96781	4.39992
4	9.69618	9.4283061	5.70215	4.6637
5	9.88618	10.901335	5.8255	5.25949
6	10.42942	11.543489	5.9377	5.34592
7	11.83094	13.097947	6.07661	5.4308
8	12.95341	13.167451	6.28417	5.50679
9	14.42985	13.614709	6.43545	6.02036
10	14.64585	13.964066	6.47341	6.03972
11	16.55497	13.986229	6.55465	6.14444
12	17.12444	14.053402	6.72544	6.42161
13	17.8416	14.387971	7.03333	6.64106
14	21.26691	14.398402	7.24043	6.66885
15	21.87818	10.047067	7.55501	6.83948
16	22.05394	15.546109	7.62747	7.06968
17	24.92466	15.977888	7.67861	7.16341
18	25.18583	8.196907	7.72718	7.73727
19	27.48488	16.830677	8.25561	7.89078
20	28.07706	10.074354	8.33385	8.29809
21	28.66606	10.114538	8.74075	8.46478
22	31.20087	18.48425	9.30234	8.53116
23	31.93184	8.794664	9.54603	13.74442
24	34.41692	19.011478	13.20283	12.19698
Mean	19.00673375	12.48155793	7.2085825	6.850110833
Std. Deviation	8.478474756	3.354795555	1.827551661	2.320599302

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเนื้อฟันที่ระยะเวลาเก็บชิ้นงาน 1 วัน

Group	Panavia F 2.0 dentin day	Rely X U 100 dentin day	Maxcem dentin day	Multilink Sprint dentin day
1	9.7250614	6.8897627	4.272764	1.5594689
2	9.8671945	7.0509466	6.8035001	1.7753433
3	11.802074	7.8702354	7.0990551	2.0993541
4	11.875706	9.1607391	7.3063875	2.2401772
5	13.562558	9.2861156	8.7121822	2.5130442
6	13.56754	9.9669858	8.96487	3.1480278
7	14.397664	10.550459	8.9842236	3.3369629
8	14.619852	10.631219	9.0559293	3.6682264
9	15.142484	10.740934	10.353666	3.7044111
10	15.38666	11.21652	10.421699	3.975445
11	15.477641	11.343747	12.316161	4.5377775
12	15.541513	11.497388	12.421875	5.1718497
13	16.171124	11.651171	12.616328	5.4559428
14	17.320322	12.004452	13.372029	5.4824717
15	17.69347	12.272099	14.886287	5.8900307
16	17.750534	12.524985	15.441391	6.1711236
17	17.987293	13.532054	15.643045	6.216849
18	18.485417	13.710282	15.671272	6.6032096
19	19.074944	14.724907	16.729905	7.3742771
20	19.684867	14.833434	17.555902	7.9872928
21	19.854255	14.998762	19.041916	8.1299707
22	22.208223	15.119999	19.385334	8.1749084
23	27.331131	15.123722	21.3462	8.6486319
24	27.785086	15.140928	26.294585	9.0749444
Mean	16.76302558	11.7434103	13.11235445	5.1224892
Std. Deviation	4.554574428	2.571130785	5.293865372	2.340961936

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเนื้อฟันที่ระยะเวลาเก็บชิ้นงาน 1 สัปดาห์

Group	Panavia F 2.0 dentin week	Rely X U 100 dentin week	Maxcem dentin week	Multilink Sprint dentin week
1	5.954351092	5.213526109	1.943794756	1.592274948
2	8.55495891	6.042495744	3.425957749	1.820595963
3	8.911746154	6.094821623	3.580989014	2.07937625
4	9.072267787	7.182369063	4.160912626	2.134309596
5	10.01317779	8.663700642	4.733900877	2.908575195
6	11.89296328	9.030125176	5.669880142	3.217639189
7	15.32529052	9.063322661	5.890951499	3.307984305
8	15.33117891	9.990570508	6.754462399	3.319754807
9	15.54560389	10.09614675	6.763651477	3.334242446
10	15.67188307	10.21377374	8.477507441	3.399120456
11	16.49152991	10.33910486	9.209942659	4.278965408
12	16.63462876	10.47036968	9.302856309	4.909624781
13	18.55001241	10.94816616	9.325791791	5.05348996
14	19.08459028	11.40671418	9.502118039	5.061774259
15	19.62902473	11.68806041	9.67516997	5.325791791
16	19.70433294	11.97998919	10.28150305	5.826337517
17	20.09744294	12.41999628	11.05661953	5.9353254
18	20.66239118	12.57109774	12.10276768	7.274016477
19	21.9792288	12.64310125	12.60156048	7.28304088
20	22.53225747	13.44091128	12.8657934	7.344688846
21	23.66975865	14.49837908	13.02338481	7.811110431
22	32.10133982	14.9557128	17.11665284	8.186097539
23	32.42425308	17.19358784	17.19523966	8.563637441
24	32.71627189	18.92459528	19.45754884	9.513448956
Mean	18.02293684	11.04460402	9.338289876	4.978384285
Std. Deviation	7.33681196	3.340773406	4.583157315	2.342709428

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดระดับจุลภาคในการยึดกับเนื้อฟันที่ระยะเวลาเก็บชิ้นงาน 1 เดือน

Group	Panavia F 2.0 dentin month	Rely X U 100 dentin month	Maxcem dentin month	Multilink Sprint dentin month
1	5.24801079	5.921713809	3.113835999	1.452362395
2	9.09725842	8.103036776	3.644266003	1.642186726
3	11.85134445	9.236116381	3.95942215	1.687634312
4	14.06006533	9.324416896	4.825364544	2.214664394
5	14.90075773	9.522190165	4.927468002	2.434198623
6	15.30361474	9.702143355	5.022246998	3.259049645
7	15.76742212	9.709159093	6.534986416	3.315384059
8	15.87518946	9.764274136	6.588423436	3.345971925
9	16.8667119	9.824759265	6.644125587	3.389434476
10	17.92187155	10.09208746	7.157549436	4.507684559
11	18.50276115	10.75616125	8.752956226	4.543808337
12	18.50525823	11.06621329	9.086494376	4.79156861
13	18.50567568	11.71430684	9.809227811	5.24801079
14	18.60220313	11.79477026	10.48399261	5.429115596
15	20.00133524	12.04701369	10.58594513	5.921713809
16	20.31389673	12.21478699	11.06762156	6.308032182
17	20.50721604	12.45913619	11.51417743	6.996101737
18	22.36539837	12.80352177	13.83869316	7.033876683
19	22.65747876	13.63259144	14.03361309	7.035604824
20	22.94991827	13.68140976	14.69410186	7.528661527
21	22.95992467	14.47551256	14.83441459	7.700277293
22	23.91172658	18.12351909	15.13577994	7.732651496
23	24.50799711	18.37632848	15.26281642	7.836602824
24	25.23986895	19.23768054	15.32553252	7.971444365
Mean	18.18428772	11.81595206	9.451793971	4.971918383
Std. Deviation	4.927266923	3.242127474	4.184054531	2.225808481

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลอง

Descriptive Statistics

cement	time	tooth		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
Rely X U100	24 hours	dentin	load	24	6.889763	15.14093	11.7434103	2.571130785	
		enamel	load	24	7.281185	20.85568	14.1329239	3.756674979	
	1week	dentin	load	24	5.213526	18.92460	11.0446040	3.340773406	
		enamel	load	24	4.964299	19.57883	12.5146774	3.827636885	
	1month	dentin	load	24	5.921714	19.23768	11.8159521	3.242127474	
		enamel	load	24	7.423015	19.01148	12.4815579	3.354795555	
	Panavia F	24 hours	dentin	load	24	9.725061	27.78509	16.7630256	4.554574428
			enamel	load	24	7.182783	33.47565	18.4231690	4.826469323
1week		dentin	load	24	5.954351	32.71627	18.0229368	7.336811960	
		enamel	load	24	5.723294	35.03072	19.2174267	8.530245223	
1month		dentin	load	24	5.248011	25.23987	18.1842877	4.927266923	
		enamel	load	24	6.432290	34.41692	19.0067338	8.478474756	
Maxcem		24 hours	dentin	load	24	4.272764	26.29459	13.1123545	5.293865372
			enamel	load	24	5.936661	21.65150	12.3727556	4.711687255
	1week	dentin	load	24	1.943795	19.45755	9.33828988	4.583157315	
		enamel	load	24	3.334242	20.44341	12.2338143	5.315445576	
	1month	dentin	load	24	3.113836	15.32553	9.45179397	4.184054531	
		enamel	load	24	4.833940	13.20283	7.20858250	1.827551661	
	Multilink Sprint	24 hours	dentin	load	24	1.559469	9.074944	5.12248920	2.340961936
			enamel	load	24	5.004476	17.61144	10.8072972	3.740872132
1week		dentin	load	24	1.592275	9.513449	4.97838429	2.342709428	
		enamel	load	24	4.436290	15.61553	9.19501642	3.306556018	
1month		dentin	load	24	1.452362	7.971444	4.97191838	2.225808481	
		enamel	load	24	3.888010	13.74442	6.85011083	2.320599302	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดง การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคในแต่ละกลุ่ม
 ว่ามีการแจกแจงแบบใด โดยใช้ One-Sample Kolmogorov-Smimov

Cement	Time	Tooth	Kolmogorov- Smirnov Z	Asymp. Sig. (2- tailed)
Panavia F	1 Day	Enamel	0.935015365	0.34623261
		Dentin	0.605813902	0.856492056
	1week	Enamel	0.557321828	0.915274874
		Dentin	0.536512728	0.935711347
	1month	Enamel	0.554379286	0.918350971
		Dentin	0.534483495	0.937537502
Rely X U100	1 Day	Enamel	0.445990299	0.988621065
		Dentin	0.621656965	0.834374715
	1week	Enamel	0.562049073	0.910207808
		Dentin	0.528210647	0.942992035
	1month	Enamel	0.660235751	0.775990696
		Dentin	0.638500326	0.809586622
Maxcem	1 Day	Enamel	0.5237712	0.946677603
		Dentin	0.546577191	0.926212797
	1week	Enamel	0.728062468	0.664153396
		Dentin	0.468844862	0.980474121
	1month	Enamel	0.677503174	0.748285408
		Dentin	0.707696797	0.698387
Multilink Sprint	1 Day	Enamel	0.682071919	0.740835977
		Dentin	0.512411742	0.955446681
	1week	Enamel	0.896722533	0.39727186
		Dentin	0.815918596	0.518473482
	1month	Enamel	0.757559374	0.614456359
		Dentin	0.743507086	0.638105877

a Test distribution is Normal.

b Calculated from data.

ตารางแสดง การวิเคราะห์โดยใช้ สถิติแบบพหุคูณเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับ จุลภาค จำแนกตามผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ เวลาหลังการเก็บขึ้นตัวอย่าง และส่วนของฟันที่ทำการ ยึดติด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: load

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11170.643 ^a	23	485.680	23.235	.000
Intercept	83517.250	1	83517.250	3995.546	.000
cement	9563.721	3	3187.907	152.513	.000
time	234.824	2	117.412	5.617	.004
tooth	395.796	1	395.796	18.935	.000
cement * time	402.967	6	67.161	3.213	.004
cement * tooth	295.267	3	98.422	4.709	.003
time * tooth	137.463	2	68.732	3.288	.038
cement * time * tooth	140.605	6	23.434	1.121	.348
Error	11538.228	552	20.903		
Total	106226.121	576			
Corrected Total	22708.871	575			

a. R Squared = .492 (Adjusted R Squared = .471)

จากตาราง พบว่า

- มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาคที่เคลือบฟันและเนื้อฟัน อย่างน้อย 2 กลุ่ม
- มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาคระหว่างเรซินซีเมนต์ต่าง ผลิตภัณฑ์อย่างน้อย 2 กลุ่ม
- มีแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาคเมื่อใช้เวลาเก็บขึ้นตัวอย่างที่ ต่างกันอย่างน้อย 2 กลุ่ม
- มีอิทธิพลร่วมของฟันและผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับ จุลภาค
- มีอิทธิพลร่วมของฟันและเวลาหลังการเก็บขึ้นตัวอย่างต่อค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่ง ระดับจุลภาค
- มีอิทธิพลร่วมของผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์และเวลาหลัง การเก็บขึ้นตัวอย่างต่อค่าเฉลี่ย กำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาค
- ไม่มีอิทธิพลร่วมของฟัน ผลิตภัณฑ์เรซินซีเมนต์ และเวลาหลังการเก็บขึ้นตัวอย่างต่อ ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาค

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาคเฉลี่ยกับเคลือบฟัน ที่เวลา 24 ชั่วโมง

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดแบบดิ่งระดับจุลภาคเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 24 ชั่วโมง

Descriptives

load	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Rely X U100 enamel day	24	14.1329239078	3.756674979	.7668280690	12.54661919	15.71922863	7.2811846	20.855679
Panavia F enamel day	24	18.4231690042	4.826469321	.9851989245	16.38512975	20.46120826	7.1827825	33.475647
Maxcem enamel day	24	12.3727555878	4.711687255	.9617691336	10.38318455	14.36232663	5.9366607	21.651500
Multilink enamel day	24	10.8072971995	3.740872132	.7636023264	9.227665436	12.38692896	5.0044765	17.611441
Total	96	13.9340364248	5.099616508	.5204774304	12.90075808	14.96731477	5.0044765	33.475647

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

load	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	.489	3	92	.691

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

ANOVA

ANOVA

load	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	777.743	3	259.248	14.089	.000
Within Groups	1692.835	92	18.400		
Total	2470.578	95			

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison)

แบบ Bonferroni

Multiple Comparisons

Dependent Variable: load

Bonferroni

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rely X U100 enamel day	Panavia F enamel day	-4.290245096*	1.238291280	.005	-7.62930103	-.9511891664
	Maxcem enamel day	1.7601683200	1.238291280	.951	-1.57888761	5.099224250
	Multilink enamel day	3.3256267083	1.238291280	.052	-.0134292217	6.664682638
Panavia F enamel day	Rely X U100 enamel day	4.2902450964*	1.238291280	.005	.9511891664	7.629301026
	Maxcem enamel day	6.0504134164*	1.238291280	.000	2.711357486	9.389469346
	Multilink enamel day	7.6158718047*	1.238291280	.000	4.276815875	10.95492773
Maxcem enamel day	Rely X U100 enamel day	-1.760168320	1.238291280	.951	-5.09922425	1.578887610
	Panavia F enamel day	-6.050413416*	1.238291280	.000	-9.38946935	-2.71135749
	Multilink enamel day	1.5654583883	1.238291280	1.000	-1.77359754	4.904514318
Multilink enamel day	Rely X U100 enamel day	-3.325626708	1.238291280	.052	-6.66468264	.0134292217
	Panavia F enamel day	-7.615871805*	1.238291280	.000	-10.9549277	-4.27681587
	Maxcem enamel day	-1.565458388	1.238291280	1.000	-4.90451432	1.773597542

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟันที่เวลา 1 สัปดาห์

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 1 สัปดาห์

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					Rely X U100 enamel week	24		
Panavia F enamel week	24	19.21742672	8.530245223	1.7412290149	15.61542006	22.81943337	5.7232939	35.030715
Maxcem enamel week	24	12.23381426	5.315445576	1.0850107847	9.989298439	14.47833007	3.3342424	20.443414
Multilink enamel week	24	9.195016419	3.306556018	.67494792090	7.798780266	10.59125257	4.4362897	15.615526
Total	96	13.29023369	6.648110993	.67851998694	11.94320121	14.63726618	3.3342424	35.030715

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
11.662	3	92	.000

ตาราง แสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วยค่าสถิติ ANOVA

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1286.878	3	428.959	13.553	.000
Within Groups	2911.873	92	31.651		
Total	4198.751	95			

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ Brown-Forsythe

Robust Tests of Equality of Means				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	13.553	3	57.358	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางแสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparion) แบบ Tamhane

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: load						
Tamhane						
(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rely X U100 enamel week	Panavia F enamel week	-6.702749341*	1.908488578	.008	-12.0548034	-1.35069524
	Maxcem enamel week	.28086312038	1.337048456	1.000	-3.41132252	3.973048760
	Multilink enamel week	3.31966095804*	1.032475117	.014	.4786622984	6.160659618
Panavia F enamel week	Rely X U100 enamel week	6.70274934071*	1.908488578	.008	1.350695243	12.05480344
	Maxcem enamel week	6.98361246108*	2.051615677	.009	1.294301316	12.67292361
	Multilink enamel week	10.022410299*	1.867467049	.000	4.760597251	15.28422335
Maxcem enamel week	Rely X U100 enamel week	-.28086312038	1.337048456	1.000	-3.97304876	3.411322519
	Panavia F enamel week	-6.983612461*	2.051615677	.009	-12.6729236	-1.29430132
	Multilink enamel week	3.03879783767	1.277811840	.127	-5.048807510	6.582476426
Multilink enamel week	Rely X U100 enamel week	-3.319660958*	1.032475117	.014	-6.16065962	-4.786622984
	Panavia F enamel week	-10.02241030*	1.867467049	.000	-15.2842233	-4.76059725
	Maxcem enamel week	-3.038797838	1.277811840	.127	-6.58247643	.5048807510

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเคลือบฟัน ที่เวลา 1 เดือน

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 1 เดือน

Descriptives

load	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Rely X U100 enamel month	24	12.481557925	3.354795555	.68479477519	11.06495200	13.89816385	7.4230152	19.011478
Panavia F enamel month	24	19.006733750	8.478474756	1.730661413	15.42658785	22.58687965	6.4322900	34.416920
Maxcem enamel month	24	7.2085825000	1.827551661	.37304742057	6.436875114	7.980289886	4.8339400	13.202830
Multilink enamel month	24	6.8501108333	2.320599302	.47369034904	5.870207688	7.830013979	3.8880100	13.744420
Total	96	11.386746252	6.842669271	.69837700798	10.00029260	12.77319991	3.8880100	34.416920

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

load	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	32.762	3	92	.000

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

ANOVA

load	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2335.222	3	778.407	33.894	.000
Within Groups	2112.879	92	22.966		
Total	4448.102	95			

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

Brown-Forsythe

Robust Tests of Equality of Means

load	Statistic ^a	df1	df2	Sig.	
	Brown-Forsythe	33.894	3	36.387	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison)

แบบ Tamhane

Multiple Comparisons

Dependent Variable: load
Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rely X U100 enamel month	Panavia F enamel month	-6.52517582500*	1.8612180982	.009	-11.7660528	-1.28429887
	Maxcem enamel month	5.27297542500*	.77981296611	.000	3.100715392	7.445235458
	Multilink enamel month	5.63144709167*	.83266225499	.000	3.329628399	7.933265784
Panavia F enamel month	Rely X U100 enamel month	6.52517582500*	1.8612180982	.009	1.284298870	11.76605278
	Maxcem enamel month	11.79815125000*	1.7704104899	.000	6.744314105	16.85198840
	Multilink enamel month	12.15662291667*	1.7943164358	.000	7.055620293	17.25762554
Maxcem enamel month	Rely X U100 enamel month	-5.27297542500*	.77981296611	.000	-7.44523546	-3.10071539
	Panavia F enamel month	-11.7981512500*	1.7704104899	.000	-16.8519884	-6.74431410
	Multilink enamel month	.35847166667	.60294852580	.992	-1.30313933	2.020082662
Multilink enamel month	Rely X U100 enamel month	-5.63144709167*	.83266225499	.000	-7.93326578	-3.32962840
	Panavia F enamel month	-12.1566229167*	1.7943164358	.000	-17.2576255	-7.05562029
	Maxcem enamel month	-.35847166667	.60294852580	.992	-2.02008266	1.303139329

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคเฉลี่ยกับเนื้อฟัน ที่เวลา 24 ชั่วโมง

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและ
ค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 24 ชั่วโมง

Descriptives

load		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
tooth						Lower Bound	Upper Bound		
dentin	Rely X U100 dentin day	24	11.7434103	2.571130785	.5248298737	10.65771695	12.82910358	6.8897627	15.140928
	Panavia F dentin day	24	16.7630256	4.554574428	.9296986119	14.83979750	18.68625372	9.7250614	27.785086
	Maxcem dentin day	24	13.1123545	5.293865372	1.080605744	10.87695122	15.34775781	4.2727640	26.294585
	Multilink dentin day	24	5.12248920	2.340961936	.4778468542	4.133987668	6.110990731	1.5594689	9.0749444
	Total	96	11.6853199	5.713535997	.5831353259	10.52764991	12.84298989	1.5594689	27.785086

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

load				
tooth	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
dentin	5.458	3	92	.002

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

ANOVA

ANOVA

load						
tooth		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
dentin	Between Groups	1701.447	3	567.149	37.276	.000
	Within Groups	1399.779	92	15.215		
	Total	3101.227	95			

ตารางแสดง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ Brown-Forsythe

Robust Tests of Equality of Means

load					
tooth		Statistic ^a	df1	df2	Sig.
dentin	Brown-Forsythe	37.276	3	66.067	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparion)

แบบ Tamhane

Multiple Comparisons

Dependent Variable: load
Tamhane

tooth	(I) cement	(J) cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
dentin	Rely X U100 dentin day	Panavia F dentin day	-5.01961535*	1.0676075615	.000	-7.98991713	-2.04931356
		Maxcem dentin day	-1.36894425	1.2013139350	.839	-4.72872398	1.990835478
		Multilink dentin day	6.620921064*	.70977743862	.000	4.668949958	8.572892170
		Panavia F dentin day	5.019615345*	1.0676075615	.000	2.049313556	7.989917134
Panavia F dentin day	Rely X U100 dentin day	Maxcem dentin day	3.650671095	1.4254993101	.080	-.2719943393	7.573336530
		Multilink dentin day	11.64053641*	1.0453119750	.000	8.722806154	14.55826666
		Maxcem dentin day	1.368944250	1.2013139350	.839	-1.99083548	4.728723977
Maxcem dentin day	Panavia F dentin day	Multilink dentin day	-3.65067110	1.4254993101	.080	-7.57333653	.2719943393
		Multilink dentin day	7.989865314*	1.1815440704	.000	4.674784805	11.30494582
		Multilink dentin day	-6.62092106*	.70977743862	.000	-8.57289217	-4.66894996
Multilink dentin day	Rely X U100 dentin day	Panavia F dentin day	-11.6405364*	1.0453119750	.000	-14.5582667	-8.72280615
		Maxcem dentin day	-7.98986531*	1.1815440704	.000	-11.3049458	-4.67478481

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟัน ที่เวลา 1 สัปดาห์

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและ
ค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 1 สัปดาห์

Descriptives

load	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Rely X U100 dentin week	24	11.0446040	3.340773406	.68193251592	9.633919133	12.45528891	5.2135261	18.924595
Panavia F dentin week	24	18.0229368	7.336811960	1.4976204701	14.92487286	21.12100083	5.9543511	32.716272
Maxcem dentin week	24	9.33828988	4.583157315	.93553306942	7.402992273	11.27358748	1.9437948	19.457549
Multilink dentin week	24	4.97838429	2.342709428	.47820355953	3.989144852	5.967623718	1.5922749	9.5134490
Total	96	10.8460538	6.666580258	.68040499809	9.495279052	12.19682846	1.5922749	32.716272

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

load	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	6.836	3	92	.000

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

ANOVA

ANOVA

load	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2117.999	3	706.000	30.869	.000
Within Groups	2104.113	92	22.871		
Total	4222.113	95			

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

Brown-Forsythe

Robust Tests of Equality of Means

load	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
	30.869	3	55.101	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparion)

แบบ Tamhane

Multiple Comparisons

Dependent Variable: load
Tamhane

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rely X U100 dentin week	Panavia F dentin week	-6.97833282238*	1.645569515	.001	-11.5907833	-2.36588230
	Maxcem dentin week	1.70631414533	1.157693431	.617	-1.48960964	4.902237929
	Multilink dentin week	6.06621973688*	.8328929107	.000	3.764625404	8.367814070
Panavia F dentin week	Rely X U100 dentin week	6.97833282238*	1.645569515	.001	2.365882297	11.59078335
	Maxcem dentin week	8.68464696771*	1.765811201	.000	3.788285365	13.58100857
	Multilink dentin week	13.0445525593*	1.572115046	.000	8.590894878	17.49821024
Maxcem dentin week	Rely X U100 dentin week	-1.70631414533	1.157693431	.617	-4.90223793	1.489609638
	Panavia F dentin week	-8.68464696771*	1.765811201	.000	-13.5810086	-3.78828537
	Multilink dentin week	4.35990559154*	1.050666821	.001	1.426665654	7.293145529
Multilink dentin week	Rely X U100 dentin week	-6.06621973688*	.8328929107	.000	-8.36781407	-3.76462540
	Panavia F dentin week	-13.0445525593*	1.572115046	.000	-17.4982102	-8.59089488
	Maxcem dentin week	-4.35990559154*	1.050666821	.001	-7.29314553	-1.42666565

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคกับเนื้อฟัน ที่เวลา 1 เดือน

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาค ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของแต่ละกลุ่มการทดลองที่เวลา 1 เดือน

Descriptives

load	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Rely X U100 dentin month	24	11.8159520619	3.242127474	.66179649941	10.44692170	13.18498243	5.9217138	19.237681
Panavia F dentin month	24	18.1842877250	4.927266923	1.00577414899	16.10368538	20.26489007	5.2480108	25.239869
Maxcem dentin month	24	9.4517939706	4.184054531	.85406655473	7.685022692	11.21856525	3.1138360	15.325533
Multilink dentin month	24	4.9719183828	2.225808481	.45434125354	4.032041891	5.911794875	1.4523624	7.9714444
Total	96	11.1059880351	6.069784027	.61949473814	9.876135485	12.33584059	1.4523624	25.239869

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

load	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	3.994	3	92	.010

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

ANOVA

ANOVA

load	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2183.269	3	727.756	50.848	.000
Within Groups	1316.747	92	14.312		
Total	3500.016	95			

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย ค่าสถิติ

Brown-Forsythe

Robust Tests of Equality of Means

load	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
	50.848	3	73.122	.000

a. Asymptotically F distributed.

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison)

แบบ Tamhane

Multiple Comparisons

Dependent Variable: load

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Rely X U100 dentin month	Panavia F dentin month	-6.3683356631*	1.203975185	.000	-9.70142841	-3.03524292
	Maxcem dentin month	2.3641580913	1.080464847	.188	-.6143816519	5.342697835
	Multilink dentin month	6.8440336791*	.8027456517	.000	4.624449185	9.063618173
Panavia F dentin month	Rely X U100 dentin month	6.3683356631*	1.203975185	.000	3.035242916	9.701428410
	Maxcem dentin month	8.7324937544*	1.319473880	.000	5.100941459	12.36404605
	Multilink dentin month	13.212369342*	1.103633822	.000	10.11810362	16.30663506
Maxcem dentin month	Rely X U100 dentin month	-2.364158091	1.080464847	.188	-5.34269783	.6143816519
	Panavia F dentin month	-8.732493754*	1.319473880	.000	-12.3640460	-5.10094146
	Multilink dentin month	4.4798755878*	.9673963276	.000	1.782859950	7.176891226
Multilink dentin month	Rely X U100 dentin month	-6.844033679*	.8027456517	.000	-9.06361817	-4.62444918
	Panavia F dentin month	-13.21236934*	1.103633822	.000	-16.3066351	-10.1181036
	Maxcem dentin month	-4.479875588*	.9673963276	.000	-7.17689123	-1.78285995

*. The mean difference is significant at the .05 level.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุลภาคในการยึดของ Panavia F 2.0 กับเคลือบฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.018)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Panavia F-enamel-1 d	24	0	18.423	4.826	0.985
Panavia F -enamel-1 w	24	0	19.217	8.530	1.741
Panavia F -enamel-1 m	24	0	19.007	8.478	1.731

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	3087.855	134.255		
Between Treatments	2	8.126	4.063	0.241	0.787
Residual	46	774.867	16.845		
Total	71	3870.848			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.787).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.049

The power of the performed test (0.049) is below the desired power of 0.800.

You should interpret the negative findings cautiously.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุลภาคในการยึดของ Panavia F 2.0 กับเนื้อฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.153)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Panavia F -dentin-1 d	24	0	16.763	4.555	0.930
Panavia F -dentin-1 w	24	0	18.023	7.337	1.498
Panavia F -dentin-1 m	24	0	18.185	4.927	1.006

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	1937.947	84.259		
Between Treatments	2	29.085	14.543	1.993	0.148
Residual	46	335.588	7.295		
Total	71	2302.620			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.148).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.204

The power of the performed test (0.204) is below the desired power of 0.800.

You should interpret the negative findings cautiously.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุดภาคในการยึดของ Rely X U100 กับเคลือบฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.494)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Rely X U100-enamel-1 d	24	0	14.133	3.757	0.767
Rely X U100-enamel-1 w	24	0	12.515	3.828	0.781
Rely X U100-enamel-1 m	24	0	12.482	3.355	0.685

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	602.211	26.183		
Between Treatments	2	42.775	21.387	3.092	0.055
Residual	46	318.205	6.917		
Total	71	963.190			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.055).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.397

The power of the performed test (0.397) is below the desired power of 0.800.

You should interpret the negative findings cautiously.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุลภาคในการยึดของ Rely X U100 กับเนื้อฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.828)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Rely X U100-dentin-1 d	24	0	11.743	2.571	0.525
Rely X U100-dentin-1 wk	24	0	11.044	3.341	0.682
Rely X U100-dentin-1 mo	24	0	11.816	3.242	0.662

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	556.533	24.197		
Between Treatments	2	8.729	4.364	2.135	0.130
Residual	46	94.053	2.045		
Total	71	659.314			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.130).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.228

The power of the performed test (0.228) is below the desired power of 0.800.

You should interpret the negative findings cautiously.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุดภาคในการยึดของ Maxcem กับเคลือบฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Failed (P = <0.001)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Maxcem-enamel-1 d	24	0	12.373	4.712	0.962
Maxcem-enamel-1 w	24	0	12.234	5.315	1.085
Maxcem-enamel-1 m	24	0	7.209	1.828	0.373

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	1041.201	45.270		
Between Treatments	2	415.528	207.764	48.746	<0.001
Residual	46	196.059	4.262		
Total	71	1652.787			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Bonferroni t-test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	t	P	P<0.050
Max-enamel-1 d vs. Max-enamel-1 m	5.164	8.665	<0.001	Yes
Max-enamel- 1 d vs. Max-enamel-1 w	0.139	0.233	1.000	No
Max-enamel-1 w vs. Max-enamel-1 m	5.025	8.432	<0.001	Yes

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุดภาคในการยึดของ Maxcem กับเนื้อฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.732)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Maxcem-dentin-1 d	24	0	13.112	5.294	1.081
Maxcem-dentin-1 w	24	0	9.338	4.583	0.936
Maxcem-dentin-1 m	24	0	9.452	4.184	0.854

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	1478.609	64.287		
Between Treatments	2	221.249	110.625	98.364	<0.001
Residual	46	51.734	1.125		
Total	71	1751.592			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Bonferroni t-test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	t	P	P<0.050
Max-dentin-1 d vs. Max-dentin-1 w	3.774	12.328	<0.001	Yes
Max-dentin- 1 d vs. Max-dentin-1 m	3.661	11.957	<0.001	Yes
Max-dentin-1 m vs. Max-dentin-1 w	0.114	0.371	1.000	No

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบตึงระดับจุลภาคในการยึดของ Multilink Sprint กับเคลือบฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.013)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Multilink Sprint-enamel-1 d	24	0	10.807	3.741	0.764
Multilink Sprint-enamel-1 w	24	0	9.195	3.307	0.675
Multilink Sprint -enamel-1 m	24	0	6.850	2.321	0.474

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	634.656	27.594		
Between Treatments	2	190.059	95.029	69.904	<0.001
Residual	46	62.534	1.359		
Total	71	887.249			

The differences in the mean values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001). To isolate the group or groups that differ from the others use a multiple comparison procedure.

Power of performed test with alpha = 0.050: 1.000

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Bonferroni t-test):

Comparisons for factor:

Comparison	Diff of Means	t	P	P<0.050
Mul-enamel-1 d vs. Mul-enamel-1 m	3.957	11.757	<0.001	Yes
Mul-enamel- 1 d vs. Mul-enamel-1 w	1.612	4.790	<0.001	Yes
Mul-enamel-1 w vs. Mul-enamel-1 m	2.345	6.967	<0.001	Yes

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคในการยึดของ Multilink Sprint กับเนื้อฟันที่เวลาต่างกัน

One Way Repeated Measures Analysis of Variance

Data source: Data 1 in Notebook

Equal Variance Test: Passed (P = 0.394)

Treatment Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
Multilink Sprint -dentin- 1 d	24	0	5.122	2.341	0.478
Multilink Sprint -dentin-1 w	24	0	4.978	2.342	0.478
Multilink Sprint -dentin-1 m	24	0	4.972	2.226	0.454

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Between Subjects	23	337.254	14.663		
Between Treatments	2	0.349	0.174	0.277	0.759
Residual	46	28.918	0.629		
Total	71	366.521			

The differences in the mean values among the treatment groups are not great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability; there is not a statistically significant difference (P = 0.759).

Power of performed test with alpha = 0.050: 0.049

The power of the performed test (0.049) is below the desired power of 0.800.

You should interpret the negative findings cautiously.

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบดึงระดับจุลภาคระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่เวลา 24 ชั่วโมงเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	16.7630256	4.554574428	.92969861193
enamel	24	18.4231690	4.826469323	.98519892501

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	.023	.881	-1.226	46	.227	-1.66014341	1.35460563666	-4.3868231360	1.066536313	
	Equal variances not assumed			-1.226	45.846	.227	-1.66014341	1.35460563666	-4.3870699864	1.066783163	

ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่เวลา 1 สัปดาห์เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	18.022936844	7.336811960	1.497620470
enamel	24	19.217426718	8.530245223	1.741229015

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	1.604	.212	-.520	46	.605	-1.1944898734	2.296681422	-5.81746980012	3.428490053	
	Equal variances not assumed			-.520	44.993	.606	-1.1944898734	2.296681422	-5.82026279380	3.431283047	

ผลิตภัณฑ์ Panavia F ที่เวลา 1 เดือนเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	18.18428773	4.927266923	1.005774149
enamel	24	19.00673375	8.478474756	1.730661413

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	12.173	.001	-.411	46	.683	-.82244602500	2.001691925	-4.85164289	3.206750842	
	Equal variances not assumed			-.411	36.945	.684	-.82244602500	2.001691925	-4.87846229	3.233570242	

ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ที่เวลา 24 ชั่วโมง เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อ

ฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	11.743410264	2.571130785	.5248298737
	enamel	24	14.132923908	3.756674979	.7668280690

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
load	Equal variances assumed	2.624	.112	-2.571	46	.013	-2.38951364	.92923177071	-4.25996019	-.519067102
	Equal variances not assumed			-2.571	40.670	.014	-2.38951364	.92923177071	-4.26659736	-.512429927

ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ที่เวลา 1 สัปดาห์ เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อ

ฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	11.044604022	3.340773406	.6819325159
	enamel	24	12.514677377	3.827636885	.7813131075

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
load	Equal variances assumed	1.124	.294	-1.418	46	.163	-1.470073355	1.0370545444	-3.55755588	.61740917327
	Equal variances not assumed			-1.418	45.174	.163	-1.470073355	1.0370545444	-3.55858625	.61843954083

ผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ที่เวลา 1 เดือน เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อ

ฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	11.8159521	3.242127474	.6617964994
	enamel	24	12.4815579	3.354795555	.6847947752

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower		Upper
load	Equal variances assumed	.666	.419	-.699	46	.488	-.66560586308	.9523226821	-2.582531999	1.251320272
	Equal variances not assumed			-.699	45.946	.488	-.66560586308	.9523226821	-2.582592320	1.251380594

ผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่เวลา 24 ชั่วโมงเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	13.1123545	5.293865372	1.080605744
	enamel	24	12.3727556	4.711687255	.9617691336

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
load	Equal variances assumed	.271	.605	.511	46	.612	.73959892588	1.44661972905	-2.172295560	3.651493412
	Equal variances not assumed			.511	45.389	.612	.73959892588	1.44661972905	-2.173352896	3.652550748

ผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่เวลา 1 สัปดาห์เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	9.33828988	4.583157315	.93553306942
	enamel	24	12.2338143	5.315445576	1.085010785

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
load	Equal variances assumed	1.217	.276	-2.021	46	.049	-2.895524380	1.4326445920	-5.77928837	-.011760386
	Equal variances not assumed			-2.021	45.025	.049	-2.895524380	1.4326445920	-5.78097443	-.010074332

ผลิตภัณฑ์ Maxcem ที่เวลา 1 เดือนเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load	dentin	24	9.4517939706	4.184054531	.85406655473
	enamel	24	7.2085825000	1.827551661	.37304742057

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
load	Equal variances assumed	22.461	.000	2.407	46	.020	2.2432114706	.93198393650	.36722510654	4.119197835
	Equal variances not assumed			2.407	31.468	.022	2.2432114706	.93198393650	.34356256075	4.142860380

ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ที่เวลา 24 ชั่วโมงเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	5.12248920	2.340961936	.47784685418
enamel	24	10.8072972	3.740872132	.76360232642

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	7.987	.007	-6.311	46	.000	-5.684808000	.90079194543	-7.498008142	-3.87160786	
	Equal variances not assumed			-6.311	38.619	.000	-5.684808000	.90079194543	-7.507407342	-3.86220866	

ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ที่เวลา 1 สัปดาห์เทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	4.97838429	2.342709428	.47820355953
enamel	24	9.19501642	3.306556018	.67494792090

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	2.106	.154	-5.098	46	.000	-4.2166321339	.82718398212	-5.88166713	-2.55159714	
	Equal variances not assumed			-5.098	41.444	.000	-4.2166321339	.82718398212	-5.88662127	-2.54664300	

ผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ที่เวลา 1 เดือนเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

t-test

Group Statistics

tooth	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
load dentin	24	4.971918383	2.225808481	.45434125354
enamel	24	6.850110833	2.320599302	.47369034904

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means							
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
										Lower	Upper
load	Equal variances assumed	.588	.447	-2.862	46	.006	-1.87819245	.65636005473	-3.19937672	-.557008185	
	Equal variances not assumed			-2.862	45.920	.006	-1.87819245	.65636005473	-3.19943866	-.556946242	

ผลและการวิเคราะห์ทางสถิติลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (Failure Mode)

group * failure Crosstabulation

Count

		failure				Total
		Cohesive in tooth	Adhesive (tooth/luting cement)	Cohesive in luting cement	Adhesive (resin composite /luting cement)	
group	Rely X U100 dentin day	0	22	1	1	24
	Panavia F dentin day	0	22	2	0	24
	Maxcem dentin day	1	18	2	3	24
	Multilink dentin day	0	24	0	0	24
	Rely X U100 enamel day	0	22	2	0	24
	Panavia F enamel day	1	22	1	0	24
	Maxcem enamel day	0	20	2	2	24
	Multilink enamel day	0	24	0	0	24
	Rely X U100 dentin week	0	24	0	0	24
	Panavia F dentin week	0	21	2	1	24
	Maxcem dentin week	0	17	1	6	24
	Multilink dentin week	0	24	0	0	24
	Rely X U100 enamel week	0	23	1	0	24
	Panavia F enamel week	1	18	2	3	24
	Maxcem enamel week	0	23	1	0	24
	Multilink enamel week	0	23	1	0	24
	Rely X U100 dentin month	0	23	1	0	24
	Panavia F dentin month	0	20	4	0	24
	Maxcem dentin month	0	16	2	6	24
	Multilink dentin month	0	24	0	0	24
	Rely X U100 enamel month	0	22	2	0	24
	Panavia F enamel month	0	21	2	1	24
	Maxcem enamel month	0	20	3	1	24
	Multilink enamel month	0	24	0	0	24
Total		3	517	32	24	576

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเคลือบฟันที่เวลา 24 ชั่วโมง

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Cohesive in tooth	0	1	0	0	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	22	22	20	24	88
	Cohesive in luting cement	2	1	2	0	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	0	2	0	2
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	11.564 ^a	9	.239	.170		
Likelihood Ratio	11.996	9	.214	.253		
Fisher's Exact Test	8.924			.253		
Linear-by-Linear Association	.000 ^b	1	1.000	1.000	.547	.094
N of Valid Cases	96					

a. 12 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .25.

b. The standardized statistic is .000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเนื้อฟันที่เวลา 24 ชั่วโมง

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Cohesive in tooth	0	0	1	0	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	22	22	18	24	86
	Cohesive in luting cement	1	2	2	0	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	1	0	3	0	4
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	12.084 ^a	9	.209	.141		
Likelihood Ratio	13.585	9	.138	.143		
Fisher's Exact Test	10.147			.141		
Linear-by-Linear Association	.154 ^b	1	.694	.773	.387	.071
N of Valid Cases	96					

a. 12 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .25.

b. The standardized statistic is -.393.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเคลือบฟันที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Cohesive in tooth	0	1	0	0	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	23	18	23	23	87
	Cohesive in luting cement	1	2	1	1	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	3	0	0	3
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	13.462 ^a	9	.143	.077		
Likelihood Ratio	12.530	9	.185	.160		
Fisher's Exact Test	9.615			.160		
Linear-by-Linear Association	.420 ^b	1	.517	.599	.299	.069
N of Valid Cases	96					

a. 12 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .25.

b. The standardized statistic is -.648.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเนื้อฟันที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	24	21	17	24	86
	Cohesive in luting cement	0	2	1	0	3
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	1	6	0	7
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	19.344 ^a	6	.004	.001		
Likelihood Ratio	19.752	6	.003	.002		
Fisher's Exact Test	14.119			.001		
Linear-by-Linear Association	.573 ^b	1	.449	.508	.254	.051
N of Valid Cases	96					

a. 8 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .75.

b. The standardized statistic is .757.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเคลือบฟันที่เวลา 1 เดือน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	22	21	20	24	87
	Cohesive in luting cement	2	2	3	0	7
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	1	1	0	2
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	5.117 ^a	6	.529	.545		
Likelihood Ratio	7.474	6	.279	.406		
Fisher's Exact Test	5.411			.423		
Linear-by-Linear Association	.360 ^b	1	.548	.640	.320	.079
N of Valid Cases	96					

a. 8 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is -.600.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดกับเนื้อฟันที่เวลา 1 เดือน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * cement	96	100.0%	0	.0%	96	100.0%

failure * cement Crosstabulation

Count

		cement				Total
		Rely X U100	Panavia F	Maxcem	Multilink Sprint	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	23	20	16	24	83
	Cohesive in luting cement	1	4	2	0	7
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	0	6	0	6
Total		24	24	24	24	96

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	24.867 ^a	6	.000	.000		
Likelihood Ratio	24.593	6	.000	.000		
Fisher's Exact Test	17.471			.000		
Linear-by-Linear Association	.356 ^b	1	.551	.615	.307	.057
N of Valid Cases	96					

a. 8 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.50.

b. The standardized statistic is .597.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Panavia F 2.0 กับเคลือบฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Panavia F enamel day	Panavia F enamel week	Panavia F enamel month	
failure	Cohesive in tooth	1	1	0	2
	Adhesive (tooth/luting cement)	22	18	21	61
	Cohesive in luting cement	1	2	2	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	3	1	4
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	5.326 ^a	6	.503	.535		
Likelihood Ratio	6.782	6	.341	.534		
Fisher's Exact Test	5.117			.534		
Linear-by-Linear Association	1.110 ^b	1	.292	.364	.182	.062
N of Valid Cases	72					

a. 9 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .67.

b. The standardized statistic is 1.054.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Panavia F2.0 กับ
เนื้อฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

	group	group			Total
		Panavia F dentin day	Panavia F dentin week	Panavia F dentin month	
failure Adhesive (tooth/luting cement)		22	21	20	63
Cohesive in luting cement		2	2	4	8
Adhesive (resin composite/luting cement)		0	1	0	1
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	3.095 ^a	4	.542	.717		
Likelihood Ratio	3.235	4	.519	.717		
Fisher's Exact Test	2.871			.717		
Linear-by-Linear Association	.558	1	.455	.586	.293	.113
N of Valid Cases	72					

a. 6 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .33.

b. The standardized statistic is .747.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Rely X U100 กับเคลือบฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Rely X U100 enamel day	Rely X U100 enamel week	Rely X U100 enamel month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	22	23	22	67
	Cohesive in luting cement	2	1	2	5
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	.430 ^a	2	.807	1.000		
Likelihood Ratio	.467	2	.792	1.000		
Fisher's Exact Test	.615			1.000		
Linear-by-Linear Association	.000 ^b	1	1.000	1.000	.609	.217
N of Valid Cases	72					

a. 3 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.67.

b. The standardized statistic is .000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Rely X U100 กับ
เนื้อฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Rely X U100 dentin day	Rely X U100 dentin week	Rely X U100 dentin month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	22	24	23	69
	Cohesive in luting cement	1	0	1	2
	Adhesive (resin composite/luting cement)	1	0	0	1
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	3.087 ^a	4	.543	.768		
Likelihood Ratio	3.906	4	.419	.768		
Fisher's Exact Test	3.145			.768		
Linear-by-Linear Association	1.024 ^b	1	.312	.512	.256	.148
N of Valid Cases	72					

a. 6 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .33.

b. The standardized statistic is -1.012.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Maxcem กับเคลือบฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Maxcem enamel day	Maxcem enamel week	Maxcem enamel month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	20	23	20	63
	Cohesive in luting cement	2	1	3	6
	Adhesive (resin composite/luting cement)	2	0	1	3
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	3.286 ^a	4	.511	.577		
Likelihood Ratio	4.101	4	.393	.550		
Fisher's Exact Test	3.126			.577		
Linear-by-Linear Association	.092 ^b	1	.761	.883	.441	.113
N of Valid Cases	72					

a. 6 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.00.

b. The standardized statistic is -.304.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Maxcem กับเนื้อฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Maxcem dentin day	Maxcem dentin week	Maxcem dentin month	
failure	Cohesive in tooth	1	0	0	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	18	17	16	51
	Cohesive in luting cement	2	1	2	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	3	6	6	15
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	3.718 ^a	6	.715	.848		
Likelihood Ratio	4.063	6	.668	.821		
Fisher's Exact Test	3.789			.811		
Linear-by-Linear Association	1.451 ^b	1	.228	.265	.133	.034
N of Valid Cases	72					

a. 6 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .33.

b. The standardized statistic is 1.205.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Multilink Sprint กับเคลือบฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Multilink enamel day	Multilink enamel week	Multilink enamel month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	24	23	24	71
	Cohesive in luting cement	0	1	0	1
	Total	24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	2.028 ^a	2	.363	1.000		
Likelihood Ratio	2.226	2	.329	1.000		
Fisher's Exact Test	1.845			1.000		
Linear-by-Linear Association	.000 ^b	1	1.000	1.000	.667	.333
N of Valid Cases	72					

a. 3 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .33.

b. The standardized statistic is .000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Multilink Sprint กับเนื้อฟัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group			Total
		Multilink dentin day	Multilink dentin week	Multilink dentin month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	24	24	24	72
Total		24	24	24	72

Chi-Square Tests

	Value
Pearson Chi-Square	. ^a
N of Valid Cases	72

a. No statistics are computed because failure is a constant.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Panavia F 2.0 ที่เวลา 1 วัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Panavia F dentin day	Panavia F enamel day	
		failure Cohesive in tooth	0	
	Adhesive (tooth/luting cement)	22	22	44
	Cohesive in luting cement	2	1	3
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.333 ^a	2	.513	1.000		
Likelihood Ratio	1.726	2	.422	1.000		
Fisher's Exact Test	1.347			1.000		
Linear-by-Linear Association	1.000 ^b	1	.317	.626	.313	.250
N of Valid Cases	48					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is -1.000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Panavia F 2.0 ที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Panavia F dentin week	Panavia F enamel week	
failure	Cohesive in tooth	0	1	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	21	18	39
	Cohesive in luting cement	2	2	4
	Adhesive (resin composite/luting cement)	1	3	4
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	2.231 ^a	3	.526	.641		
Likelihood Ratio	2.664	3	.446	.641		
Fisher's Exact Test	2.221			.641		
Linear-by-Linear Association	.477 ^b	1	.490	.652	.326	.144
N of Valid Cases	48					

a. 6 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is .691.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Panavia F 2.0 ที่เวลา 1 เดือน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Panavia F dentin month	Panavia F enamel month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	20	21	41
	Cohesive in luting cement	4	2	6
	Adhesive (resin composite/luting cement)	0	1	1
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.691 ^a	2	.429	.666		
Likelihood Ratio	2.090	2	.352	.666		
Fisher's Exact Test	1.619			.666		
Linear-by-Linear Association	.000 ^b	1	1.000	1.000	.625	.250
N of Valid Cases	48					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is .000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Rely X U100 ที่เวลา 1 วัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Rely X U100	Rely X U100	
		dentin day	enamel day	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	22	22	44
	Cohesive in luting cement	1	2	3
	Adhesive (resin composite/luting cement)	1	0	1
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.333 ^a	2	.513	1.000		
Likelihood Ratio	1.726	2	.422	1.000		
Fisher's Exact Test	1.347			1.000		
Linear-by-Linear Association	.151 ^b	1	.697	1.000	.500	.258
N of Valid Cases	48					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is -.389.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Rely X U100 ที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Rely X U100 dentin week	Rely X U100 enamel week	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	24	23	47
	Cohesive in luting cement	0	1	1
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.021 ^b	1	.312	1.000	.500	
Continuity Correction ^f	.000	1	1.000			
Likelihood Ratio	1.408	1	.235	1.000	.500	
Fisher's Exact Test				1.000	.500	
Linear-by-Linear Association	1.000 ^c	1	.317	1.000	.500	.500
N of Valid Cases	48					

a. Computed only for a 2x2 table

b. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

c. The standardized statistic is 1.000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Rely X U100 ที่เวลา 1 เดือน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Rely X U100 dentin month	Rely X U100 enamel month	
		failure Adhesive (tooth/luting cement)	23	
	Cohesive in luting cement	1	2	3
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	.356 ^b	1	.551	1.000	.500	
Continuity Correction ^a	.000	1	1.000			
Likelihood Ratio	.362	1	.547	1.000	.500	
Fisher's Exact Test				1.000	.500	
Linear-by-Linear Association	.348 ^c	1	.555	1.000	.500	.383
N of Valid Cases	48					

a. Computed only for a 2x2 table

b. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.50.

c. The standardized statistic is .590.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Maxcem ที่เวลา 1 วัน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count		group		Total
		Maxcem dentin day	Maxcem enamel day	
failure	Cohesive in tooth	1	0	1
	Adhesive (tooth/luting cement)	18	20	38
	Cohesive in luting cement	2	2	4
	Adhesive (resin composite/luting cement)	3	2	5
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.305 ^a	3	.728	.868		
Likelihood Ratio	1.693	3	.638	.868		
Fisher's Exact Test	1.429			.868		
Linear-by-Linear Association	.046 ^b	1	.831	1.000	.500	.162
N of Valid Cases	48					

a. 6 cells (75.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

b. The standardized statistic is -.214.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Maxcem ที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Maxcem dentin week	Maxcem enamel week	
		failure	Adhesive (tooth/luting cement)	
	Cohesive in luting cement	1	1	2
	Adhesive (resin composite/luting cement)	6	0	6
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	6.900 ^a	2	.032	.022		
Likelihood Ratio	9.221	2	.010	.022		
Fisher's Exact Test	7.199			.022		
Linear-by-Linear Association	6.433 ^b	1	.011	.015	.007	.006
N of Valid Cases	48					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.00.

b. The standardized statistic is -2.536.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Maxcem ที่เวลา 1 เดือน

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Maxcem	Maxcem	
		dentin month	enamel month	
failure	Adhesive (tooth/luting cement)	16	20	36
	Cohesive in luting cement	2	3	5
	Adhesive (resin composite/luting cement)	6	1	7
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	4.216 ^a	2	.121	.141		
Likelihood Ratio	4.609	2	.100	.141		
Fisher's Exact Test	4.117			.141		
Linear-by-Linear Association	3.113 ^b	1	.078	.116	.058	.034
N of Valid Cases	48					

a. 4 cells (66.7%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.50.

b. The standardized statistic is -1.764.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Multilink Sprint ที่เวลา 1 วัน

Warnings

No measures of association are computed for the crosstabulation of failure * group.
At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Multilink dentin day	Multilink enamel day	
		failure Adhesive (tooth/luting cement)	24	
Total	24	24	48	

Chi-Square Tests

	Value
Pearson Chi-Square	. ^a
N of Valid Cases	48

a. No statistics are computed because failure is a constant.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Multilink Sprint ที่เวลา 1 สัปดาห์

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

		group		Total
		Multilink dentin week	Multilink enamel week	
		failure Adhesive (tooth/luting cement)	24	
	Cohesive in luting cement	0	1	1
Total		24	24	48

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.021 ^b	1	.312	1.000	.500	
Continuity Correction ^a	.000	1	1.000			
Likelihood Ratio	1.408	1	.235	1.000	.500	
Fisher's Exact Test				1.000	.500	
Linear-by-Linear Association	1.000 ^c	1	.317	1.000	.500	.500
N of Valid Cases	48					

a. Computed only for a 2x2 table

b. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .50.

c. The standardized statistic is 1.000.

การวิเคราะห์ความแตกต่างของความถี่ลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดของ Multilink Sprint ที่เวลา 1 เดือน

Warnings

No measures of association are computed for the crosstabulation of failure * group.
At least one variable in each 2-way table upon which measures of association are computed is a constant.

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
failure * group	48	100.0%	0	.0%	48	100.0%

failure * group Crosstabulation

Count

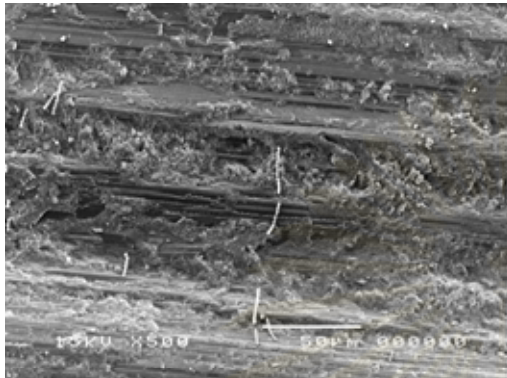
	group		Total
	Multilink dentin month	Multilink enamel month	
	failure Adhesive (tooth/luting cement)	24	
Total	24	24	48

Chi-Square Tests

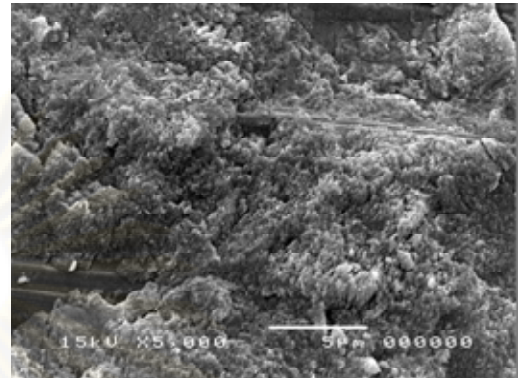
	Value
Pearson Chi-Square	. ^a
N of Valid Cases	48

a. No statistics are computed because failure is a constant.

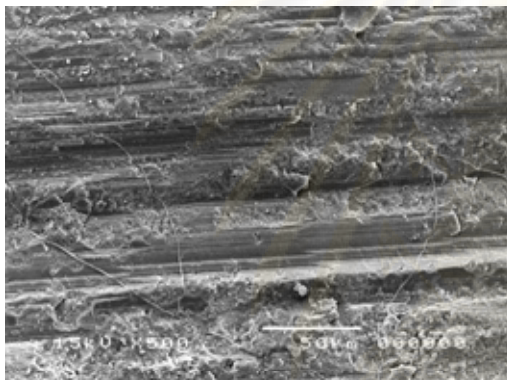
ผลการตรวจสอบความล้มเหลวในการยึดติดเมื่อตรวจสอบกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดให้ผลดังนี้



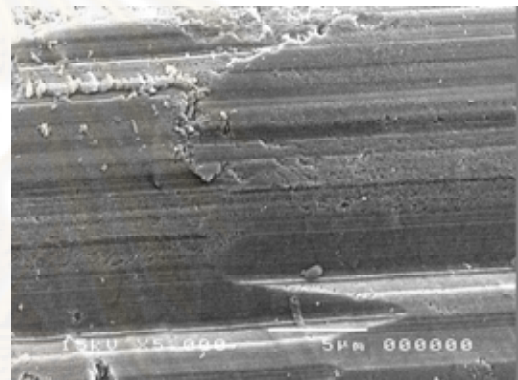
ก



ข



ค

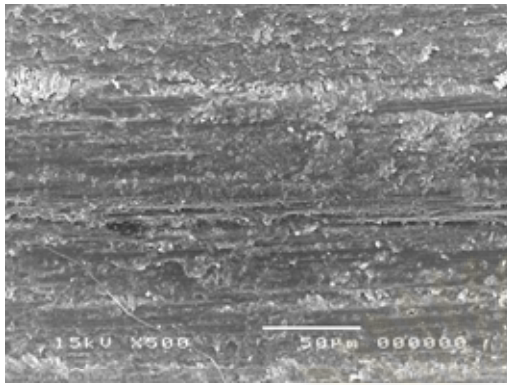


ง

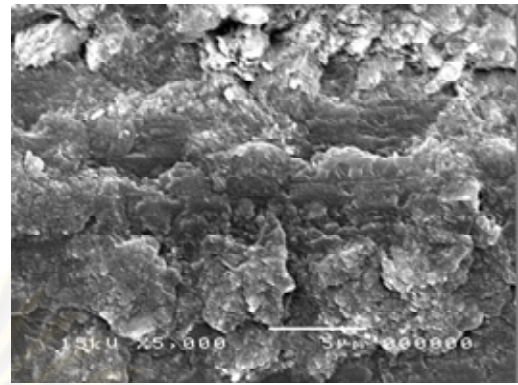
ภาพที่ 7 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟันที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

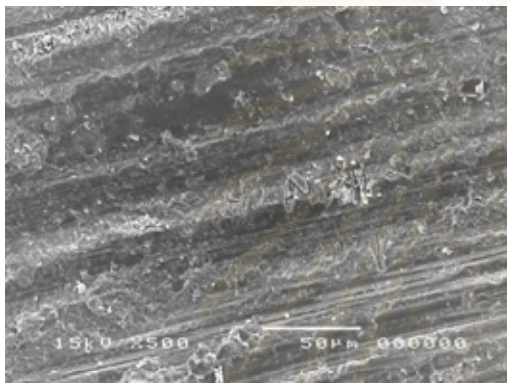
ศูนย์วิจัยทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



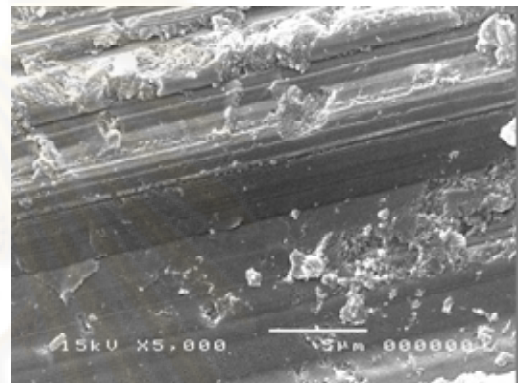
ก



ข



ค

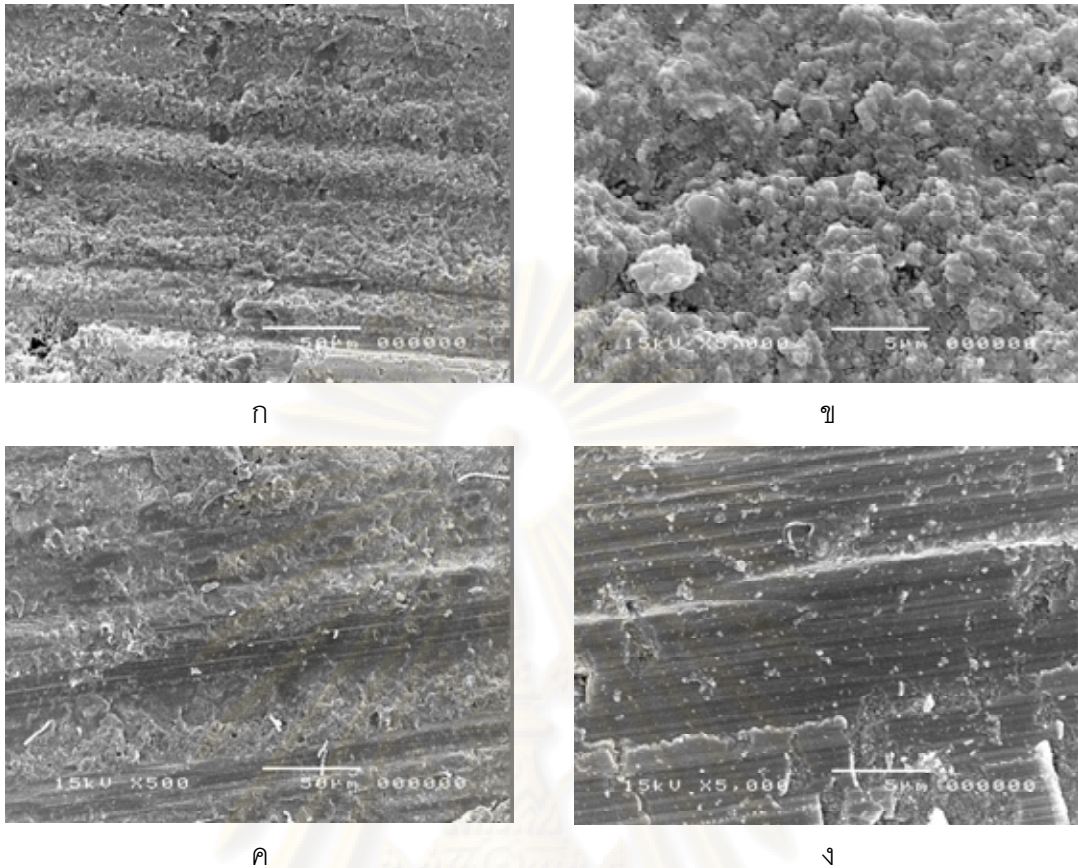


ง

ภาพที่ 8 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

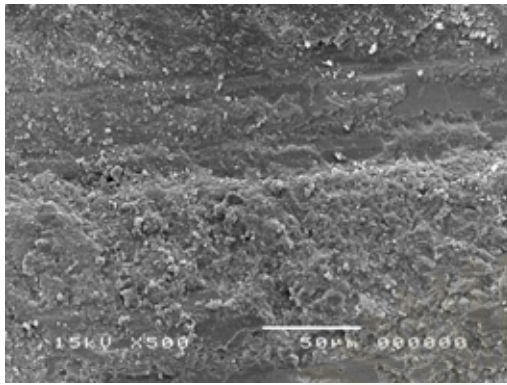
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



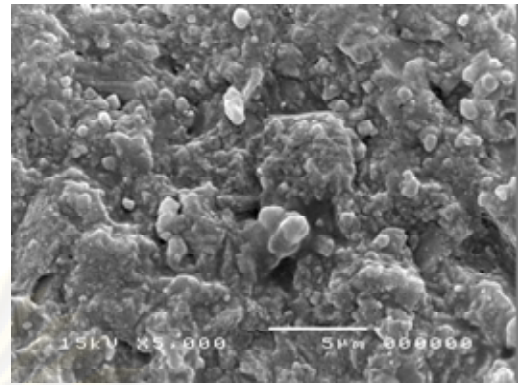
ภาพที่ 9 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

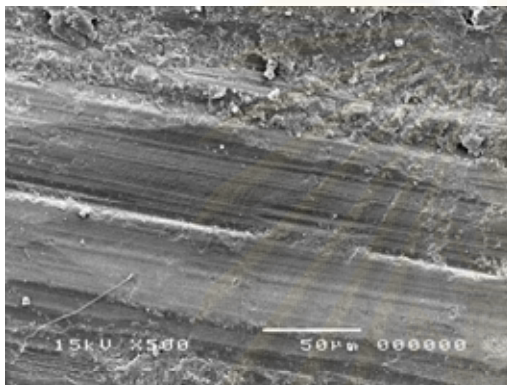
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



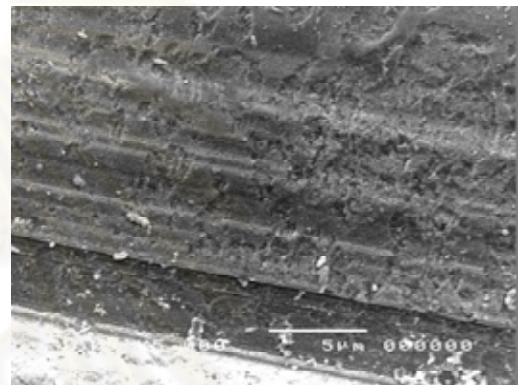
ก



ข



ค

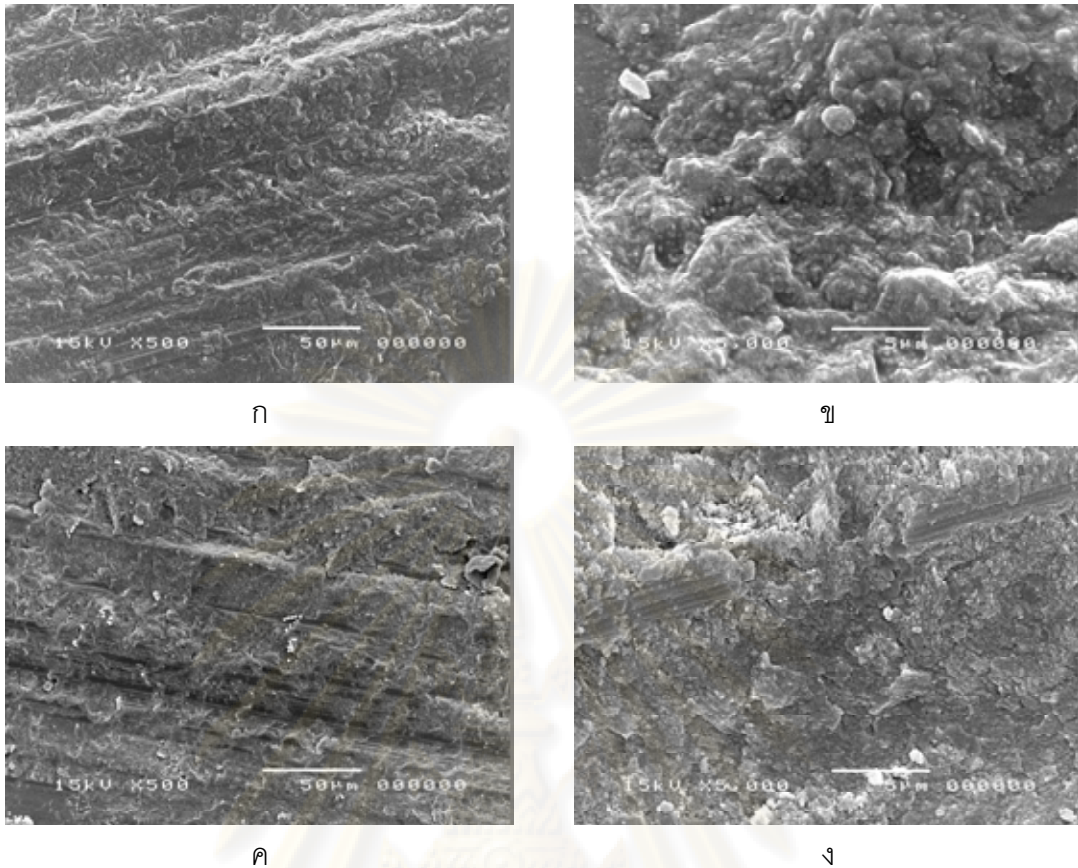


ง

ภาพที่ 10 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

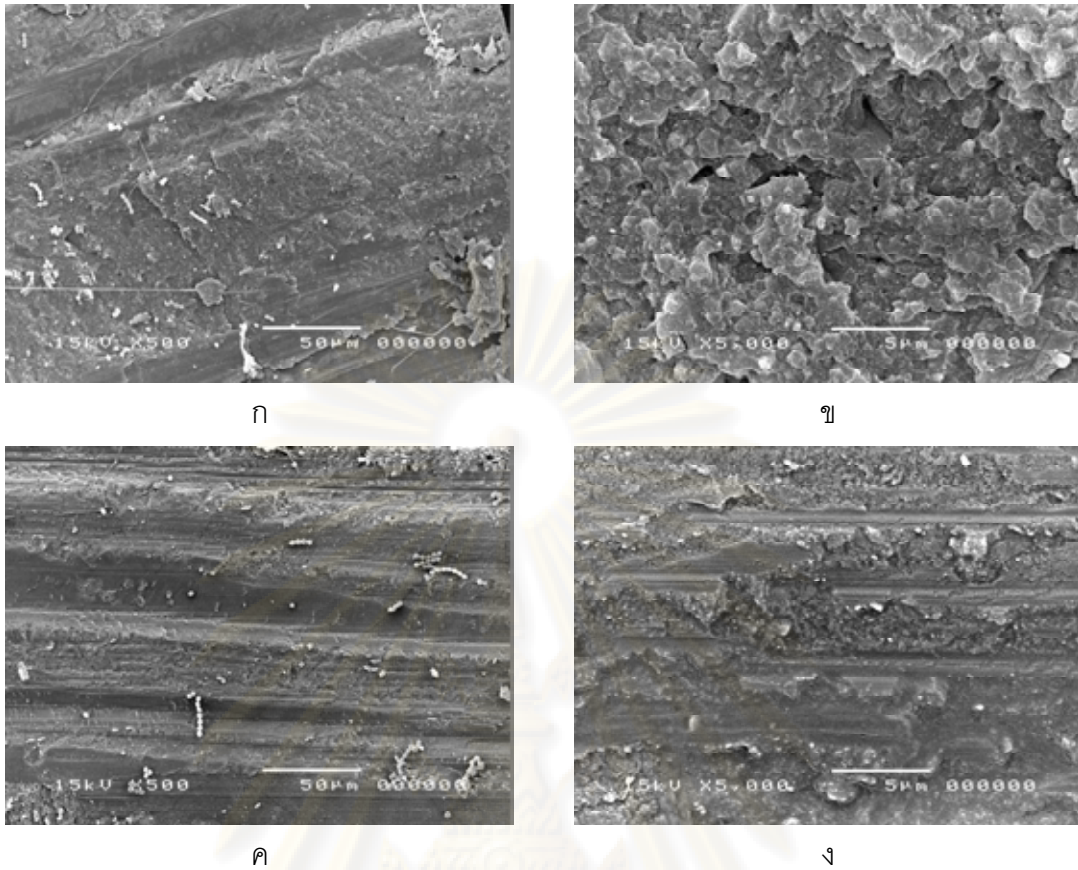
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 11 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบพื้น ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบพื้นกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบพื้นกำลังขยาย 5000 เท่า

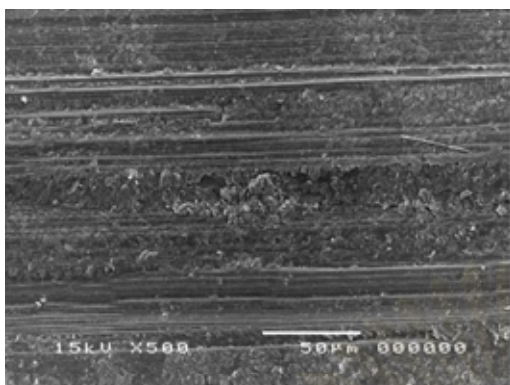
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



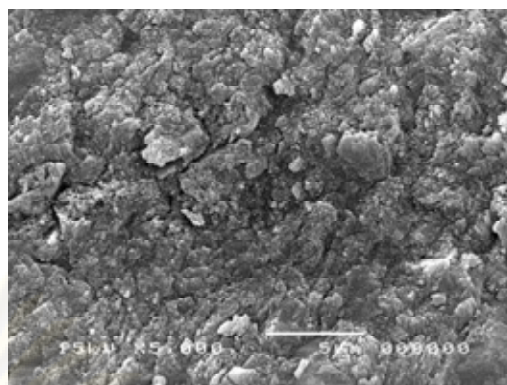
ภาพที่ 12 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบพื้น ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบพื้นกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบพื้นกำลังขยาย 5000 เท่า

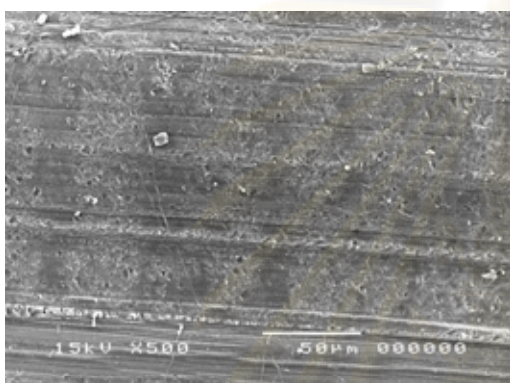
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



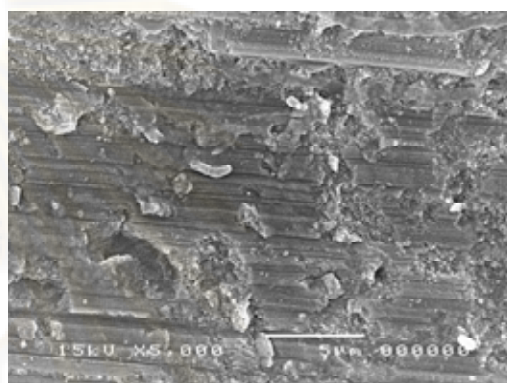
ก



ข



ค

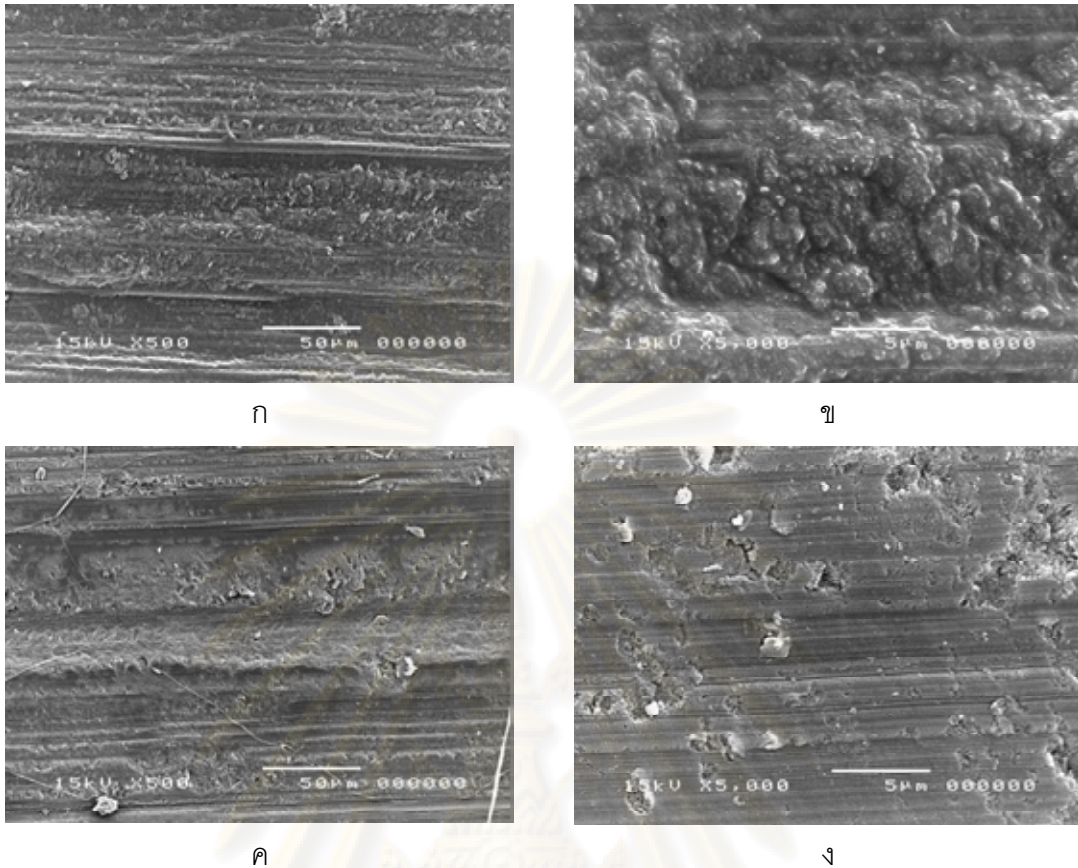


ง

ภาพที่ 13 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

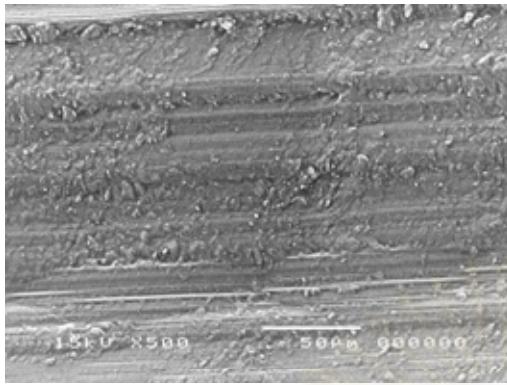
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



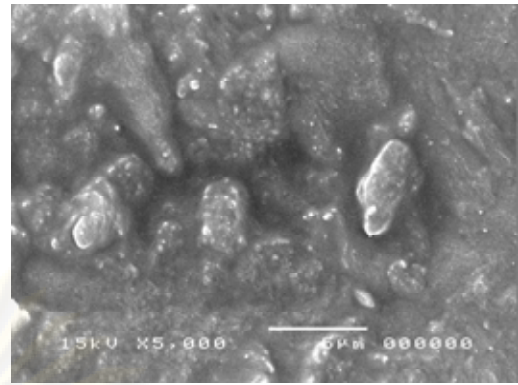
ภาพที่ 14 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

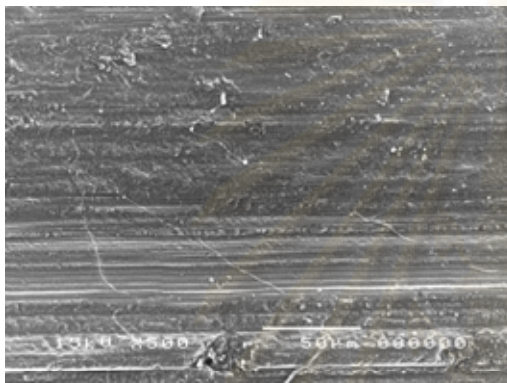
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



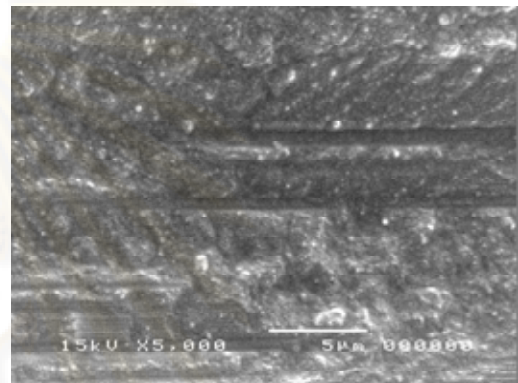
ก



ข



ค

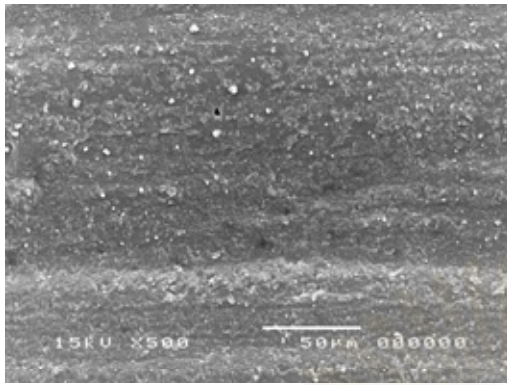


ง

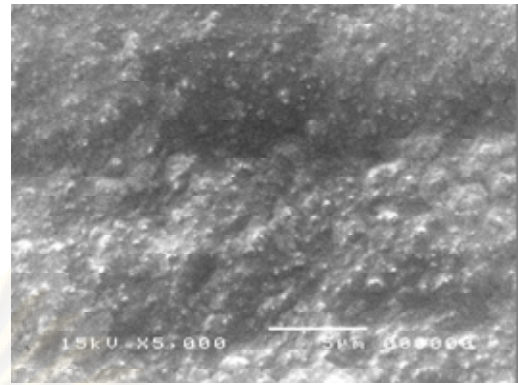
ภาพที่ 15 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

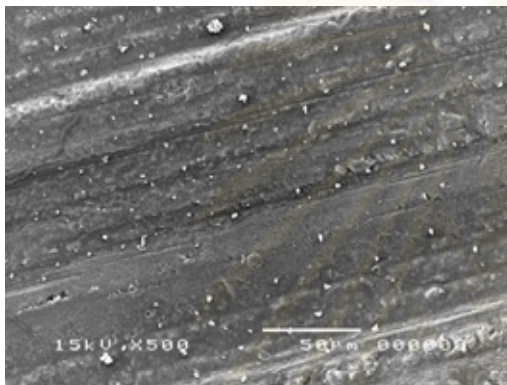
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



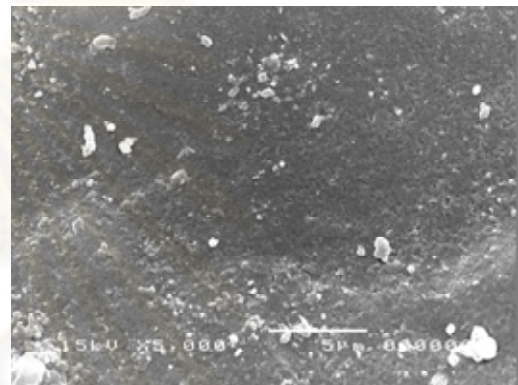
ก



ข



ค

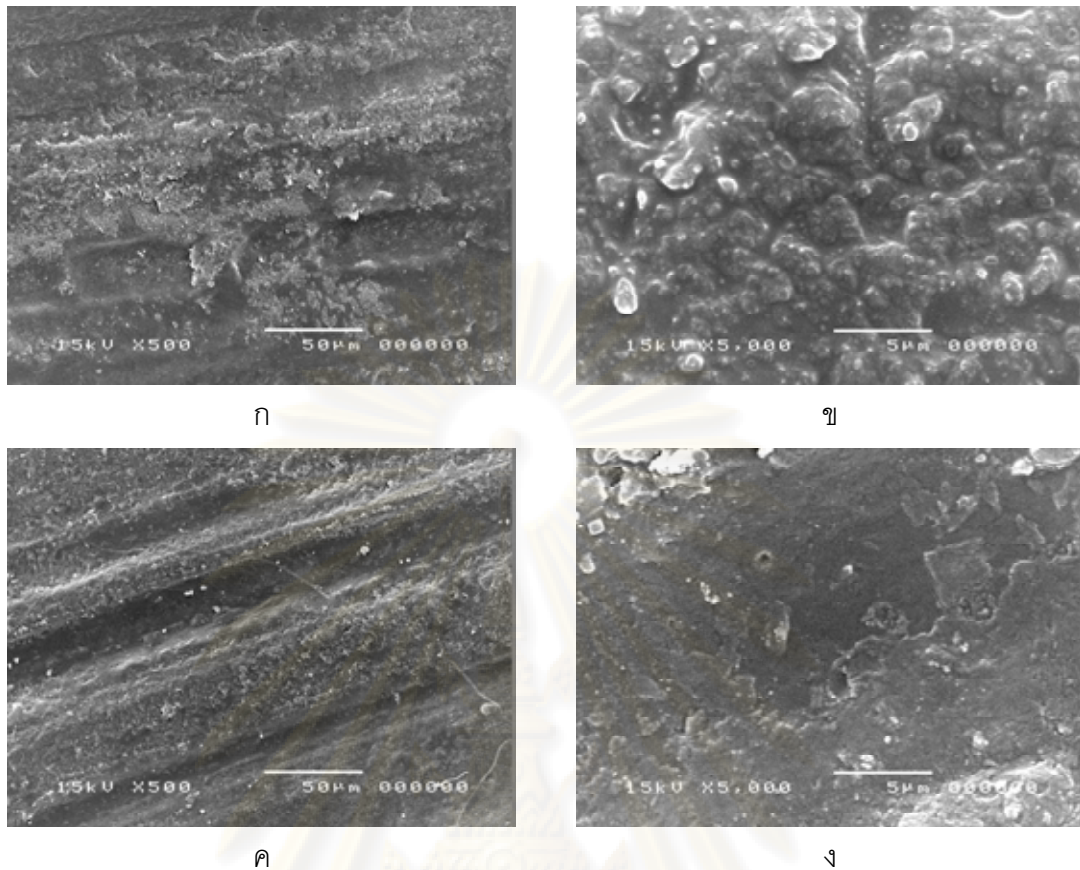


ง

ภาพที่ 16 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

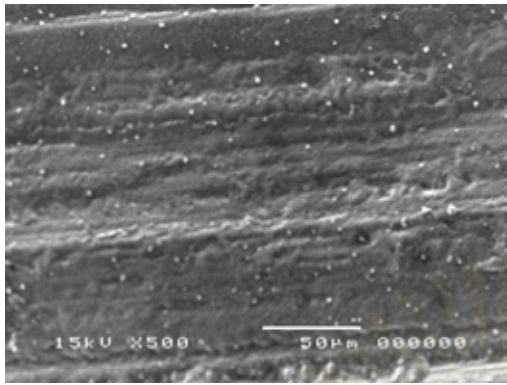
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



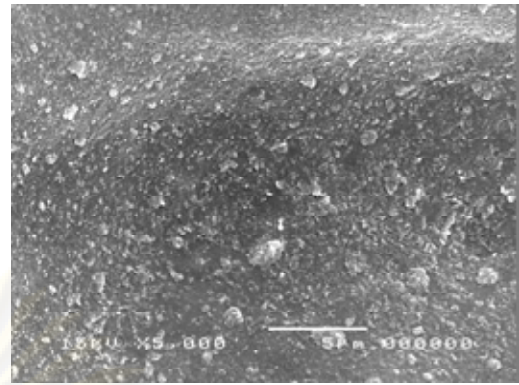
ภาพที่ 17 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

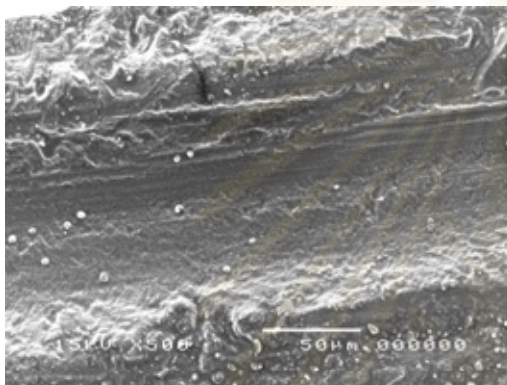
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



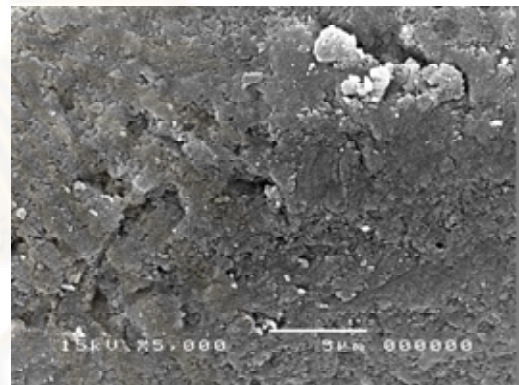
ก



ข



ค

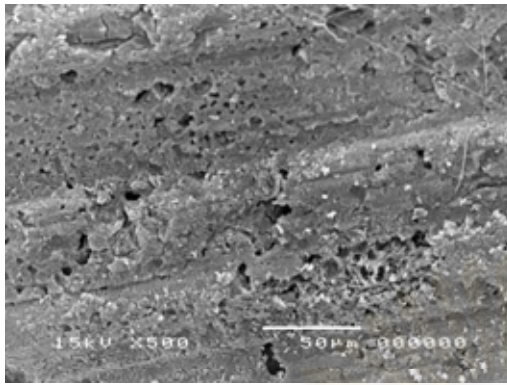


ง

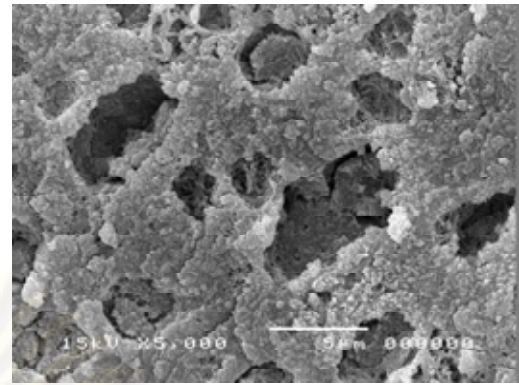
ภาพที่ 18 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเคลือบฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเคลือบฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

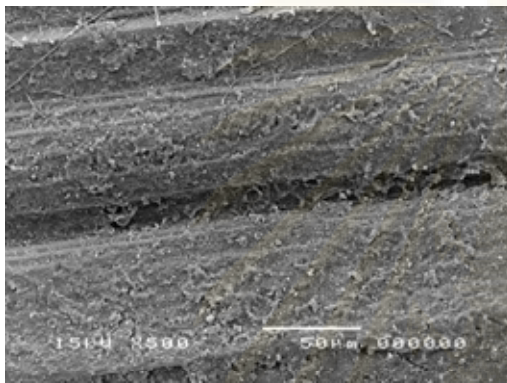
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



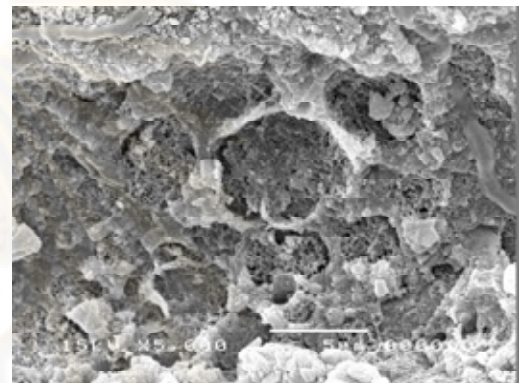
ก



ข



ค

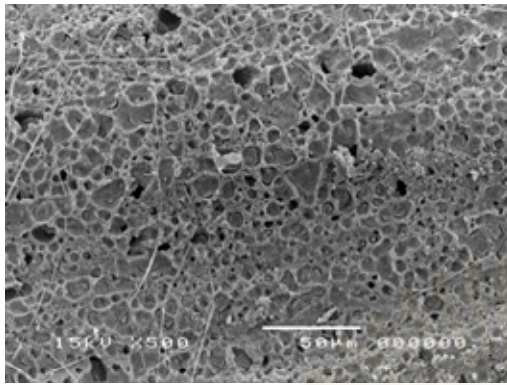


ง

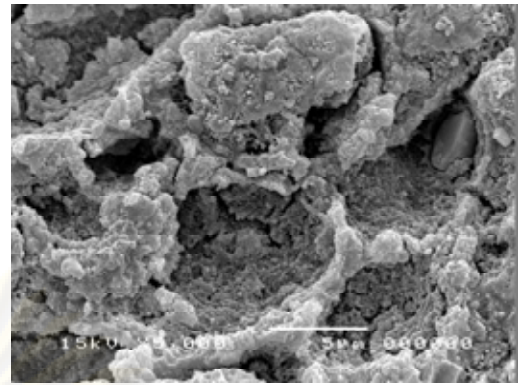
ภาพที่ 19 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

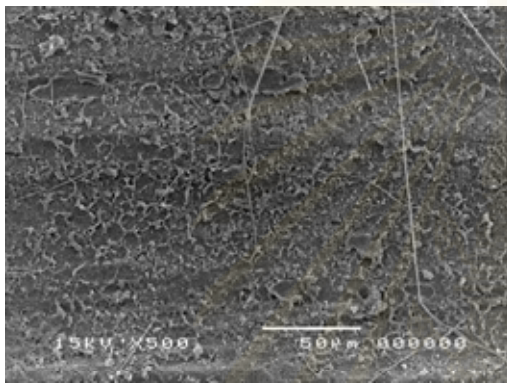
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



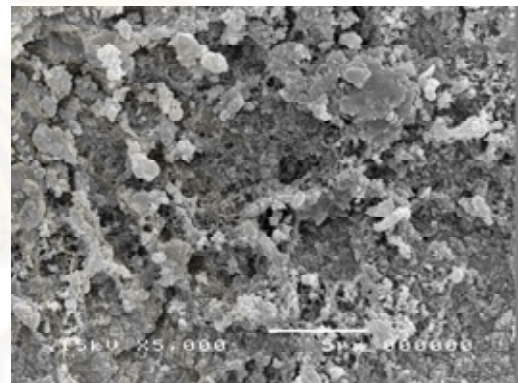
ก



ข



ค

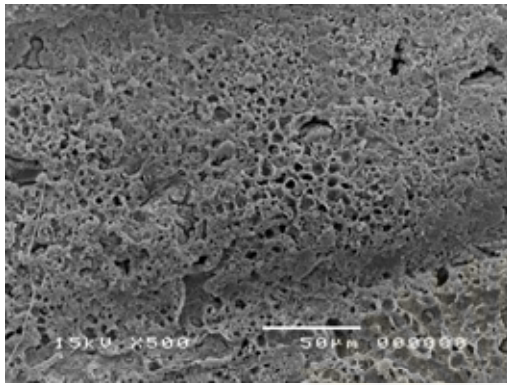


ง

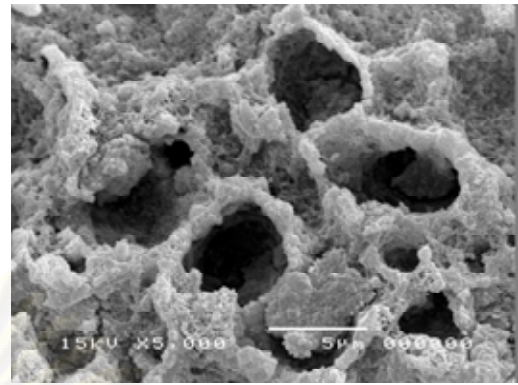
ภาพที่ 20 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

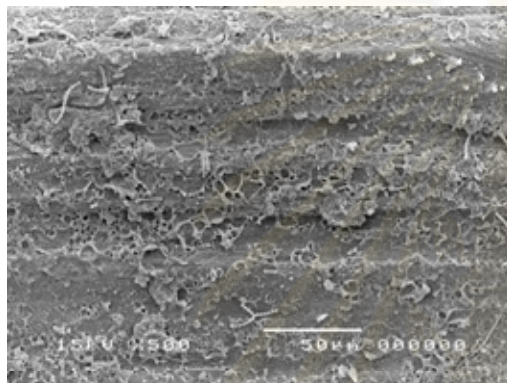
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



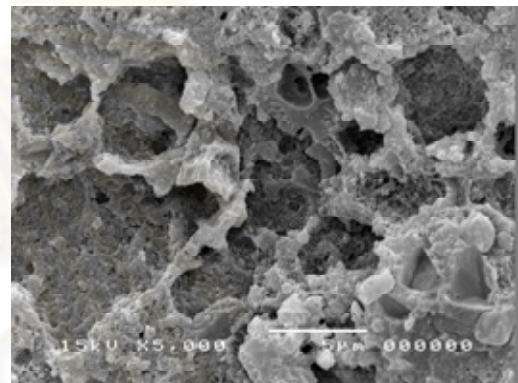
ก



ข



ค

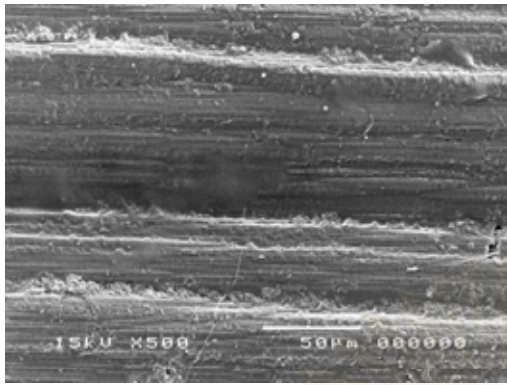


ง

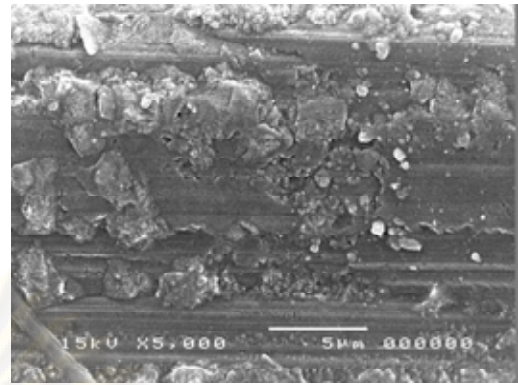
ภาพที่ 21 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Rely X U100 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

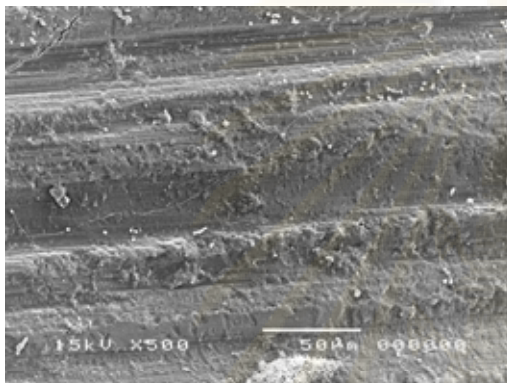
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



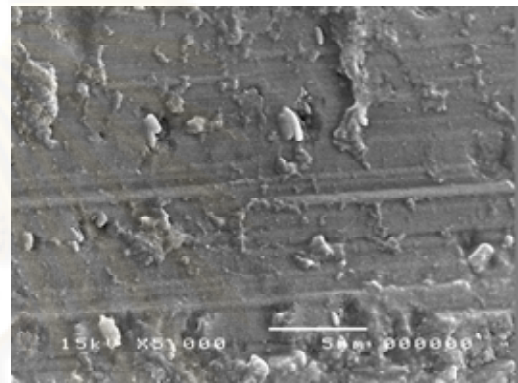
ก



ข



ค

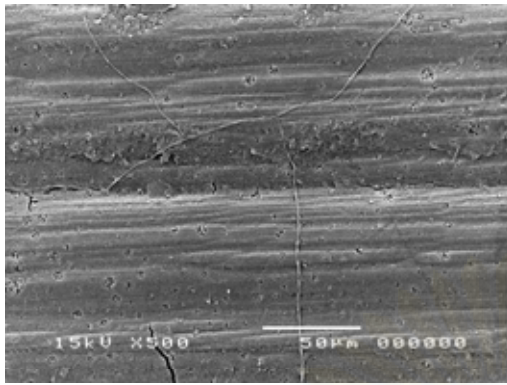


ง

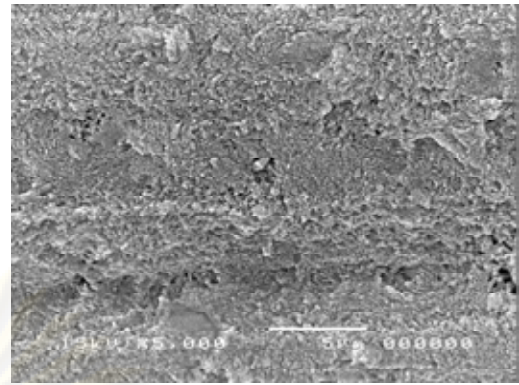
ภาพที่ 22 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

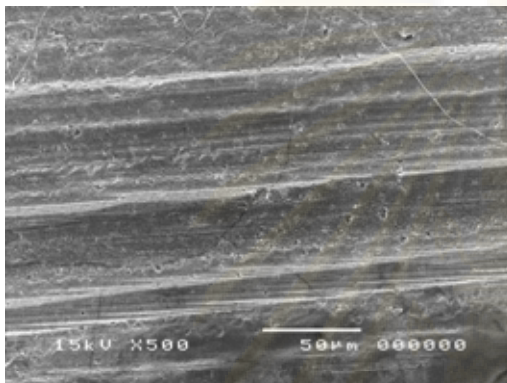
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



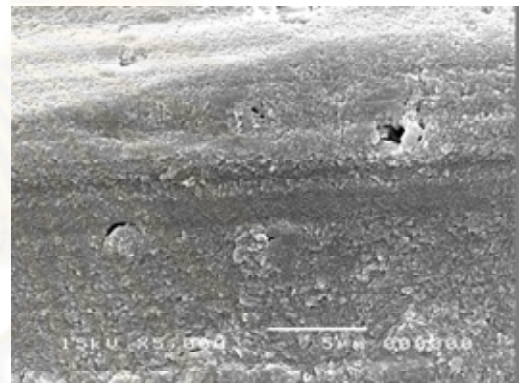
ก



ข



ค

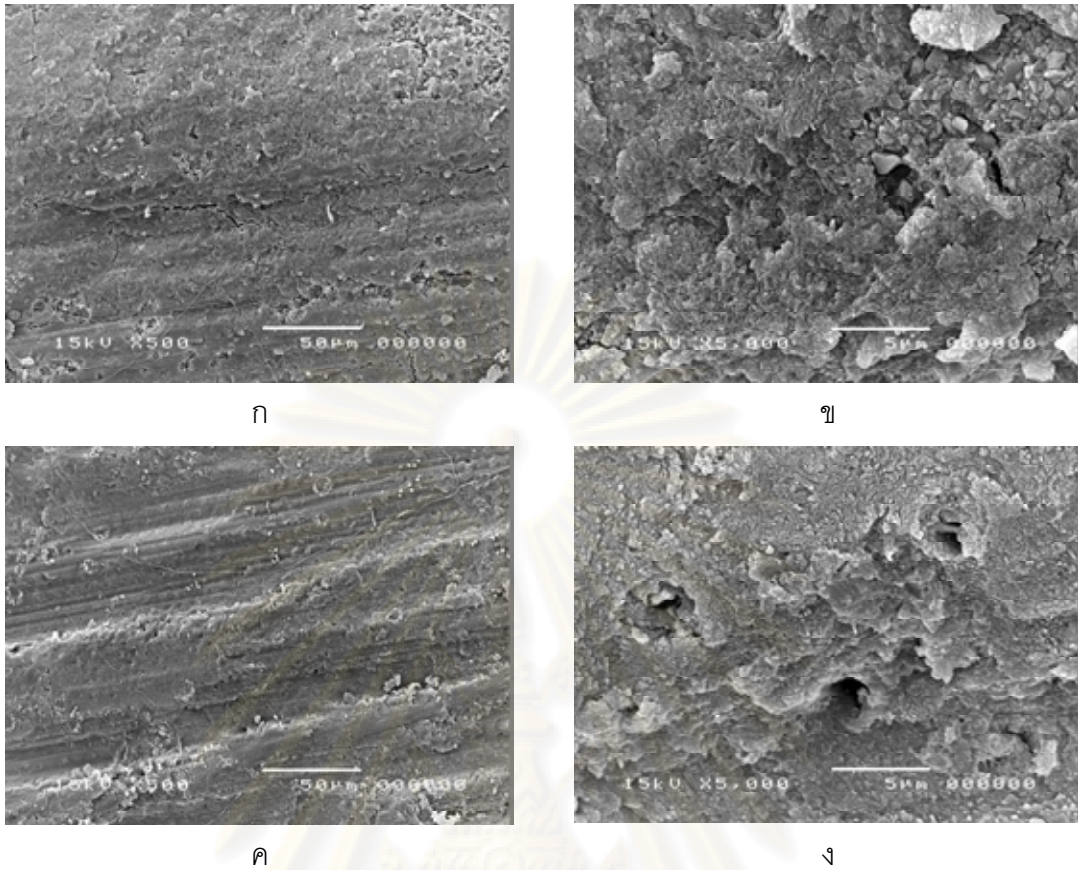


ง

ภาพที่ 23 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

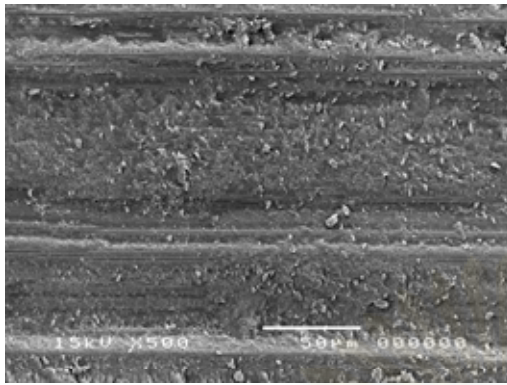
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



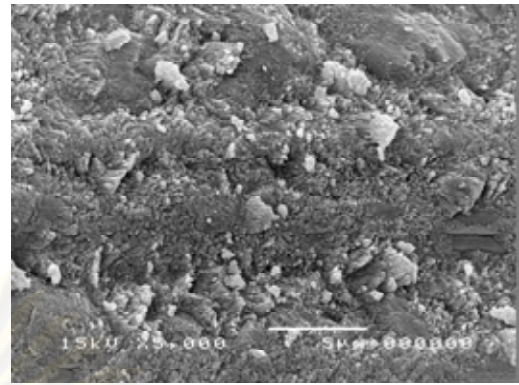
ภาพที่ 24 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Maxcem ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

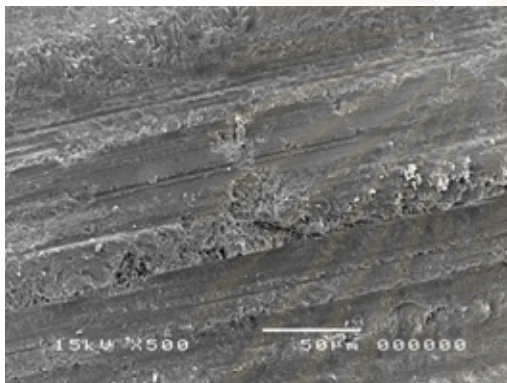
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



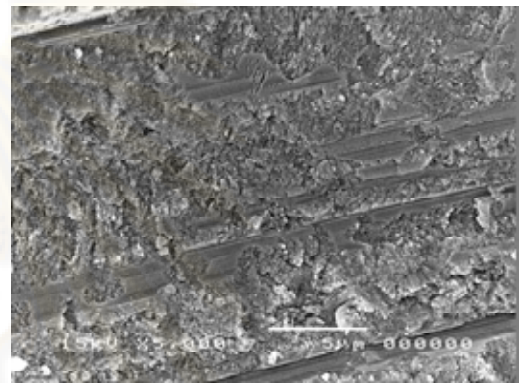
ก



ข



ค

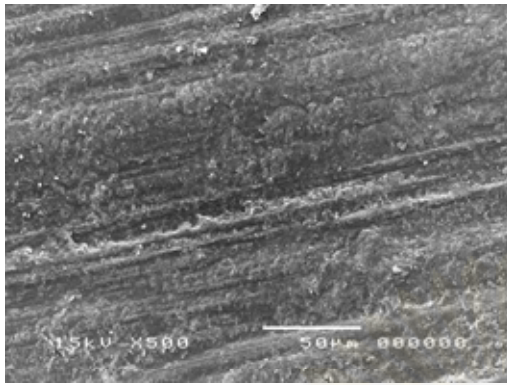


ง

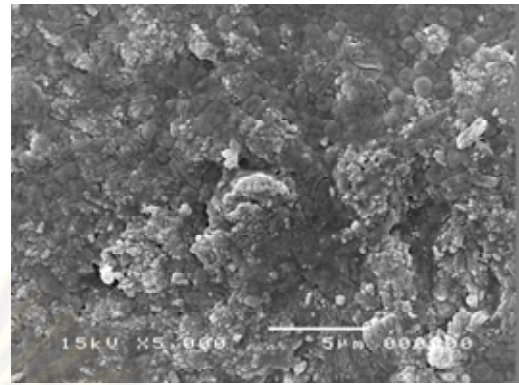
ภาพที่ 25 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

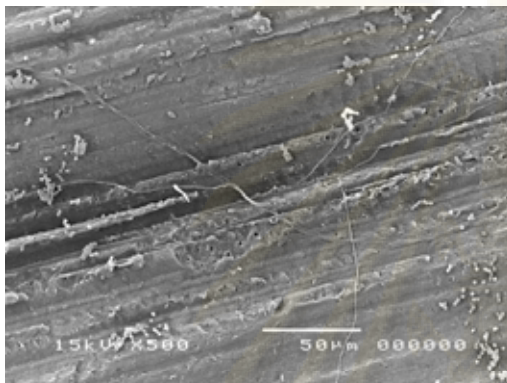
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก



ข



ค

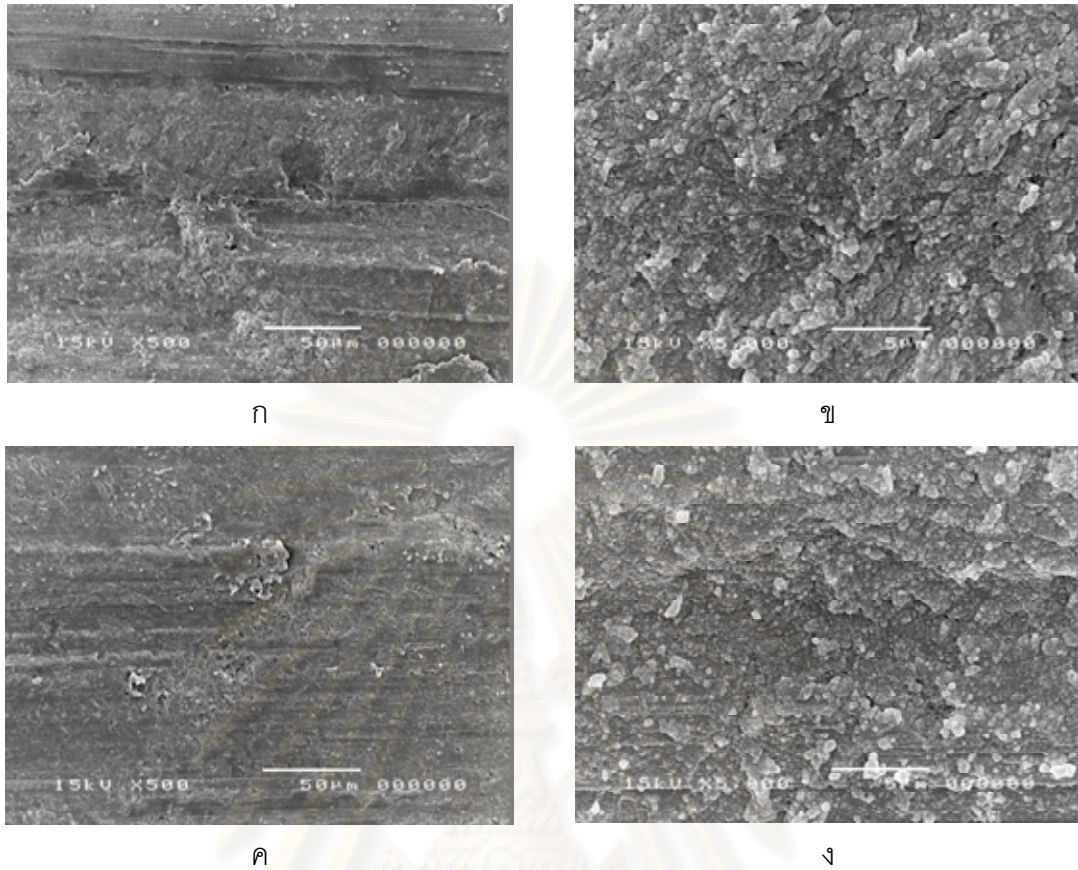


ง

ภาพที่ 26 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

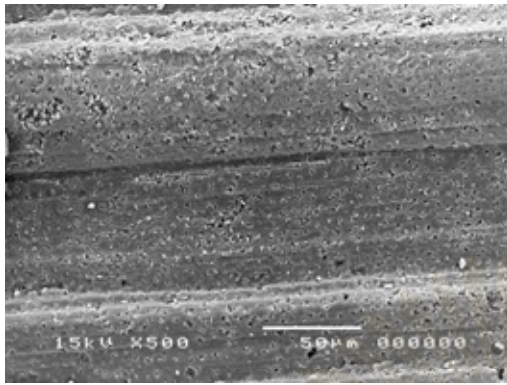
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



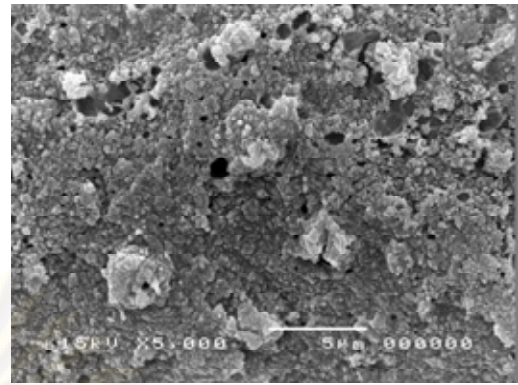
ภาพที่ 27 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Multilink Sprint ภายหลังจากการทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

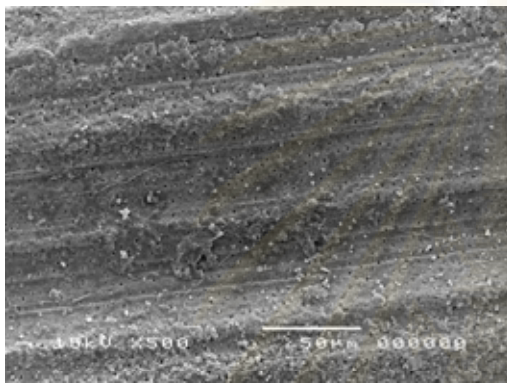
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



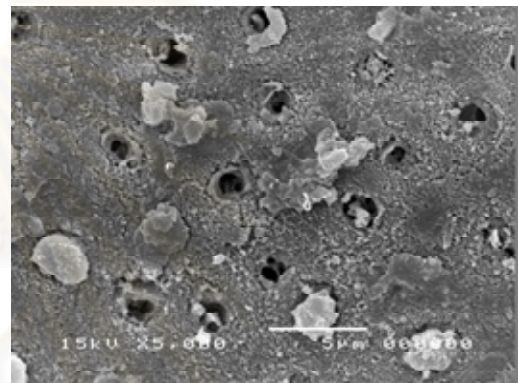
ก



ข



ค

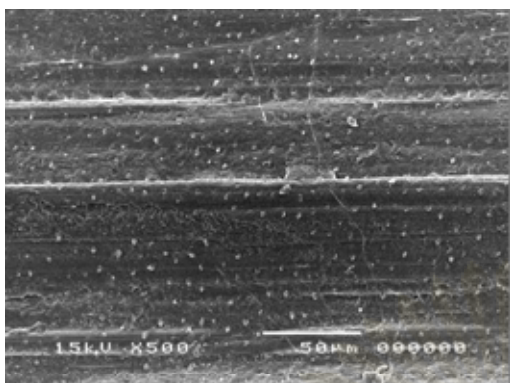


ง

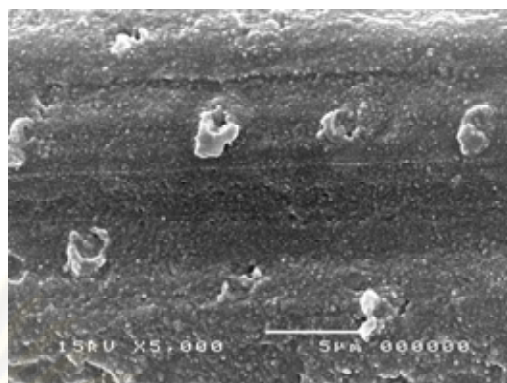
ภาพที่ 28 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 วัน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

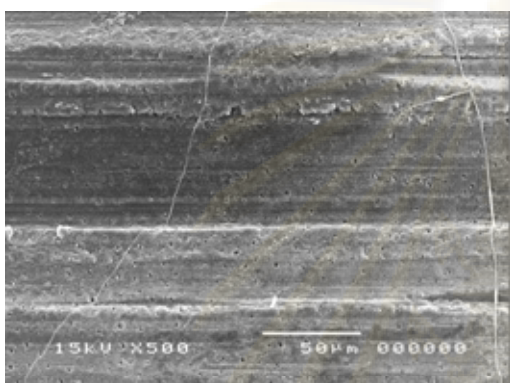
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



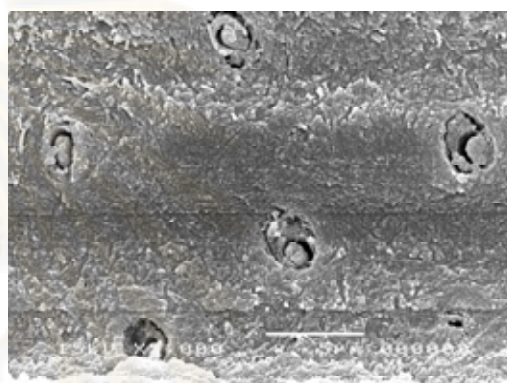
ก



ข



ค

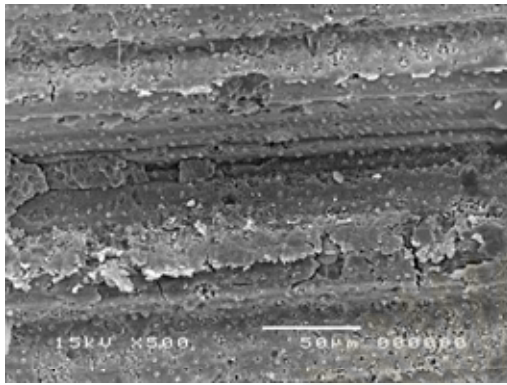


ง

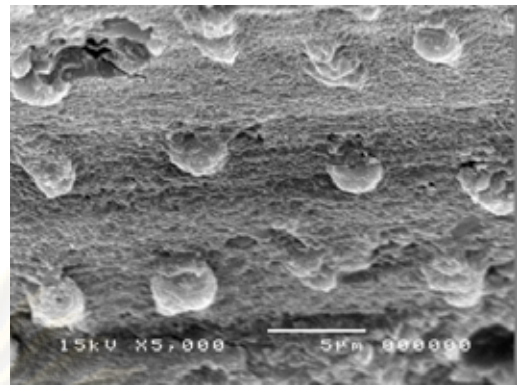
ภาพที่ 29 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 สัปดาห์

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

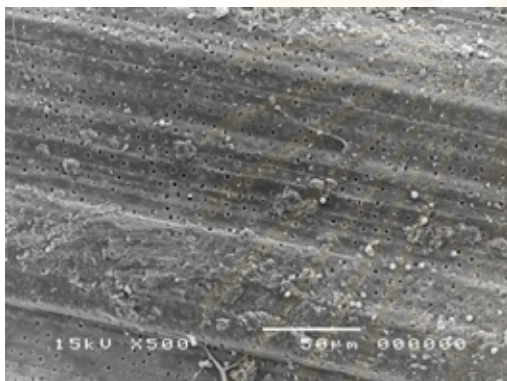
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



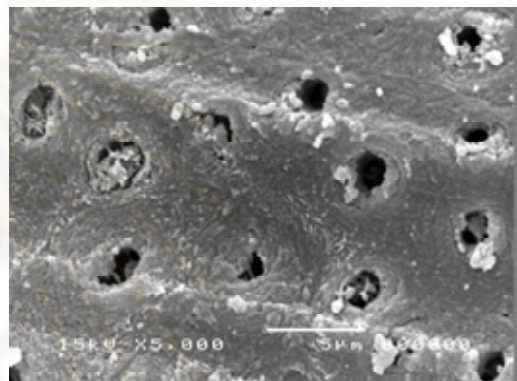
ก



ข



ค



ง

ภาพที่ 30 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของชั้นทดสอบผลิตภัณฑ์ Panavia F 2.0 ภายหลังจากทดสอบแรงดึงระดับจุลภาคในการยึดติดกับเนื้อฟัน ที่ระยะเวลาในการเก็บชิ้นตัวอย่างไว้ในน้ำ 1 เดือน

- ก. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 500 เท่า
- ข. ชั้นทดสอบด้านคอมโพสิตกำลังขยาย 5000 เท่า
- ค. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 500 เท่า
- ง. ชั้นทดสอบด้านเนื้อฟันกำลังขยาย 5000 เท่า

ศูนย์วิทยุทันตกรรม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นาย ยุทธนา คุณุฒยากร

วัน เดือน ปี เกิด 31 กรกฎาคม 2522

วุฒิการศึกษา ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีสำเร็จการศึกษา 2546

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2546-2547 ตำแหน่งทันตแพทย์ 5 โรงพยาบาลศรีสังวาลย์ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน

พ.ศ.2548 ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย