

ค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์สามระบบกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่  
โซเดียมไฮโปคลอไรท์

เรืออากาศเอกหญิง อรุณรัตน์ มุจจินทวิมุตติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์  
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2554  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

TENSILE BOND STRENGTH OF THREE RESIN CEMENT SYSTEMS TO DENTIN  
IMMERSED IN SODIUM HYPOCHLORITE

Flt.Lt. Arunrat Mujjalinvimut WRTAF.,DDS.

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

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์สามระบบกับเนื้อฟันที่  
ผ่านการแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

โดย

เรืออากาศเอกหญิง อรุณรัตน์ มุจลินทวิมุตติ

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. นิยม อารงค์อนันต์สกุล

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรภรณ์ ทักษิณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ปารมภ์ ซาลิม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. นิยม อารงค์อนันต์สกุล)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. วิวิทธิพล ศรีมณีพงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญศรี คู่สุขธรรม)

เรืออากาศเอกหญิง อรุณรัตน์ มุจฉลินทวิมุตติ : ค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์สามระบบกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (TENSILE BOND STRENGTH OF THREE RESIN CEMENT SYSTEMS TO DENTIN IMMERSSED IN SODIUM HYPOCHLORITE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ทพ.ดร. นิยม อํารงค์อนันต์สกุล, 56 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่ากำลังแรงยึดดึงของวัสดุยึดติด 3 ระบบคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และรีล่ายเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับแอคซีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซีกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 3 นาที โดยนำฟันกรามมนุษย์ซี่ที่สามที่ตัดด้านสบฟันออกให้เห็นผิวเนื้อฟัน จากนั้นแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยนำมายึดด้วยวัสดุเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ และนำมายึดกับเรซินคอมโพสิตโดยการอุดเป็นชั้น จากนั้นเก็บชิ้นงานในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตัดชิ้นงานให้เป็นรูปดัมเบลล์ นำไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงด้วยความเร็วหัวดึง 1 มิลลิเมตรต่อวินาที นำชิ้นงานที่แตกหักมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ เพื่อแบ่งลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น และบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และวิเคราะห์เชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการศึกษาพบว่า กลุ่มรีล่ายเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับแอคซีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซี และกลุ่มซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงกว่ากลุ่มพานาเวียเอฟทู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2554

# # 5276140332 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : COMPOSITE RESIN/ MICROTENSILE BOND STRENGTH/ SODIUM HYPOCHLORITE/ RESIN CEMENT

FLT.LT. ARUNRAT MUJJALINVIMUT WR.TAF.,DDS.. : TENSILE BOND STRENGTH OF THREE RESIN CEMENT SYSTEMS TO DENTIN IMMERSSED IN SODIUM HYPOCHLORITE. ADVISOR : ASST.PROF. NIYOM THAMRONGANANSKUL DDS., Ph.D., 56 pp.

The objective of this study is to evaluate microtensile bond strength of 3 resin cement systems; Superbond C&B, Panavia F 2.0 and Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC on dentin soaked in 2.5% sodium hypochlorite solution for 3 minutes. By flattening human third molars to dentin surface depth and divided into 3 specimen groups. Bonded all 3 resin cements systems with resin composites by incremental filling. Consequently, specimen were stored in distilled water at 37°C for 24 hrs. and sectioned into dumbbell shape to test for bond strength with a cross-head speed of 1 mm/min. The mode of failure specimens was categorized with stereomicroscope and captured their photos with scanning electron microscopy (SEM). The data were statistically analyzed with One-way ANOVA and Tukey Multiple Comparison ( $\alpha=0.05$ ).

The result shows that mean bond strength of Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC and Superbond C&B were equal with no statistical difference and statistically higher than did Panavia F 2.0 system.

Department : Prosthodontics..... Student's Signature .....

Field of Study : Prosthodontics..... Advisor's Signature .....

Academic Year : 2011

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนอย่างดียิ่งจากหลายๆฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทนต์แพทย์ ดร.นิยม อารังคือนันต์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ แนวคิด คำแนะนำทางด้านวิชาการในการเขียนวิทยานิพนธ์ ตลอดถึงสนับสนุนวัสดุในการทำงานวิจัย รวมทั้งเป็นกำลังใจตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

กรรมการทุกท่านในการให้คำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างยิ่งและได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

คณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ทุกท่าน ที่ให้ความเอ็นดู และเป็นกำลังใจในการทำงาน พร้อมทั้งได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วยความเมตตาตลอดหลักสูตร รวมทั้งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในการสนับสนุนทุนวิจัย เจ้ากรมกรมแพทย์ทหารอากาศ ที่ได้สนับสนุนการลาศึกษาต่อในโอกาสนี้

อาจารย์และบุคลากรทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ตลอดถึงวัสดุและเครื่องมือประกอบกรวิจัย บริษัท 3M (ประเทศไทย) จำกัด บริษัท Acteon (ประเทศไทย) จำกัด ในการอนุเคราะห์วัสดุ

อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องสถิติซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำวิจัย รวมทั้งนาวาอากาศโทวิน ศรีแก้ว ในการพิสูจน์อักษร ตรวจแก้ไขและจัดรูปเล่มในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ ศาสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณ ทนต์แพทย์หญิง ดร.ชัชวี และรองศาสตราจารย์ นายแพทย์ วิญญู สุชาติล้ำพงศ์ ผู้ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจและอยู่เบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่ส่งเสริมในด้านการศึกษา เพิ่มพูนความรู้ ทักษะและประสบการณ์ รวมทั้งเพื่อนทันตแพทย์มหิดล และทันตแพทย์จุฬาลงกรณ์ ที่คอยเป็นกำลังใจช่วยเหลือและสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา หากการศึกษาวิจัยฉบับนี้มีความรู้และประโยชน์ ผู้วิจัยขอมอบแต่ทุกท่านที่เกี่ยวข้องมา ณ ที่นี้ด้วย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	2
ข้อตกลงเบื้องต้น .....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย .....	3
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
แนวคิดและทฤษฎี .....	6
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
ผลจากการศึกษานำร่อง.....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
ประชากร.....	18
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	20
วิธีการวิจัย .....	21
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	24
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	26
ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง.....	26

ลักษณะการแตกหัก.....	หน้า
ภาพแสดงพื้นผิวชิ้นงานที่แตกหัก.....	27
ผลการเปรียบเทียบ .....	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	36
สรุปผลการวิจัย.....	37
อภิปรายผลการวิจัย.....	37
ข้อเสนอแนะ.....	37
	39
รายการอ้างอิง.....	40
ภาคผนวก.....	45
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	56



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธีของทูกี๋ แสดงค่ากำลังแรงยึดดึง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยเมกกะปาสกาลของการศึกษานำร่อง ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ คือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และ รีลายเอ็กซ์ชูนีเซม.....	16
ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษานำร่อง.....	19
ตารางที่ 3 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงของการศึกษานำร่อง.....	19
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธีของทูกี๋ แสดงค่ากำลังแรงยึดดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยเมกกะปาสกาล.....	27

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นงานในรูปแบบต่างๆ ภายหลังจากทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง .....	15
ภาพที่ 2 แสดงเหล็กกล้าสำหรับยึดซีพินกับเครื่องตัดความเร็วต่ำ Isomet.....	21
ภาพที่ 3 แผนผังการเตรียมชิ้นงาน.....	24
ภาพที่ 4 กราฟแสดงร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลอง.....	26
ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าร้อยละของลักษณะการแตกหัก.....	28
ภาพที่ 6 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต	
6.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 10 เท่า.....	29
6.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 15 เท่า.....	29
ภาพที่ 7 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟัน	
7.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	30
7.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า...	30
7.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า.....	30
ภาพที่ 8 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต	
8.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	30
8.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า....	30
8.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า....	30
ภาพที่ 9 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต	
9.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 10 เท่า.....	31
9.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 15 เท่า.....	31
ภาพที่ 10 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟัน	
10.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	32
10.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า..	32

	หน้า
10.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า..	32
ภาพที่ 11 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต	
11.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	32
11.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า..	32
11.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า..	32
ภาพที่ 12 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอคซีฟอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีเอสซีร่วมกับรีลายอิเล็กทรอนิกส์นิเซม แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต	
12.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 10 เท่า.....	33
12.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 15 เท่า.....	33
ภาพที่ 13 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอคซีฟอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีเอสซีร่วมกับรีลายอิเล็กทรอนิกส์นิเซม แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟัน	
13.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	34
13.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า..	34
13.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า..	34
ภาพที่ 14 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอคซีฟอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีเอสซีร่วมกับรีลายอิเล็กทรอนิกส์นิเซม แสดงชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต	
14.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า.....	34
14.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า..	34
14.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า..	34
ภาพที่ 15 กราฟแสดงหมู่ธาตุที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าตัดฝั่งของเนื้อฟัน และฝั่งของชั้นเรซินคอมโพสิต เมื่อทดสอบกับกลุ่มกลุ่มรีลายอิเล็กทรอนิกส์นิเซม และกลุ่มรีลายอิเล็กทรอนิกส์นิเซมร่วมกับสารแอคซีฟอิเล็กทรอนิกส์ จากเครื่อง SEM-EDS.....	35

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรักษาทางด้านทันตกรรมจะประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับความสามารถในการกำจัดพยาธิสภาพที่เกิดขึ้น รวมทั้งการบูรณะฟันให้สวยงามและใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานรักษาคคลองรากฟัน มีจุดมุ่งหมายสำคัญ คือ การกำจัดเชื้อจุลชีพ และผลผลิตของจุลชีพรวมทั้งเนื้อเยื่อที่ตายแล้วออกจากคลองรากฟัน<sup>[1]</sup> การใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความสะดวกบริเวณที่เครื่องมือที่ใช้ในการขยายคลองรากฟันไม่สามารถเข้าถึงได้ Mentz และคณะ<sup>[2]</sup> ในปี 1982 ได้สรุปสมบัติที่สำคัญของน้ำยาไฮโปคลอไรท์ไว้ดังนี้คือ มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลชีพแบบกว้าง (broad spectrum) สลายเนื้อเยื่อที่หลงเหลือในโพรงประสาทฟัน และมีการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อที่มีชีวิตเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ไฮโปคลอไรท์ยังเป็นสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) และมีสมบัติเป็นตัวทำลายโปรตีนแบบไม่เฉพาะเจาะจง (nonspecific proteolytic agent)<sup>[3]</sup> ในการกำจัดอินทรีย์สารออกจากเนื้อฟันโดยเฉพาะในส่วนที่เป็นคอลลาเจน สารละลายไฮโปคลอไรท์เป็นน้ำยาที่นิยมใช้ซึ่งมีค่าเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 -5.25 โดยความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นที่นิยมใช้ทางคลินิก<sup>[4,5]</sup> จากการศึกษาของ Trepagnier และคณะ<sup>[6]</sup> ในปี 1977 พบว่าการใช้น้ำยาไฮโปคลอไรท์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5.25 และ 2.5 ให้ผลการในการทำละลายเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อน้ำยาอยู่ในคลองรากฟันนาน 5 นาที ส่วน Toure และคณะ<sup>[7]</sup> ในปี 2005 พบว่าช่วงเวลาที่ยาละลายไฮโปคลอไรท์อยู่ในคลองรากฟันตั้งแต่ 3 นาทีเป็นต้นไปความสามารถในการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อการรักษาคลองรากฟันเสร็จเรียบร้อยแล้ว การบูรณะฟันให้สามารถใช้งานได้ อย่างมีประสิทธิภาพเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งปัจจุบันนี้มีการใช้เรซินซีเมนต์ร่วมในการบูรณะฟันเพื่อยึดเดือยฟันหรือครอบฟัน โดยเรซินซีเมนต์เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีสมบัติที่เหนือกว่าซีเมนต์แบบดั้งเดิม โดยมีค่ากำลังแรงยึดติดกับผิวของทั้งเคลือบฟันและเนื้อฟันสูง ถ้าหากมอนอเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของเรซินซีเมนต์สามารถเกิดการพอลิเมอร์ไรท์ได้อย่างสมบูรณ์ จะสามารถทำให้เกิดชั้นไฮบริดที่ดี<sup>[8,9]</sup> นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงเชิงกลสูง มีการละลายตัวต่ำ ซึ่งช่วยลดการรั่วซึมตามขอบของชิ้นงานทำให้ป้องกันการผุซ้ำ อีกทั้งยังให้ความสวยงามเนื่องจากมีหลายสีให้เลือกมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าไฮโปคลอไรท์ มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์ โดยมีหลายการศึกษาพบว่าไฮโปคลอไรท์มีต่อความแข็งแรงของเนื้อฟันทำให้เนื้อฟันมีความแข็งแรงลดลง<sup>[10-12]</sup> และยังคงผลต่อค่ากำลังแรงยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์ กับเนื้อ

พันธลดลง<sup>[13-17]</sup>อีกด้วย โดยค่ากำลังแรงยึดดึงของเนื้อฟันที่ปนเปื้อนไฮโปคลอไรต์ต่อชนิดของเรซินซีเมนต์ก็มีความแตกต่าง ในปัจจุบันมีเรซินซีเมนต์มี 3 ระบบซึ่งแต่ละระบบมีดังนี้

1. เรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทช์ (Total etch system) เป็นระบบที่ใช้กรดทาไปที่เคลือบฟันหรือเนื้อฟันแล้วล้างน้ำออกเพื่อไปปรับสภาพผิว

2. เรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทช์ (Self etch system) เป็นระบบที่ใช้สารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์ในการปรับสภาพผิวเนื้อฟัน โดยไม่ต้องล้างออก

3. เรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (Self-adhesive system) เป็นระบบที่ไม่มี การเตรียมผิว การใช้งานง่ายเพียงขั้นตอนเดียว

จากการวิจัยก่อนหน้านี้<sup>[18]</sup>พบว่า เรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทช์และระบบเซลฟ์เอทช์ ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงสูงกว่าในระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ โดยมีความสนใจที่จะปรับปรุงในระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงที่สูงขึ้น จึงมีการนำแอดฮีซีฟอีกไฮโปคลอไรต์ที่เป็นระบบคู่อัลเดียว (dual cure system) ของบริษัทไอวอคลา (Ivoclar Vivadent Inc., New York, USA) มาใช้ร่วมกับปริล่ายเอ็กซ์ยูนิเซมซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ โดยสาเหตุที่ใช้เอ็กซ์ยูนิเซมเนื่องจากเป็นแอดฮีซีฟที่นิยมมากในงานบูรณะฟันภายหลังรักษาคคลองรากฟันเรียบร้อยแล้ว การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อประเมินค่ากำลังแรงยึดดึง (tensile bond strength) โดยนำเรซินซีเมนต์ที่นิยมใช้กันทั้ง 3 ระบบคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Superbond C&B, Sun Medical Co., Ltd, Japan) เป็นเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทช์ พานาเวียเอฟทู (Panavia F 2.0, Kuraray Co., Osaka, Japan) เป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทช์ และสารแอดฮีซีฟอีกไฮโปคลอไรต์ (Excite DSC, Ivoclar Vivadent Inc., New York, USA) ร่วมกับปริล่ายเอ็กซ์ยูนิเซม (Rely X Unicem, 3M ESPE Co, USA) เป็นเรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที โดยการทดลองนี้จะใช้ชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ (dumbbell shape) เพื่อหาค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างพื้นผิวของเรซินกับเนื้อฟัน ตามวิธีการของ Nakabayashi<sup>[19]</sup>และตามมาตรฐานของ ISO/TS 11405

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และแอดฮีซีฟอีกไฮโปคลอไรต์ร่วมกับปริล่ายเอ็กซ์ยูนิเซม กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ (experimental research) โดยทำในฟันกรามแท้มนุษย์ซี่ที่สามที่มีสภาพดี นำมาทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ คือ ซุปเปอร์บอนดีซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และแอดฮีซีฟเอ็กไซทีเอสซีร่วมกับบรีลายเอ็กซียูนิเซม กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที

## ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่ใช้ในการวิจัยเป็นฟันกรามมนุษย์ซี่ที่สามสภาพดี ไม่มีลักษณะรอยผุ รอยร้าว และการบูรณะใด ๆ จำนวน 30 ซี่ เก็บในคลอโรมีนที (chloromine T) เข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือนหลังการถอนฟัน
2. การทดลองนี้จะใช้ชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ (dumbbell shape) เพื่อหาค่ากำลังแรงยึดดึงระหว่างพื้นผิวของเรซินกับเนื้อฟัน โดยการนำวิธีของ Nakabayashi และตามมาตรฐานของ ISO/TS 11405 นำมาประยุกต์ใช้
3. ในการกรอชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ จะกรอด้วยหัวกรอกากเพชรความเร็วสูง ทรงกระบอกชนิดละเอียดมาก (886/012, DiaTessin, Switzerland) ร่วมกับใช้น้ำระหว่างกรอ และจะทำการเปลี่ยนหัวกรอฟันใหม่ทุก ๆ 1 ซี่ของฟันที่กรอและชิ้นงานทุกชิ้นนำมาคำนวณหาพื้นที่ในการยึดติด โดยใช้เครื่องวัดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01
4. ชิ้นส่วนที่แตกของชิ้นงานนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 10 และ 15 เท่า เพื่อดูลักษณะความล้มเหลวบริเวณรอยแตกหักที่เกิดขึ้นหลังการทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึง
5. การเตรียมชิ้นงานและทำการทดลองจะใช้ผู้วิจัยเพียงคนเดียว

## ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยปฏิบัติการภายใต้ภาวะที่กำหนด ไม่สามารถจำลองสภาพแวดล้อมให้เหมือนสภาพแวดล้อมในช่องปากได้ทุกประการ เนื่องจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ผลจากน้ำลาย เป็นต้น เพียงควบคุมปัจจัยบางอย่าง

ให้ใกล้เคียงกับสภาพในช่องปากเท่านั้น การวิเคราะห์และการตีความผลการวิจัย เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิก จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

“ค่ากำลังแรงยึดดึง” : Tensile bond strength

“ตัวทำละลายโปรตีนแบบไม่เฉพาะเจาะจง” : nonspecific proteolytic agent

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ในค่ากำลังแรงยึดดึง (tensile bond strength) ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีเมนต์บี พานาเวียเอฟทู และแอตฮีสซีฟ เอ็กซ์ทีดีเอสซีร่วมกับรีลายเอ็กซ์ชูนีเซม กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที

2. เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการเลือกใช้เรซินซีเมนต์ในการบูรณะฟันในฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันมาเรียบร้อยแล้ว

3. เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันในคลินิกเพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการวางแผนการรักษา รวมถึงการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

### วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที

## ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย
  - 1.1 ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม เมษายน 2553 – มิถุนายน 2553
  - 1.2 วางแผนออกแบบการวิจัย มิถุนายน 2553 – กรกฎาคม 2553
  - 1.3 ศึกษาวิจัยนำร่อง กรกฎาคม 2553 – สิงหาคม 2553
  - 1.4 จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ สิงหาคม 2553 – กันยายน 2553
  - 1.5 เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ ตุลาคม 2553
2. ขั้นตอนการวิจัยและเก็บข้อมูล ตุลาคม 2553 – กันยายน 2554
3. ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล ตุลาคม 2554 – พฤศจิกายน 2554
4. ขึ้นรายงานผล
  - 4.1 จัดทำรายงาน ธันวาคม 2554
  - 4.2 นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ มกราคม 2555



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### แนวคิดและทฤษฎี

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และแอดฮีซีฟเอ็กซ์ไฮท์ดีเอสซีร่วมกับรีเลย์เอ็กซ์ยูนิเซมกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยได้ทบทวนวรรณกรรมในเรื่องสมบัติของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การบูรณะฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตร่วมกับสารแอดฮีซีฟทางทันตกรรม เรซินซีเมนต์ และการแบ่งลักษณะการแตกหักของชิ้นงาน

#### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรักษาคลองรากฟันประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ การขยายคลองรากฟันร่วมกับการใช้น้ำยาทำความสะอาดคลองรากฟัน การใส่ยาภายในคลองรากฟัน เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ และการอุดคลองรากฟัน เพื่อป้องกันการติดเชื้อซ้ำและสร้างสภาพที่เหมาะสมต่อการหายของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน โดย Grossman<sup>[23]</sup> ในปี 1978 ได้กล่าวไว้ว่าการขยายคลองรากฟันอย่างเพียงพอร่วมกับการใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันนั้นจัดได้ว่ามีความสำคัญมาก โดยการใช้น้ำยาล้างคลองรากฟัน เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความสะอาดคลองรากฟันในบริเวณที่เครื่องมือที่ใช้การขยายคลองรากฟันไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่นบริเวณคลองรากด้านข้าง (lateral canal) ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการขยาย และทำความสะอาดคลองรากฟันนั้นประสบความสำเร็จ โดย Zehnder<sup>[24]</sup> ในปี 2006 และ Torabinejad<sup>[25]</sup> และคณะ ในปี 2002 ได้กล่าวถึงลักษณะของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่ดี ดังนี้

1. สามารถออกฤทธิ์ด้านเชื้อจุลินทรีย์แบบกว้าง
2. สามารถละลายเนื้อเยื่อที่หลงเหลือในคลองรากฟันได้
3. สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ได้
4. ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้และไม่มีความเป็นพิษ
5. ไม่ทำให้ฟันเปลี่ยนสี
6. ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง

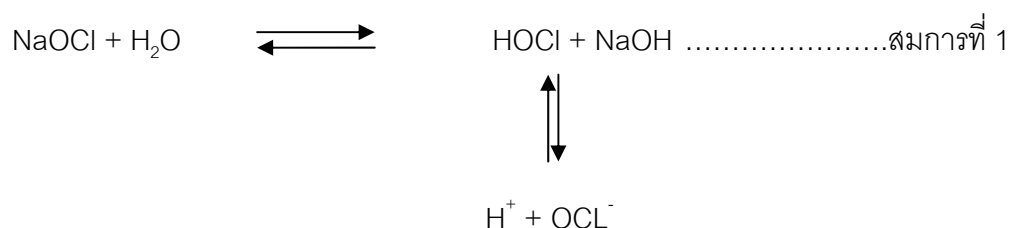
## 7. สะดวกในการใช้และราคาถูก

ในปัจจุบันมีน้ำยาล้างคลองรากฟันหลายตัว อาทิเช่น น้ำเกลือ หรือสารคีเลทิง (chelating agent) และสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) เป็นต้น การใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันเพื่อวัตถุประสงค์ในการทำความสะอาดคลองรากฟันในบริเวณที่เครื่องมือที่ใช้การขยายคลองรากฟันไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟัน<sup>[4,5]</sup> ที่นิยมใช้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 – 5.25 ซึ่งความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นที่นิยมใช้ทางคลินิก

### สมบัติโดยทั่วไปของโซเดียมไฮโปคลอไรท์

โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารที่ละลายน้ำ มีสีเขียวอมเหลือง ลักษณะใส มีกลิ่นฉุนจากคลอรีน และมีฤทธิ์เป็นด่าง<sup>[26]</sup> โซเดียมไฮโปคลอไรท์เริ่มนำมาใช้ทางการแพทย์ ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 1 และถูกนำมาใช้เป็นสารละลายล้างคลองรากฟัน ตั้งแต่ปี ค.ศ.1920<sup>[5]</sup> และยังคงเป็นสารละลายล้างคลองรากฟันที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน

ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ประกอบไปด้วย โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl) กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous acid, HOCl) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ไฮโปคลอไรต์ไอออน (Hypochlorite ion; OCl<sup>-</sup>) และไฮโดรเจนไอออน (Hydrogen ion; H<sup>+</sup>)<sup>[27]</sup> ซึ่งอยู่ในสภาวะคงที่ ดังสมการที่ 1



การแตกตัวของกรดไฮโปคลอรัสขึ้นอยู่กับ ค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายโดยกรดไฮโปคลอรัส จะละลายตัวต่ำเมื่อค่าความเป็นกรดต่างของสารละลายสูงขึ้น ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพ และความคงตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ได้แก่ ความเข้มข้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่างของสารละลาย สารประกอบอินทรีย์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต การเพิ่มความเข้มข้น และอุณหภูมิที่สูงขึ้น มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของสารละลาย แต่ทำให้เสื่อมสลายเร็วขึ้น การเพิ่มความเป็นกรดต่างของสารละลาย มีผลให้ประสิทธิภาพลดลง แต่มีความคงตัวมากขึ้น การมีสารประกอบอินทรีย์

หรือ อนินทรีย์บางอย่าง ทำให้ประสิทธิภาพลดลง และให้เสื่อมสลายเร็ว ดังนั้นเพื่อรักษาความคงตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ต้องมีการเก็บรักษาสารละลายไว้ในสภาพความเข้มข้นต่ำ ความเป็นกรดต่ำสูง ไม่มีสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ และฝาภาชนะสนิท เพื่อป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต<sup>[28]</sup>

สมบัติการต้านจุลชีพของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เกิดจากกรดไฮโปคลอรัส ซึ่งออกฤทธิ์รบกวนระบบเอ็นไซม์ ที่จำเป็นของจุลชีพโดยไปออกซิไดซ์ กลุ่มซัลไฟไฮดริล (sulfhydryl group) ของเอ็นไซม์ที่สำคัญ ทำให้เมตาบอลิซึมของจุลชีพเสียไป และเกิดการตายของจุลชีพในที่สุด นอกจากกรดไฮโปคลอรัสแล้ว ไฮโปคลอไรต์ไอออน ก็มีบทบาทในการทำลายจุลชีพ แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่ากรดไฮโปคลอรัส แม้โซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีประสิทธิภาพในการละลายเนื้อเยื่อ และมีประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพที่ดี แต่ก็สลายตัวได้ง่าย ถ้าเก็บในสภาพที่ไม่เหมาะสม

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ส่งผลต่อความแข็งแรงของเนื้อฟัน โดยเนื้อฟัน เป็นเนื้อเยื่อแข็งสีเหลืองออกขาว มีส่วนประกอบหลักคือคอลลาเจนชนิดที่ 1 และฟอสฟอโรโปรตีนไฮดรอกซีแอปพาไทต์ ซึ่งประกอบด้วยแคลเซียมฟอสเฟต เช่นเดียวกับเคลือบฟัน โดยผลึกจะมีขนาดเล็กกว่าและมีขนาดใกล้เคียงกับผลึกไฮดรอกซีแอปพาไทต์ของกระดูกและเคลือบรากฟัน ถ้าเปรียบเทียบกับกระดูกเนื้อฟันจะแข็งแรงกว่า แต่ถ้าเทียบกับเคลือบฟันจะขาวกว่าแข็งแรงกว่าแต่เปราะหักง่ายกว่าเนื้อฟัน เพราะเนื้อฟันมีคุณสมบัติยืดหยุ่นสูง (highly elastic) จึงไม่หักง่าย

เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นตัวทำลายโปรตีนแบบไม่เฉพาะเจาะจง โดยไปจับกับส่วนที่เป็นอินทรีย์สาร พวกแมกนีเซียมไอออน (magnesium ion) และคาร์บอเนตไอออน (carbonate ion) ยังส่งผลต่อสมบัติทางกลของเนื้อฟันไม่ว่าจะเป็นมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) และความทนแรงดัด (flexural strength) ลดลง เนื่องจากส่วนอินทรีย์สารถูกย่อยสลายออกไป (degradation of organic dentin)

ในหลายงานวิจัยพบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีส่วนทำให้ค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดต่อเนื้อฟันมีค่าลดลง โดย Ari และคณะ<sup>[14]</sup> ในปี 2003 พบว่า โซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ล้างคลองรากฟันนาน 5 นาทีต่อซี่ ทำให้ค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ชนิดเมทาบอนด์ซีแอนด์บี (C&B metabond) พานาเวียเอฟทู วาเลียลิงค์ทู (Variolink II) รีเลย์เอกซ์ยูนิแอสลดลง โดย Morris และคณะ<sup>[15]</sup> ในปี 2001 ล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ที่มีความเข้มข้นเดียวกัน จะทำให้ค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ชนิดเมทาบอนด์ซีแอนด์บีต่อเนื้อฟันส่วนคลองรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วน Nikaido และคณะ<sup>[16]</sup> ในปี 1999 ศึกษาในฟันวัวพบว่าเมื่อใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ล้างคลองรากฟัน จะมีผลลดค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ (Single Bond) และซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ต่อเนื้อฟันส่วนตัวฟัน ซึ่งสารยึดติดทั้งสองเป็นระบบ

โททอลเอทซ์ และจากการศึกษานี้พบว่าไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดเคลียร์ฟิลไลเนอร์บอนด์ทู (Clearfil Liner Bond II) ที่เป็นระบบเซลฟ์เอทซ์ แสดงว่าไซเดียมไฮโปคลอไรท์มีผลลดค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดในบางระบบ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lai และคณะ<sup>[17]</sup> ในปี 2001 ทำการศึกษาในฟันของมนุษย์ พบว่า ไซเดียมไฮโปคลอไรท์มีผลลดค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ แต่ไม่มีผลลดค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดเอ็กไซท์ต่อเนื้อฟัน ซึ่งเอ็กไซท์เป็นระบบโททอลเอทซ์ที่ใช้ตัวทำละลายชนิดแอลกอฮอล์ ส่วนการศึกษาของ Ozturk และ Ozer<sup>[30]</sup> ในปี 2004 พบว่า การล้างด้วยไซเดียมไฮโปคลอไรท์มีผลลดค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดต่อเนื้อฟันเมื่อใช้สารยึดติดเคลียร์ฟิลเอสอีบอนด์ (Clearfil SE Bond) พร็อพท์ แอล-พ็อพ (Prompt L-Pop) และสก๊อตบอนด์มัลติเพอโพส (Scotchbond Multi-Purpose) และไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงของสารยึดติดไพร์มแอนด์บอนด์เอ็นที (Prime & Bond NT) ซึ่งเป็นระบบโททอลเอทซ์ที่ใช้ตัวทำละลายชนิดอะซิโตน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Saleh และคณะ<sup>[10]</sup> ในปี 1999 พบว่ามีการลดลงของความแข็งแรงระดับไมครอน (microhardness) ของคลองรากฟัน เมื่อใช้ไซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ในการล้างคลองรากฟัน Inaba และคณะ<sup>[11]</sup> ในปี 1996 พบว่าการใช้ไซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลทำให้พวกอินทรีย์สารจากส่วนเนื้อฟันถูกกำจัดออกมา และทำให้แร่ธาตุถูกสร้างใหม่เพิ่มมากขึ้น การที่ไซเดียมไฮโปคลอไรท์มีผลลดค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติดต่อเนื้อฟัน อาจเป็นผลเนื่องมาจากไซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารออกซิไดซ์ ในการเกิดปฏิกิริยานั้นไซเดียมไฮโปคลอไรท์จะแตกตัวได้ไซเดียมคลอไรด์ และออกซิเจน ซึ่ง Rueggeberg และคณะ<sup>[13]</sup> ในปี 1990 พบว่า ออกซิเจนรู้จักกันในการที่เป็นตัวยับยั้งขบวนการพอลิเมอไรเซชันของเรซิน โดยฟองอากาศจะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างผิวของเนื้อฟันกับเรซิน ทำให้เรซินไม่สามารถเข้าไปเกาะที่ท่อเนื้อฟันหรือระหว่างท่อของเนื้อฟันได้ (the tubules and intertubular dentin) นอกจากนี้ Ari และคณะ<sup>[14]</sup> ในปี 2003 กล่าวว่า ออกซิเจนเหล่านั้นอาจเข้าไปอยู่ ในบริเวณรอยต่อของสารยึดติดกับเนื้อฟัน (resin-dentin interface) แล้วกีดขวางการแทรกซึมของเรซิน เข้าไปในท่อเนื้อฟันและเนื้อฟันที่อยู่ระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) ได้ ส่วน Lai และคณะ<sup>[17]</sup> ในปี ค.ศ. 2001 อธิบายว่า ไซเดียมไฮโปคลอไรท์ จะไปละลายส่วนประกอบที่เป็นสารอินทรีย์ภายในเนื้อฟัน และอาจทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระบาง อย่างภายในเนื้อฟัน และอนุมูลอิสระเหล่านั้นไปแย่งที่อนุมูลอิสระของหมู่ไวนิล (vinyl free radical) ซึ่งจะเกิดระหว่างกระบวนการกระตุ้นสารยึดติดด้วยแสง ทำให้เกิดการสิ้นสุดของสายพอลิเมอไรท์ที่ยังไม่มีการเชื่อมต่อกันเพียงพอ ส่งผลให้ปฏิกิริยาพอลิเมอไรท์เซชันเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เป็นสาเหตุทำให้ค่ากำลังแรงยึดของสารยึดติดต่อเนื้อฟันลดลง

การอุดฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตร่วมกับสารแอดฮีซีฟ หรือ สารบอนด์ (adhesive system หรือ bonding)

การยึดด้วยสารแอดฮีซีฟ หรือ บอนด์ หมายถึง การที่พื้นผิว 2 ชนิดมายึดเข้าด้วยกัน ซึ่งกลไกการยึดสามารถเป็นการยึดทางเคมี หรือทางกล หรือสองแบบร่วมกัน ในทางทันตกรรมการยึดส่วนใหญ่เป็นการยึดทางกล

การอุดฟันด้วยวัสดุคอมโพสิต ปัญหาสำคัญคือวัสดุมีการหดตัวขณะที่มีปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน เป็นผลทำให้เกิดช่องว่างขนาดเล็กระหว่างเรซินคอมโพสิต และผนังโพรงฟันทำให้เกิดการรั่วซึมขึ้น ปัญหาดังกล่าวจึงแก้ไขโดยการทำให้มีการยึดเกิดขึ้นระหว่างเรซินคอมโพสิตกับผนังโพรงฟันทั้งส่วนเคลือบฟันและส่วนเนื้อฟัน โดยการใช้สารแอดฮีซีฟร่วมกับการอุดเรซินคอมโพสิต

การพัฒนาสารแอดฮีซีฟทางทันตกรรม เพื่อช่วยในการยึดกับเคลือบฟัน และเนื้อฟันมีมาประมาณ 60 ปีมาแล้ว โดยสารแอดฮีซีฟนั้นเริ่มรู้จักในปี 1955 โดย Buonocore<sup>[31]</sup> เริ่มจากการใช้กรดกัดเพื่อให้เกิดการยึดติดอยู่เชิงกล (mechanical bond) ระหว่างเรซินคอมโพสิตกับผิวเคลือบฟันที่ถูกกรดกัด ได้มีการพยายามพัฒนาหาสารยึดติดกับผิวเนื้อฟัน ทั้งนี้เนื่องจากผิวเนื้อฟันประกอบด้วย ไฮดรอกซีแอปาทิต (hydroxyapatite) หรือแคลเซียมฟอสเฟตร้อยละ 50 โดยปริมาตร อินทรีย์สาร (มีคอลลาเจนเป็นองค์ประกอบหลัก) ร้อยละ 30 โดยปริมาตร และน้ำร้อยละ 20 โดยปริมาตร (Pashley และคณะในปี 1994)<sup>[32]</sup> เนื้อฟันเป็นมีลักษณะที่ชอบน้ำ (hydrophilic substance) พื้นผิวมีลักษณะที่เปียก ซึ่งต่างจากลักษณะของเรซินคอมโพสิตที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic substance) ในการที่จะทำให้ผิวเนื้อฟันที่มีลักษณะที่เปียกเมื่อมีการยึดติดกับเรซินจำเป็นที่จะต้องทำให้เนื้อฟันมีลักษณะที่ไม่ชอบน้ำมากขึ้น หรือเปลี่ยนลักษณะของเรซินให้ชอบน้ำมากขึ้น จะทำให้การยึดของเนื้อฟันกับเรซินประสบความสำเร็จ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการยึดที่ดีระหว่างผิวเนื้อฟันและเรซินจึงขึ้นกับแรงยึดเชิงกลระดับไมครอน (micro-mechanical force) ส่วนการยึดทางเคมี (chemical bond) มีความสำคัญรองลงมา (Eliades และคณะในปี 1990 และ Nakabayashi ในปี 1985)<sup>[33,34]</sup> นักวิจัยได้พบว่าค่ากำลังแรงยึดดึงจะมีความสัมพันธ์กับการที่เรซินสามารถแทรกซึมไปยังส่วนต่อของเนื้อฟัน และสร้างเป็นบริเวณยึดติดระหว่างผิวเรซินและเนื้อฟัน (acid-resistant resin-dentin interface zone) ซึ่งจะช่วยให้เรซินมีการแพร่ผ่านไปยังท่อเนื้อฟัน (tubular dentin) และสร้างเป็นเรซินแทรก ได้เพิ่มมากขึ้น (Eick และคณะในปี 1993, Nakabayashi และคณะในปี 1982, Nakabayashi และคณะในปี 1985, Van Meerbeek และคณะในปี 1992)<sup>[34-37]</sup> ในส่วนของเรซินที่มีการยื่นเข้าไปในส่วนเนื้อฟันในที่สุดจะกลายเป็นชั้นที่เรียกว่าชั้นไฮบริด (hybrid layer) การเตรียมผิวเนื้อฟันด้วยตัวทำลายที่เป็นกรด ผลที่ได้จะช่วยในการกำจัดชั้นสเมียร์ สเมียร์ที่อุดในท่อเนื้อฟันที่ถูกละลายแร่ธาตุออกไป ทำให้ในบริเวณที่มีคอลลาเจน

(collagen-rich transition zone) ถูกเผยออกมา ทำให้เรซินสามารถซึมผ่านลงไปได้ (Pashley และคณะในปี 1994 และ Tay และคณะในปี 1995)<sup>[32,38]</sup> เทคนิคการใช้โททอลเอทซ์ เป็นการทา คอนดิงชั้นหนึ่งที่ผิวเคลือบฟัน และเนื้อฟันก่อนการทาแอตอีซีฟไฟร์เมอร์เพื่อการยึดกับเรซินซีเมนต์ ในระบบนี้จะให้ค่ากำลังแรงยึด 20 เมกะปาสกาล (Eick และคณะในปี 1993 และ Perdiago และคณะในปี 1994)<sup>[35,39]</sup> ในส่วนของไฟร์เมอร์นั้นจะประกอบด้วยมอนอเมอร์ที่ชอบน้ำ ตัวอย่างเช่น ไฮดรอกซีเอทิลเมทาออคไรเลต (hydroxyethylmethacrylate, HEMA) โดยมอนอเมอร์ตัวนี้สามารถ ไปจับกับผิวเนื้อฟันที่เปียกและแทรกซึมลงไปสู่ท่อเนื้อฟันได้ (Eick และคณะในปี 1993 และ Pashley และคณะในปี 1994)<sup>[32,35]</sup>

แอตอีซีฟเรซินประกอบด้วย เมทาออคไรเลตสามารถละลายน้ำได้ มีความเหนียวต่ำ ใน บางครั้งจะมีการใส่กลูตาอิลดีไฮด์เพื่อช่วยคงสภาพเส้นใยคอลลาเจน ในปัจจุบันเรซินคอมโพสิต จะมีการใส่ฟิลเลอร์ลงไปเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล ทำให้ค่ากำลังแรงเฉือน (Shear bond strength) สูงขึ้นและทำให้การยึดดีและมีความคงทน (durability of bond) (Alhadainy และ Abdalla ในปี 1996, Nakabayashi และคณะปี 1992)<sup>[36,40]</sup> ถึงแม้จะมีการปรับปรุงสมบัติของเรซินคอมโพสิต ให้ดีขึ้นแล้วแต่ยังคงพบการรั่วของวัสดุที่เรียกว่า การรั่วระดับนาโน (nanoleakage) (Sano และ คณะปี 1995)<sup>[41]</sup> ส่งผลต่อการยึดอยู่ที่แย่งและค่ากำลังแรงยึดตั้งที่ลดลงในระยะยาว จึงได้มีการ พัฒนาระบบยึดเนื้อฟันที่มีการสร้างชั้นไฮบริดอย่างสมบูรณ์ในชั้นที่มีการละลายแร่ธาตุออกไป (zone of demineralization) และมีการยึดอยู่ที่คงทนมากขึ้น

สมบัติในอุดมคติของสารบอนด์ (Ideal bonding agent attributes) มีดังนี้

- (1) มีค่ากำลังแรงยึดตั้งสูง (high bond strength)
- (2) มีแผ่นฟิล์มที่บาง (thin film thickness)
- (3) สามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ (fluoride-releasing)
- (4) ปลอดภัยใช้งานง่าย (user-friendly)
- (5) เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่ทั้งชื้นและแห้ง (suitable for moist and dry environments)
- (6) มีความคงทน (stability)

การแบ่งประเภทของระบบบอนด์ ตามการทำงานของสารบอนด์ต่อเนื้อฟัน (Van meerbeek และคณะในปี 2003)<sup>[42]</sup> เป็น 3 ระบบดังนี้ ระบบโททอลเอทซ์ ระบบเซลฟ์เอทซ์ และระบบเรซิน- กราสไอโอโนเมอร์ (resin-modified glass ionomer) ในปัจจุบันนิยมแบ่งตามการเตรียมผิวฟัน ก่อนการทาซีเมนต์ ได้แบ่งเรซินซีเมนต์เป็น 2 กลุ่มดังนี้ ระบบโททอลเอทซ์ และระบบเซลฟ์เอทซ์ ส่วนเรซินซีเมนต์ที่นิยมมากในปัจจุบันอีกตัวคือ เซลฟ์แอตอีซีฟเรซินซีเมนต์ นั้นเริ่มต้นรู้ในปี

ค.ศ.2002 (พ.ศ. 2545)<sup>[43]</sup> เป็นกลุ่มใหม่ของเรซินซีเมนต์ ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบที่นิยมใช้ปัจจุบันดังต่อไปนี้

#### ระบบเรซิน-กราสไอโอโนเมอร์

ตัวบอนด์เป็นเซลฟ์แอตตีฟ กับเนื้อฟัน โดยภายหลังการกรอผิวฟันจะเกิดขึ้นสเมียร์ที่หนา จึงใช้คอนดิชันนิ่งที่เป็นกรดโพลีเอลคีนอิก (polyalkenoic-acid conditioner) ทาเป็นเวลา 20-30 วินาที ตามด้วยการล้างและเป่าเบา ๆ เพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่อที่หลงเหลือบนผิวฟันออก (cleaning effect) และมีการละลายแร่ธาตุ (demineralization effect) ทำให้การยึดเชิงกล (micromechanical interlocking) และเกิดการไฮบริดไดเซชัน (hybridization) ตามมาด้วยการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี (chemical interaction) ระหว่างกรดโพลีเอลคีนอิกและไฮดรอกซีแอปตาไทต์ จนเป็นเครือข่ายไฮดรอกซีแอปตาไทต์บนผิวคอลลาเจน (a network of hydroxyapatite-coated collagen) เมื่อพิจารณาการยึดเกาะกับผิวฟันนั้นพบว่ากราสไอโอโนเมอร์มีลักษณะเป็นเซลฟ์เอทช์อย่างอ่อน (mild self-etch approach)

#### ระบบโททอลเอทช์

มีขั้นตอนในการทำงานอย่างน้อย 2 ขั้นตอนโดยปกติจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้ ทากรดไพรเมอร์ และสารบอนด์ หรือแอตตีฟเรซิน ส่วนในกรณี 2 ขั้นตอนรวมขั้นตอนการทาไพรเมอร์ และแอตตีฟเรซินไว้ด้วยกัน แยกการทากรดและล้างน้ำออกมา เทคนิคนี้จะมีประสิทธิภาพสูงในการยึดกับเคลือบฟัน โดยกรดจะไปละลายสารไฮดรอกซีแอปตาไทต์ออกไป (กรดที่นิยมใช้คือกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 30-40) ในส่วนของเนื้อฟันนั้นพบว่า ภายหลังการใช้กรดกัดผิวเนื้อฟัน และทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุของผิวเนื้อฟัน ทำให้มีการเผยของเส้นใยคอลลาเจนที่ผิวเนื้อฟันและแคลเซียมฟอสเฟตถูกกำจัดออกไป ซึ่งการยึดอยู่จะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับที่เกิดไฮบริดไดเซชันและการที่เรซินจะสามารถแทรกซึมลงไปในช่วงระหว่างเส้นใยคอลลาเจนได้มากน้อยแค่ไหนนอกจากนี้ Tay และคณะ<sup>[44]</sup> ปี 1996 ได้แนะนำว่าการใช้กรดกัดและล้างน้ำเมื่อใช้กับ acetone-base primer จะมีโอกาสที่จะมีอาการเสียวฟัน สูงจึงแนะนำให้ใช้วิธีเวท บอนด์ (wet-bonding) เพื่อลดอาการดังกล่าว ในทางกลับกัน Van Meerbeek และคณะ<sup>[45]</sup> ในปี 1998 พบว่าการใช้วิธีเป่าให้แห้งจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อใช้กับ water/ethanol-base primer (โดยสารไพรเมอร์ได้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของตัวทำละลายคือ acetone-base primer , alcohol-base primer และ water-base primer)

วิธีเวทบอนด์ คือ การที่ไม่เป่าผิวเนื้อฟันให้แห้งภายหลังจากการใช้ กรดฟอสฟอริก ร้อยละ 30 - 40 กัดผิวเนื้อฟันและล้างน้ำ โดยยังคงมีความชื้น เหลือที่ผิวเนื้อฟันก่อนทาสารไพรเมอร์

### ระบบเซลฟ์เอทช์

ขั้นตอนการทำงานมี 1-2 ขั้นตอน โดยจะช่วยลดการเกิดอาการเสียวฟันภายหลังการรักษา ลดความผิดปกติระหว่างขั้นตอนการทำงานลงเมื่อเทียบกับระบบแรก โดยไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดโดยกรดที่ใช้ จะเป็นพวกกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) และกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ขึ้นกับความรุนแรงในการใช้กรดกัดผิวฟัน จึงสามารถแยกได้ว่าเป็น strong และ mild self-etch adhesives (Tay และคณะ ในปี 2002a, Tay, Pashley และ Yoshiyama ในปี 2002b)<sup>[46,47]</sup>

- strong self-etch adhesives จะมีค่าพีเอชน้อยกว่าเท่ากับ 1 ความสามารถในการกัดจะใกล้เคียงกับการใช้กรดฟอสฟอริกในการกัดเคลือบฟันทำให้มีการให้มีการเผยของเส้นใยคอลลาเจนที่ผิวเนื้อฟันและไฮดรอกซีอพาโทปถูกละลายไป ค่าแรงยึดที่ได้จะค่อนข้างต่ำ (Pashley และ Tay ในปี 2001)<sup>[48]</sup>

- mild self-etch adhesives จะมีค่าพีเอชประมาณ 2 ละลายแร่ธาตุที่ผิวเนื้อฟัน (demineralization) ลึกประมาณ 1µm เพียงพอที่จะเกิด การยึดเชิงกล (micromechanical interlocking) ตลอดชั้นไฮบริด ความหนาของชั้นไฮบริด น้อยกว่าใน strong self-etch adhesives หรือ ระบบโททอลเอทช์

นอกจากนี้ยังมีระบบแอตชีฟแบบใหม่ที่ไม่สามารถจำแนกว่าเป็น mild หรือ strong self-etch adhesives โดยมีค่าพีเอชประมาณ 1.5 จัดว่าเป็น intermediary strong ความหนาของชั้นไฮบริดได้สูงสุดไม่เกิน 1µm ยังทำให้เกิดการยึดเชิงกลระดับไมครอน (micromechanical interlocking) ตลอดชั้นไฮบริด ได้แก่ AdheSE (Vivadent), OptiBond Solo Plus (Kerr)

### ระบบเซลฟ์แอตชีฟซีเมนต์

เซลฟ์แอตชีฟซีเมนต์ นั้นเริ่มต้นรู้ในปี ค.ศ.2002 (พ.ศ. 2545) (ตัวอย่างเช่น Rely X Unicem, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA.) เป็นระบบที่ไม่ต้องมีการเตรียมผิวเนื้อฟัน การใช้งานง่ายเพียงขั้นตอนเดียว ในส่วนชั้นสเมียร์นั้นจะไม่ถูกกำจัดออก ไม่ก่อให้เกิดอาการเสียวฟันภายหลังรักษา โดยในกลุ่มเซลฟ์แอตชีฟซีเมนต์เป็นกลุ่มที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นได้ และสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ มีลักษณะคล้ายในกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ โดยรีไลซ์อิเล็กซียูนิแซมเป็นกลุ่มเซลฟ์แอตชีฟซีเมนต์ตัวแรกที่รู้จักกัน โดยมีในส่วนของมอนอเมอร์ของกรดฟอสฟอริกทำหน้าที่ในการละลายแร่ธาตุและทำให้ซีเมนต์สามารถผ่านไปยังผิวเคลือบฟันและเนื้อฟัน และกระบวนการก่อตัวของปฏิกิริยาจะเป็น เรดิคัลพอลิเมอไรเซชัน (radical polymerization) สามารถเริ่มก่อตัวด้วยแสงผ่านกระบวนการเซลฟ์เคียว (self-curing mechanism) ผลที่ได้คือจะเกิดการเชื่อมต้อ (crosslinking) ระหว่างซีเมนต์มอนอเมอร์ และมีการ



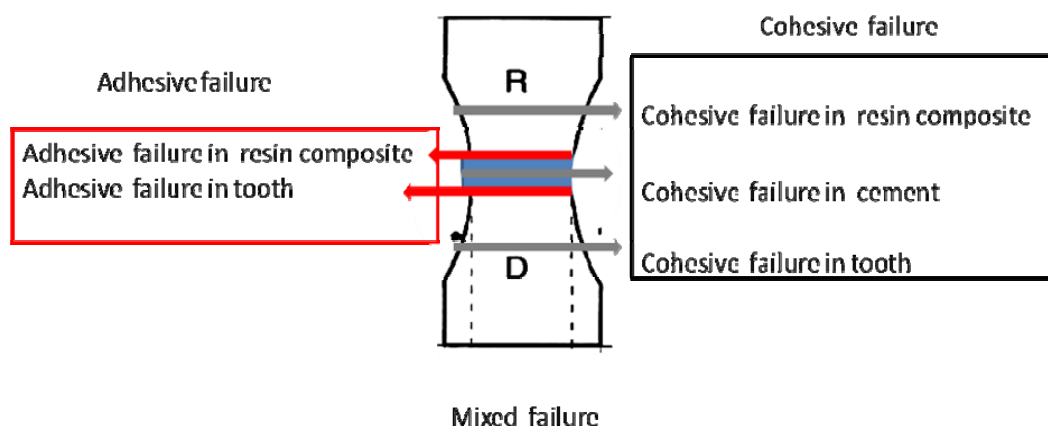
สร้างพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ (high molecular-weight polymer) ตามมาด้วยการทำให้เป็นกลาง เริ่มต้นด้วยระบบความเป็นกรด (acidic system) คล้ายกับแนวคิดของกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ ซิเมนต์ผลที่ตามมาคือค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นจาก 1 ไปเป็น 6 ผ่านจากปฏิกิริยาระหว่างกลุ่มกรดฟอสฟอริกและแอลคาไลน์ฟิลเลอร์ (alkaline filler) กลุ่มกรดฟอสฟอริกจะไปทำปฏิกิริยากับ ไฮดรอกซีแอปาทาइटของฟัน น้ำจะเป็นตัวก่อให้เกิดกระบวนการทำให้เป็นกลาง (neutralize process) ทำให้ซิเมนต์เริ่มมีลักษณะที่ชอบน้ำ ทำให้สามารถแทรกซึมเข้ากับฟันและทำให้ซิเมนต์ ทนต่อความชื้นได้ดี (moisture tolerance) น้ำยังช่วยในการเริ่มใหม่ของปฏิกิริยากับกลุ่มเอซิดิก ฟังก์ชัน (acidic functional groups) และระหว่างซิเมนต์ในการก่อปฏิกิริยาจะปล่อยอนุภาค ฟิลเลอร์ออกมาและท้ายสุดของปฏิกิริยาจะกลับไปมีลักษณะไม่ชอบน้ำเหมือนเดิม การยึดอยู่ ขึ้นกับการยึดเชิงกลระดับไมครอน (micromechanical retention) และปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ระหว่างมอนอเมอร์ที่เป็นกรดกับไฮดรอกซีแอปาทาइट พบว่าในปัจจุบันมีหลายผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด ต่างกันตรงการใช้งาน เวลาในการทำงาน/เวลาในการก่อตัวของซิเมนต์ จำนวนชนิดสีต่าง ๆ และ ส่วนประกอบตามแต่ละบริษัทผู้ผลิต โดยทุกตัวที่พบนั้นสามารถปล่อยฟลูออไรด์ได้ เป็นระบบ คุอัลเคียวแบบทึบแสง (dual-curing radiopaque) จะใช้กับวัสดุที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ เช่นในงานอินเลย์ ออนเลย์ ครอบฟัน เป็นต้น มีหลายการศึกษา<sup>[49,50]</sup> พบว่า ค่ากำลังแรงยึดดึงของ วัสดุเรซินคอมโพสิตชนิดดัดงออย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับในกลุ่มพานาเวียเอเพอ มัลติลิงค์และวาริโอริงค์ และมีการศึกษา<sup>[51,52]</sup> ที่มีการใช้วัสดุเรซินคอมโพสิต และแมคแซมที่เนื้อฟันส่วนบน โดยพบว่า จะไม่มีการสร้างชั้นไฮบริดและเรซินแทรก ลักษณะที่พบจะต่างจากในกลุ่มเรซินซีเมนต์ที่มีการ เตรียมผิวเนื้อฟัน

#### การแบ่งลักษณะการแตกหักของชิ้นงาน

หลังจากทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดดึงเรียบร้อยแล้วนำชิ้นงานที่แตกหักทั้งในส่วน ของเรซินคอมโพสิต และเนื้อฟันมาสองคูบริเวณที่แตกหักด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่ กำลังขยาย 10 เท่าและ 15 เท่าเพื่อส่องดูลักษณะการแตกหัก โดยแบ่งลักษณะการแตกหักของ ชิ้นงานตามคำนิยามดังต่อไปนี้

1. การแตกหักที่เกิดภายในเนื้อฟัน (cohesive failure in dentin) หมายถึง ความล้มเหลว ที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการแตกหักภายในส่วนของเนื้อฟันมากกว่าร้อยละ 70
2. การแตกหักที่เกิดภายในเนื้อเรซินคอมโพสิต (cohesive failure in resin composite) หมายถึง ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการแตกหักภายในส่วนของเรซินคอมโพสิตมากกว่า ร้อยละ 70

3. การแตกหักที่เกิดภายในเนื้อวัสดุซีเมนต์ (cohesive failure in resin cements) หมายถึง ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแตกหักภายในส่วนของวัสดุซีเมนต์มากกว่าร้อยละ 70
4. การแตกหักที่เกิดระหว่างผิวเนื้อฟันและเนื้อวัสดุซีเมนต์ (adhesive failure in dentin) หมายถึง ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของผิวเนื้อฟันและเนื้อวัสดุซีเมนต์มากกว่าร้อยละ 70
5. การแตกหักที่เกิดระหว่างผิวเรซินคอมโพสิตและเนื้อวัสดุซีเมนต์ (adhesive failure in composite) หมายถึงความล้มเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของเรซินคอมโพสิตและเนื้อวัสดุซีเมนต์มากกว่าร้อยละ 70
6. การแตกหักที่เกิดขึ้นในลักษณะผสม (mixed failure) หมายถึงความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยมีรอยแตกหักแบบผสมผสานกันในแต่ละส่วนมีมากกว่าร้อยละ 30



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะการแตกหักของชิ้นงานในรูปแบบต่างๆ  
 ภายหลังจากทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดติด

### ผลจากการศึกษานำร่อง

จากการศึกษานำร่องของงานวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่ากำลังแรงยึดดึงของวัสดุยึดติด 3 ระบบ คือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และวีล่ายเอ็กซ์ยูนิเซมกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที โดยผลวิจัยดังกล่าวได้แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธีของทูกีย์ แสดงค่ากำลังแรงยึดดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยเมกกะปาสกาลของการศึกษานำร่องของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ คือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และวีล่ายเอ็กซ์ยูนิเซม

Tukey HSD<sup>a,b</sup>

group	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
RelyX-NaoCl	47	3.304948 (3.210871)				
RelyX-NSS	41	4.995729 (4.333537)	4.995729 (4.333537)			
Panavia F-NaoCl	44		6.501982 (4.431961)	6.501982 (4.431961)		
Panavia F-NSS	38			8.936707 (5.409341)	8.936707 (5.409341)	
Superbond C&B-NaoCl	34				11.254450 (3.817659)	11.254450 (3.817659)
Superbond C&B-NSS	31					13.386788 (2.9583862)
Sig.		.471	.600	.105	.140	.213

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 38.368.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง พบว่าไม่พบปัจจัยร่วมระหว่างซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบและสารละลายน้ำเกลือและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (P=0.84) จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวโดยการจับคู่ทีละกลุ่ม โดยการแบ่งการทดสอบ

เป็น 6 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1-3 คือ กลุ่มซูปเปอร์บอนดีซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทูและรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมที่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ กลุ่มที่ 4-6 คือกลุ่มซูปเปอร์บอนดีซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทูและรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมที่แช่ด้วยสารละลายน้ำเกลือ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างน้อย 1 คู่ ( $P < 0.0001$ ) ทำการวิเคราะห์เชิงซ้อนด้วยวิธี ทูก็ย์ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงกลุ่มที่แช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ กับกลุ่มที่แช่ในน้ำเกลือมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละเรซินซีเมนต์ โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงดึงกลุ่มที่แช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ของซูปเปอร์บอนดีซีแอนด์บีมีค่าเท่ากับ 11.25 เมกกะปาสกาลมีค่าสูงสุด รองลงมาคือกลุ่มพานาเวียเอฟทูค่าเท่ากับ 6.50 เมกกะปาสกาล และต่ำที่สุดคือกลุ่มรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมมีค่าเท่ากับ 3.30 เมกกะปาสกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการทดลองดังกล่าว เพื่อปรับปรุงสมบัติของกลุ่มรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมให้มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงที่เพิ่มสูงขึ้น จึงมีการนำ แอดฮีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซีที่เป็นระบบคูลเคียวของบริษัทไอโวลามาใช้ร่วมกับกลุ่มรีลายเอ็กซ์ยูนิเซม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำร่องนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมด้วย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### ประชากร

1. พันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยเป็นพันธุ์กรรมมนุษย์ที่สามสภาพดี ไม่มีลักษณะรอยผุ รอยร้าว และการบูรณะใดๆ
2. การคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) ต่อกลุ่ม สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

สูตรการคำนวณ

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

โดยที่  $\sigma^2$  = ความแปรปรวนของประชากร (variance)

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$Z_{1-\alpha/2}$  = ค่ามาตรฐานการกระจายปกติที่ระดับ  $\alpha$

$Z_{1-\beta}$  = ค่ามาตรฐานการกระจายปกติที่ระดับ  $\beta$

$\mu$  = ค่าเฉลี่ยประชากร

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

กำหนด  $\beta = 0.05$   $Z_{1-\beta}$  ที่ 95%

ในการศึกษานำร่องใช้เรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบมายึดกับเนื้อฟันแล้วทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงหลังจากยึดขึ้นงานเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ค่าเฉลี่ยประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการศึกษานำร่อง

Resin cements	Mean	Std. Deviation	N
Superbond C&B	9.7693940	2.93909053	5
Panavia F 2.0	6.9522580	1.57511302	5
Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC	16.7248800	1.55318673	5

เมื่อนำแสดงค่าเฉลี่ยประชากรและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ นำมาแทนค่าในสูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างประชากร โดยการเปรียบเทียบทุกคู่จากเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ ในการยึดชิ้นงานจะได้ขนาดตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าจำนวนขนาดตัวอย่างในการทดสอบค่ากำลังแรงยึดติดของการศึกษานำร่อง

เปรียบเทียบกลุ่มทดสอบ	$\mu_1$	$S_1$	$\mu_2$	$S_2$	$\sigma^2$	N
Superbond C&B กับ Panavia F 2.0	9.769	2.939	6.952	1.575	5.56	18.21
Superbond C&B กับ Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC	9.769	2.939	16.724	1.553	5.52	2.97
Panavia F 2.0 กับ Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC	6.952	1.575	16.724	1.553	2.45	0.67

จำนวนขนาดตัวอย่าง ที่ได้จากการคำนวณมีค่าสูงสุดเท่ากับ 18.21 โดยการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้มีการกระจายข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงใช้ขนาดตัวอย่างอย่างน้อยเท่ากับ 30 ชิ้นงานต่อกลุ่มทดลอง

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

- 1.1 คลอโรมีนที (ChloromineT) เข้มข้นร้อยละ 0.5
- 1.2 ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Superbond C&B)
- 1.3 พานาเวียเอฟทู (Panavia F 2.0 )
- 1.4 รีเลย์เอกซ์ยูนิเซม (Rely X Unicem)
- 1.5 แอดฮีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซี (Excite DSC, Ivoclar Vivadent Inc., New York, USA)
- 1.6 โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5
- 1.7 เฟอร์นิคคอมโพสิต (Filtek Z 250, 3M ESPE Dental Products Division, St. Paul, MN, USA)
- 1.8 น้ำเกลือ

### 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

- 2.1 เครื่องตัดความเร็วต่ำ Isomet (Buehler, Lake Bluff, IL, USA)
- 2.2 เข็มกรอกากเพชรรูปร่างล้อ (Superfine diamond bur; Intensive SA, Swiss Dental Products, Zurich, Switzerland)
- 2.3 เครื่องกรอความเร็วสูง (High speed handpiece)
- 2.4 เครื่องฉายแสงชนิดแอลอีดี (The Elipar™ FreeLight2, 3M ESPE, USA)
- 2.5 เครื่องวัดขนาดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan)  
ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

2.6 เครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัด รุ่น EZ-S (Shimadzu, Table-Top Universal tester, Japan.)

2.7 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM;JEOL LTD, Tokyo, Japan)

2.8 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereomicroscope, Meiji, USA)

2.9 แท่งเหล็กกล้าจัดทำขึ้นมาเพื่อช่วยในการยึดฟันกับเครื่องตัดความเร็วต่ำ Isomet แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงเหล็กกล้าสำหรับยึดฟันกับเครื่องตัดความเร็วต่ำ Isomet

## วิธีการวิจัย

ฟันที่ใช้ในการวิจัยเป็นฟันกรามมนุษย์ซี่ที่สามสภาพดี ไม่มีลักษณะรอยผุ รอยร้าว และการบูรณะใด ๆ จำนวน 30 ซี่ เก็บในคลอโรมีนที่ เข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นระยะเวลาไม่เกิน 3 เดือนหลังการถอนฟัน โดยใช้ฟันมนุษย์ในการวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยมนุษย์และการใช้สัตว์ทดลองในการวิจัยของคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 8/2553

วิธีการวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

### ตอนที่ 1 การเตรียมชิ้นงานก่อนการทดลองค่ากำลังแรงยึดดึง

1. นำฟันมายึดกับแท่งเหล็กที่ได้ออกแบบไว้ นำฟันที่ยึดไปตัดด้านบดเคี้ยวออก ประมาณ 3-5 มิลลิเมตร โดยตั้งฉากกับแกนฟัน ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, USA) ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที ด้วยแรงกด 150 นิวตัน จากนั้นใช้กล้อง



จุลทรรศน์ชนิดสเตรียโอ กำลังขยาย 40 เท่า ตรวจสอบผิวที่กรอออกให้เห็นส่วนของเนื้อฟัน นำไปขัดด้านลบพื้นด้วยกระดาษทรายหมายเลข 600 ภายใต้ น้ำหล่อเลี้ยงเป็นเวลา 60 วินาที

2. นำฟันที่เตรียมมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 3 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 60 วินาที เป่าลมเบา ๆ ให้ผิวเนื้อฟันแห้ง แล้วทำการผสมเรซินซีเมนต์ตามที่บริษัทแนะนำแล้วทาที่ผิวหน้าตัดซี่ฟันจากนั้นยึดติดกับวัสดุเรซินคอมโพสิตโดยทำการอุดเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีความหนา 1.5 มิลลิเมตร อุดจำนวน 4 ครั้ง รวมความหนาทั้งสิ้น 6 มิลลิเมตร โดยการฉายแสงที่มีความเข้มแสง 700 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ชั้นละ 40 วินาที โดยใช้เรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเป็นซีเมนต์ กลุ่มที่ 2 พานาเวียเอฟทูเป็นซีเมนต์ กลุ่มที่ 3 รีเลย์เอ็กซ์ยูนิเซมเป็นซีเมนต์ร่วมกับแอคทีฟเอ็กซ์ไอทีดีเอสซี หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ยึดทั้งหมดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วเก็บฟันไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงโดยกำหนดความหนาของชั้นซีเมนต์ยึดติด โดยการใช้เทปกาวยึดด้านเดียวที่ไม่ทำปฏิกิริยากับเรซินซีเมนต์ ความหนา 80 ไมครอน เจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร นำมาติดตรงกลางบนผิวเนื้อฟันที่เตรียมไว้ เพื่อกำหนดความหนาที่สม่ำเสมอของชั้นซีเมนต์ 80 ไมครอน

3. นำฟันไปกรอตัดด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที ด้วยแรงกด 150 นิวตันให้ได้ชิ้นงานเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้ได้ชิ้นงานมีความหนา 2 มิลลิเมตร มีความกว้าง 5.7 มิลลิเมตร ในฟัน 1 ซี่จะได้ชิ้นงานประมาณ 4 ชิ้น หลังจากนั้นนำชิ้นงานไปกรอแต่งฟันเป็นรูปดัมเบลล์<sup>[20]</sup> ตามแบบที่ได้วาดไว้ให้มีส่วนที่แคบที่สุดมีพื้นที่ 3x2 ตารางมิลลิเมตร โดยใช้หัวกรอกากเพชรความเร็วสูงทรงกระบอกชนิดละเอียดมาก (886/012, DiaTessin, Switzerland) ร่วมกับใช้น้ำระหว่างกรอ

4. นำชิ้นงานทุกชิ้นมาคำนวณหาพื้นที่ในการยึดติด โดยใช้เครื่องวัดแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan) ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงดังภาพที่ 3 ทำการบันทึกข้อมูล โดยชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกจัดเก็บในกล่องขึ้นละช่อง แยกจากกันชัดเจน

## ตอนที่ 2 การทดลองค่ากำลังแรงยึดดึง

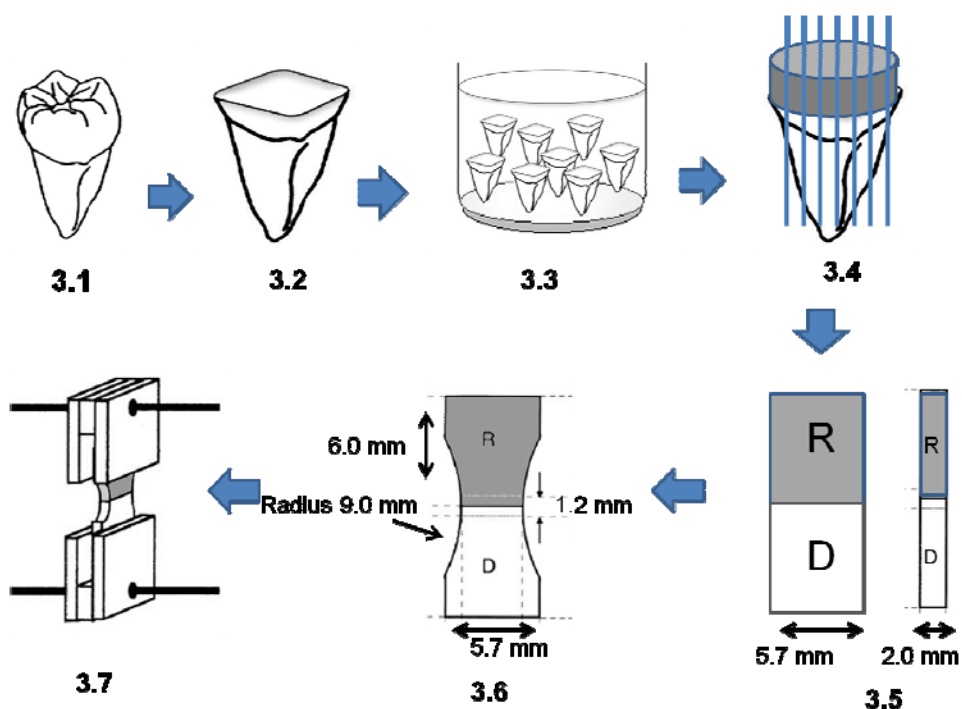
1. ยึดชิ้นงานมาทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงโดยนำมายึดกับแผ่นพลาสติกที่ทำมาจากโพลีเมทิลเมตาคริเลตที่มีความกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร

จำนวน 4 แผ่นและขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตรหนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 2 แผ่น โดยนำแผ่นขนาดเล็กใส่ตรงกลางระหว่างแผ่นใหญ่ แผ่นพลาสติกทุกแผ่นจะเจาะรูในตำแหน่งเดียวกันเพื่อยึดลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร โดยมีแม่แบบกำหนดตำแหน่งในการยึดติดเพื่อควบคุมให้ได้ตำแหน่งเดียวกันในการทดสอบทุกครั้ง แสดงดังภาพที่ 3 ทดสอบกำลังแรงยึดดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัดด้วยความเร็วหัวจับ (crosshead speed) 1 มิลลิเมตร/นาที โดยใช้โหลดเซลล์ (load cell) ขนาด 500 นิวตัน

2. บันทึกค่ากำลังแรงยึดดึง<sup>[21,22]</sup> (หน่วยนิวตัน) และนำค่าที่ได้จากการพื้นที่ในการยึดติดโดยใช้เครื่องวัดแบบดิจิตอล นำมาใช้คำนวณร่วมในการหาค่ากำลังแรงยึดดึง (หน่วยเมกะปาสกาล)

### ตอนที่ 3 ศึกษารูปแบบการแตกหักและบันทึกภาพชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่แตกหักมาส่งดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 10 และ 15 เท่า เพื่อศึกษารูปแบบการแตกหักของชิ้นงาน โดยได้แบ่งการแตกหักของชิ้นงานเป็น 6 แบบดังภาพที่ 1 จากนั้นทำการสุ่มแบบง่าย (simple randomization) กลุ่มละ 2 ชิ้นเพื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM; JEOL LTD, Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 50, 1500, 3500 เท่า เพื่อทำการบันทึกภาพ และนำชิ้นงานที่แตกหักที่ไม่สามารถแยกรูปแบบการแตกหักได้ชัดเจนไปวิเคราะห์หาหมู่ธาตุที่พื้นผิวโดยใช้เครื่อง SEM-EDS (Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)



ภาพที่ 3 แผนผังการเตรียมชิ้นงาน

3.1) ฟันกรามสภาพดี 3.2) ตัดด้านบนตัดเฉียงเพื่อให้เผยเนื้อฟัน 3.3) แช่ฟันสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือยลอะ 2.5 เป็นเวลา 3 นาที 3.4) เตรียมสภาพผิวฟันแล้วทาเรซินซีเมนต์และอุดด้วยเรซินคอมโพสิตที่ระดับชั้นจนมีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร จากนั้นเก็บชิ้นงานในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสนาน 24 ชั่วโมง 3.5) ตัดเป็นแท่งชิ้นงานขนาด 5.7 x 2 ตารางมิลลิเมตร 3.6) กรอชิ้นงานรูปดัมเบลล์ตามแบบที่ได้วาดไว้บนชิ้นงาน 3.7) ชิ้นงานถูกยึดและขนาบข้างด้วยแผ่นพอลิเมทิลเมทาคราติเลต ก่อนนำไปทดสอบหาค่าแรงยึดดึง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. นำข้อมูลค่ากำลังแรงยึดดึง (หน่วยเมกะปาสกาล) ของชิ้นงานทุกชิ้นมาบันทึกในตารางแสดงผลการทดลองแล้วนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยการนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ คือ ซุปเปอร์บอนด์ซีเอนด์บี พานาเวียเอฟทู และแอดฮีซีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซีร่วมกับรีเลย์เอ็กซ์ชูนีเซม โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์เชิงซ้อน (Multiple comparison) โดยวิธีของทูกีย์ (Tukey) โดยการจับคู่ที่ละกลุ่มจนครบทุกกลุ่ม

2. แสดงข้อมูลที่ได้จากการนำชิ้นงานที่แตกหักมาสองคู่ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอไมโครสโคปในลักษณะของกราฟแท่ง

3. ทำการสุ่มตัวอย่างชิ้นงานแล้วนำไปบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด และนำชิ้นงานในกลุ่มของแอดฮีซีฟเอ็กไซเท็ดไฮดรอกซีร่วมกับปริไลนเอ็กซียูนิเซม และชิ้นงานของกลุ่มปริไลนเอ็กซียูนิเซม มาตรวจดูด้วยเครื่อง SEM-EDS เพื่อนำผลที่ได้ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบดูความแตกต่างของหมู่ธาตุของชิ้นงาน

### **การวิเคราะห์ข้อมูล**

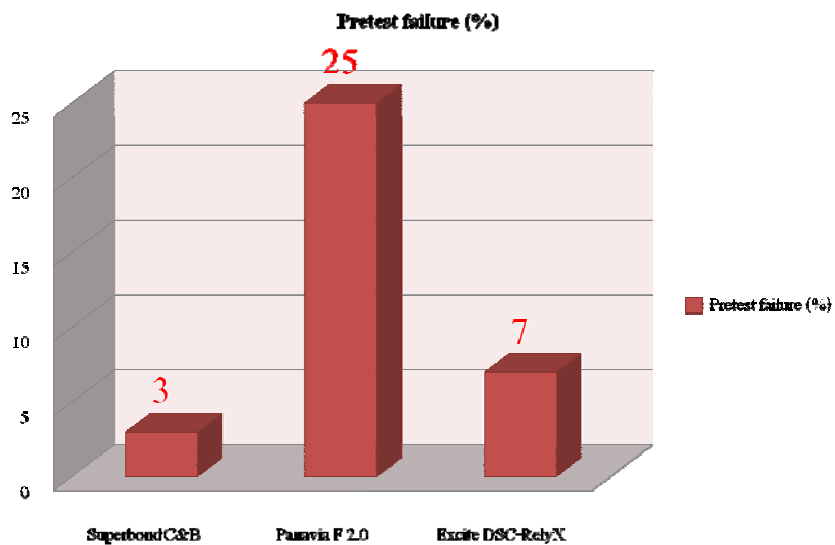
ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง (mean bond strength) ระหว่างเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์เชิงซ้อน (Multiple comparison) โดยวิธีของทูกีย์ (Tukey) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 17.0 (Statistics Package for the Social Science version 17.0) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ผลการวิเคราะห์

นำชิ้นงานมาตัดให้ได้แท่งขนาด 2x5.7 ตารางมิลลิเมตร ก่อนที่จะตัดเป็นรูปดัมเบลล์ จะพบการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลอง (pretest failure) โดยแสดงข้อมูลในลักษณะกราฟแท่งเปรียบเทียบร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลอง เทียบกับจำนวนชิ้นงานทั้งหมด มีหน่วยเป็นร้อยละ (ภาพที่ 4) โดยพบว่ากลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลองน้อยสุดเท่ากับ 3 รองลงมาคือกลุ่มแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซี ร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์นิเซมมีค่าร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลองเท่ากับ 7 และพานาเวียเอฟทูมีค่าร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลองเท่ากับ 25



ภาพที่ 4 กราฟแสดงร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลอง

#### ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึง

แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยเมกะปาสกาลในตารางที่ 4 และในการวิเคราะห์ผลทางสถิติมีการนำชิ้นงานที่แตกหักก่อนการทดสอบมาวิเคราะห์ร่วมด้วย โดยถือว่าชิ้นที่แตกหักนำมาเป็นหนึ่งในจำนวนชิ้นตัวอย่าง (number of specimen) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีทูกีย์พบมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซีร่วมกับรีไลย์เอ็กซ์นิเซม กับ

กลุ่มซุบเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แต่ทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มพานาเวียเอฟหู โดยกลุ่มแอดฮีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซีร่วมกับบริลายเอ็กซ์ยูนิเซมมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงเท่ากับ 13.43 เมกกะปาสกาล กลุ่มซุบเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าเท่ากับ 11.25 เมกกะปาสกาลและกลุ่มพานาเวียเอฟหูมีค่าเท่ากับ 6.50 เมกกะปาสกาล

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธีของทูกีย์ แสดงค่ากำลังแรงยึดดึงและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วยเมกกะปาสกาล

Tukey HSD<sup>a,b</sup>

	Number	Mean(Standard deviations)(MPa)
PanaviaF	44	6.5019825 (4.43196116)
Superbond C&B	34	11.2544500 (3.81765907)
Excite DSC-RelyX unicem	30	13.4303030 (7.53257775)
Sig.		1.000 .205

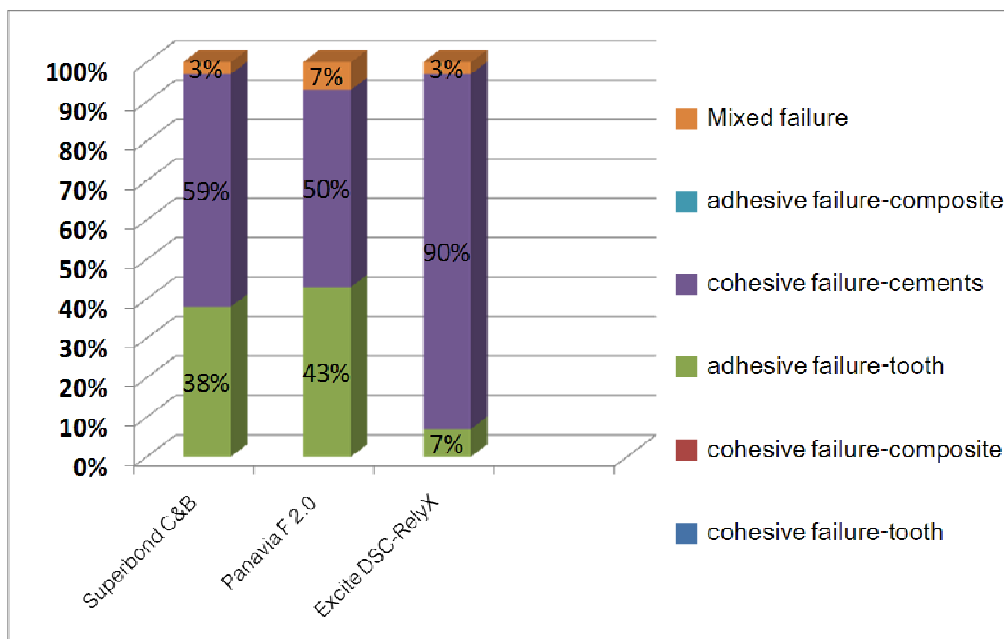
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 35.099.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

#### ลักษณะการแตกหัก

เมื่อนำชิ้นงานที่แตกหักมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 10 และ 15 เท่า สามารถแบ่งรูปแบบการแตกหักได้ 6 แบบ โดยรูปแบบการแตกหักที่พบมากที่สุดเป็นการแตกหักภายในเนื้อวัสดุซีเมนต์ (cohesive failure in resin cement) โดยพบว่ากลุ่มแอดฮีซีฟเอ็กไซท์ดีเอสซีร่วมกับบริลายเอ็กซ์ยูนิเซมมีค่าร้อยละการแตกหักภายในเนื้อวัสดุซีเมนต์มากที่สุดคือ 90 รองมาคือกลุ่มซุบเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีและพานาเวียมีค่าร้อยละการแตกหักภายในเนื้อวัสดุซีเมนต์เท่ากับ 59 และ 50 (ภาพที่ 5)



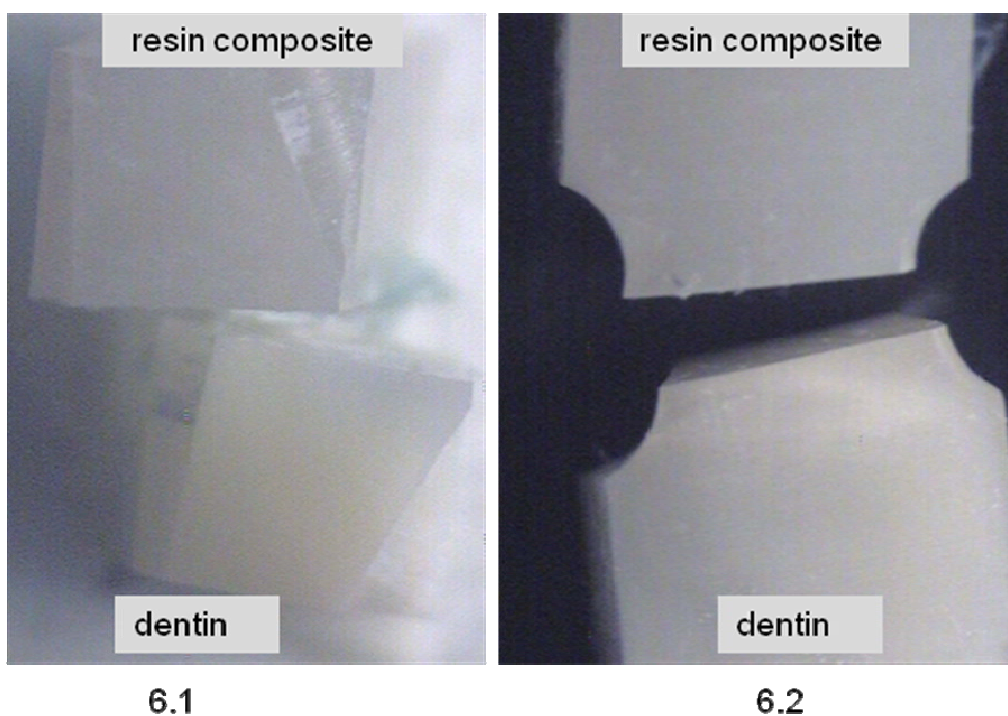
ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าร้อยละของลักษณะการแตกหักของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ

#### ผลจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

จากการสุ่มแบบง่าย กลุ่มละ 2 ชิ้นเพื่อนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ที่กำลังขยาย 50, 1500, 3500 เท่า พบว่ากลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ในฝั่งของเนื้อฟัน (ภาพที่ 7) พบลักษณะรูของท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วบริเวณ ส่วนภาพในฝั่งของเรซินคอมโพสิต (ภาพที่ 8) จะปรากฏลักษณะเรซินแทรก ที่ยื่นออกมากระจายทั่วไปมีลักษณะสอดคล้องกันกับภาพในฝั่งของเนื้อฟัน กลุ่มพานาเวียเอฟทู มีลักษณะไม่เรียบทั้งในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต (ภาพที่ 10-11) เนื่องจากมีชั้นสมีร์ปกคลุมอยู่ และกลุ่มแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซี ร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซม ภาพฝั่งของเนื้อฟัน (ภาพที่ 13) เห็นลักษณะเรซินแทรกที่ยื่นออกมาและเรซินแทรกมีลักษณะที่หักออกกระจายอยู่ทั่วไป สอดคล้องกับภาพฝั่งของเรซินคอมโพสิต (ภาพที่ 14) นอกจากนี้ยังนำชิ้นงานที่ไม่สามารถแบ่งลักษณะการแตกหักได้ชัดเจนมาตรวจหุ่ธาตุที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่อง SEM-EDS (ภาพที่ 15) ส่องบริเวณผิวหน้าตัด ของกลุ่มแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซี ร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมกับกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมเพื่อเทียบความแตกต่างที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขึ้นตอนการทำแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซี พบว่ากลุ่มแอคทีฟเอ็กซ์ไซท์ดีเอสซีร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมพบธาตุซิลิกอนทั้งฝั่งเนื้อฟันและฝั่งเรซินคอมโพสิต ส่วนกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมจะพบธาตุซิลิกอนเฉพาะฝั่งเรซินคอมโพสิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

ภาพแสดงพื้นผิวชิ้นงานที่แตกหักโดยการนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 10 และ 15 เท่า และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50, 1500, 3500 เท่า

1. ภาพชิ้นงานในกลุ่มซูปเปอร์บอนดีซีแอนด์บีที่ผ่านการแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

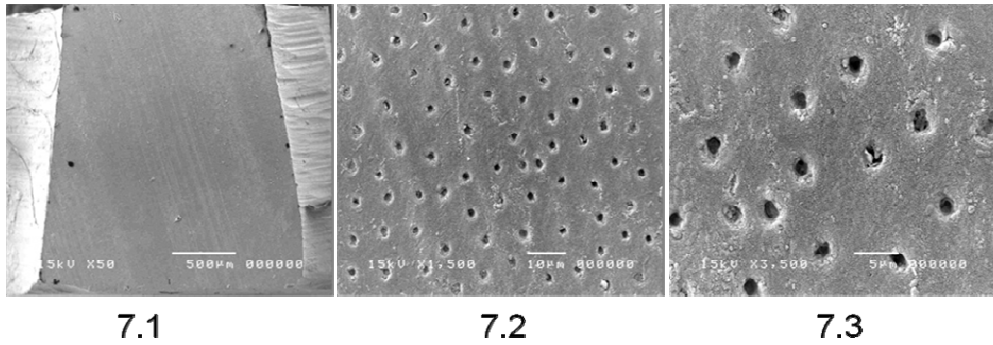


ภาพที่ 6 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูปเปอร์บอนดีซีแอนด์บี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟัน และเรซินคอมโพสิต

6.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 10 เท่า

6.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 15 เท่า



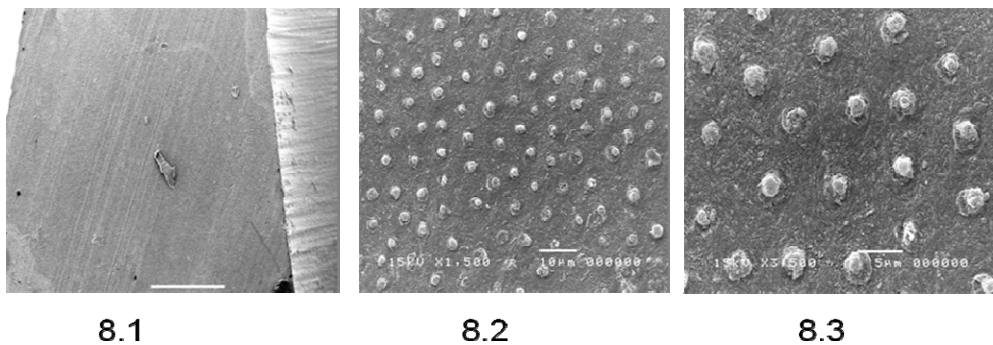


ภาพที่ 7 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูบเปอร์บอนด์ซีแอนดปี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อพื้น

7.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

7.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

7.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า



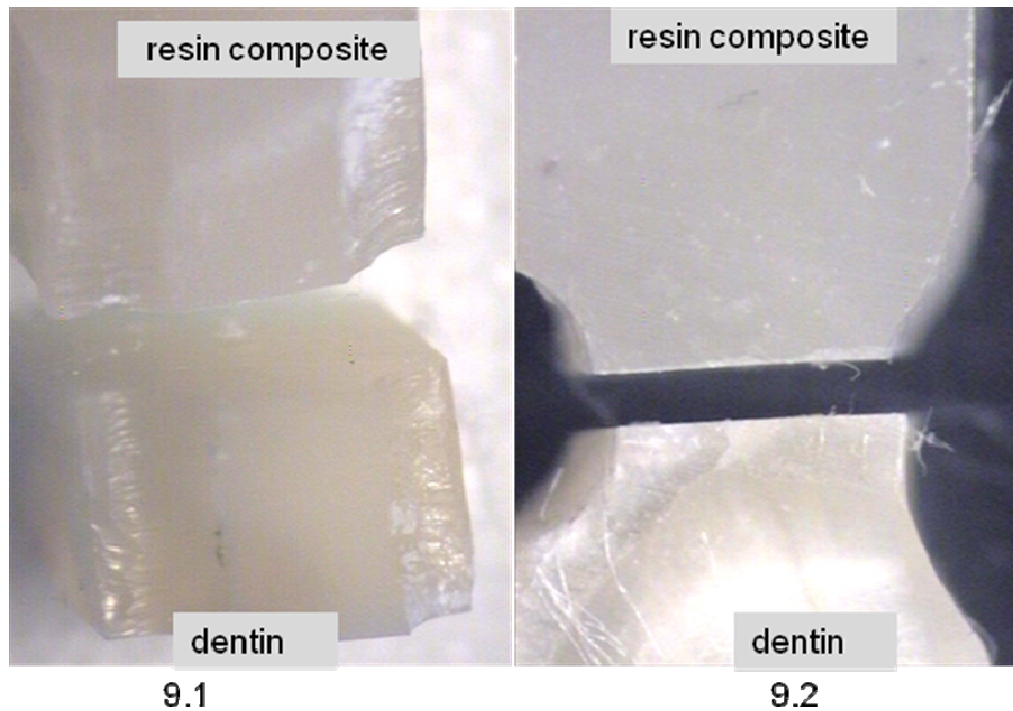
ภาพที่ 8 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มซูบเปอร์บอนด์ซีแอนดปี แสดงชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต

8.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

8.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

8.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า

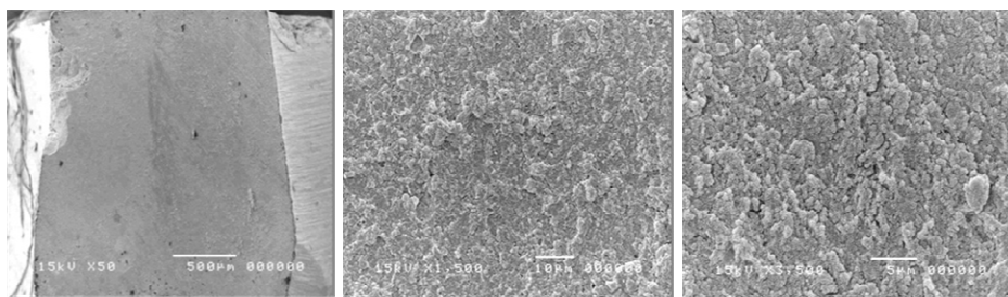
2. ภาพชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทูที่ผ่านการแช่ไฮโปคลอไรท์



ภาพที่ 9 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต

9.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 10 เท่า

9.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 15 เท่า



10.1

10.2

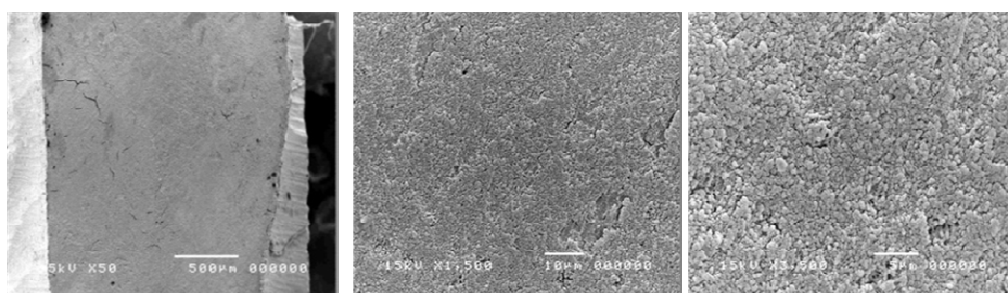
10.3

ภาพที่ 10 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อพื้น

10.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

10.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

10.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า



11.1

11.2

11.3

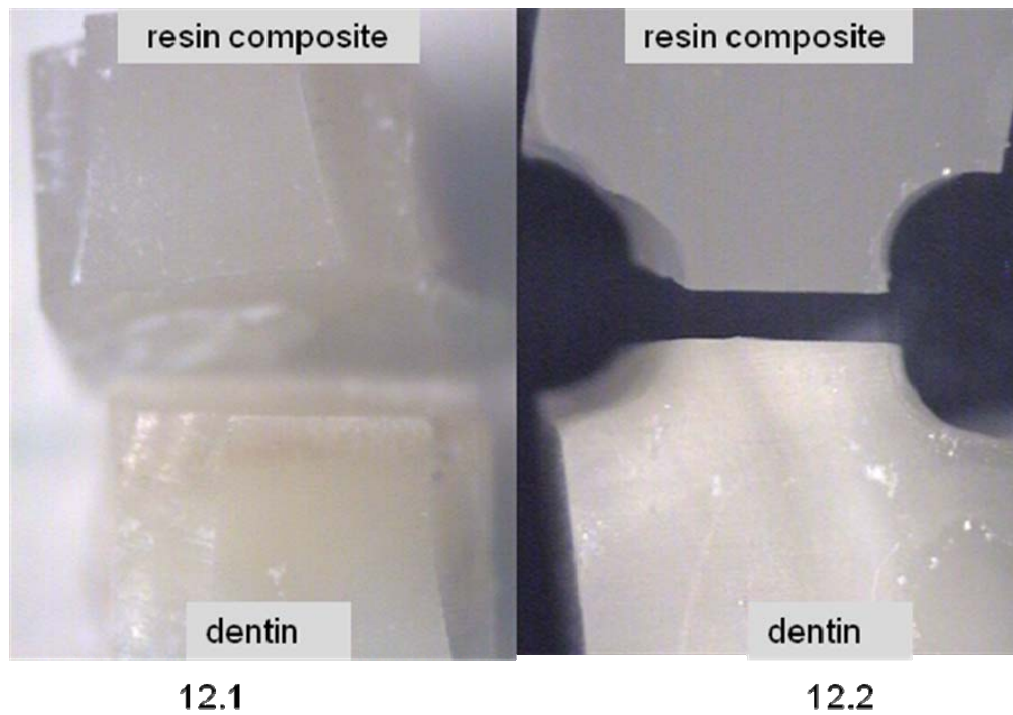
ภาพที่ 11 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มพานาเวียเอฟทู แสดงชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต

11.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

11.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

11.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า

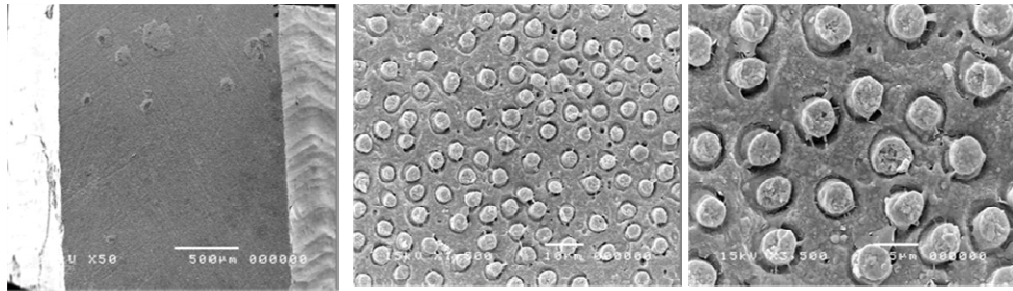
3. ภาพชิ้นงานในกลุ่มแอตซีฟอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีเอสซีร่วมกับรีลายอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



ภาพที่ 12 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอตซีฟอิเล็กทรอนิกส์ที่ดีเอสซีร่วมกับรีลายอิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการแช่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แสดงชิ้นงานในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต

12.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 10 เท่า

12.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 15 เท่า



13.1

13.2

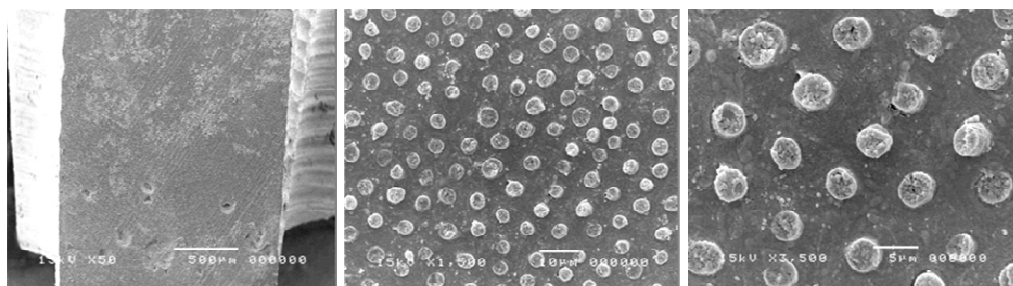
13.3

ภาพที่ 13 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอตตีฟอิเล็กโซทีดีเอสที่ร่วมกับปริยายเอ็กซ์ยูนิเซม แสดง  
ชิ้นงานในฝั่งของเนื้อพื้น

13.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

13.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

13.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า



14.1

14.2

14.3

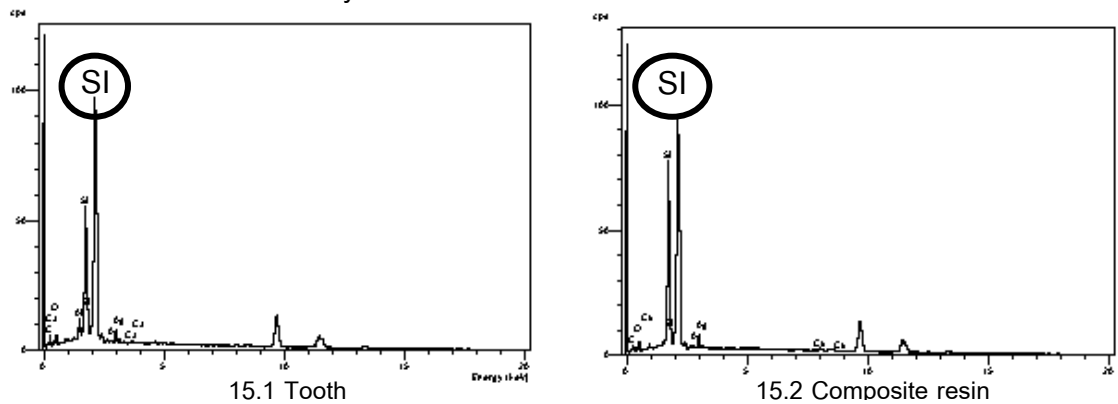
ภาพที่ 14 แสดงพื้นผิวชิ้นงานในกลุ่มแอตตีฟอิเล็กโซทีดีเอสที่ร่วมกับปริยายเอ็กซ์ยูนิเซม แสดง  
ชิ้นงานในฝั่งของเรซินคอมโพสิต

14.1 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 50 เท่า

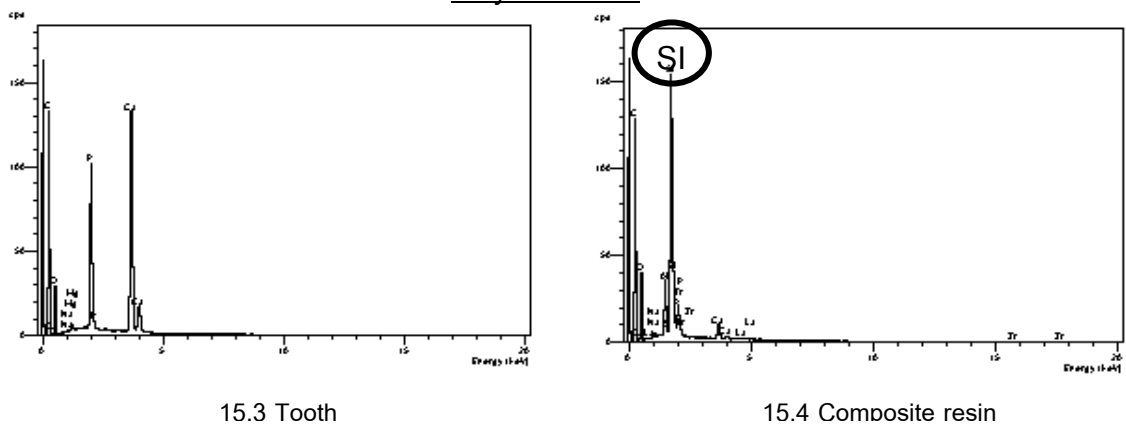
14.2 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

14.3 ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3500 เท่า

### Rely X Unicem with Adhesive Excite DSC



### Rely X Unicem



ภาพที่ 15 กราฟแสดงหมู่ธาตุที่เกิดขึ้นที่ผิวหน้าตัดฝั่งของเนื้อฟัน และฝั่งของชั้นเรซินคอมโพสิต เมื่อทดสอบกับกลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซม และกลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับสารแอดฮีซีฟเอ็กไซท์ ดีเอสซี จากเครื่อง SEM-EDS ดังนี้ 15.1) กลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับสารแอดฮีซีฟเอ็กไซท์ ดีเอสซี ที่ผิวหน้าตัดฝั่งของเนื้อฟันพบธาตุซิลิกอน 15.2) กลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับสารแอดฮีซีฟเอ็กไซท์ ดีเอสซี ที่ผิวหน้าตัดฝั่งของชั้นเรซินคอมโพสิตพบธาตุซิลิกอน 15.3) กลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมที่ผิวหน้าตัดฝั่งของเนื้อฟันไม่พบธาตุซิลิกอน 15.4) กลุ่มกรูมรีลายเอ็กซ์ยูนิเซมที่ผิวหน้าตัดฝั่งของชั้นเรซินคอมโพสิตพบธาตุซิลิกอน

## ผลการเปรียบเทียบ

1. เปรียบเทียบร้อยละการแตกหักก่อนการทดสอบ พบว่ากลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี มีค่าร้อยละการแตกหักของชิ้นงานก่อนการทดลองน้อยสุด รองลงมาคือกลุ่มแอตซีพีเอฟ เอ็กซ์ทีดีเอสซีร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซม และพานาเวียเอฟทูมีตามลำดับ

2. จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และการวิเคราะห์เชิงซ้อนโดยวิธีของทูกีย์ พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงกลุ่มแอตซีพีเอฟเอ็กซ์ทีดีเอสซีร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมและกลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสูงกว่ากลุ่มพานาเวียเอฟทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. เปรียบเทียบรูปแบบการแตกหักภายหลังจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงส่วนใหญ่จะพบการแตกหักภายในเนื้อวัสดุที่เม้นต์มากที่สุดเมื่อเทียบกับรูปแบบการแตกหักทั้งหมด โดยกลุ่มแอตซีพีเอฟเอ็กซ์ทีดีเอสซีร่วมกับปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมมีค่าร้อยละการแตกหักภายในเนื้อวัสดุที่เม้นต์สูงสุด รองลงมาคือกลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีและกลุ่มพานาเวียเอฟทูตามลำดับ

4. เมื่อนำภาพที่ได้จากการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่า กลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี และกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับแอตซีพีเอฟเอ็กซ์ทีดีเอสซี ทั้งในฝั่งของฟันและในฝั่งของเรซินคอมโพสิต จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือเห็นท่อเนื้อฟันและเรซินแทรกที่ชัดเจน ส่วนในกลุ่มพานาเวียเอฟทูยังเห็นลักษณะของท่อเนื้อฟันที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากมีชั้นสเมียร์ปกคลุมอยู่ นอกจากนี้ยังนำชิ้นงานที่ไม่สามารถแบ่งลักษณะการแตกหักได้ชัดเจนมาตรวจหาสาเหตุที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่อง SEM-EDS (ภาพที่ 15) ส่องบริเวณผิวหน้าตัด ในงานวิจัยได้นำกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับสารแอตซีพีเอฟเอ็กซ์ทีดีเอสซีมาตรวจหาสาเหตุที่เกิดขึ้นเทียบกับกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมถึงสาเหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงเพิ่มสูงขึ้น ผลที่ได้พบว่า กลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับสารแอตซีพีเอฟเอ็กซ์ทีดีเอสซีพบธาตุซิลิกอนทั้งฝั่งเนื้อฟันและฝั่งเรซินคอมโพสิต เนื่องจากธาตุซิลิกอน เป็นส่วนประกอบตัวหนึ่งในปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซม แสดงถึงการพบปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมทั้ง 2 ฝั่ง ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นนี้ซึ่งเป็นการแตกหักที่เกิดภายในเนื้อวัสดุที่เม้นต์และแสดงให้เห็นถึงการยึดเกาะของซีเมนต์ได้ดีทั้งผิวของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต ส่วนกลุ่มปริลัยเอ็กซ์ยูนิเซมจะพบธาตุซิลิกอนเฉพาะฝั่งเรซินคอมโพสิตเพียงอย่างเดียวซึ่งแสดงถึงรูปแบบการแตกหักระหว่างผิวเนื้อฟันกับเนื้อวัสดุที่เม้นต์

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

การใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ในการรักษาคลองรากฟันช่วยส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ โดยในกลุ่มรีเลย์เอ็กซ์ยูนิเซมร่วมกับแอคทีฟเอ็กซ์ไอทีดีเอสซี และกลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มฟานาเวียเอฟทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

#### อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้จัดเตรียมสภาวะการทำงานให้คล้ายคลึงกับทางคลินิก ตั้งแต่ขั้นตอนในการเตรียมผิวฟันและการใช้เรซินซีเมนต์ร่วมกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต ในส่วนของการเตรียมชิ้นงานได้ใช้เนื้อฟันบริเวณส่วนบน (coronal dentin) ร่วมกับการอุดเป็นชั้น ๆ โดยต้องการให้เกิดการยึดติดด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (chemical bonding) คล้ายคลึงกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตแบบอุดโดยตรง (direct composite core build-up) และการใช้วัสดุได้ปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตกำหนด จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่แช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มแช่ในน้ำเกลือเนื่องมาจากเนื้อฟันมีโครงสร้างทั้งอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร เป็นองค์ประกอบโดยในอินทรีย์สารนั้นส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยคอลลาเจนชนิดที่ 1 ซึ่งโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถละลายโปรตีนแบบไม่เฉพาะเจาะจงโดยไปจับกับส่วนที่เป็นอินทรีย์สารพวกแมกนีเซียมไอออน และคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วไปกำจัดขวางการเชื่อมต่อของเส้นใยคอลลาเจนส่งผลต่อสมบัติทางกล<sup>[1,23]</sup> ของเนื้อฟัน โดยค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น และความทนแรงดัดลดลง เนื่องมาจากส่วนอินทรีย์สารถูกย่อยสลายออกไป นอกจากนี้โซเดียมไฮโปคลอไรท์มีสมบัติเป็นสารพวกออกซิไดซ์ เมื่อโซเดียมไฮโปคลอไรท์แตกตัวจะได้โซเดียมคลอไรท์ และออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์เซชันของสารยึดติด เป็นสาเหตุให้ค่ากำลังแรงยึดดึงของกลุ่มที่แช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรท์ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่แช่ในน้ำเกลือ และภายหลังจากการนำชิ้นงานที่แตกหักจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึงมาแบ่งลักษณะการแตกหักนั้น พบว่าโดยส่วนใหญ่จะเป็นการแตกหักภายในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์ แสดงถึงการยึดเกาะที่ดีระหว่างเรซินซีเมนต์กับผิวเนื้อฟันและผิวเรซินคอมโพสิตมากกว่าการยึดเกาะภายในวัสดุเรซินซีเมนต์ นอกจากนี้การแตกหักในลักษณะดังกล่าวยังส่งผลที่ดีต่อเนื้อฟันในกรณีที่ชิ้นงานมีการรั่วซึม หรือหลุดออกของชิ้นงาน เนื่องจากผิวเนื้อฟันยังมีซีเมนต์ปกคลุม ช่วยป้องกันผิวเนื้อฟันจากสภาพแวดล้อมภายนอก



จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่มีการใช้แอดฮีซีฟเอ็กไซเททีเอสซีซีร่วมกับรีล่ายเอ็กซียูนิเซมจะมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงสูงสุดและพบว่ามีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ส่วนกลุ่มพานาเวียเอฟทูค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงต่ำสุด สาเหตุที่กลุ่มรีล่ายเอ็กซียูนิเซมร่วมกับแอดฮีซีฟเอ็กไซเททีเอสซีซีมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงสูงสุด เนื่องจากการเตรียมผิวพื้นด้วยกรดฟอสฟอริกร้อยละ 37 ส่งผลให้ชั้นสเมียร์ที่เกิดขึ้นถูกกำจัดออกไป เมื่อนำชิ้นงานมาดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าเห็นลักษณะเรซินแตกยื่นออกมาในฝั่งของพื้นและสอดคล้องในฝั่งของเรซินคอมโพสิต หลังจากนั้นได้นำชิ้นงานมาส่องด้วยเครื่อง SEM-EDS ตรวจที่บริเวณพื้นผิวหน้าตัดของชิ้นงานจะพบธาตุซิลิกอนทั้งในฝั่งของเนื้อพื้นและเรซินคอมโพสิต เนื่องจากซิลิกอนเป็นส่วนประกอบในซีเมนต์ การพบลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าทั้ง 2 พื้นผิวนั้นมีวัสดุเรซินซีเมนต์ปกคลุมอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นเป็นการแตกหักภายในเนื้อวัสดุซีเมนต์ แสดงให้เห็นถึงการยึดเกาะที่ดีของเรซินซีเมนต์กับผิวเนื้อพื้นและเรซินคอมโพสิต นอกจากนี้การที่แอดฮีซีฟเอ็กไซเททีเอสซีซีมีลักษณะที่หนืดน้อยเมื่อใช้ร่วมกับรีล่ายเอ็กซียูนิเซม ช่วยในการเพิ่มการไหลแผ่ของรีล่ายเอ็กซียูนิเซมไปในส่วนท่อนเนื้อพื้นได้ดียิ่งขึ้น จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงรีล่ายเอ็กซียูนิเซมร่วมกับแอดฮีซีฟเอ็กไซเททีเอสซีซีเพิ่มสูงขึ้นรวมทั้งมีการแตกหักก่อนการทดลองที่ลดลง ดังนั้นเมื่อใช้รีล่ายเอ็กซียูนิเซมร่วมกับแอดฮีซีฟเอ็กไซเททีเอสซีซี พบว่าค่ากำลังแรงยึดดึงที่เพิ่มสูงขึ้นเทียบกับการใช้รีล่ายเอ็กซียูนิเซมเพียงอย่างเดียว<sup>[18]</sup> สำหรับซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงสูงเนื่องมาจากเป็นเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทซ์มีการเตรียมผิวพื้นด้วยสารละลายกรดซิตริก (citric acid) ความเข้มข้น 10% และกรดเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) ความเข้มข้น 3% ซึ่งจะกำจัดชั้นสเมียร์และดึงแร่ธาตุในเนื้อพื้นออก (decalcified) จะช่วยให้มอนอเมอร์แทรกซึมเข้าไปยังบริเวณเนื้อพื้นที่ถูกดึงแร่ธาตุออกได้ดีมากขึ้น เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่าผิวเนื้อพื้นมีลักษณะของท่อนเนื้อพื้นที่เปิดออก ส่วนที่ผิวเรซินคอมโพสิต มีลักษณะการยื่นออกของเรซินแตกที่ชัดเจน โดยลักษณะสอดคล้องกับในฝั่งของเนื้อพื้น แสดงถึงโครงสร้างที่มีการสร้างเรซินแตกเข้าไปในท่อนเนื้อพื้น (ภาพที่ 7) นอกจากนี้ยังเชื่อว่า มอนอเมอร์ ทีบีบี (TBB) โพรเมททา (4-META) ที่แทรกซึมไปตามเส้นใยคอลลาเจนของเนื้อพื้นและเกิดชั้นไฮบริดนั้นจะต้องเกิดการพอลิเมอไรเซชันโดยทีบีบีที่เป็นตัวเริ่มต้นปฏิกิริยาจะแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระ จำเป็นต้องอาศัยออกซิเจนและน้ำซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในเนื้อพื้น นอกจากนี้ยังมีความเชื่อว่าปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะมีทิศทางเข้าหา (toward) ส่วนเนื้อพื้น<sup>[53]</sup> ดังนั้นจึงช่วยลดปัญหาเรื่องความเค้น (stress) ที่เกิดจากการหดตัว (shrinkage) ของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน จึงส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดดึงเพิ่มสูงขึ้น จากการทดลองครั้งนี้พบว่าพานาเวียเอฟทูมีค่ากำลังเฉลี่ยกำลังแรงยึดดึงต่ำสุด เนื่องจากพานาเวียเอฟทู เป็นเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์มีดีโพรเมอไรเซอร์เป็นสารปรับสภาพ

ชั้นสเมียร์ที่เหมาะสมกับการย้อมติด<sup>[54]</sup> (modified smear layer) จากการนำชิ้นงานมาส่องด้วยเครื่อง SEM ยังพบชั้นสเมียร์ปกคลุมโดยทั่วไปทั้งในฝั่งของเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต แสดงให้เห็นถึงการกำจัดชั้นสเมียร์ไม่สมบูรณ์เมื่อเทียบกับใน 2 กลุ่มแรกที่มีการเตรียมผิวฟันก่อนการทำซีเมนต์ได้ดีกว่า

### ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยได้ใช้เรซินซีเมนต์เพียง 3 ตัวคือ ซุปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี พานาเวียเอฟทู และวีล่ายเอ็กซ์ยูนิเซม เป็นตัวแทนของเรซินซีเมนต์ในแต่ละระบบ ซึ่งในปัจจุบันนี้เรซินซีเมนต์ในแต่ละระบบมีมากมายหลายยี่ห้อให้เลือกใช้ และมีการพัฒนาปรับปรุงสมบัติอยู่เสมอ จึงมีความจำเป็นต้องมีการวิจัยศึกษาเพิ่มเติมต่อไปกับเรซินซีเมนต์ตัวอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเหมาะสมในการใช้เรซินซีเมนต์ในแต่ละยุคสมัย

## รายการอ้างอิง

- [1] Soares CJ, Santana FR, Silva NR, Preira JC. Influence of the Endodontic Treatment on Mechanical Properties of Root Dentin. J Endod. 33(2007) : 603-606.
- [2] T.C.F.Mentz. The use of sodium hypochlorite as a general endodontic medicament. Int Endod J. 15(1982) : 132-136.
- [3] Pascon FM, Kantovitz KR, Sacramento PA, Santos MN, Rontani RM. Effect of Sodium hypochlorite on dentine mechanical properties.A review. J Dent. 37 (2009): 903-908.
- [4] Mohammadi Z, Zard. Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. Int Dent J. 58(2008) : 329-334
- [5] Clarkson RM, Moule AJ. Sodium hypochlorite and its use as endodontic irrigant. Aust Dent J. 43(1988) : 250-256.
- [6] Trepagnier C, Madden R, Lazzari E. Quantitative study of sodium hypochlorite as an invitro endodontic irrigant. J Endod. 3(1977) : 194-196.
- [7] Toure B, Kane A, Faye B, Sarr M, Roux D, Traore O, et al. Evaluation in vitro of the antibacterial effectiveness of 2.5% sodium hypochlorite on endocanal bacteria related to the time contact within root canal. Dakar Med. 50;3 (2005) : 104-107.
- [8] Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. Promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J of Biomed Mater Res. 16(1982) : 265-273.
- [9] Pashley DH, Carvalho RM. Review Dentine permeability and dentine adhesion. J Dent. 25(1997) : 355-372.
- [10] Saleh AA, Ettman WM. Effect of endodontic irrigation solutions on microhardness of root canal dentine. J Dent. 27(1999) : 43-46.
- [11] Inaba D, Ruben J, Takagi O, Arends J. Effect of sodium hypochlorite treatment on remineralization of human root dentine in vitro. Caries Res. 30(1996) : 218-224.
- [12] Sim TP, Knowles JC, Ng YL, Shelton J, Gulabivala K. Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. Int Endod J. 34(2001) : 120–132.
- [13] Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/ filled composite system. J Dent Res. 69(1990) : 1652-1658.

- [14] Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. J Endod. 29 (2003) : 248-251.
- [15] Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaquet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strength of resin cement to endodontic surfaces. J Endod. 27(2001) : 753-757.
- [16] Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strength to endodontically-treated teeth. Am J Dent. 12(1999) : 177-180.
- [17] Lai SCN, Mak YF, Cheung GSP, Osorio R, Toledano M, Carvaiho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentine. J Dent Res. 80(2001) :1919-1924.
- [18] Mujjalnawimutti A, Thamrongananskul N. Effects of sodium hypochlorite on tensile bond strength of three resin cement systems. Proceedings of the 23rd National Graduate Research Conference Rajamangala University of Technology Isan 22-23 Dec 2011
- [19] Nakabayashi N. Importance of mini-dumbbell specimen to access tensile strength of restored dentine: historical background and the future perspective in dentistry. J Dent 32(2004) : 431-442.
- [20] Nagabayashi N, Watanaba A, Arao T. A Tensile test to facilitate identification of defects in resin-bonded dentin specimens. J Dent. 26(1998) : 379-385.
- [21] Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho RM, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. Dent Mater. 10(1994) : 236-240.
- [22] Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Russell CM, Pashley DH. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. J Dent Res. 74(1995) : 1093-1102.
- [23] Grossman L.I. Endodontic Practice 9th edn., Lea&Febiger, Philadelphia, 1978, p.197.
- [24] Zehnder M. Root canal irrigants. J Endod. 32(2006) : 389-398.
- [25] Torabinejad M, Handysides R, Khademi A, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 94(2002) : 658-666.

- [26] Osetek EM. Endodontic medicaments and irrigating solutions.(In: Holroyd SV, Wynn RL, Clark RR, editors. Clinical pharmacology in dental practice. 4th ed. St. Louis: Mosby Inc, 1988, pp.505-519.
- [27] Hoffman PN, Death JE, Coates D. The stability of sodium hypochlorite solutions( In: Collin CH, Allwood M, Bloomfield SF, Fox A, editors Disinfections: Their use and evaluation of effectiveness. Academic press Inc,1981, pp.77-83.
- [28] Routh JI, Eyman DP, Burton DJ. Essential of general organic and biochemistry Philadelphia:WB Sanders,1969, pp.536-67.
- [29] Grigorateos D, Knowles J, Ng YL, Gulabivala K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. Int Endod J. 34(2001) : 113-119.
- [30] Ozturk B, Ozer F. Effect of NaOCl on strengths of bonding agents to pulp chamber lateral wall. J Endod . 30(2004) : 362-365.
- [31] Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res. 34(1955) : 849-853.
- [32] Pashley DH, Ciucchi B, Sano H. Dentine as a bonding substrate. Dtsch Zahn Z. 49(1994) : 760-763.
- [33] Eliades G, palaghias G,Vougiouklakis G. Surface reactions of adhesives on dentin. Dent Mater .6(1990) : 208-216.
- [34] Nakabayashi N: Bonding of restorative materials to dentin: the present status in Japan. Int Dent . 35(1985) : 145-154.
- [35] Eick JD, Robinson SJ, Chappell RP, Cobb CM, Spencer P. The dentinal surface: Its influence on dentinal adhesion. Part III. Quintessence Int . 24(1993) : 571-582.
- [36] Nakabayashi N, Ashizawa M, Nakamura M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. Quintessence Int . 23(1992) : 135-141.
- [37] Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem m, Lambrechts P,Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J Dent Res. 71(1992) : 1530-140.

- [38] Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SHY. Micromorphologic relationship of the resin-dentin interface following a total etch technique in vivo using a dentinal bonding system. Quintessence Int. 26(1995) : 63-70.
- [39] Perdigão J, Swift EJ, Denehy GE, Wefel JS, Donly KJ. In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to different dentin substrates. J Dent Res. 74(1994) : 44-55.
- [40] Alhadainy HA, Abdalla AI. 2-year clinical evaluation of dentin bonding systems. Am J Dent. 9(1996) : 77-79.
- [41] Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Herner JA, Matthews WG, Pashley DH: Nanoleakage leakage within the hybrid layer. Oper Dent. 20(1995) : 18-25.
- [42] Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 28(2003) : 215-235.
- [43] Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent. 10(2008) : 251-258.
- [44] Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM & Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: A paradigm using water-free adhesive primers. J of Dent Res. 75(1996) : 1034-1044.
- [45] Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P & Vannierls . The clinical performance of adhesive. J of dent. 26(1998) : 1-20.
- [46] Tay FR, Pashley DH, Suh BI, Carvalho RM, Itthagarun A. Single-step adhesives are permeable membranes. J of Dent. 30(2002a) : 371-382.
- [47] Tay FR, Pashley DH, Yoshiyama M. Two modes of nanoleakage expression in single-step adhesives. J Dent Res. 81(2002b) : 556-560.
- [48] Pashley DH and Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: Etching effects on unground enamel. Dent Mater. 17(5) (2001) : 430-444.
- [49] Escribano N, de la Macorra JC. Microtensile bond strength of self-adhesive luting cements to ceramic. J Adhes Dent. 8(2006) : 337-341.
- [50] Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. Dent Mater. 22(2006) : 45-56.

- [51] De Munck J, Vargas M, Van Landuyt K, Hikita K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater. 20(2004) : 963-971.
- [52] Goracci C, Cury AH, Cantoro A, Papacchini F, Tay FR, 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.
- [53] Nakabayashi N. Adhesive bonding with 4-META. Oper Dent. 5(1992) :125-130.
- [54] Faria AL, Moraes RR, Ogliari FA, Piva E, Martins LM. Panavia F:the role of primer. J of oral Sci. 50(2009) : 255-9.

ภาคผนวก



ข้อมูลดิบแสดงค่ากำลังแรงยึดติดของชิ้นงานและแสดงลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น  
ในกลุ่มซูปเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดติด (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
1	13.5803	Adhesive failure in tooth
2	13.5043	Adhesive failure in tooth
3	12.7754	Adhesive failure in tooth
4	9.4720	Adhesive failure in tooth
5	13.5039	Adhesive failure in tooth
6	8.6720	Cohesive failure in resin cements
7	9.4981	Adhesive failure in tooth
8	11.8091	Mix failure
9	13.1986	Cohesive failure in resin cements
10	10.7623	Cohesive failure in resin cements
11	15.9401	Cohesive failure in resin cements
12	6.6753	Cohesive failure in resin cements
13	9.5284	Cohesive failure in resin cements
14	9.3300	Adhesive failure in tooth
15	7.4009	Cohesive failure in resin cements
16	8.2527	Cohesive failure in resin cements
17	14.6488	Cohesive failure in resin cements
18	13.6713	Cohesive failure in resin cements
19	6.3188	Cohesive failure in resin cements
20	13.3882	Cohesive failure in resin cements
21	17.8168	Adhesive failure in tooth
22	13.2387	Adhesive failure in tooth
23	8.1374	Adhesive failure in tooth
24	14.2679	Adhesive failure in tooth
25	17.1144	Cohesive failure in resin cements

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดดึง (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
26	9.6845	Cohesive failure in resin cements
27	6.4031	Adhesive failure in tooth
28	8.4779	Adhesive failure in tooth
29	16.9923	Adhesive failure in tooth
30	14.4100	Adhesive failure in tooth
31	9.8715	Adhesive failure in tooth
32	9.0555	Adhesive failure in tooth
33	15.2508	Adhesive failure in tooth
34	0.0000	Adhesive failure in tooth

ข้อมูลดิบแสดงค่ากำลังแรงยึดติดของชิ้นงานและแสดงลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น  
ในกลุ่มพานาเวียเอฟทู

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดติด (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
1	9.7059	Cohesive failure in resin cements
2	8.8738	Cohesive failure in resin cements
3	7.7308	Cohesive failure in resin cements
4	13.0086	Cohesive failure in resin cements
5	5.9542	Cohesive failure in resin cements
6	8.8082	Cohesive failure in resin cements
7	8.4194	Adhesive failure in tooth
8	9.1170	Adhesive failure in tooth
9	5.8819	Cohesive failure in resin cements
10	7.4819	Cohesive failure in resin cements
11	5.2943	Cohesive failure in resin cements
12	7.5685	Adhesive failure in tooth
13	8.9524	Adhesive failure in tooth
14	5.3924	Cohesive failure in resin cements
15	7.5537	Cohesive failure in resin cements
16	7.8229	Cohesive failure in resin cements
17	2.9363	Cohesive failure in resin cements
18	13.3976	Cohesive failure in resin cements
19	6.4680	Cohesive failure in resin cements
20	7.4381	Adhesive failure in tooth
21	8.4720	Adhesive failure in tooth
22	12.7124	Adhesive failure in tooth
23	7.4419	Adhesive failure in tooth
24	12.9593	Adhesive failure in tooth
25	9.7329	Adhesive failure in tooth

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดติด (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
26	8.9379	Adhesive failure in tooth
27	8.2642	Adhesive failure in tooth
28	6.0213	Adhesive failure in tooth
29	13.8473	Cohesive failure in resin cements
30	7.6475	Adhesive failure in tooth
31	9.8147	Mix failure
32	8.6517	Cohesive failure in resin cements
33	13.7783	Mix failure
34	0.0000	Loss
35	0.0000	Loss
36	0.0000	Loss
37	0.0000	Loss
38	0.0000	Loss
39	0.0000	Loss
40	0.0000	Loss
41	0.0000	Loss
42	0.0000	Loss
43	0.0000	Loss
44	0.0000	Loss

ข้อมูลดิบแสดงค่ากำลังแรงยึดติดของชิ้นงานและแสดงลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น  
ในกลุ่มแอตตีซีฟเอ็กไซท์ดีเอชซีร่วมกับรีล่ายเอ็กซียูนิเซม

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดติด (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
1	23.1766	Cohesive failure in resin cements
2	17.0589	Cohesive failure in resin cements
3	7.1120	Cohesive failure in resin cements
4	12.6460	Cohesive failure in resin cements
5	13.2095	Cohesive failure in resin cements
6	5.8501	Cohesive failure in resin cements
7	12.1370	Cohesive failure in resin cements
8	38.5776	Mix failure
9	10.2823	Cohesive failure in resin cements
10	28.0994	Cohesive failure in resin cements
11	6.9921	Cohesive failure in resin cements
12	11.6833	Cohesive failure in resin cements
13	11.5220	Cohesive failure in resin cements
14	12.0655	Cohesive failure in resin cements
15	15.7954	Cohesive failure in resin cements
16	16.4165	Cohesive failure in resin cements
17	13.5034	Cohesive failure in resin cements
18	15.0133	Cohesive failure in resin cements
19	17.7290	Cohesive failure in resin cements
20	15.0392	Cohesive failure in resin cements
21	17.8635	Cohesive failure in resin cements
22	17.9794	Adhesive failure in tooth
23	0.0000	loss
24	7.3429	Adhesive failure in tooth
25	9.6859	Cohesive failure in resin cements

ชิ้นตัวอย่างที่	ค่ากำลังแรงยึดดึง (MPa)	ลักษณะความล้มเหลว
26	0.0000	loss
27	9.2682	Cohesive failure in resin cements
28	13.2420	Cohesive failure in resin cements
29	14.7430	Cohesive failure in resin cements
30	8.8751	Cohesive failure in resin cements

ตารางแสดงผลของการล้มเหลวในลักษณะต่างๆ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

Resin cements	Cohesive failure-tooth	Cohesive failure-composite	Adhesive failure-tooth	Cohesive failure-cements	Adhesive failure-composite	Mixed failure
Superbond						
C&B			38%	59%		3%
Panavia F			43%	50%		7%
Excite-RelyX			7%	90%		3%

ผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธีทูกีย์ ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ระบบ กับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ระยะเวลา 3 นาที

microtensile microtensile strength

Tukey HSD

(I) Group	(J) Group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Superbond C&B	-Panavia F	4.75246750*	1.21461971	.000
	-Excite DSC-Rely X	-2.17585300	1.33244325	.236
Panavia F	-Superbond C&B	-4.75246750*	1.21461971	.000
	-Excite DSC-Rely X	-6.92832050*	1.25946967	.000
Excite DSC-RelyX	-Superbond C&B	2.17585300	1.33244325	.236
	-Panavia F	6.92832050*	1.25946967	.000

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



ตารางแสดงส่วนประกอบและเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย

Product name (Manufacturer)	Components	Bonding procedures
Type of system Mode of polymerization		
<b>Super-Bond C&amp;B</b> (Sun Medical Co. Ltd, Shiga, Japan) -Total etch system - Self-curing unfilled luting resin cement with separate enamel and dentin etching protocols	<b>Green activator</b> :10% Citric acid, 3% ferric chloride, polyvinyl alcohol, water <b>Monomer</b> : Methy methacrylate, 4-META <b>Polymer L-type radio-paque</b> : Polymethyl methacrylate <b>Catalyst S</b> :Partially oxidized tri- <i>N</i> -butyl borane, acetone	-Etch dentin with green activator for 10 s, rinse and air dry gently. -Prewet dentin with 4META/MMA-TBB. -Mix liquid and power with brush-on technique. Apply to dentin surface.
<b>Panavia F2.0</b> (Kuraray Medical Inc., Osaka,Japan) -Two-step self-etching luting resin - Dual cure, filled resin cement	<b>Primer A</b> : HEMA, 10-MDP, 5-NMSA, water, accelerator <b>Primer B</b> : 5-NMSA, accelerator, water, sodium benzene sulfinate <b>Paste A</b> : 10-MDP, hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophilic dimethacrylate, silanated silica, photoinitiator, dibenzoyl peroxide <b>Paste B</b> : hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate, hydrophilic dimethacrylate, sodium aromatic sulfinate, accelerator, sodium fluoride, silanated barium glass	-Mix equal amounts of ED primer 2.0 liquids A and B. -Apply the mix on the bonding substrate with a brush and leave it undisturbed for 30 s. -Dry with a gentle air flow. -Mix equal amounts of base and catalyst for 20 s, apply the cement onto the primed substrate. -Let the cement autocure for 3 min. Apply Oxiguard 2.0 along exposed margins. Light cure for 20 s from each side.

Product name (Manufacturer)	Components	Bonding procedures
Type of system		
Mode of polymerization		
<b>RelyX Unicem</b> (3M ESPE AG Seefeld, Germany) -One-step self-etching luting resin - Dual cure, filled resin cement	<b>Two-paste system in Clicker™ dispenser</b> :Bis-GMA, TEDGMA, dimethacrylate polymer, zirconia filler, silica	-Mix equal amounts of base and catalyst for 20 s. Apply the cement onto the surface. -Let the cement autocure for 3 min. Light cure for 20 s from each side.
<b>Excite DSC</b> (Ivoclar Vivadent Inc., New York, USA) -Dual-cure, fluoride releasing adhesive -Used in combination with the total-etch technique	HEMA, dimethacrylate, phosphonic acid acrylate, Highly dispersed silicone dioxide, initiators stabilizers and potassium in alcohol solution.	-Apply phosphoric gel to the prepared dentin for 10-15 s. -Remove all etchant gel with water spray for at least 5 s. -Excess moisture should be removed leaving the dentin surface with glossy wet appearance (wet bonding). -Apply Excite DSC to dentin and agitate the adhesive on the prepared surfaces for at least 10 s.

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

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

เรืออากาศเอกหญิงอรุณรัตน์ มุจจินทวิมูติ เกิดวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2524 ที่แขวงวัฒนา เขตคลองเตยเหนือ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2548 หลังจากนั้นได้บรรจุเข้ารับราชการ ณ กรมแพทย์ทหารอากาศ กองทัพอากาศ โดยได้รับพระราชทานยศเรืออากาศตรี และได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งทันตแพทย์ แผนกทันตกรรม กองแพทย์ โรงพยาบาลกองบิน 1 อ.เมือง จังหวัดนครราชสีมา จนถึงปัจจุบัน ขณะนี้ได้รับอนุมัติให้ลาศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ ณ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร