

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมี

นางสาวพรรณนิภา คำทอง



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Shear bond strength of resin cements to human dentin under self-curing mode.

Miss Pannipa Khumtong



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้

ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมี

โดย

นางสาวพรรณนิภา คำทอง

สาขาวิชา

ทันตกรรมหัตถการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีนุชย์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุจิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ปิยาณี พาณิชยวิสัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีนุชย์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. วรณธนะ สัตตบรรณสุข)

5675815532 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS: RESIN CEMENT / SHEAR BOND STRENGTH / SELF-CURING MODE

PANNIPA KHUMTONG: Shear bond strength of resin cements to human dentin under self-curing mode.. ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. CHAIWAT MANEENUT, 95 pp.

Objective: To assess the bond strength of dual-cured resin cement to human dentin under chemical curing mode and compare it with chemical-cured resin cement.

Methods: The shear bond strength of three resin cements including two chemical-cured resin cements (Super Bond C&B[®], Sun Medical Co.,Ltd : SB and C&B[™] CEMENT, Bisco : CB), and one dual-cured resin cement (NX3 Nexus[®], Kerr : NX) were measured using a ISO 11405 protocol. All resin cements were used according to the manufacturers' instructions to bonded with the dentin of premolar tooth by using a stainless steel cylinder mold and polymerized under chemical curing mode. Shear bond strength was measured after bonding for 1 hr and 24 hrs in each resin cement group.

Results: Super Bond C&B[®] exhibited highest bond strength both 1 hr and 24 hrs groups (19.22 ± 2.84 MPa, 34.04 ± 5.17 MPa) and the lowest shear bond strength was C&B[™] CEMENT both of 1 hr and 24 hrs (5.15 ± 1.12 MPa, 10.49 ± 2.81 MPa) ($p < 0.05$). All resin cements, the bond strength of 24 hrs group were significantly higher than 1 hr group.

Conclusions: Resin cements with different chemical formulations yield significantly different bond strengths to human dentin. The chemical-cured acrylic resin cement showed highest bond strength and should therefore be preferred in clinical situations where the light could not transmit through the restoration. Time after bonding increased the bonding performance of all resin cements.

Department: Operative Dentistry Student's Signature

Field of Study: Operative Dentistry Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีนุษย์ อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนลุล่วง
อาจารย์ ดร. นัท กุลวานิช ที่ให้คำแนะนำทางสถิติ และอาจารย์สาขาทันตกรรมหัตถการ
ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้การ
อบรมสั่งสอน มอบความรู้ และคำแนะนำในการศึกษา

ขอขอบคุณบุคลากรประจำศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือใน
การทำวิจัย และเชื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าของคลินิกเอกชนและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่เอื้อเพื่อความ
สะดวกในการเก็บฟันตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ทุกคนในครอบครัว และผู้มีส่วน
เกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญรูปภาพ	2
บทที่ 1.....	6
บทนำ.....	6
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	6
วัตถุประสงค์การวิจัย	8
ขอบเขตการวิจัย.....	8
ข้อตกลงเบื้องต้น	8
ข้อจำกัดในการวิจัย	9
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	9
สมมติฐานของการวิจัย	9
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
วิธีดำเนินการวิจัย	10
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย	10
บทที่ 2.....	11
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
แนวคิดและทฤษฎี.....	11
1. เรซินซีเมนต์ (resin cement)	11

2.	การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโครงสร้างของฟัน.....	17
3.	การทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน.....	21
4.	การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน.....	22
5.	ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน.....	23
บทที่ 3.....		26
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
	ประชากร.....	26
	วิธีการวิจัย.....	28
บทที่ 4.....		40
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
	ค่าแรงยึดเหนี่ยว.....	40
	ผลของลักษณะการแตกที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์.....	42
	ผลการประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์.....	49
บทที่ 5.....		61
	บทวิจารณ์การวิจัย.....	61
บทที่ 6.....		68
	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	68
	สรุปผลการวิจัย.....	68
	รายการอ้างอิง.....	69
	ภาคผนวก (appendix).....	75
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	95

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ 4 ชนิดในการยึดเรซิน	18
ตารางที่ 2	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงของการยึดติด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (64) ..	20
ตารางที่ 3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นของเรซินคอมโพสิตและความเค้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟัน(83)	25
ตารางที่ 4	แสดงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการการแข็งตัวทางเคมีที่ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	26
ตารางที่ 5	แสดงการแทนค่าสำหรับคำนวณหากกลุ่มตัวอย่าง	27
ตารางที่ 6	แสดงรายละเอียดเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัย (จากบริษัทผู้ผลิต).....	28
ตารางที่ 7	แสดงรายละเอียดสารยึดติดที่ใช้ในการวิจัย (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต)	30
ตารางที่ 8	แสดงรายละเอียดการปรับสภาพผิวฟัน (จากบริษัทผู้ผลิต)	30
ตารางที่ 9	แสดงค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนี่ยว (เมกะปาสคาล) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	40
ตารางที่ 10	แสดงค่าความถี่ของลักษณะการแตกที่เกิดขึ้น	42

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1	แสดงค่าความแข็งแรงผิวของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด (21)	19
รูปที่ 2	แสดงการทดสอบแรงยึดเคียน(72)	22
รูปที่ 3	แสดงค่ากำลังแรงยึดเคียนในการเก็บฟันวิธีต่างๆ(76).....	23
รูปที่ 4	แสดงแรงยึดเคียนระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมี ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง	26
รูปที่ 5	แสดงซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา.....	29
รูปที่ 6	แสดงการตัดฟัน.....	32
รูปที่ 7	แสดงการฝังฟันในแม่แบบ.....	33
รูปที่ 8	แสดงการแบ่งกลุ่มทดลอง	34
รูปที่ 9	แสดงแท่นยึด.....	35
รูปที่ 10	แสดงการยึดชิ้นงานและแม่แบบเข้ากับแท่นยึด.....	35
รูปที่ 11	แสดงการยึดเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน.....	37
รูปที่ 12	แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)	43
รูปที่ 13	แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือ ในเนื้อฟัน (mixed fracture)	43
รูปที่ 14	แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซิน ซีเมนต์ (adhesive fracture)	44

- รูปที่ 33** แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า 58
- รูปที่ 34** แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า 59
- รูปที่ 35** แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า 60



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟันที่มีการสูญเสียโครงสร้างของฟันไปเป็นจำนวนมากทั้งจากการผุ รอยสึกขนาดใหญ่ หรือการรักษาคลองรากฟัน จะมีความแข็งแรงลดลง(1, 2) และเสี่ยงต่อการแตกหักได้สูง การบูรณะฟันด้วยวิธีการบูรณะโดยตรง (direct restoration) อาจไม่สามารถทำให้ฟันนั้นแข็งแรงเพียงพอที่จะใช้งาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการบูรณะด้วยวิธีการบูรณะฟันโดยอ้อม (indirect restoration) เพื่อความแข็งแรงและทำให้ฟันสามารถต้านทานการแตกหักจากแรงบดเคี้ยวได้

วัสดุบูรณะฟันโดยอ้อมมีหลายประเภท เช่น เรซินคอมโพสิต (resin composite) เซรามิก (ceramic) โลหะ (metal) และโลหะเคลือบด้วยพอร์ซเลน (porcelain fused to metal)(3) ความสำเร็จของการยึดอยู่กับฟันของวัสดุบูรณะเหล่านี้จะมีปัจจัยต่างๆ มาเกี่ยวข้อง ได้แก่ ลักษณะของฟันที่จะบูรณะ เช่น ความสูงของฟันและการกรอแต่งฟัน(4, 5) รวมทั้งการเลือกใช้ซีเมนต์เพื่อยึดชิ้นงานเนื่องจากชิ้นงานนั้นไม่สามารถยึดอยู่กับฟันได้โดยตรง การเลือกใช้ซีเมนต์ที่เหมาะสมกับวัสดุบูรณะจะช่วยให้การบูรณะฟันชิ้นนั้นประสบความสำเร็จ(5, 6)

ในอดีต ซีเมนต์ที่ใช้ยึดวัสดุบูรณะโดยอ้อมมีเพียง ซิงก์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement) โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (polycarboxylate cement) และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (glass ionomer cement) ทำให้การเลือกใช้ซีเมนต์ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ในปัจจุบัน มีการผลิตเรซินซีเมนต์ (resin cement) ที่มีส่วนประกอบของเมทิลเมทาไครเลตออกมาจำหน่าย ซีเมนต์ชนิดนี้ถูกพัฒนาให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น เช่น สามารถยึดกับวัสดุบูรณะด้วยพันธะทางเคมี มีความต้านทานต่อแรงกด (compressive strength) และ แรงดึง (tensile strength) มากขึ้น มีการละลายตัวที่น้อยลงซึ่งทำให้มีความแนบตามขอบของวัสดุบูรณะมากขึ้น และให้ความสวยงามภายหลังจากการบูรณะเนื่องจากมีหลายสีให้เลือกใช้ จากการพัฒนาคุณสมบัติต่างๆ เหล่านี้ ทำให้เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก(7) เรซินซีเมนต์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาดมีหลายประเภทด้วยกัน หากจำแนกประเภทตามปฏิกิริยาการแข็งตัวจะสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท คือ ประเภทที่แข็งตัวด้วยแสง (light-cured) ประเภทที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (self-cured) และ ประเภทที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี (dual-cured)(8) ซีเมนต์ในแต่ละประเภทก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป(9, 10) ซึ่งจะก่อให้เกิดความยุ่งยากมากขึ้นในการเลือกใช้

การเลือกใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดวัสดุบูรณะโดยอ้อมให้ประสบความสำเร็จควรเลือกให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุบูรณะ ถ้าเป็นวัสดุบูรณะที่แสงสามารถส่องผ่านได้ เช่น เซรามิก หรือ เรซินคอมโพสิตชนิดที่ผ่านการบ่มตัวอย่างสมบูรณ์แล้วจากห้องปฏิบัติการ (indirect resin composite) ก็จะใช้เรซินซีเมนต์ประเภทที่แข็งตัวด้วยแสงหรือประเภทที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี สำหรับวัสดุบูรณะโลหะที่แสงไม่สามารถส่องผ่านไปถึงซีเมนต์ได้ก็จะใช้เรซินซีเมนต์ประเภทที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี เพราะหากเลือกใช้เรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยแสงหรือประเภทที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี อาจจะทำให้ซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวที่ไม่สมบูรณ์และส่งผลต่อการยึดติดของวัสดุบูรณะกับฟัน(11, 12) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน ผู้ผลิตเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีหลายผลิตภัณฑ์ ได้นำเสนอให้ใช้ซีเมนต์ชนิดนี้ในการยึดวัสดุบูรณะที่เป็นโลหะ(13-15)

มีงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบอัตราการบ่มตัว (degree of conversion) ของเรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีในสถานะที่มีแสงและไม่มีแสงแล้วพบว่า เมื่อไม่มีการกระตุ้นปฏิกิริยาจากแสง ซีเมนต์จะมีอัตราการบ่มตัวที่ช้ากว่าและน้อยกว่าเมื่อทำการกระตุ้นปฏิกิริยาจากแสงร่วมด้วย(16-19) เรซินซีเมนต์ที่มีอัตราการบ่มตัวที่ต่างกันจะส่งผลทำให้คุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์นั้นๆ แตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลของโพลิเมอร์จะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและคุณภาพของโครงข่ายโพลิเมอร์ในขณะการเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน(20) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบความแข็งผิวชนิดนูป (Knoop hardness) ของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดที่ถูกกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวด้วยวิธีที่ต่างกันพบว่า ในสถานะที่ไม่ใช้แสงในการกระตุ้นปฏิกิริยา เรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะมีค่าความแข็งผิวที่สูงกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี และถ้าหากมีการใช้แสงกระตุ้นร่วมด้วย เรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีจะมีค่าความแข็งที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้แสงในการกระตุ้นปฏิกิริยา (11, 21) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมาเช่นกัน(22-25)

จากงานวิจัยในอดีตที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่า เรซินซีเมนต์ชนิดที่มีการแข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีในสถานะที่ไม่ใช้แสงในการกระตุ้นปฏิกิริยาจะมีอัตราการบ่มตัวและคุณสมบัติเชิงกลที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แสงร่วมด้วย(16-19) ซึ่งถ้าหากนำมาใช้ในการยึดวัสดุบูรณะโดยอ้อมที่เป็นโลหะซึ่งแสงไม่สามารถส่องถึงซีเมนต์ อาจส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานภายหลังได้ ประกอบกับงานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมาเป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและอัตราการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์เท่านั้น(11, 16-19, 21-25) ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ทำการศึกษา

เปรียบเทียบความแข็งแรงของการยึดของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ กับฟัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาในเรื่องดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงเฉือนของการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีและเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยแสง ร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีที่มีต่อเนื้อฟัน ซึ่งเป็นส่วนของโครงสร้างฟันส่วนใหญ่ที่ยึดติดกับซีเมนต์ในการบูรณะฟันแบบโดยอ้อม โดยให้การแข็งตัวของซีเมนต์ทั้งสองประเภทอยู่ภายใต้ปฏิกิริยาเคมีเท่านั้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเรซินซีเมนต์ในแง่ของความแข็งแรงของการยึดติด ภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบความแข็งแรงของการยึดติดของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ต่อเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิกิริยาการแข็งตัวทางเคมี โดยทดสอบกับฟันกรามน้อยแท้ที่ถูกลอนเพื่อการจัดฟัน ด้วยการทดสอบค่าแรงยึดเฉือน โดยจะทำการทดสอบที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากยึดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟัน และเก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ทันตแพทย์ผู้ทำการทดลองในงานวิจัยนี้ ได้รับการฝึกฝนจนมีความชำนาญในการเตรียมชิ้นตัวอย่าง การทดลองตามขั้นตอนและการใช้เครื่องมือต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และเป็นบุคคลเดียวกันตลอดการวิจัย
2. การวัดค่าแรงยึดเฉือนจะทำตามวิธีการของไอเอสโอ 11405 ด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัดระบบไฮดรอลิก โดยใช้หัวทดสอบที่มีลักษณะคล้ายลิ้ว
3. ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองถูกออกแบบให้มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมกับวิธีการวัดผล คือ มีผิวหน้าที่แบนเรียบ
4. การเลือกซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย จะเลือกเฉพาะซีเมนต์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยเท่านั้น

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการซึ่งจะมีข้อจำกัดที่ทำให้มีความแตกต่างจากการทำงานจริงในคลินิกอยู่บ้าง เช่น ลักษณะพื้นผิวของการยึดติด ความหนาของซีเมนต์ แรงกดขณะยึดติด และแรงจากการบิดเคี้ยวภายหลังจากการยึดขึ้นงาน เป็นต้น ดังนั้น จึงไม่สามารถนำผลวิจัยในห้องปฏิบัติการมาสรุปเป็นแรงยึดเคี้ยวของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันในสภาวะไม่มีแสงภายใต้การทำงานในช่องปากได้ อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซีเมนต์ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดกับวัสดุบูรณะได้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Resin cement : เรซินซีเมนต์

Shear bond strength : แรงยึดเคี้ยว

Self-curing mode : ปฏิกริยาการแข็งตัวทางเคมี

สมมุติฐานของการวิจัย

1. เรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกริยาทางเคมี จะมีแรงยึดเคี้ยวต่อเนื้อฟันที่ไม่แตกต่างกัน
2. เรซินซีเมนต์แต่ละชนิดภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกริยาทางเคมีที่ระยะเวลาต่างกัน จะมีแรงยึดเคี้ยวต่อเนื้อฟันที่ไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับแรงยึดเคี้ยวของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ภายใต้สภาวะไม่มีแสง
2. เป็นแนวทางในการเลือกใช้เรซินซีเมนต์เพื่อยึดวัสดุบูรณะที่แสงไม่สามารถส่องผ่านได้
3. เป็นแนวทางในการให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยในการใช้งานฟันที่ได้รับการบูรณะภายหลังจากยึดวัสดุบูรณะด้วยเรซินซีเมนต์ไปแล้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ
2. เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเคื่อนระหว่างเรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์ต่อเนื้อฟันภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมี โดยจะทำการวัดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากยึดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟัน

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย
 - 1.1 ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม มีนาคม 2557 – มิถุนายน 2557
 - 1.2 วางแผนและออกแบบงานวิจัย มิถุนายน 2557 – กันยายน 2557
 - 1.3 การศึกษาวิจัยนำร่อง กันยายน 2557 – ธันวาคม 2557
 - 1.4 การจัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์ มกราคม 2558 – มีนาคม 2558
 - 1.5 การนำเสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์ เมษายน 2558
2. ดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวม พฤษภาคม 2558 – เมษายน 2559
3. วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล พฤษภาคม 2559
4. รายงานผล
 - 4.1 การจัดทำรายงาน มิถุนายน 2559 – สิงหาคม 2559
 - 4.2 การนำเสนอผลการวิจัย กรกฎาคม 2559

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาผลของชนิดและระยะเวลาในการแข็งตัวของเรซินซีเมนต์ที่มีต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวกับเนื้อฟัน โดยเรซินซีเมนต์จะมีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเท่านั้น ดังนั้น การทบทวนวรรณกรรมจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับ เรซินซีเมนต์ การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโครงสร้างของฟัน การทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน และปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน

1. เรซินซีเมนต์ (resin cement)

เรซินซีเมนต์เป็นเรซินคอมโพสิตชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) เช่น บิสจีเอ็มเอ (Bis-GMA) หรือยูรีเทนไดเมทาครีเลท (urethane dimethacrylate) และสารเติมอินทรีย์ (inorganic filler) โดยมีสารไซเลน (silane) เป็นตัวเชื่อม แต่เรซินซีเมนต์จะมีสารเติมในปริมาณที่น้อยกว่า ส่งผลให้มีความเหนียวน้อยกว่าเรซินคอมโพสิตที่ใช้เป็นวัสดุบูรณะฟัน(26)

ในปัจจุบัน เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถยึดติดกับโครงสร้างของฟันและวัสดุบูรณะได้(27) โดยจะมีค่าความทนแรงดึงและค่าความทนแรงอัดที่สูง มีการละลายตัวต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์ชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) และความแข็งแรงที่สูงเช่นกัน(28) แต่การใช้งานเรซินซีเมนต์จะมีความยุ่งยาก ประกอบกับต้องมีความระมัดระวังทั้งในขั้นตอนการใช้ซีเมนต์เพื่อยึดติดวัสดุบูรณะและในระหว่างการทำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ซึ่งจะกำจัดได้ยากขึ้นหากซีเมนต์เกิดการบ่มตัวแล้ว(29) โดยคุณสมบัติทางกลและทางชีวภาพของเรซินซีเมนต์ผลิตภัณฑ์ต่างๆจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของโพลิเมอร์ รวมทั้งประสิทธิภาพของการบ่มตัว ซีเมนต์ชนิดนี้อาจเกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันและอาจมีผลตามมาคือเกิดอาการเสียวฟันและเกิดการรั่วซึมตามขอบของวัสดุบูรณะ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้สามารถลดการหดตัวของซีเมนต์จากปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชันได้โดยการใช้ซีเมนต์ให้ถูกต้องในทุกขั้นตอนและควรให้ซีเมนต์นั้นมีความหนาน้อยที่สุด(30)

ประเภทของเรซินซีเมนต์

การจำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์สามารถจำแนกได้หลายลักษณะคือ จำแนกตามองค์ประกอบของซีเมนต์ ตามลักษณะการแข็งตัว และตามวิธีการเตรียมพื้นผิวก่อนการบูรณะ(31)

1. การจำแนกประเภทตามองค์ประกอบของซีเมนต์

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ อะคริลิกเรซินซีเมนต์ (acrylic resin cement) อะคริลิกเรซินซีเมนต์แบบดัดแปลง (modified acrylic resin cement) และไดเมทาครีเลทซีเมนต์ (dimethacrylate cement)

1.1 อะคริลิกเรซินซีเมนต์

จะมีส่วนประกอบที่เป็นส่วนผงและส่วนเหลว โดยในส่วนผงจะประกอบด้วยเมธิลเมทาครีเลท โพลีเมอร์ (methyl methacrylate polymer) เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยา (initiator) และอาจมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สารเติม (mineral filler) และเม็ดสี (color pigment) ในส่วนเหลวจะประกอบด้วยเมธิลเมทาครีเลทโมโนเมอร์ (methyl methacrylate monomer) ที่มีเอมีนเป็นสารเร่งปฏิกิริยา (accelerator) เมื่อผสมส่วนผงและส่วนเหลวเข้าด้วยกัน โมโนเมอร์จะทำให้อนุภาคของโพลีเมอร์ในส่วนผงละลายตัว และเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันจากปฏิกิริยาระหว่างเปอร์ออกไซด์และเอมีน ซึ่งซีเมนต์ที่บ่มตัวแล้วจะประกอบด้วยโพลีเมอร์ชนิดใหม่ที่มีการเชื่อมอยู่กับโพลีเมอร์ที่ไม่ถูกละลาย

ซีเมนต์ชนิดนี้จะยึดติดกับโครงสร้างของฟันที่มีความชื้นได้ไม่ค่อยดี อาจจะทำให้เกิดการรั่วซึมตามขอบของวัสดุบูรณะได้ นอกจากนี้ ยังมีเวลาในการทำงาน (working time) ที่สั้น อาจระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟัน และการกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินนั้นจะทำได้ยาก อย่างไรก็ตาม ซีเมนต์ชนิดนี้ก็มีข้อดีคือ มีความแข็งแรงและความเหนียวที่สูง รวมทั้งมีการละลายตัวต่ำ(31)

1.2 อะคริลิกเรซินซีเมนต์แบบดัดแปลง

เป็นอะคริลิกเรซินซีเมนต์ที่มีการดัดแปลงโดยจะมีการเติมสารส่งเสริมต่อการยึดติด (adhesive promoter) เช่น โพรเมทาครีโลไซเอธิล ไตรเมลลิเทต แอนไฮไดรด์ (4-methacryloxyethyl-trimellitate anhydride) หรือโพร-เมตา (4-META) ลงไปในเมธิลเมทาครีเลทโมโนเมอร์ นอกจากนี้ยังมีการเติมไตรเอินบิวทิลบอเรน (tri-n-butyl-borane) หรือทีบีบี (TBB) เพื่อเป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยาไปด้วย ซึ่งทีบีบีจะเป็นสารที่ช่วยให้เกิดการยึดติดทางเคมีกับเนื้อฟัน ซีเมนต์ชนิดนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อยึดวัสดุบูรณะโดยอ้อมที่เป็นโลหะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะผสมพื้นฐาน (base metal) ตัวอย่างของซีเมนต์ประเภทนี้ ได้แก่ Super-Bond C&B ของบริษัท Sun medical หรือ Amalgambond ของบริษัท Parkell ซึ่งใช้ยึดอะมัลกัมกับเนื้อฟันหรือเรซินคอมโพสิต

ซีเมนต์ในกลุ่มนี้มีความแข็งแรงของการยึดติด (bond strength) ที่สูงกับโลหะที่ถูกออกซิไดซ์ (oxidize) ถูกกรดกัด หรือถูกเคลือบด้วยซิลิกา แต่เนื่องจากมีปริมาณสารเติมที่น้อย (น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์) ทำให้คุณสมบัติเชิงกลไม่แตกต่างจากอะคริลิกเรซิน โดยจะมีความแข็งแรงในระดับปานกลางและมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้แรงกดที่สูง นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการใช้งานที่ยุ่งยากเช่นกัน(31)

1.3 ไดมธาคริลเลทซีเมนต์

ซีเมนต์นี้มักจะประกอบด้วยบิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA) ร่วมกับอะโรมาติกไดเมธาคริลเลท (aromatic dimethacrylate) และโมโนเมอร์ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารเติม โดยจะมีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกับเรซินคอมโพสิตที่เป็นวัสดุบูรณะฟัน และมักจะใช้ในการยึดครอบฟันพอร์ซเลน อินเลย์ วีเนียร์ และวัสดุบูรณะโดยอ้อมที่ทำมาจากเรซิน

ซีเมนต์ชนิดนี้จะมีทั้งในรูปแบบของส่วนผงและส่วนเหลว หรือเป็นสารป้าย (paste) สองหลอด ถ้าหากเป็นรูปแบบของส่วนผงและส่วนเหลว ส่วนผงจะประกอบด้วยบอโรซิลิเกต (borosilicate) หรือแก้วซิลิกา (silica glass) ร่วมกับผงของโพลีเมอร์และเปอร์ออกไซด์ที่ทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยา ส่วนเหลวจะประกอบไปด้วยบิส-จีเอ็มเอ และไดเมธาคริลเลทโมโนเมอร์ที่มีเอมีนทำหน้าที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน บางผลิตภัณฑ์จะมีการใส่โมโนเมอร์ที่มีกลุ่มของแอดฮีซีฟ (adhesive group) เช่น ฟอสเฟตและคาร์บอกซิล (carboxyl) ร่วมด้วย ซีเมนต์ที่มีรูปแบบเป็นสารป้ายจะมีส่วนประกอบทั้งหมดเหมือนกับรูปแบบที่เป็นส่วนผงและส่วนเหลว แต่จะมีการรวมโมโนเมอร์และสารเติมเข้าไว้ด้วยกัน โดยปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันจะทำให้เกิดโครงข่าย (cross-linked) ของโพลีเมอร์ ซึ่งคุณสมบัติเชิงกลของซีเมนต์ชนิดนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเติม ซึ่งมีตั้งแต่ 20–80 เปอร์เซ็นต์ โดยซีเมนต์ที่บ่มตัวแล้วจะมีค่าความทนแรงอัดประมาณ 100–200 เมกะปาสกาล และมีค่าความต้านทานแบบไดอะเมตริคัลเทนชัน (diametral tensile strength) 20–50 เมกะปาสกาล ซึ่งถือได้ว่ามีความแข็งแรงสูง มีการละลายตัวต่ำ และมีการยึดติดกับเคลือบฟัน เนื้อฟัน โลหะผสม และเซรามิกได้เป็นอย่างดี(31)

2. การจำแนกประเภทตามชนิดของปฏิกิริยาการแข็งตัว

ไอเอสโอ (International Organization for Standardization: ISO) หมายเลข 4049 ในปี 2009 ได้จำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์ตามชนิดของปฏิกิริยาการแข็งตัวได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เรซินซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (chemical-cured) เรซินซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยแสง (light-cured) และเรซินซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาสองชนิด (dual-cured)(32)

2.1 เรซินซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี

ซีเมนต์ชนิดนี้จะแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งหมายความว่าต้องผสมส่วนผสมอย่างน้อยสองชนิดเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จะมีทั้งในรูปแบบของส่วนผงและส่วนเหลว หรือเป็นสารป้ายสองหลอด โดยปฏิกิริยาเคมีจะเริ่มตั้งแต่ผสมส่วนประกอบสองส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งจะมีเอมีนตติยภูมิ (tertiary amine) เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน และจะมีการแข็งตัวโดยทั่วทั้งหมดแม้กระทั่งในบริเวณที่อยู่ลึกที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้ ซีเมนต์ชนิดนี้จะเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวที่รวดเร็วซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการใช้งาน ซึ่งจะเหมาะกับการบูรณะที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่น ใช้ยึดวัสดุบูรณะที่เป็นโลหะ หรือเซรามิกที่มีความหนาแน่นมากทำให้แสงไม่สามารถผ่านลงไปได้เพียงพอ ซีเมนต์ชนิดนี้จะไม่มีสีให้เลือกมากนัก ประกอบกับไม่ค่อยมีความโปร่งแสง จึงไม่ค่อยเหมาะกับการยึดวัสดุบูรณะที่ต้องการความสวยงาม(8, 33) ตัวอย่างได้แก่ Panavia™ 21 (Kuraray Dental), C&B™ Cement (BISCO, Inc.) และ Super Bond C&B® (Sun Medical Co.,Ltd.)

2.2 เรซินซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวด้วยแสง

ปฏิกิริยาการแข็งตัวของซีเมนต์ชนิดนี้จะเริ่มเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงเท่านั้น ดังนั้นแสงควรส่องได้อย่างทั่วถึงเพื่อให้ซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวได้อย่างสมบูรณ์ โดยจะเกิดการโพลิเมอร์ไรเซชันที่อาศัยอนุมูลอิสระ (free radical polymerization) โดยมีแคมโฟควิโนน (camphorquinone) เป็นตัวดูดแสง (light absorber) หรือสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา เมื่อแคมโฟควิโนนถูกกระตุ้นด้วยแสงจะรวมกับโมเลกุลของอะลิฟาติกเอมีน (aliphatic amines) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดอนุมูลอิสระตามมา โดยข้อดีของซีเมนต์ชนิดนี้คือ สามารถควบคุมปฏิกิริยาการแข็งตัวได้ ทำให้มีเวลาในการทำงานที่มากขึ้น และสามารถกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินได้ก่อนที่ซีเมนต์จะเกิดการบ่มตัว นอกจากนี้ยังมีสีที่คงตัวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ที่มีการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นจึงเหมาะกับการใช้ยึดวัสดุบูรณะที่ต้องการความสวยงาม เช่น เซรามิก แต่เซรามิกที่ใช้ควรจะมี ความหนาแน่นน้อยกว่า 2 มิลลิเมตรและโปร่งแสง เพื่อให้แสงสามารถส่องผ่านได้อย่างเพียงพอ(34) ถ้าหากมีการขัดขวางของแสงจะทำให้ปฏิกิริยาที่กระตุ้นด้วยแสงเกิดไม่สมบูรณ์(8, 19, 33, 35-37) ตัวอย่างซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ RelyX™ Veneer Cement (3M ESPE), Variolink® Veneer (Ivoclar Vivadent Inc.) และ Choice™ 2 Light-Cured Veneer Cement (BISCO, Inc.)

2.3 เรซินซีเมนต์ที่มีปฏิริยาการแข็งตัวด้วยปฏิริยาสองชนิด

ซีเมนต์ชนิดนี้จะมีการแข็งตัวทั้งจากปฏิริยาทางเคมีและจากการกระตุ้นด้วยแสง เพื่อให้ซีเมนต์ที่อยู่บริเวณที่แสงไม่สามารถเข้าถึงเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ โดยจะมีทั้งสารตั้งต้นของปฏิริยาทางเคมีคือ เอมีนตติยภูมิและมีสารตั้งต้นของปฏิริยาบ่มตัวด้วยแสงคือ แคมโฟควิโนน ซีเมนต์ชนิดนี้จะใช้ในการยึดเซรามิกที่มีความหนาหรือมีความทึบแสงมาก หรือการยึดวัสดุบูรณะที่ปราศจากโลหะ เป็นต้น(33, 38) และมีการศึกษาที่พบว่าซีเมนต์ชนิดนี้ยังคงต้องมีการกระตุ้นจากแสงเพื่อให้เกิดปฏิริยาได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ถึงแม้จะมีการแข็งตัวด้วยปฏิริยาทางเคมีก็ตาม(22) ตัวอย่างซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ NX3 Nexus[®] Third Generation (Kerr Corporation), RelyX[™] ARC Adhesive Resin Cement (3M ESPE) และ Variolink[®] II (Ivoclar Vivadent Inc.)

3. การจำแนกประเภทตามการยึดติดของซีเมนต์

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสารยึดติดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน ซึ่งมักจะใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์หลายประเภทดังที่ได้กล่าวข้างต้น จึงทำให้การจำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์สามารถแบ่งได้อีกรูปแบบหนึ่งคือ การจำแนกประเภทตามการยึดติดของซีเมนต์ โดยแบ่งออกเป็นเรซินซีเมนต์ที่ต้องใช้ร่วมกับสารยึดติดซึ่งอาจเป็นสารยึดติดระบบโททอลเอช (total-etch adhesive system) หรือสารยึดติดระบบเซลฟ์เอช (self-etch adhesive system) และเรซินซีเมนต์ซึ่งไม่ต้องใช้ร่วมกับสารยึดติด คือ เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self adhesive resin cements)

3.1 เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอช

จะมีการใช้กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ที่มีความเข้มข้น 30-40 เปอร์เซ็นต์ ในการปรับสภาพเนื้อฟันและเคลือบฟันเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์และเปิดท่อเนื้อฟัน จากนั้นหาสารยึดติดเพื่อให้เกิดการยึดติดกันระหว่างซีเมนต์กับโครงสร้างของฟัน เรซินซีเมนต์ชนิดนี้จะมีการยึดติดกับเคลือบฟันที่แข็งแรง ทำให้การรั่วซึมตามขอบลดลง(39) และแม้ว่าซีเมนต์ชนิดนี้จะมีการยึดติดของซีเมนต์กับเนื้อฟันที่แข็งแรงที่สุด แต่ก็ยังมีขั้นตอนการใช้งานที่ยุ่งยากมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในระหว่างขั้นตอนการใช้งาน ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการยึดติดได้มากอีกเช่นกัน(40) ตัวอย่างของซีเมนต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ RelyX ARC (3M ESPE), Variolink II (Ivoclar Vivadent Inc.), Choice 2 (BISCO, Inc.) และ Calibra[®] (DENTSPLY Caulk)

3.2 เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอช

ซีเมนต์ในระบบนี้จะใช้ร่วมกับสารยึดติดที่รวมกรดปรับสภาพฟันและสารไพรเมอร์เมอร์ (primer) เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งความแข็งแรงของการยึดจะมีค่าใกล้เคียงกับเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสาร

ยึดติดระบบโททอลเอช(41) แต่ยังมีการศึกษาที่พบว่าค่าความแข็งแรงต่อการยึดติดกับเคลือบฟันมีค่าน้อยกว่าการยึดด้วยระบบโททอลเอช(42) โดยซีเมนต์ชนิดนี้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีขั้นตอนการใช้งานที่ง่าย ซึ่งจะเป็นการลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจะระหว่างการใช้งาน อย่างไรก็ตามการใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทในการเลือกใช้ซีเมนต์และสารยึดติดที่สามารถเข้ากันได้นั้นยังเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน(43) ตัวอย่างของซีเมนต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ Panavia® F 2.0 (Kuraray Dental)

3.3 เซลฟ์แอตชีซีฟเรซินซีเมนต์

การใช้ซีเมนต์ชนิดนี้ไม่ต้องทำการเตรียมผิวฟันหรือแม้กระทั่งการใช้สารยึดติดก่อนการยึดขึ้นงานบูรณะด้วยซีเมนต์ ซึ่งการใช้งานจะเป็นขั้นตอนเดียว โดยในซีเมนต์จะประกอบไปด้วยกรดฟอสฟอริกที่ถูกผสมไว้กับเรซิน เมื่อเริ่มทำการผสมซีเมนต์ กรดฟอสฟอริกจะทำปฏิกิริยากับอนุภาคของสารเติม และเมื่อนำไปยึดกับฟัน กรดฟอสฟอริกจะไปทำปฏิกิริยากับเนื้อฟัน ซึ่งจะทำให้เกิดการยึดติด(44) การยึดติดกับเคลือบฟันจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้กรดปรับสภาพฟันร่วมกับการใช้สารยึดติดก่อนการใช้ซีเมนต์ โดยอาจใช้กรดปรับสภาพฟัน หรือกรดที่รวมกับสารไพโรเมออร์ปรับสภาพเคลือบฟันก่อน ซึ่งควรระวังไม่ให้สารปรับสภาพฟันสัมผัสกับเนื้อฟัน (selective enamel etching) เพราะจะทำให้การยึดติดนั้นลดลง(45) ซีเมนต์ชนิดนี้ในระยะแรกจะผลิมาเป็นลักษณะของแคปซูล ซึ่งก่อนการใช้ต้องทำการเข้าเครื่องปั่นให้ส่วนผสมนั้นเข้ากัน แต่ในระยะหลังจะมีในรูปแบบของสารป้ายสองหลอด(8) โดยในปัจจุบันได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีขั้นตอนในการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก ตัวอย่างของซีเมนต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ Rely X™ U100 (3M ESPE), Rely X™ Unicem (3M ESPE), Multilink® Sprint (Ivoclar Vivadent Inc.) และ MaxCem® Elite (Kerr, USA)

4. การจำแนกประเภทตามสารเติม

หากทำการจำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์ตามสารเติม จะสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ เรซินซีเมนต์ที่มีสารเติม (filled resin cement) และเรซินซีเมนต์ที่ไม่มีสารเติม (unfilled resin cement)

4.1 เรซินซีเมนต์ที่มีสารเติม

สารเติมที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคของแก้วหรือซิลิกา (silica) แต่อัตราส่วนจะแตกต่างกันไปโดยจะมีประมาณ 20-80 เปอร์เซ็นต์(46) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกลของวัสดุ(47) โดยจะมีค่าความทนแรงอัดประมาณ 230 เมกะปาสกาล และเรซินซีเมนต์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะอยู่ในกลุ่มนี้(33) ตัวอย่างของเรซินซีเมนต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ NX3 Nexus® Third Generation (Kerr Corporation), Panavia® F 2.0 (Kuraray Dental) และ Panavia™ 21 (Kuraray Dental)

4.2 เรซินซีเมนต์ที่ไม่มีสารเติม

จะมีส่วนประกอบเพียงแคโพลีเมอร์และโมโนเมอร์ จะมีค่าความทนแรงอัดที่น้อยกว่าเรซินซีเมนต์ที่มีสารเติม(33) ตัวอย่างของเรซินซีเมนต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ Super Bond C&B® (Sun Medical Co.,Ltd.)

2. การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโครงสร้างของฟัน

การยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับโครงสร้างของฟันจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยคือ ปัจจัยจากฟันที่จะทำการบูรณะหรือปัจจัยจากเรซินซีเมนต์ ซึ่งถ้าหากพิจารณาปัจจัยจากฟันที่จะบูรณะพบว่า มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับเนื้อฟันซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจว่า ถ้าหากมีการกำจัดหรือปรับเปลี่ยนชั้นเคลือบร่วมกับการดึงแร่ธาตุเพื่อเปิดเผยโครงข่ายของคอลลาเจนในเนื้อฟัน (collagen network) จะทำให้โมโนเมอร์ของสารยึดติดสามารถแทรกซึมลงไปได้เพื่อทำให้เกิดชั้นไฮบริด (hybrid layer) ระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟัน(48, 49) โดยเนื้อฟันในแต่ละบริเวณจะมีความแตกต่างกันของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คอลลาเจน และสารประกอบอนินทรีย์ เช่น แร่ธาตุต่างๆ ทำให้ความสามารถในการแทรกซึมของสารยึดติดแตกต่างกัน ส่งผลให้ความแข็งแรงของการยึดติดในแต่ละบริเวณแตกต่างกัน(49) ซึ่งโดยปกติแล้วความแข็งแรงในการยึดติดของเนื้อฟันจะอยู่บริเวณพื้นผิวมากกว่าบริเวณที่อยู่ลึกลงไป(50-52) นอกจากนี้ ความแข็งแรงของการยึดติดยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของชั้นไฮบริดมากกว่าความลึกของเนื้อฟันที่กรดสามารถกัดลงไปได้(53) อย่างไรก็ตาม การยึดติดกับเนื้อฟันบริเวณคอฟันจะไม่สามารถคาดเดาได้เนื่องจากท่อเนื้อฟันบริเวณนั้นอยู่ในแนวเฉียงและมีความหนาแน่นน้อยกว่าบริเวณเนื้อฟันที่อยู่ลึกลงไป(54) ต่อมาได้มีการพัฒนาสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอช เพื่อให้มีการใช้งานที่ง่ายขึ้นและป้องกันการยุบตัวของโครงข่ายคอลลาเจนในเนื้อฟันภายหลังการปรับสภาพ อย่างไรก็ตามก็มีการศึกษาที่ให้ผลการยึดติดของสารยึดติดในระบบเซลฟ์เอชที่ขัดแย้งกับที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งมีรายงานว่าการรวมกรดปรับสภาพฟันกับสารไพรเมอร์เข้าด้วยกันจะเป็นการลดประสิทธิภาพของชั้นไฮบริด(56) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา(52, 55) ที่พบว่า กำลังการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาค (microtensile bond strength) ของสารยึดติดระบบโททอลเอชนั้นมีค่าสูงกว่าระบบเซลฟ์เอชเนื่องจากในระบบเซลฟ์เอชน้ำจากเนื้อฟันสามารถแพร่ผ่านชั้นของสารแอดฮีซีฟมาได้ในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวทางเคมี ส่งผลให้เกิดหยดน้ำที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับการแอดฮีซีฟ โดยหยดน้ำจะเป็นบริเวณที่เกิดความเค้นได้มากในขณะที่ทำการทดสอบด้วยแรงเค้น และน้ำที่ผ่านออกมายังทำให้ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันที่ไม่สมบูรณ์ เพราะน้ำจะไปแทรกซึมในคอลลาเจน

ที่ถูกดึงแร่ธาตุออกและจะไปแทนที่โมโนเมอร์(56) และยังทำให้โมโนเมอร์นั้นเจือจางลงอีกเช่นกัน (57, 58) และเมื่อเปรียบเทียบการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาคของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ พบว่ามีค่าน้อยกว่าทั้งสองกลุ่มที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากมีการกำจัดชั้นเสมีียร์ออกไปน้อยมาก ส่งผลทำให้เกิดชั้นไฮบริดที่บางจนถึงไม่เกิดเลย(11) ซึ่งถ้าหากต้องการการยึดติดที่ดีในการใช้เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ควรใช้ร่วมกับการใช้กรดเตรียมพื้นผิวของเคลือบฟันโดยไม่ให้กรดสัมผัสกับเนื้อฟันก่อนที่จะใช้ซีเมนต์(45) อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษาที่พบว่าค่าการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลนั้นไม่สัมพันธ์กันกับความหนาของชั้นไฮบริดแต่จะมีความสัมพันธ์กับคุณภาพของชั้นไฮบริดมากกว่า(59)

เมื่อพิจารณาปัจจัยจากเรซินซีเมนต์พบว่า ส่วนประกอบในซีเมนต์แต่ละชนิดที่แตกต่างกันยังส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติด(60) ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Mak และคณะ ในปี 2002 ซึ่งทำการศึกษา เรซินซีเมนต์ 4 ชนิด ได้แก่ Choice, RelyX ARC, Super-Bond C&B และ Panavia F ได้ผลดังตารางที่ 1

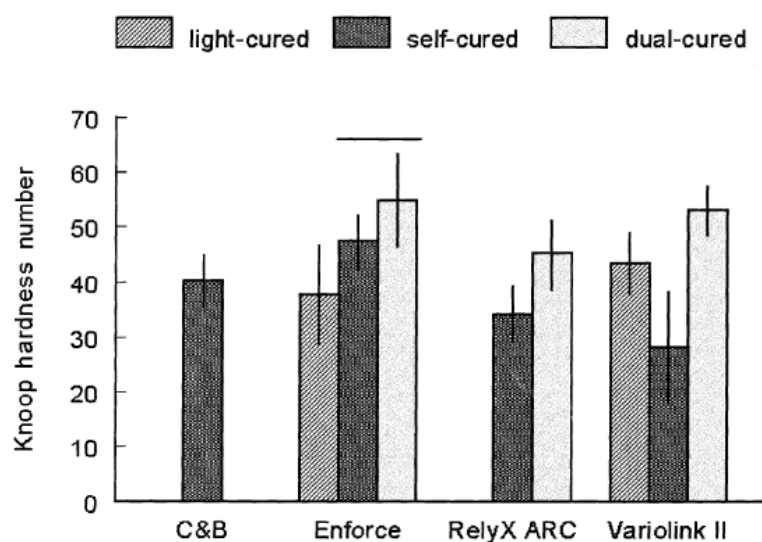
ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาคของเรซินซีเมนต์ 4 ชนิดในการยึดเรซินคอมโพสิตโอเวอร์เลย์ (resin composite overlay) ต่อเนื้อฟัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (55)

ซีเมนต์และสารยึดติด	ค่าเฉลี่ยของค่าการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาค (เมกะปาสกาล)
All-Bond 2/Choice	38.2 (8.4) ^a
Single Bond/RelyX ARC	34.5 (7.6) ^a
Super-Bond C&B	24.7 (3.8) ^b
Panavia F	16.1 (3.9) ^c

หมายเหตุ : ในกลุ่มที่มีอักษรเดียวกัน จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ซึ่งการศึกษานี้จะให้ซีเมนต์ทุกชนิดมีการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเท่านั้นโดยไม่มีการฉายแสง และพบว่าการศึกษาที่ซีเมนต์มีส่วนประกอบของสารเติมและมีโครงข่ายของโพลิเมอร์ (polymer) ที่มาก จะทำให้ซีเมนต์นั้นมีค่าการยึดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาคที่สูงขึ้น นอกจากนี้ซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของพีเอ็มเอ็มเอ (PMMA) จะมีความแข็งแรงของการยึดติดที่น้อยกว่าซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของบีเอสอีเอ็มเอ(55) อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษาที่พบว่า ซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของพีเอ็มเอ็มเอ (Super-Bond C&B) จะมีค่าความต้านทานต่อการแตกหักในการยึดติดแผ่นของโลหะผสมที่มากกว่าเรซินซีเมนต์ที่มีสารเติมเป็นส่วนประกอบ (Panavia 21) ถึง 10 เท่า (61)

นอกจากนี้ ยังมีอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความแข็งแรงของการยึดติดของซีเมนต์และเนื้อฟันคือ อัตราการบ่มตัว (degree of conversion) ของซีเมนต์ โดยอัตราการบ่มตัวจะส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของเรซินซีเมนต์ เช่น ความแข็งผิว การละลายตัว การดูดน้ำ ความต้านทานต่อการสึกและแรงดึง โดยคุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลต่อการยึดติดของวัสดุบูรณะกับฟัน (21, 62, 63) ถ้าซีเมนต์มีอัตราการบ่มตัวสูง จะทำให้ค่าการยึดติดสูงขึ้นด้วยเช่นกัน โดยการศึกษาของ Braga และคณะ ในปี 2002 (21) พบว่า ซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะมีค่าความแข็งที่สูงกว่าซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวของระบบที่ไม่มีการฉายแสง ซึ่งภายหลังจากฉายแสงแล้วซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวของระบบจะมีค่าความแข็งผิวที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรูปที่ 1 (21)



รูปที่ 1 แสดงค่าความแข็งผิวของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด (21)

ซึ่งจะสอดคล้องกับการศึกษาของ Piwowarczyk และคณะ ในปี 2007 ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการยึดติดของเรซินซีเมนต์ที่มีปฏิกิริยาการแข็งตัวของระบบต่อการยึดติดกับเนื้อฟันในระยะยาวซึ่งได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงของการยึดติด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (64)

ซีเมนต์	การเก็บชิ้นงาน	
	แช่ในน้ำ 150 วัน	แช่ในน้ำ 150 วัน ร่วมกับเข้าเครื่องเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนเย็นแบบเป็นจังหวะจำนวน 37500 รอบ
PermaCem (A)	1.8(2.5)	1.1 (1.4)
PermaCem (L)	3.7 (2.8)	1.3 (1.6)
RelyX ARC (A)	2.3 (2.2)	0.5 (0.8)
Relyx ARC (L)	5.1 (3.6)	4.2 (3.8)
Panavia F (A)	5.1 (1.6)	5.8 (1.4)
Panavia F (L)	5.9 (2.4)	3.9 (2.4)
Variolink II (A)	8.3 (3.4)	6.9 (4.6)
Variolink II (L)	13.5 (4.6)	10.9 (2.2)
Nexus 2 (A)	5.2 (1.4)	5.2 (3.6)
Nexus 2 (L)	14.8 (3.6)	10.6 (3.2)
Calibra (A)	5.2 (2.2)	4.3 (3.3)
Calibra (L)	4.2 (2.6)	3.4 (2.8)
RelyX Unicem (A)	4.6 (3.1)	4.1 (2.7)
Relyx Unicem (L)	3.3 (4.1)	6.2 (5.1)

หมายเหตุ : (A) คือ กลุ่มที่ไม่มีการฉายแสง และ (L) คือ กลุ่มที่มีการฉายแสง

จากการศึกษาพบว่า เรซินซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาสองระบบของทุกผลิตภัณฑ์จะมีค่าความแข็งแรงของการยึดติดที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายหลังจากการฉายแสงร่วมด้วย โดย Variolink และ Nexus2 จะมีค่าความแข็งแรงของการยึดที่มากที่สุด(64) และมีอีกหลายการศึกษาที่ให้ผลสอดคล้องกัน(22-25) แต่ในการใช้งานทางคลินิก อัตราการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์บริเวณด้านบดเคี้ยว (occlusal) และด้านข้างในแนวแกนฟัน (axial area) ยังไม่สามารถสรุปได้ โดยคาดว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการบ่มตัวของซีเมนต์ในบริเวณนี้ได้แก่ ชนิดของวัสดุบูรณะที่มีผลต่อการส่องผ่านของแสงไปสู่ซีเมนต์ ซึ่งถ้าหากวัสดุบูรณะที่เป็นเซรามิก จะมีปัจจัยในเรื่องของ ชนิดความหนา และสีของเซรามิก เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย(17, 19) อย่างไรก็ตาม ค่าที่แน่นอนของอัตราการบ่มตัวนั้นไม่สามารถระบุเป็นค่าที่ชัดเจนได้ จะใช้เพียงทดสอบคุณภาพของซีเมนต์แต่ละชนิด โดยการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาแข็งตัวที่แตกต่างกันไป(12)

เรซินซีเมนต์ที่มีปฏิริยาการแข็งตัวของระบบของแต่ละบริษัทจะใช้เวลาในการแข็งตัวที่สมบูรณต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของส่วนประกอบที่ใช้ในปฏิริยาการแข็งตัวทางเคมีและปฏิริยาการแข็งตัวด้วยแสง(65) โดยเรซินซีเมนต์ควรมีปฏิริยาการบ่มตัวที่รวดเร็ว เพื่อให้ซีเมนต์นั้นมีคุณสมบัติทางกลที่เหมาะสมต่อการยึดติดที่ดี ทั้งยังสามารถต้านความเค้นจากการหดต่งและแรงจากการสปันที่เกิดในภายหลังจากการยึดขึ้นงานแล้ว โดยการศึกษาของ Arrais และคณะ ในปี 2009 พบว่า เรซินซีเมนต์ที่มีปฏิริยาการแข็งตัวของระบบจะมีอัตราการบ่มตัวที่สูงกว่าเมื่อทำการฉายแสงร่วมด้วย โดยซีเมนต์ของแต่ละบริษัทจะมีอัตราการบ่มตัวที่แตกต่างกัน และยังพบว่าถ้าหากมีการฉายแสงร่วมด้วยแล้ว อัตราการบ่มตัวที่เวลา 5 นาที จะไม่แตกต่างจากที่เวลา 10 นาที แต่ถ้าหากไม่มีการฉายแสงร่วมด้วยคือ ปล่อยให้เกิดการบ่มตัวจากเพียงแค่ปฏิริยาทางเคมี จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่เวลา 5 และ 10 นาที(9)

3. การทดสอบการยึดติดกับเนื้อฟัน

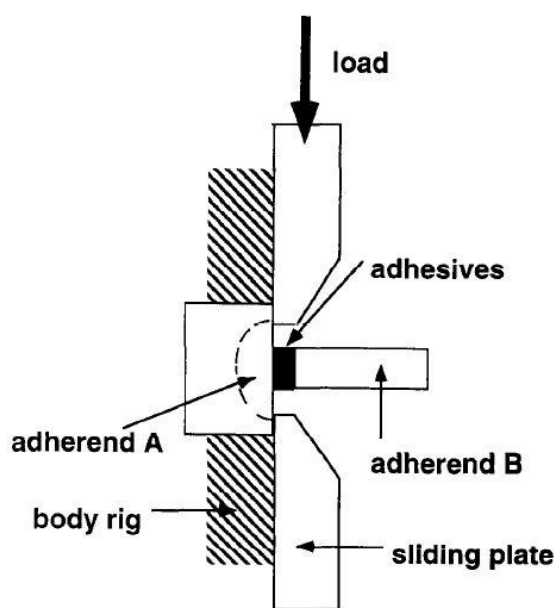
สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน คือ ความสามารถในการยึดติดกับโครงสร้างของฟันได้ ทำให้บริษัทผู้ผลิตผลิตเรซินซีเมนต์ออกมาหลายชนิดด้วยกัน ส่งผลให้การเลือกใช้ยุ่งยากขึ้น และผลจากการวิจัยเกี่ยวกับแรงยึดติดของเรซินซีเมนต์จะเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยประกอบการตัดสินใจเลือกใช้ซีเมนต์

กำลังแรงยึดติด (bond strength) คือ แรงต่อหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการทำลายการยึดติด โดยวิธีที่นิยมในการประเมินกำลังแรงยึดติดมีด้วยกัน 2 วิธี(66) คือ การทดสอบแรงยึดติดแบบดึง (tensile bond strength) และแบบเฉือน (shear bond strength) ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีใดจะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานของวัสดุนั้นๆ(67) ตัวอย่างเช่น ถ้าหากใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดครอบฟัน แรงที่จะทำให้ครอบฟันหลุดจะใกล้เคียงกับการทดสอบแรงยึดเฉือนมากกว่า นอกจากนี้บริเวณของฟันที่ทำการทดสอบการยึดติดยังมีผลต่อการเลือกวิธีการทดสอบเช่นกัน โดยเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวด้วยปฏิริยาทางเคมีจะมีแรงยึดเฉือนที่สูงเมื่อยึดกับเนื้อฟัน แต่ในทางกลับกันเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวด้วยปฏิริยาสองระบบจะมีแรงยึดแบบดึงและแบบเฉือนที่สูงต่อเคลือบฟัน(68) นอกจากนี้ การทดสอบแรงยึดแบบเฉือนจะเป็นวิธีทดสอบที่ทำได้ง่ายที่สุด เนื่องจากมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยากเมื่อเปรียบเทียบกับทดสอบแรงยึดดึง ซึ่งในปัจจุบันนิยมทดสอบกำลังแรงดึงระดับจุลภาค (microtensile bond strength)(66, 69, 70) เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุทางทันตกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้มีค่าการยึดติดที่สูงขึ้น ประกอบกับพบการแตกหักในเนื้อฟันที่มากขึ้นเมื่อทำการทดสอบแรงยึดดึง ทำให้ไม่สามารถทดสอบแรงยึดดึงได้อย่างแท้จริง(66) จึงทำให้ต้องมี

การเตรียมชิ้นตัวอย่างที่เล็กเพื่อลดพื้นที่ของการยึดติด ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากและมีโอกาสเกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างพื้นและวัสดุได้(71)

4. การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันนั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้มาเป็นระยะเวลา ยาวนานและยังเป็นที่ยอมรับมากกว่าการทดสอบแรงยึดดึง(69) ซึ่งลักษณะของการทดสอบจะเป็น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว(72)

การทดสอบด้วยวิธีนี้ จุดที่เริ่มแตกไม่จำเป็นจะต้องเป็นจุดที่มีกำลังยึดน้อยที่สุด โดยจะเริ่มแตกจากตำแหน่งที่ได้รับแรงเฉือนจากปลายหัวทดสอบที่มีลักษณะคล้ายสิ่ว (knife-edge chisel) ข้อดีของวิธีทดสอบนี้คือ สามารถทำได้ง่าย เนื่องจากมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยากและเครื่องมือที่ใช้ไม่ซับซ้อนมากนักดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่สิ่งที่ต้องควบคุมให้ดีเพื่อให้ได้ค่ากำลังการยึดติดที่แท้จริงคือแนวของแรงที่ให้กับชิ้นตัวอย่าง(69) ส่วนค่าที่วัดได้จะเป็นค่าของแรงที่มีหน่วยเป็นนิวตัน (newtons) และนำมาแปลงเป็นค่าของความเค้น เช่น ค่าของแรงต่อหน่วยพื้นที่หรือเมกะปาสกาล (megapascals) ดังนั้นการควบคุมพื้นที่ของการยึดติดนั้นก็มีความสำคัญเช่นกัน(72)

5. ปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน

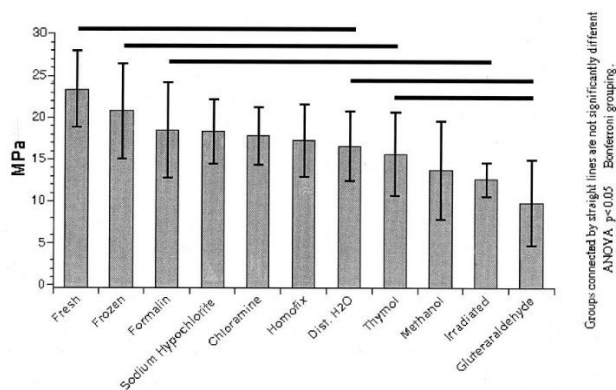
มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟัน ซึ่งถ้าหากไม่มีการควบคุมปัจจัยเหล่านี้จะทำให้ค่าที่ได้นั้นมีความแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว ได้แก่

5.1 ปัจจัยจากชิ้นตัวอย่าง

5.1.1 วิธีการเก็บฟัน

การศึกษาในฟันที่ยังมีชีวิตอยู่และอยู่ในช่องปาก จะทำให้ได้ผลของการศึกษาที่ใกล้เคียงลักษณะทางคลินิกมากที่สุดแต่จะมีขั้นตอนที่ยุ่งยากมาก ดังนั้นการศึกษาส่วนใหญ่จะใช้ฟันมนุษย์ที่ถูกถอนออกมา ซึ่งถ้าหากถอนแล้วนำมาใช้ในการศึกษาเลยทันทีนั้นก็ทำได้ยากเช่นกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาในการเก็บฟันก่อนที่จะนำมาเตรียมชิ้นตัวอย่างที่เหมาะสม โดยไม่ควรจะเก็บฟันไว้นานเกินไป เนื่องจากจะมีการเสื่อมสลายของโปรตีนในโครงสร้างของฟันซึ่งจะส่งผลต่อค่ากำลังการยึดติด ไอเอสไอ (ISO) ได้กำหนดช่วงเวลาในการเก็บฟันที่เหมาะสมคือ ไม่นเกิน 6 เดือนหลังจากถอนฟัน นอกจากนี้ ก่อนที่จะเก็บฟัน ควรทำความสะอาดโดยการล้างน้ำเพื่อกำจัดคราบเลือดและเนื้อเยื่อต่างๆ ก่อน(73)

วิธีที่ใช้ในการเก็บฟันมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การนำเข้าเครื่องนึ่งอัดไอน้ำ (steam autoclave) การแช่แข็ง การแช่ในของเหลว ซึ่งได้แก่ น้ำกลั่น น้ำเกลือ สารละลายไทมอล (thymol) ฟอรัมาลิน (formalin) และสารละลายคลอรามิน (chloramine) เป็นต้น(74, 75) การศึกษาของ Titley และคณะ ในปี 1998 พบว่า การเก็บฟันในฟอรัมาลิน โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) คลอรามิน โฮโมฟิกซ์ (homofix) และน้ำกลั่น จะไม่มีผลต่อการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว แต่ถ้าหากทำการฆ่าเชื้อโดยการฉายรังสี แช่ในสารละลายไทมอล หรือเมทานอล (methanol) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 70 และแช่ในกลูตารัลดีไฮด์ (glutaraldehyde) จะทำให้ค่ากำลังการยึดติดลดลง ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นสารแช่ฟันในการทดสอบแรงยึดเหนี่ยว(76)ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวในการเก็บฟันวิธีต่างๆ(76)

สำหรับการศึกษาที่เกี่ยวกับแรงยึดเหนี่ยว ได้มีการแนะนำให้เก็บฟันโดยการแช่แข็ง เนื่องจากเป็นวิธีที่สามารถคงสภาพของฟันภายหลังการถอนได้มากที่สุด(77-79) การเก็บในสารละลายไทมอลลาจจะเกิดการยับยั้งปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันของเมทิลเมทาคริเลท (methyl methacrylate) ซึ่งจะส่งผลต่อกำลังแรงยึดเหนี่ยวของวัสดุได้(80) ดังนั้นก่อนทำการศึกษาคควรจะเลือกวิธีและสารที่ใช้เก็บฟันให้เหมาะสม โดยที่ไม่ทำลายโครงสร้างของฟัน เพื่อให้ได้ค่ากำลังการยึดติดที่แท้จริงมากที่สุด

5.1.2 ขนาดพื้นที่ของการยึดติด

ไอเอสโอ (ISO) ไม่ได้กำหนดค่าที่เฉพาะเจาะจงของพื้นที่ที่จะทำการทดสอบ แต่ต้องมีการควบคุมพื้นที่ในการยึดติดให้คงที่ เช่น การใช้แม่แบบที่มีรูทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร(73) โดยถ้าหากชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-5 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้จะไม่มี ความแตกต่างกันมากนัก แต่ถ้าชิ้นตัวอย่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้จะมากกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และหากชิ้นตัวอย่างมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้จะน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากถ้าหากพื้นที่ในการยึดติดมากขึ้นจะมีโอกาสทำให้เกิด ความไม่สมบูรณ์ของรอยต่อระหว่างโครงสร้างฟันและซีเมนต์ได้มากขึ้นเช่นกัน(81) อย่างไรก็ตาม ยังคงมีจำนวนการศึกษาปัจจัยจากขนาดพื้นที่ของการยึดติดต่อค่าที่วัดได้เป็นจำนวนน้อย จึงไม่สามารถสรุปได้ถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยนี้ นอกจากนี้ถ้าหากจะทำการเปรียบเทียบค่ากำลังการยึดติดระหว่างการศึกษา ควรพิจารณาขนาดของพื้นที่ของการยึดติดก่อนที่จะทำการแปลผล(70)

5.1.3 ค่ามอดุลัสสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) ของวัสดุ

ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวจะมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเรซินซีเมนต์ที่มีความแข็ง (ค่ามอดุลัสสภาพยืดหยุ่นสูง) ซึ่งมีการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับค่าแรงยึดติดแบบเขื่อนและคุณสมบัติเชิงกลของเรซินคอมโพสิตพบว่า ความยืดหยุ่นของเรซินคอมโพสิตมีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถ้าหากเรซินคอมโพสิตมีค่ามอดุลัสสภาพยืดหยุ่นที่มาก จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวมีค่าสูงขึ้นตามมา(82-84) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของเรซินคอมโพสิตและความเค้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟัน(83)

Table 2 Strength of the bond to dentin obtained with the five respective adhesive systems (MPa), flexural strength (MPa), and flexural modulus (GPa) of the five respective resin composites (means±SD)

Property	Adhesive system	Resin composite				
		Tetric Ceram	Filtek Supreme	Clearfil AP-X	Premise	EsthetX
Bond strength	AdheSE	27±6 c	29±6 cd	32±7 cde	20±5 b	27±6 c
	Adper Prompt L-Pop	15±5 ab	19±6 b	21±8 b	15±5 ab	17±5 ab
	Clearfil SE Bond	36±6 de	36±3 de	39±7 e	33±4 cde	32±9 cde
	Optibond Solo Plus	12±2b ab	12±4 ab	18±6 ab	12±3 ab	13±3 ab
	Xeno III	14±4 ab	10±6 a	19±5 b	14±5 ab	13±4 ab
Flexural strength		111±4 b	137±6 c	161±12 d	89±11 a	117±13 b
Flexural modulus		8.3±0.8 b	10.6±0.7 c	15.3±1.1 d	7.3±0.8 a	10.0±0.5 c

5.2 ปัจจัยจากวิธีการทดสอบ

การทดสอบแรงยึดเหนี่ยวนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การให้แรงเค้นโดยปลายหัวทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือรูปกรวย การให้แรงเค้นโดยใช้วงลวด (wire loop) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีจะมีการกระจายของความเค้นที่แตกต่างกันไป โดยถ้าหากใช้หัวทดสอบรูปสี่เหลี่ยม บริเวณที่ปลายหัวทดสอบสัมผัสจะมีความเค้นเกิดขึ้นมาก แต่ถ้าหากใช้วงลวดจะมีการกระจายของแรงไปที่รอบๆ บริเวณที่ทำการยึดติดได้(85) และถ้าหากนำมาเปรียบเทียบกันแล้วจะพบว่า การทดสอบด้วยหัวทดสอบปลายสี่เหลี่ยมจะให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่น้อยกว่าวิธีที่ใช้วงลวด(86, 87)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

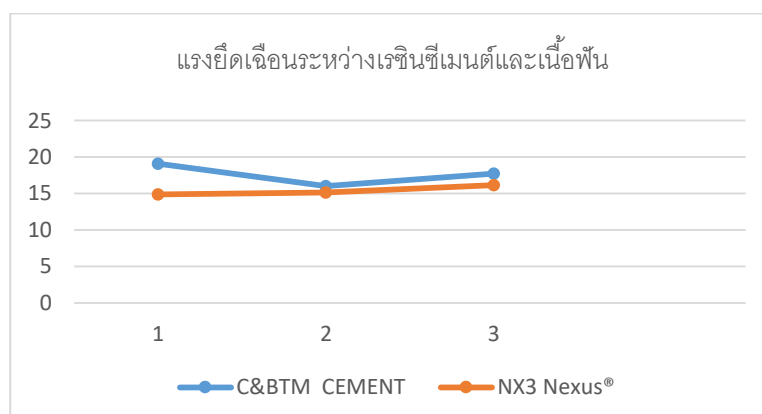
1. กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานน้อยแท้ของมนุษย์ ที่ปราศจากรอยผุ รอยร้าว และการบูรณะใดๆ
2. การคำนวณขนาดตัวอย่างต่อกลุ่ม (n) สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการทำวิจัยนำร่อง ผู้วิจัยได้ทำการเตรียมฟันตัวอย่างจากพนักงานน้อยจำนวน 8 ซี่ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ซี่ เพื่อทำการศึกษาแรงยึดเคี้ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมี โดยจะเปรียบเทียบระหว่าง C&B™CEMENT และ NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงภายหลังจากทำการยึดติดกับเนื้อฟัน ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงแรงยึดเคี้ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมีที่ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

เรซินซีเมนต์	แรงยึดเคี้ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง				
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
C&B™CEMENT	19.0632	16.0174	17.7051	17.5952	1.5264
NX3 Nexus®	14.8898	15.1480	16.1454	15.3944	0.6633

รูปที่ 4 แสดงแรงยึดเคี้ยวระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ภายใต้ปฏิบัติการแข็งตัวทางเคมีที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง



การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size)

ใช้สูตรในการคำนวณ คือ

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

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่างต่อกลุ่ม
 σ^2 = ความแปรปรวนของประชากร (variance)

คำนวณจาก

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

S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ α
 $Z_{1-\beta}$ = ค่ามาตรฐานของการกระจายปกติที่ระดับ β
 μ = ค่าเฉลี่ยของประชากร

โดยกำหนด $\alpha = 0.05$ จึงแทนค่า $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ ที่ 95% เท่ากับ 1.96
 $\beta = 0.05$ จึงแทนค่า $Z_{1-\beta}$ มี power ที่ 90% เท่ากับ 1.282

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5 แสดงการแทนค่าสำหรับคำนวณหากกลุ่มตัวอย่าง

เรซินซีเมนต์	S	S^2	μ	$(\mu_1 - \mu_2)^2$	σ^2	$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$	$Z_{1-\beta}$	$(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{1-\beta})^2$
C&B™ CEMENT	1.5264 (S_1)	2.33 (S_1^2)	17.595 $2(\mu_1)$	4.8841	2.55	1.96	1.282	10.510
NX3 Nexus®	0.6633 (S_2)	0.44 (S_2^2)	15.394 $4(\mu_2)$					

เมื่อนำมาแทนค่าในสมการจะได้

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

$$= \frac{2(2.55)(10.510)}{4.8841}$$

$$= 10.974$$

ผลจากวิจัยนำร่องสามารถคำนวณจำนวนตัวอย่างแต่ละกลุ่มได้เท่ากับ 10.974 ขึ้น แต่มาตรฐานไอเอสโอ Technical specification ISO/TS 11405 (73) ได้กำหนดว่าแต่ละกลุ่มควรมีจำนวนชิ้นตัวอย่างขั้นต่ำ 15 ขึ้น ผู้วิจัยจึงพิจารณากำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นจำนวน 15 ขึ้น

วิธีการวิจัย

วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

1. เรซินซีเมนต์ 3 ผลิตภัณฑ์
 - 1.1 Super Bond C&B[®] (Sun Medical Co.,Ltd , Kyoto, Japan)
 - 1.2 C&B[™]CEMENT (Bisco, Schaumburg, IL, USA)
 - 1.3 NX3 Nexus[®] (Kerr, Washington DC, USA)

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการวิจัย (จากบริษัทผู้ผลิต)

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	ปฏิกิริยาการแข็งตัว	บริษัทผู้ผลิต
Super Bond C&B [®]	Catalyst V : TBB, Hydrocarbon Monomer : MMA, 4-META Polymer : PMMA, pigment	เคมี	Sun Medical Co.,Ltd (Kyoto, Japan)
C&B [™] CEMENT	Base : Bis-GMA, Ethoxylated Bis-GMA, Triethyleneglycol Dimethacrylate Catalyst : Bis-GMA, Triethyleneglycol Dimethacrylate	เคมี	Bisco (Schaumburg, IL, USA)

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	ปฏิกิริยาการแข็งตัว	บริษัทผู้ผลิต
NX3 Nexus®	Uncured methacrylate ester monomers, nonhazardous inert mineral fillers, nonhazardous activators and stabilizers, radiopaque agent	เคมีและแสง	Kerr, (Washington DC, USA)



Super Bond C&B®



C&B™ CEMENT



NX3 Nexus®

รูปที่ 5 แสดงซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา

2. สารยึดติด 2 ผลิตภัณฑ์

2.1 ALL-BOND 3 (Bisco, Schaumburg, IL, USA)

2.2 OptiBond™ Solo Plus (Kerr, Washington, DC, USA)

ตารางที่ 7 แสดงรายละเอียดสารยึดติดที่ใช้ในการวิจัย (ข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต)

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
ALL-BOND 3	Part A : Ethanol, NTG-GMA Salt Part B : Bis-GMA	Bisco (Schaumburg, IL, USA)
OptiBond™ Solo Plus	Ethyl alcohol, Alkyl dimethacrylate resins, Barium aluminoborosilicate glass, Fumed silica (silicon dioxide), Sodium hexafluorosilicate	Kerr, (Washington DC, USA)

3. กรดปรับสภาพผิวฟัน

3.1 UNI-ETCH (Bisco, Schaumburg, IL, USA)

3.2 Kerr gel etchant (Kerr, Washington, DC, USA)

3.3 Green activator (Sun Medical Co.,Ltd , Kyoto, Japan)

ตารางที่ 8 แสดงรายละเอียดกรดปรับสภาพผิวฟัน (จากบริษัทผู้ผลิต)

ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
UNI-ETCH	32% Phosphoric Acid.	Bisco (Schaumburg, IL, USA)
Kerr gel etchant	37.5% Phosphoric Acid, Water, fumed silica, dye colorant	Kerr, (Washington DC, USA)
Green activator	Citric acid, FeCl ₃	Sun Medical Co.,Ltd (Kyoto, Japan)

4. เรซินอีพ็อกซี (epoxy resin)

5. น้ำกลั่น

6. น้ำปราศจากไอออน (deionized water)

7. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2

8. เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 25, 50, 95 และ 100

9. สารละลายเฮกซะเมทิลไดซิลลาเซน (hexamethyldisilazane, HMDS)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine, Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, USA)
2. เครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัดระบบไฮดรอลิก (Universal Testing Machine, EZ-S, Shimadzu, Japan)
3. เครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific transducer Corp , CA , U.S.A.)
4. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope, JSM-5410 LV[®], JEOL, Japan)
5. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo Microscope, ML 9300[®], MEIJI, Japan)
6. เครื่องเคลือบทอง (Gold Coater, JFC-1200[®], JEOL, Japan)
7. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm 1200, Contherm, New Zealand)
8. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิทัล (Digital Caliper, Mitutoyo, Japan)
9. เครื่องขัดขัดผิววัสดุ (NANO 2000, PACE Technologies, USA)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

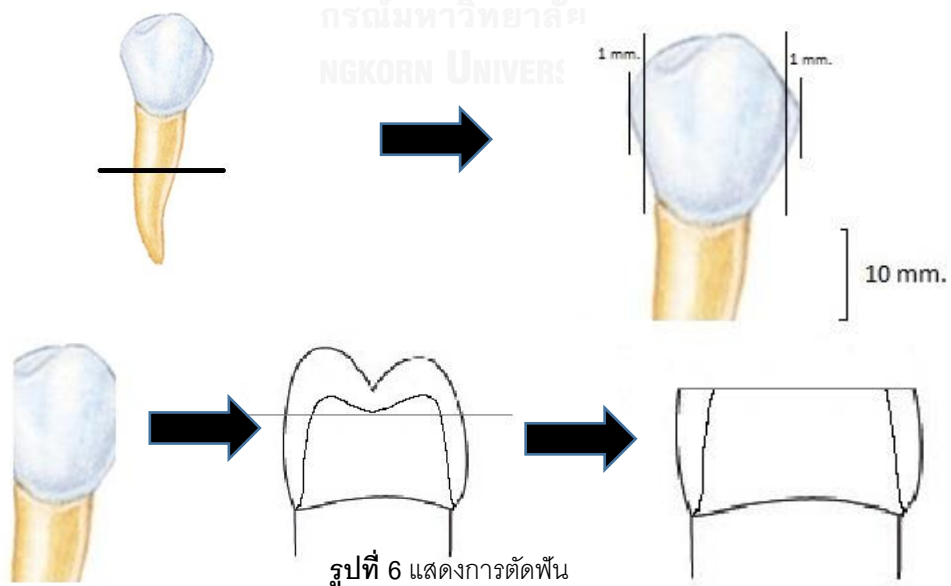
1. แผ่นแก้ว (glass slab)
2. เครื่องมือผสมซีเมนต์ (cement spatula)
3. ปลายกระบอกฉีด (intraoral tips)
4. ปืนฉีดวัสดุ (dispenser gun)
5. พู่กันขนาดเล็ก (micro brush)
6. แม่แบบทำจากโพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride, PVC) ทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบนอกขนาด 22 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร
7. กระดาษทราย (silicon carbide paper) เบอร์ 600
8. แม่แบบทำจากโลหะไร้สนิมทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3.5 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร
9. แผ่นยึดชิ้นงานเพื่อเตรียมการยึดติด (shear bond strength rig)
10. ผ้าก๊อซ (gauze)

11. กระดาษทึบแสง
12. ไม้บรรทัด
13. นาฬิกาจับเวลา
14. กระดาษกรอง (filter paper)
15. กล้องทึบแสง

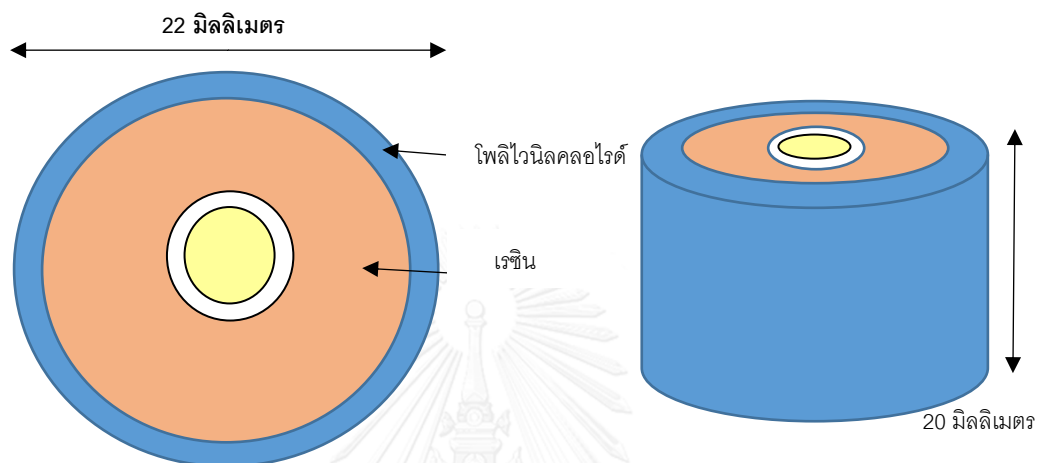
วิธีวิจัย

การเตรียมฟันตัวอย่าง

1. ใช้ฟันกรามน้อยแท้จำนวน 90 ซี่ ซึ่งหลังจากการถูกถอนจะนำมาทำความสะอาด โดยกำจัดหินปูนและเศษเนื้อเยื่ออ่อน และนำไปแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ไม่นเกิน 6 เดือน(77, 88)
2. ตัดฟันด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำภายใต้ น้ำหล่อเย็น โดยจะตัดรากฟันออกที่บริเวณต่ำลงไปจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) 10 มิลลิเมตร และตัดด้านใกล้กลาง (mesial) และไกลกลาง (distal) ออกประมาณ 1 มิลลิเมตร เพื่อให้เห็นรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเคลือบฟัน(dento-enamel junction) จากนั้นตัดด้านบดเคี้ยวของฟันออกที่บริเวณรอยต่อนี้ ซึ่งเนื้อฟันที่เผยออกมาภายหลังจากตัดด้านบดเคี้ยวออกจะมีพื้นผิวลักษณะแบนราบและเป็นเนื้อฟันส่วนผิว (superficial dentin)(89) (รูปที่ 6)

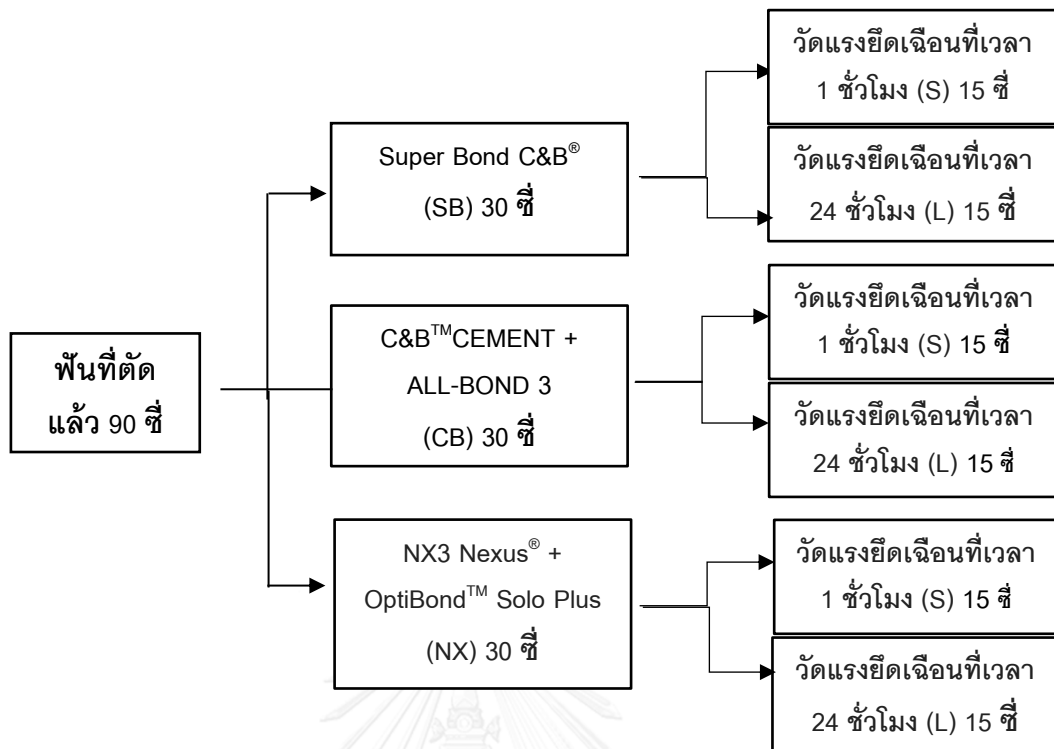


3. นำฟันไปฝังในเรซินอีพ็อกซีด้วยแม่แบบที่ทำมาจากโพลีไวนิลคลอไรด์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวัดจากขอบนอกขนาด 22 มิลลิเมตร สูง 20 มิลลิเมตร โดยจะวางพื้นผิวของฟันที่ตัดแล้วให้อยู่ในแนวเดียวกับขอบแม่แบบและอยู่ตรงกลางแม่แบบ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 แสดงการฝังฟันในแม่แบบ

4. ขัดพื้นผิวเนื้อฟันด้วยเครื่องขัดกระดาษทราย (silicon carbide paper) เบอร์ 600 ภายใต้น้ำหล่อเย็น เป็นเวลา 1 นาที(90-93) เพื่อทำพื้นผิวของเนื้อฟันให้เรียบและสร้างชั้นเสมียร์ (smear layer) จากนั้นแบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 30 ซี่ โดยในแต่ละกลุ่มจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มทดลองย่อย กลุ่มละ 15 ซี่ ตามหลักการแบ่งแบบสุ่มอย่างง่าย (simple randomization) (รูปที่ 8) ในกรณีที่มียุ้งฟันบนและล่างปนกัน จะแบ่งให้ทุกกลุ่มย่อยมีจำนวนของฟันบนและฟันล่างที่เท่ากัน



รูปที่ 8 แสดงการแบ่งกลุ่มทดลอง

การยึดเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน

ชิ้นงานที่ฝังอยู่ในเรซินจะถูกนำมายึดเข้ากับแท่นยึด (shear bond strength rig) (รูปที่ 9) ฟันในแต่ละกลุ่มจะได้รับการเตรียมพื้นผิวก่อนการใช้เรซินซีเมนต์ การใช้สารยึดติด รวมทั้งยึดด้วยเรซินซีเมนต์ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซีเมนต์ที่ใช้ในแต่ละกลุ่มจะมีพื้นที่การยึดติดและความหนาที่เท่ากัน โดยจะใช้แม่แบบที่ทำมาจากโลหะไร้สนิม (stainless steel) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 3.5 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร วางในตำแหน่งกึ่งกลางของเนื้อฟัน (รูปที่ 10)



รูปที่ 9 แสดงแท่นยึด



รูปที่ 10 แสดงการยึดชิ้นงานและแม่แบบเข้ากับแท่นยึด

โดยการเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบของแต่ละกลุ่มจะมีขั้นตอนดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้เรซินซีเมนต์ Super Bond C&B®

1. ทำการปรับสภาพเนื้อฟันโดยใช้ฟองน้ำขนาดเล็ก (sponge) ชุบตัวกระตุ้นสีเขียว (green activator) ซึ่งเป็นกรดซิตริก (citric acid) ผสมกับเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) ทาลงบนเนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 15 วินาที และเป่าด้วยลมจากที่เป่าลมของเก้าอี้ทำฟันให้แห้งเป็นเวลา 10 วินาที

2. ผสมโมโนเมอร์ (monomer) และคะตะลิสต์วี (catalyst V) ในอัตราส่วน 4:1 โดยจะผสมในหลอดของกรดผสมที่เย็นและปราศจากหยดน้ำ จากนั้นใส่โพลีเมอร์ (polymer) ชนิด

opaque จำนวน 1 ช้อนขนาดมาตรฐาน (standard spoon) แล้วผสมให้เข้ากันโดยใช้ฟู่กันเป็นเวลา 10 วินาที

3. ทันทีกึ่งที่ทำการผสมเสร็จ ใช้ฟู่กันนำซีเมนต์เข้าไปใส่ในแม่แบบให้เต็มเพื่อทำการยึดเรซินซีเมนต์เข้ากับผิวฟัน

กลุ่มที่ 2 ใช้เรซินซีเมนต์ C&B™CEMENT ร่วมกับสารยึดติด ALL-BOND 3

1. ทำการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริก (UNI-ETCH®, Bisco) เป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 15 วินาที และใช้ผ้าก๊อช (gauze) ซับที่เนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อกำจัดน้ำและไม่ทำให้เนื้อฟันแห้งจนเกินไป

2. ผสม ALL-BOND 3 Part A และ Part B ทั้งสองขวดเข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ด้วยฟู่กันขนาดเล็กเป็นเวลา 5 วินาที และทาสารที่ผสมแล้วลงบนเนื้อฟันด้วยฟู่กันในลักษณะถูไปถูมาเป็นเวลา 5 วินาที แล้วเป่าลมจากที่เป่าลมของเก้าอี้ทำฟันห่างจากเนื้อฟัน 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที

3. ผสมเบส (base) และคะตะลิสต์ของซีเมนต์เข้าด้วยกัน โดยบิบบส่วนผสมทั้งสองหลอดทิ้งก่อนยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จากนั้นจึงบิบบส่วนผสมทั้งสองหลอดออกมาหลอดละ 5 มิลลิเมตร ลงบนแผ่นแก้ว (glass slab) และผสมด้วยเครื่องมือผสมซีเมนต์ จนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที

4. ทันทีกึ่งที่ผสมเสร็จ ใช้เครื่องมือผสมซีเมนต์นำซีเมนต์ใส่ในปลายกระบอکیدร่วมกับการใช้ปืนฉีด จากนั้นทำการฉีดเรซินซีเมนต์ใส่ในแม่แบบให้เต็มเพื่อทำการยึดซีเมนต์เข้ากับผิวของเนื้อฟัน

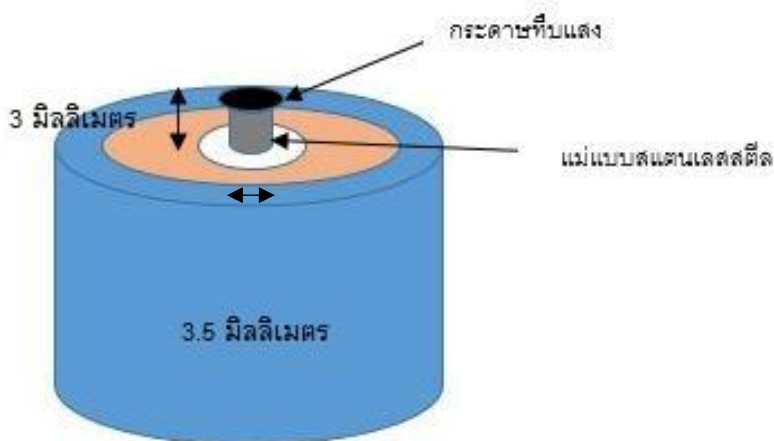
กลุ่มที่ 3 ใช้เรซินซีเมนต์ NX3 Nexus® ร่วมกับใช้สารยึดติด OptiBond™ Solo Plus

1. ทำการปรับสภาพเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริก (Kerr Gel Etchant, Kerr) เป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 15 วินาที และใช้ผ้าก๊อชซับเนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาที เพื่อกำจัดน้ำและไม่ทำให้เนื้อฟันแห้งจนเกินไป

2. ทาสารยึดติด OptiBond™ Solo Plus ด้วยฟู่กันขนาดเล็กเป็นเวลา 15 วินาที ในลักษณะปัดเบาๆ แล้วทำการเป่าลมจากที่เป่าลมของเก้าอี้ทำฟันห่างจากเนื้อฟัน 5 เซนติเมตรเป็นเวลา 3 วินาที เพื่อทำให้ชั้นของสารยึดติดเป็นชั้นบางๆ จากนั้นฉายแสง 20 วินาที

3. ฉีดเรซินซีเมนต์จากหลอดผสมชนิดสำเร็จ (automix syringe) ทิ้งก่อนประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วจึงทำการฉีดซีเมนต์ลงในแม่แบบให้เต็ม

ในทุกกลุ่มทดลอง หลังจากนำเรซินซีเมนต์ใส่ในแม่แบบจนเต็มเพื่อยึดกับเนื้อฟันแล้ว จะใช้กระดาษสีดำที่มีลักษณะทึบแสงปิดไว้บนแม่แบบ แล้วกดด้านบนด้วยเครื่องคูโรมิเตอร์ ขนาดน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 10 นาที(94) เพื่อควบคุมน้ำหนักที่ใช้ในการยึดติดชิ้นงานให้เท่ากันทุกชิ้น ทำการเขี่ยซีเมนต์ส่วนเกินออก จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างออกจากแท่นยึดและเก็บไว้ในกล่องที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้ ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 แสดงการยึดเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน

การทดสอบกำลังแรงยึดเฉือน

เมื่อถึงเวลาที่กำหนด นำชิ้นงานแต่ละกลุ่มมาทดสอบแรงยึดเฉือนด้วยเครื่องทดสอบแรงดึงแรงอัดระบบไฮดรอลิก โดยจะยึดชิ้นงานเข้ากับเครื่องจับชิ้นงาน แล้วใช้ใบมีดปลายทู่หนา 2 มิลลิเมตร กดลงบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์โดยให้แนวแกนของใบมีดขนานกับรอยต่อ และตั้งค่าความเร็วการเคลื่อนของใบมีด 1 มิลลิเมตรต่อนาที(95) ทำการทดสอบแรงยึดเฉือนจนครบทุกชิ้นงาน คำนวณค่ากำลังแรงยึดเฉือนออกมาในหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) และทำการบันทึกค่าแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ที่มีต่อเนื้อฟัน

การประเมินลักษณะของการแตกที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์

จะตรวจสอบสภาพพื้นผิวของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อประเมินลักษณะการแตกหักของทุกชิ้นงาน ทำการบันทึกชนิดของการแตกหักโดยแบ่งเป็น (96, 97)

1. การแตกหักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ทั้งหมด (adhesive fracture)
2. การแตกหักเกิดขึ้นในเรซินซีเมนต์ทั้งหมด (cohesive fracture in resin cement)
3. การแตกหักเกิดขึ้นในเนื้อฟันทั้งหมด (cohesive fracture in dentin)
4. การแตกหักแบบผสมเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือ ในเนื้อฟัน (mixed fracture)

การประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์

ภายหลังการทดสอบการยึดติด ทำการสุ่มเลือกฟันในแต่ละกลุ่มทดลองย่อยจำนวน 2 ซี่ มาทำการตัดฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (bucco-lingual) ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร และนำมาเตรียมชิ้นงานสำหรับประเมินลักษณะของพื้นผิวบริเวณรอยต่อของการยึดติดในแนวด้านข้างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยจะขัดชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 1000 และ 1200 ตามลำดับ จากนั้นขัดด้วยผ้าและผงเพชรเหลว (diamond paste) ที่มีผงเพชรขนาด 6 ไมครอน ขนาด 3 ไมครอน ขนาด 1 ไมครอน และขนาด 0.25 ไมครอน ตามลำดับ ภายหลังจากขัดชิ้นงานแล้วจะนำไปแช่ในกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 32 เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นแช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 60 วินาที เพื่อทำการสลายโปรตีน แล้วล้างออกด้วยน้ำปราศจากอิออน (deionized water) และไล่น้ำออกจากชิ้นงาน โดยแช่ในเอทานอลที่มีความเข้มข้นตามลำดับดังนี้

1. ความเข้มข้นร้อยละ 25 เป็นเวลา 20 นาที
2. ความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 20 นาที
3. ความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นเวลา 30 นาที
4. ความเข้มข้นร้อยละ 100 เป็นเวลา 60 นาที

จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายเฮกซะเมทิลไดซิลลาเซน (hexamethyldisilazane, HMDS) 10 นาทีแล้ววางบนกระดาษกรอง (filter paper) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และเคลือบชิ้นงานด้วยทองเพื่อนำไปตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 และ 1500 เท่า(98)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองลงในตารางและนำไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (statistical data analysis)

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พิสัย ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของแรงยึดเคื่อนระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันทั้งในกลุ่มที่ทำการวัด 1 ชั่วโมง และกลุ่มที่วัด 24 ชั่วโมง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test

2. วิเคราะห์ความแตกต่างของแรงยึดเคื่อนระหว่างซีเมนต์แต่ละชนิดของกลุ่มที่วัด 1 ชั่วโมง และกลุ่มที่วัด 24 ชั่วโมง

- กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติทิวเวย์แอนโนวา (2-way ANOVA)
- กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิสเทส (Kruskal-Wallis Test)

3. วิเคราะห์ความแตกต่างของแรงยึดเคื่อนระหว่างกลุ่มที่วัด 1 ชั่วโมง และกลุ่มที่วัด 24 ชั่วโมง ของซีเมนต์ชนิดเดียวกัน

- กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติอินดีเพนเดนทที-เทส (Independent T-test)
- กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติแมนวิทนียูเทส (Mann-Whitney U Test)

การวิเคราะห์ผลทั้งหมดใช้โปรแกรมเอส พี เอส เอส เวอร์ชัน 22 (SPSS for Windows® version 22) และกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าแรงยึดเฉือน

(*รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแสดงไว้ในภาคผนวก)

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยแรงยึดเฉือน (เมกะปาสคาล) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เรซินซีเมนต์	1 ชั่วโมง		24 ชั่วโมง	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
Super Bond C&B [®] (SB)	19.22 ^{a,*}	2.84	34.04 ^{d,#}	5.17
C&B [™] CEMENT (CB)	5.15 ^{b,*}	1.12	10.49 ^{e,#}	2.81
NX3 Nexus [®] (NX)	17.46 ^{a,*}	3.43	27.93 ^{f,#}	3.41

หมายเหตุ : .ในแต่ละสดมภ์ ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกัน แสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

: ในแต่ละแถว เครื่องหมาย (*) หรือ (#) ที่เหมือนกัน แสดงถึงการไม่มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้นจึงวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดทวิเวย์แอนโนวา (Two-way ANOVA) ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

- การใช้เรซินซีเมนต์ที่ต่างกัน มีผลทำให้ค่ากำลังการยึดติดแบบเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

- ระยะเวลาภายหลังจากยึดติดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟันที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่ากำลังการยึดติดแบบเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
- อิทธิพลร่วมของชนิดเรซินซีเมนต์และระยะเวลาภายหลังจากยึดติดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟัน มีผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าอิทธิพลของชนิดเรซินซีเมนต์และระยะเวลาภายหลังจากยึดติดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟัน มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือน โดยแยกเป็นการทดสอบต่างๆ ดังนี้

1. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างเรซินซีเมนต์ต่างชนิดกัน ที่ระยะเวลาภายหลังการยึดติดเดียวกัน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 9)

1.1 ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าค่ากำลังแรงยึดเฉือนของ Superbond C&B และ NX3 Nexus จะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ C&B CEMENT จะมีค่ากำลังแรงยึดเฉือนน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับ Superbond C&B และ NX3 Nexus

1.2 ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ Superbond C&B จะมีค่ากำลังแรงยึดเฉือนมากที่สุด และ C&B CEMENT มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนน้อยที่สุด

2. การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด ที่ระยะเวลาภายหลังการยึดติดที่แตกต่างกันพบว่า (ตารางที่ 9)

เรซินซีเมนต์ทุกชนิดที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงมีค่ากำลังแรงยึดเฉือนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ผลของลักษณะการแตกที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์

ตารางที่ 10 แสดงค่าความถี่ของลักษณะการแตกที่เกิดขึ้น

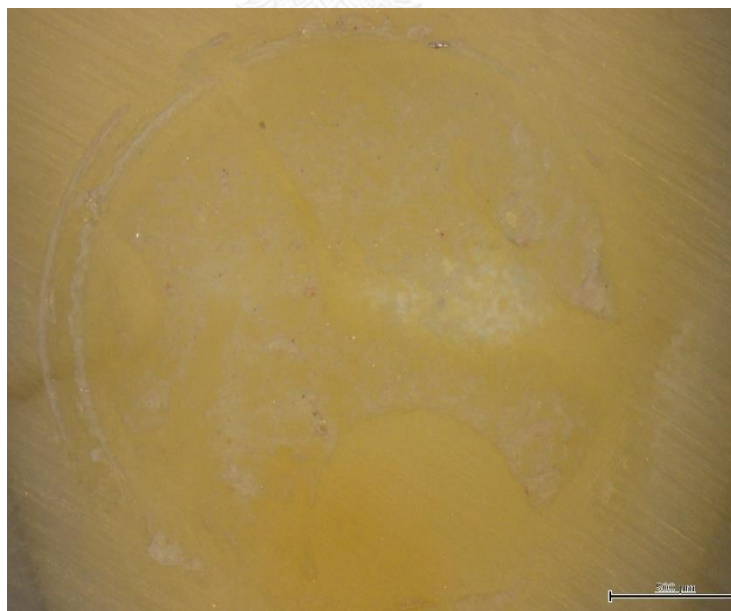
เรซินซีเมนต์	ความล้มเหลว				
	Adhesive	Co. in resin cement	Co. in dentin	Mixed	รวม
1 ชั่วโมง :					
Super Bond C&B®	3	0	0	12	15
C&B™ CEMENT	11	0	0	4	15
NX3 Nexus®	5	0	0	10	15
24 ชั่วโมง :					
Super Bond C&B®	2	0	0	13	15
C&B™ CEMENT	9	0	0	6	15
NX3 Nexus®	2	0	0	13	15
รวม	32	0	0	58	90

จากการประเมินการแตกหักที่บริเวณรอยต่อ พบว่า Super Bond C&B® และ NX3 Nexus® ทั้งในกลุ่ม 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีการแตกหักเกิดขึ้นบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือ ในเนื้อฟันมากที่สุด แต่ C&B™ CEMENT ทั้งในกลุ่ม 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง จะมีการแตกหักเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์มากที่สุด

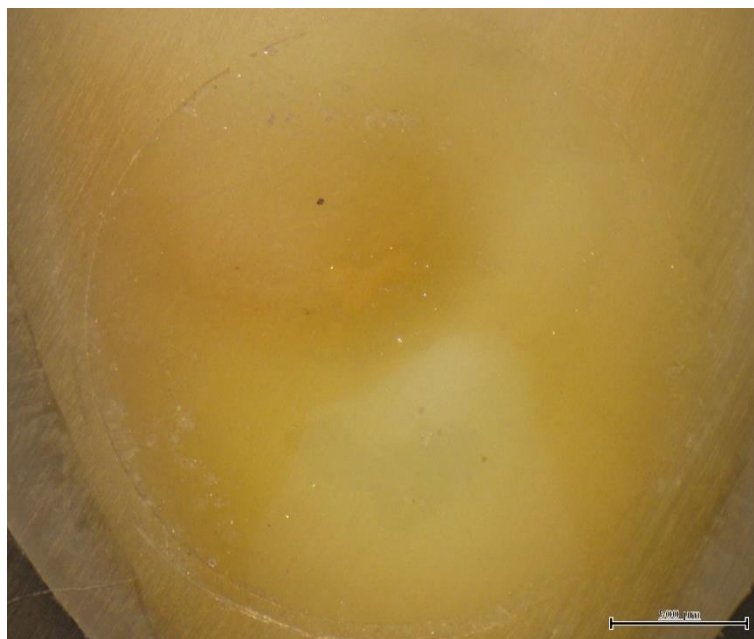
ภาพจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 40 เท่า แสดงลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้นบนด้านเนื้อฟันในลักษณะต่างๆ



รูปที่ 12 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



รูปที่ 13 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือในเนื้อฟัน (mixed fracture)



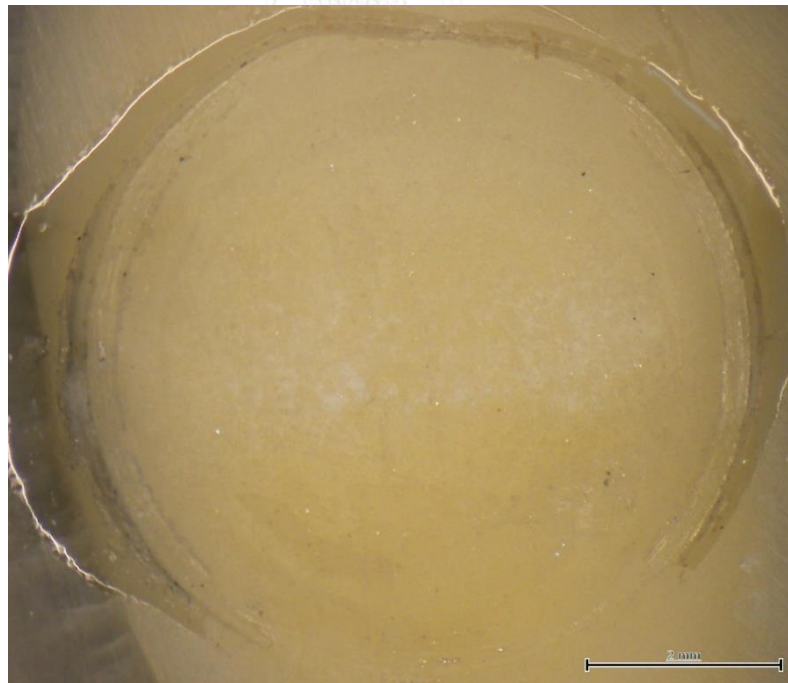
รูปที่ 14 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



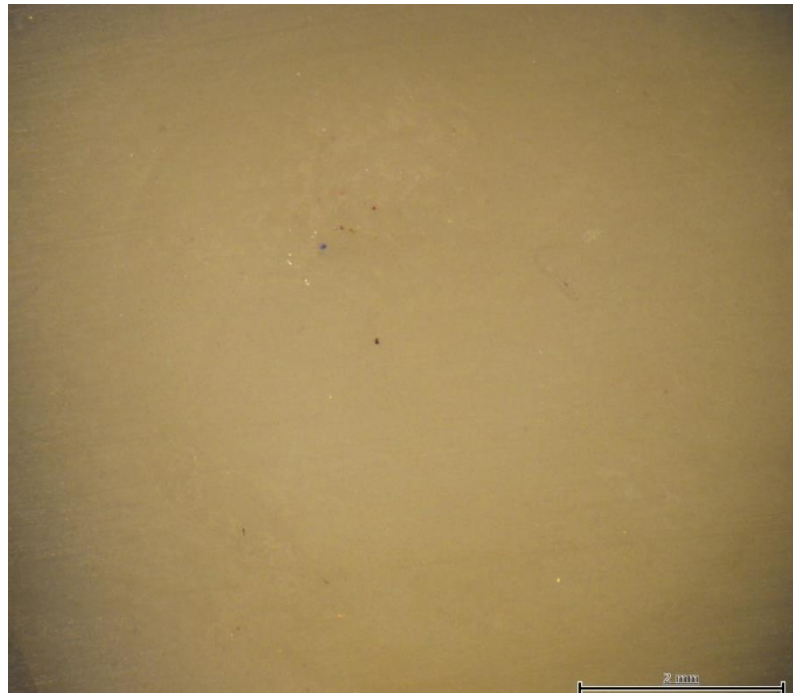
รูปที่ 15 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือในเนื้อฟัน (mixed fracture)



รูปที่ 16 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



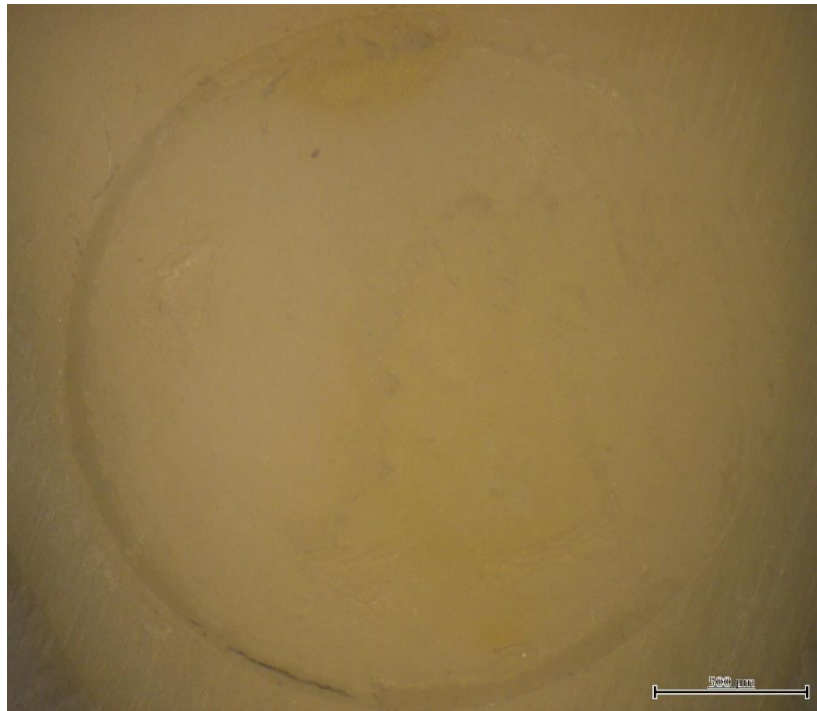
รูปที่ 17 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือในเนื้อฟัน (mixed fracture)



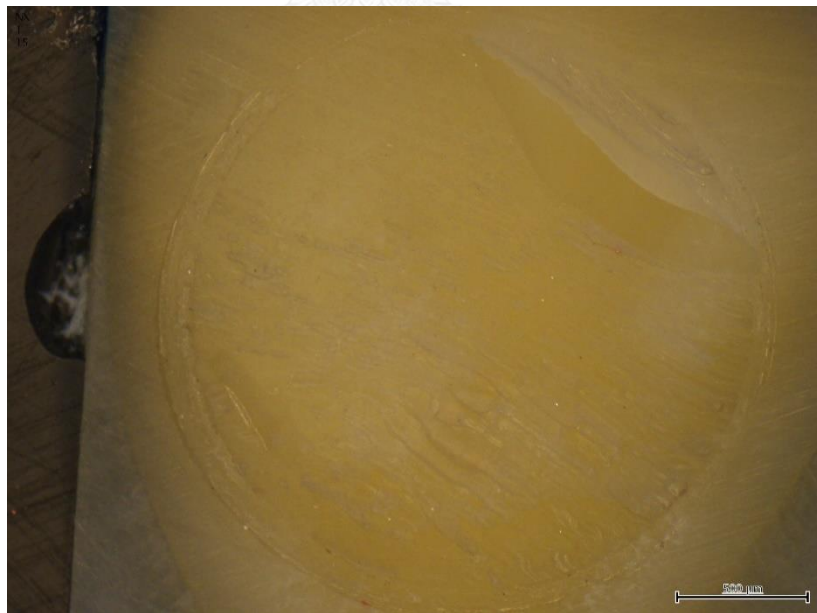
รูปที่ 18 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



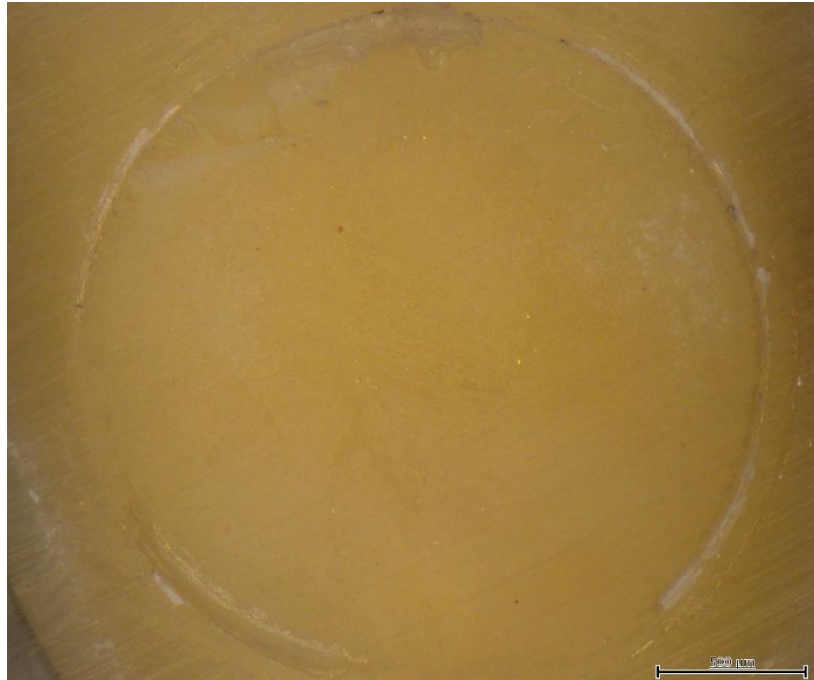
รูปที่ 19 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือในเนื้อฟัน (mixed fracture)



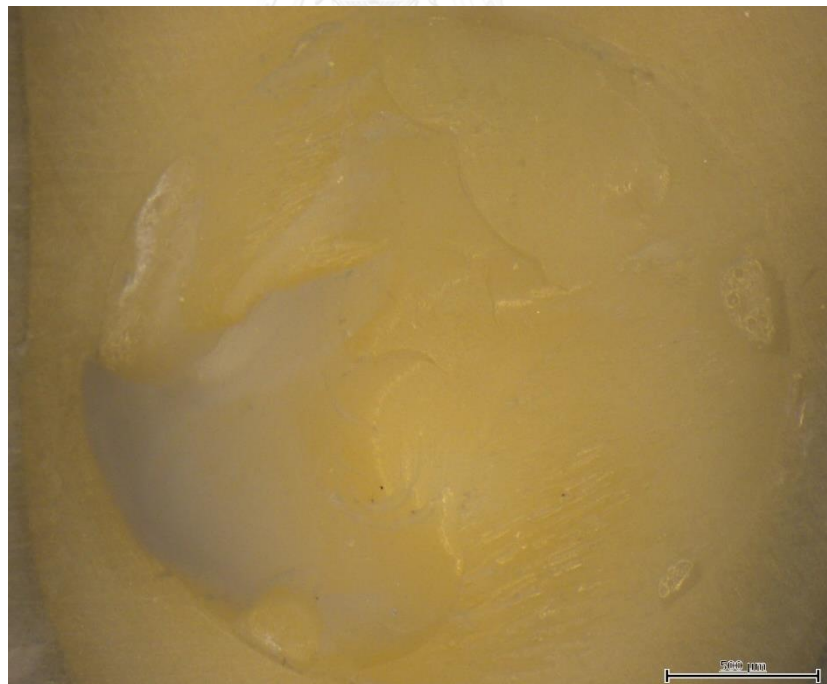
รูปที่ 20 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



รูปที่ 21 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือ ในเนื้อฟัน (mixed fracture)



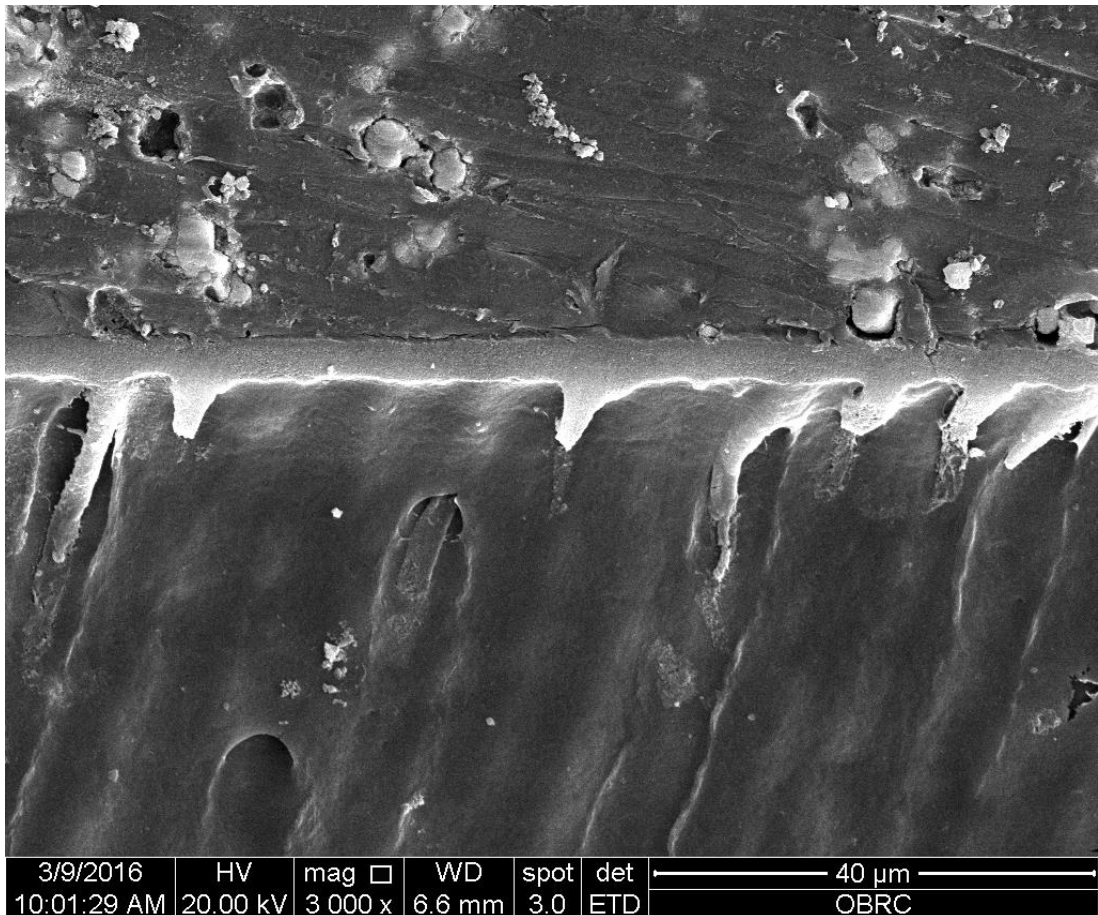
รูปที่ 22 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ (adhesive fracture)



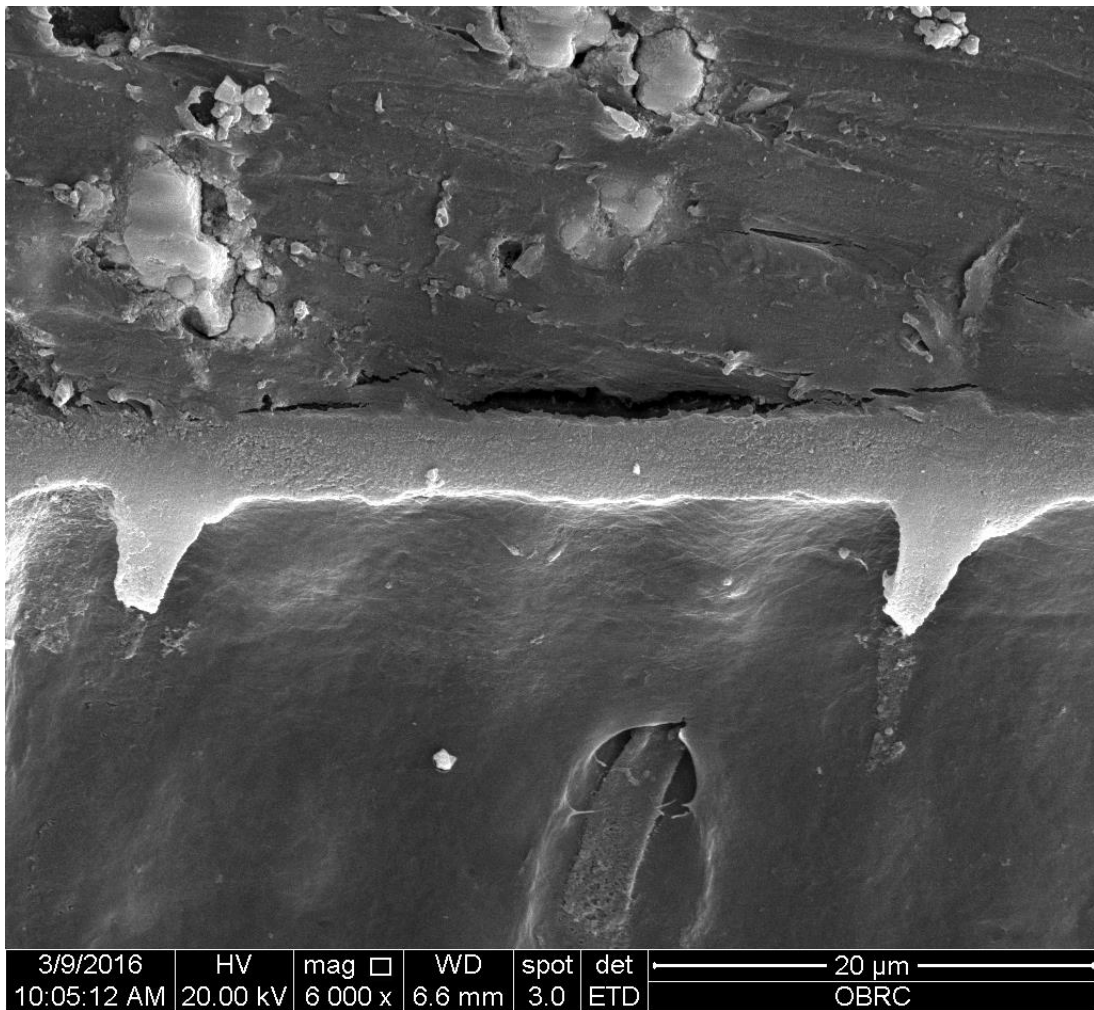
รูปที่ 23 แสดงภาพกำลังขยาย 40 เท่าบนด้านเนื้อฟันที่แตกหักของกลุ่ม NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่มีการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์ และ/หรือ ในเนื้อฟัน (mixed fracture)

ผลการประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์

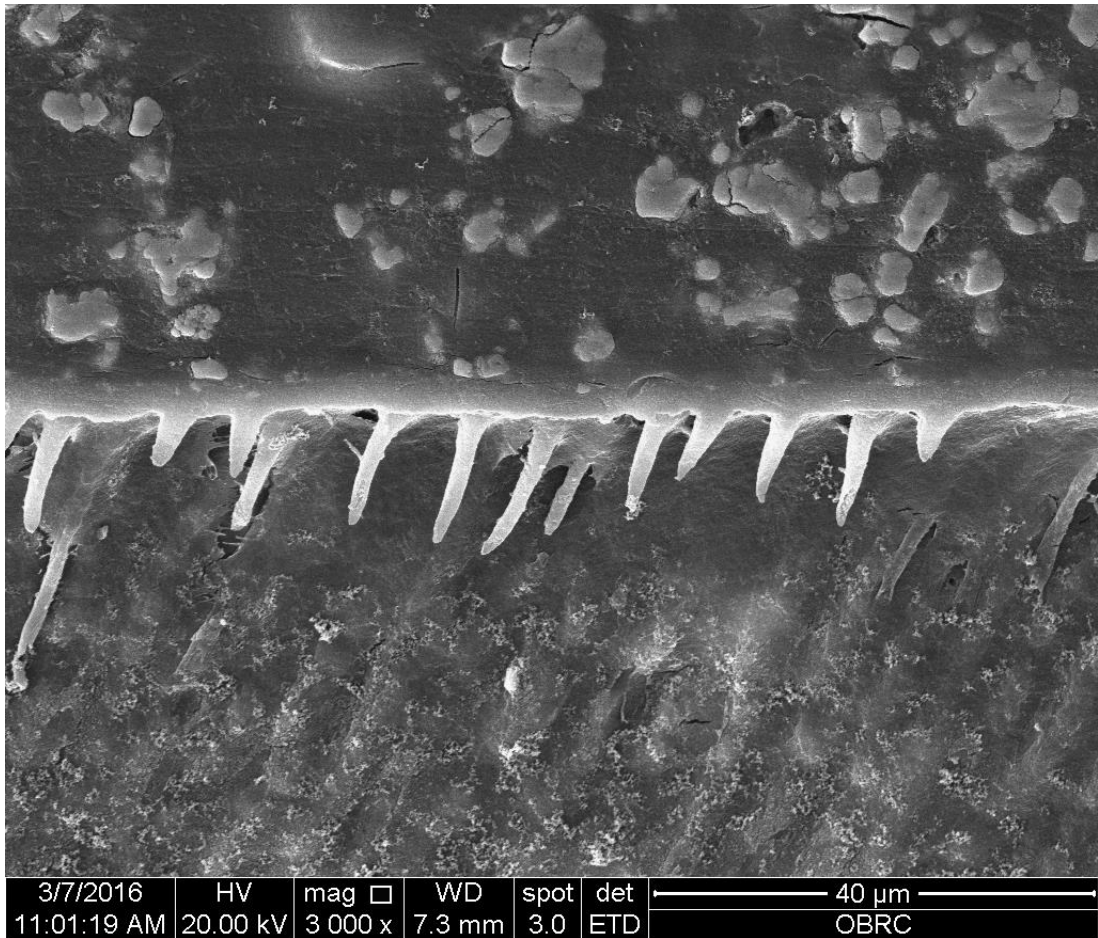
ภาพจากการดูบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 และ 6000 เท่า



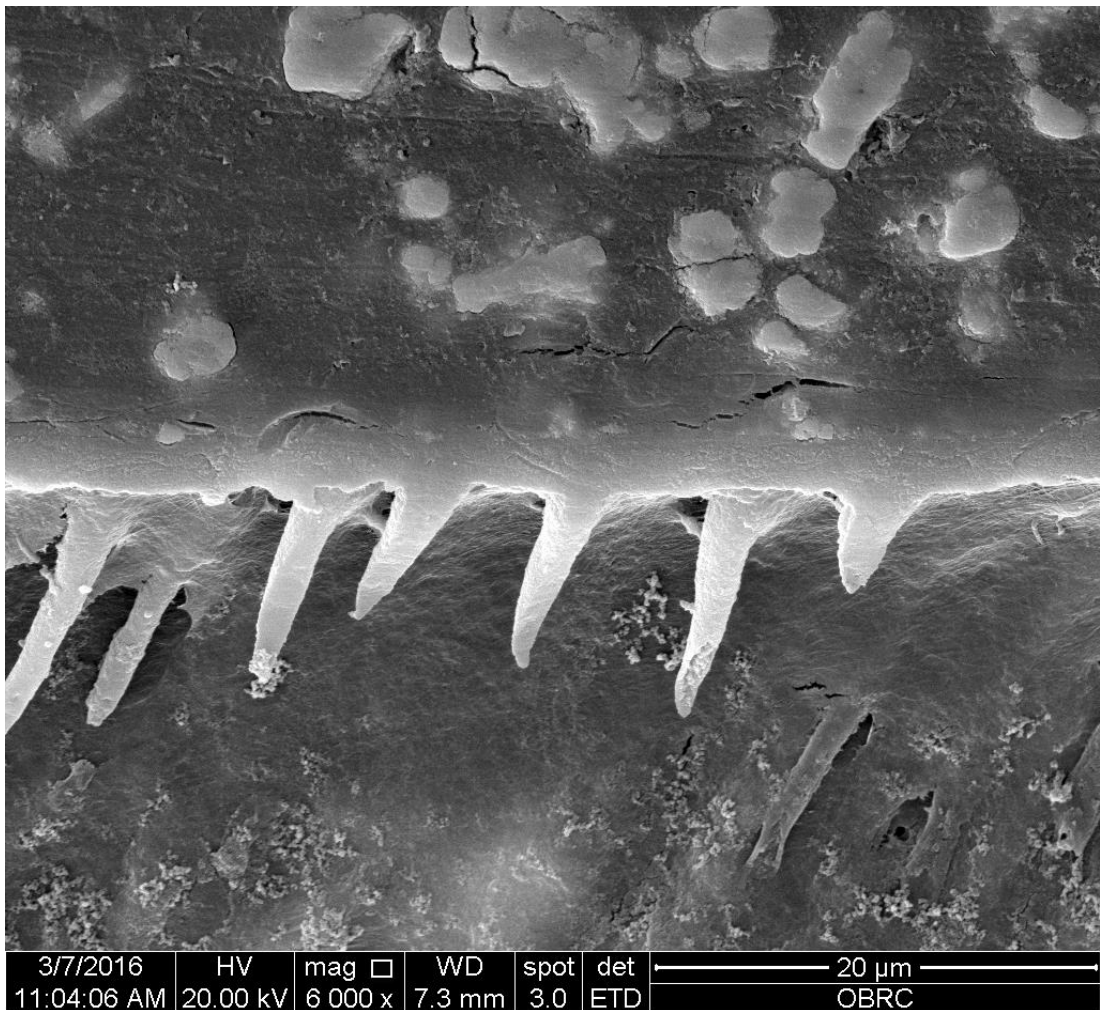
รูปที่ 24 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



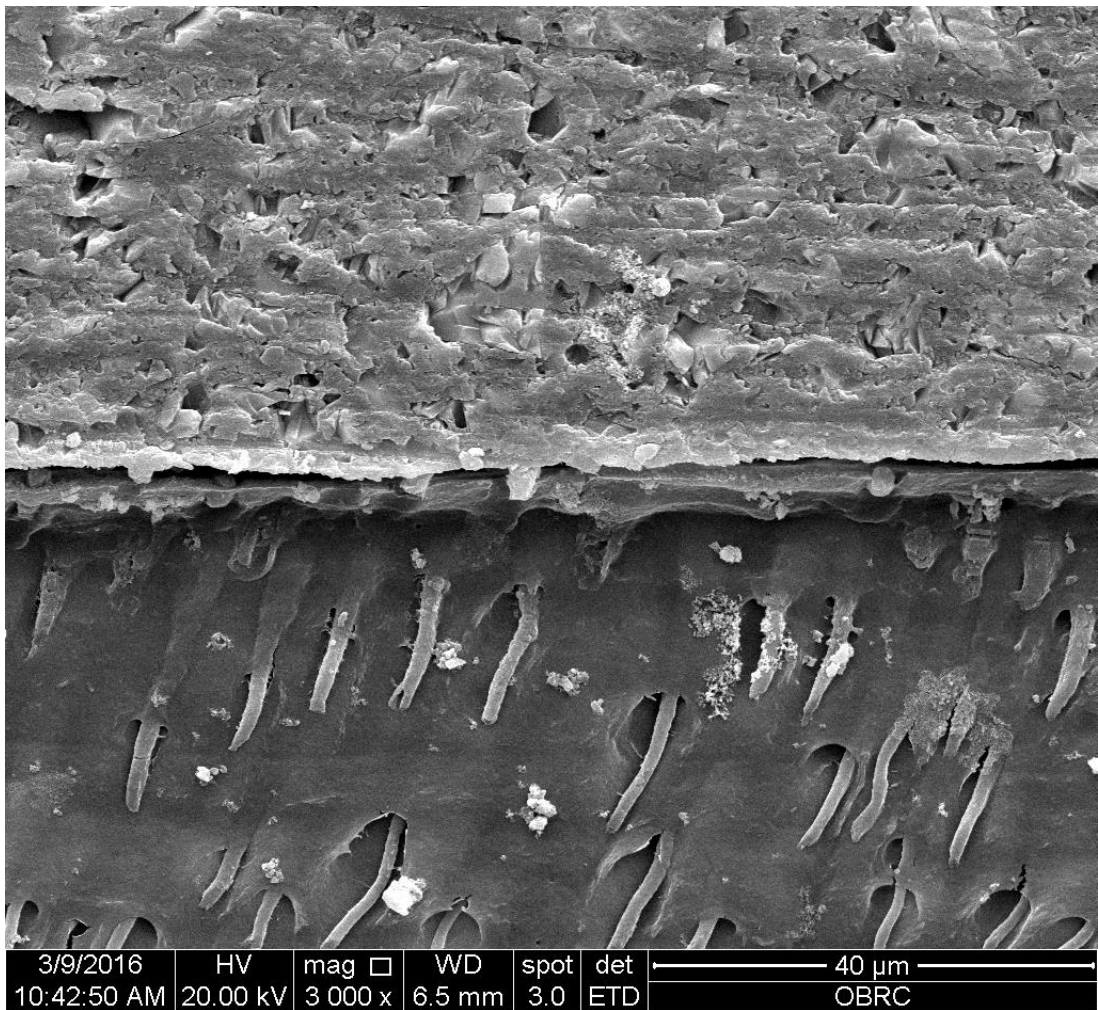
รูปที่ 25 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า



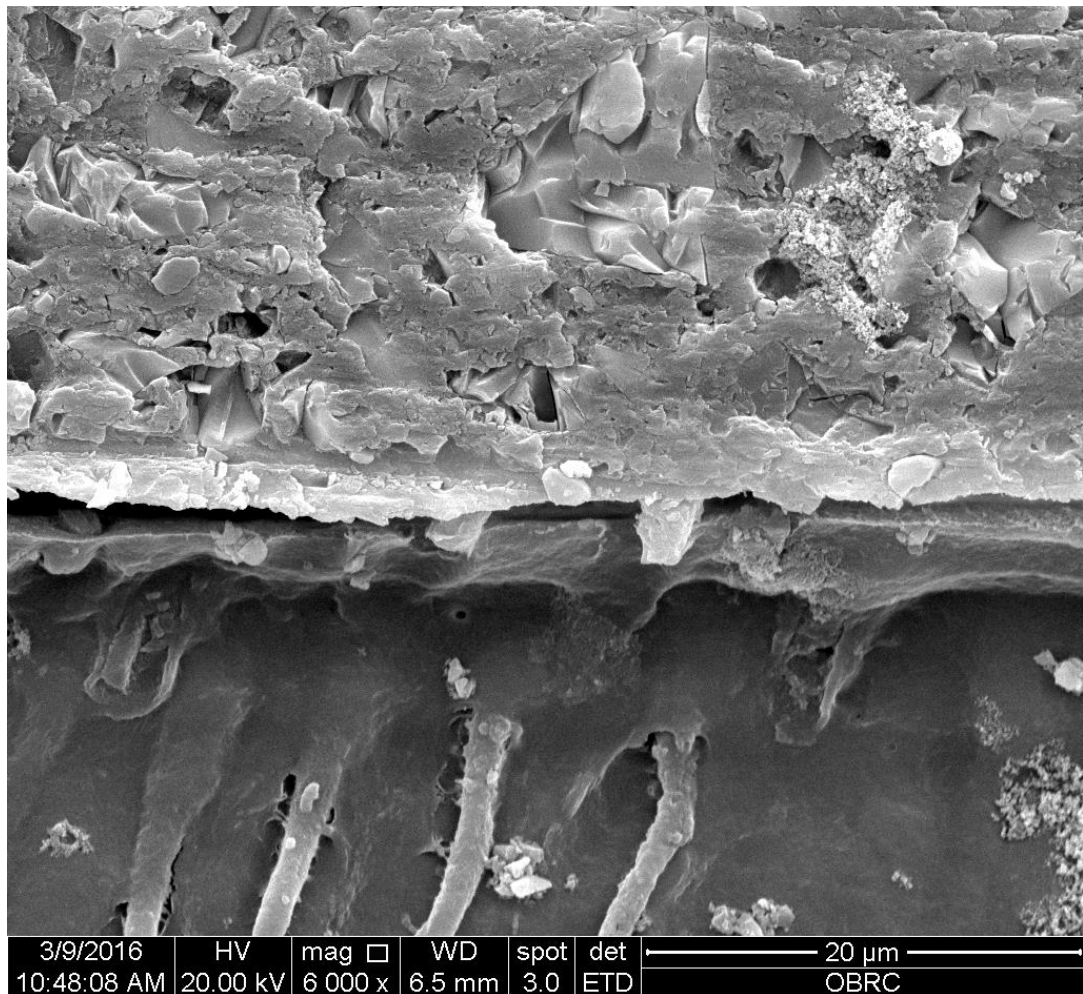
รูปที่ 26 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



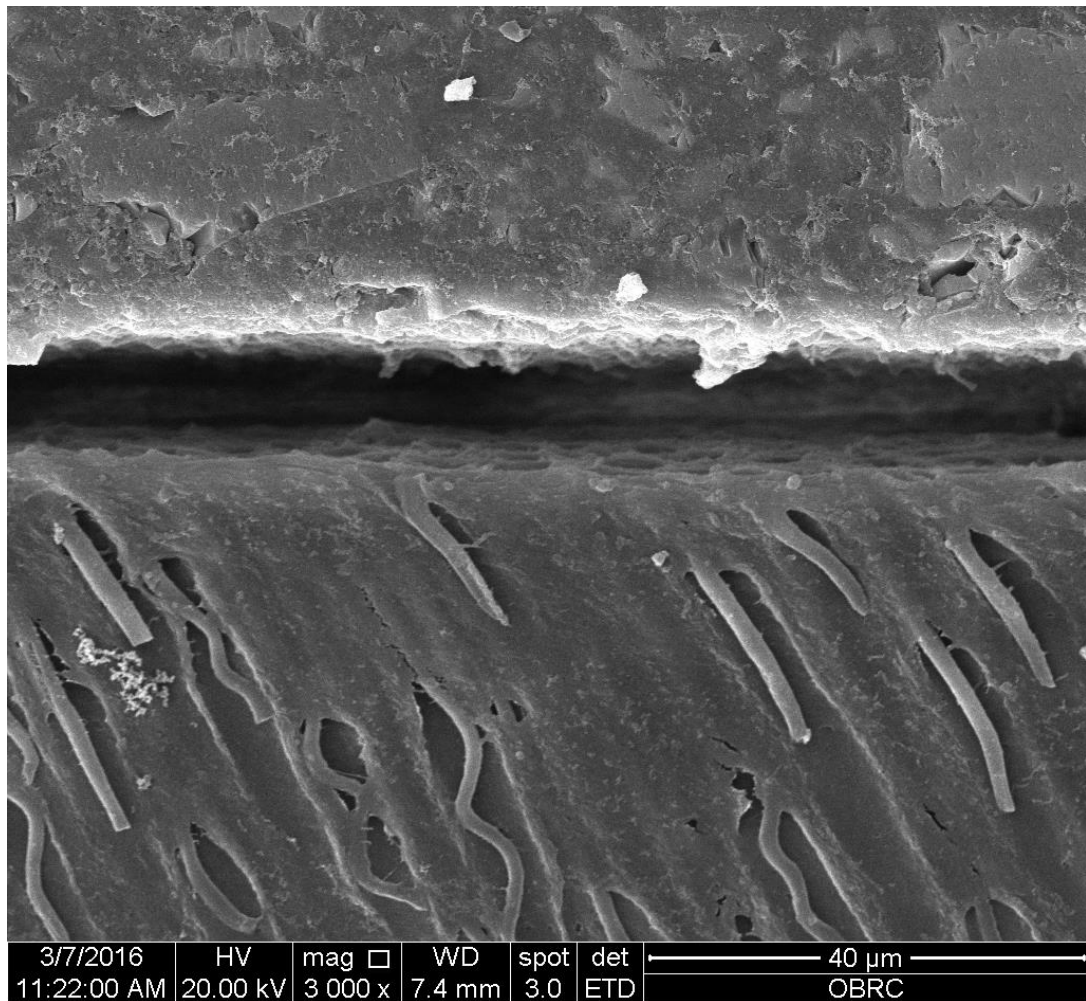
รูปที่ 27 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ Super Bond C&B® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า



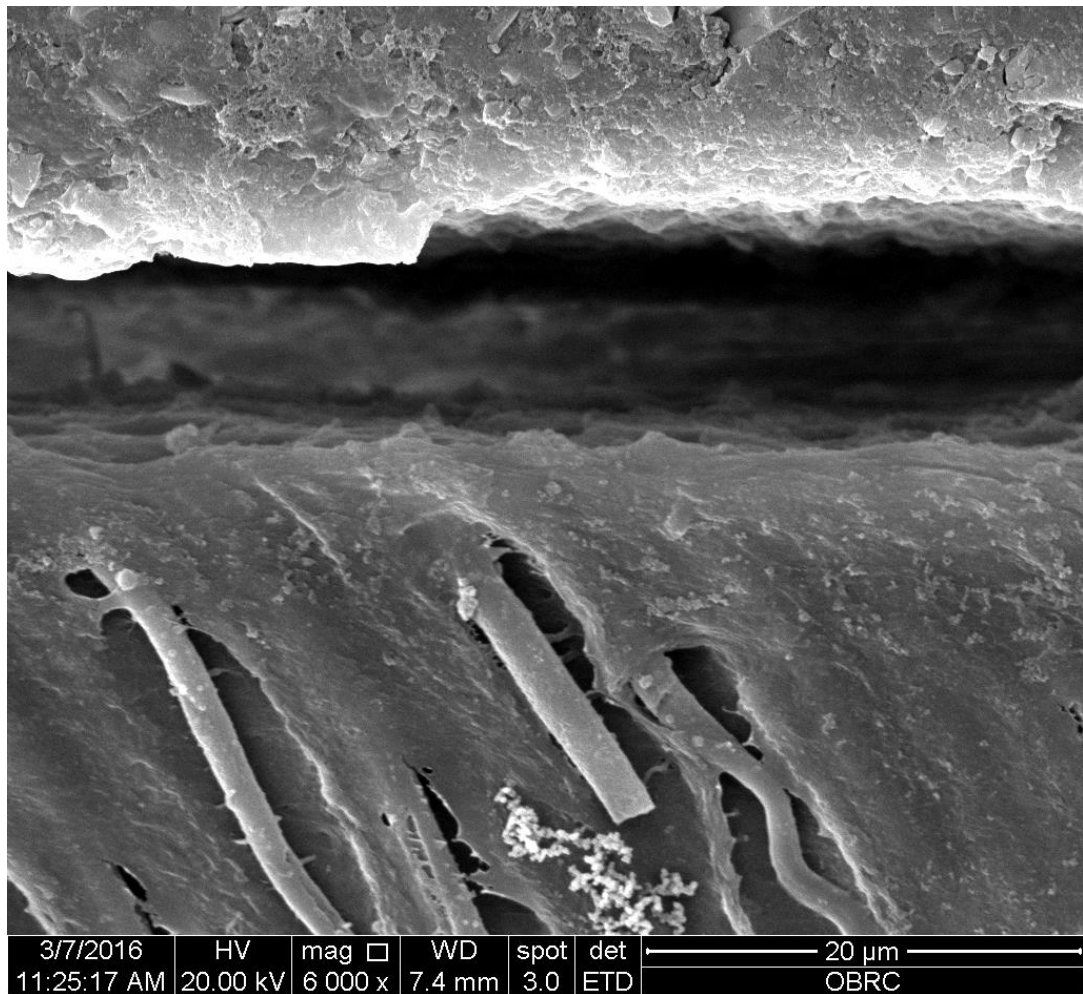
รูปที่ 28 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อพื้นและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



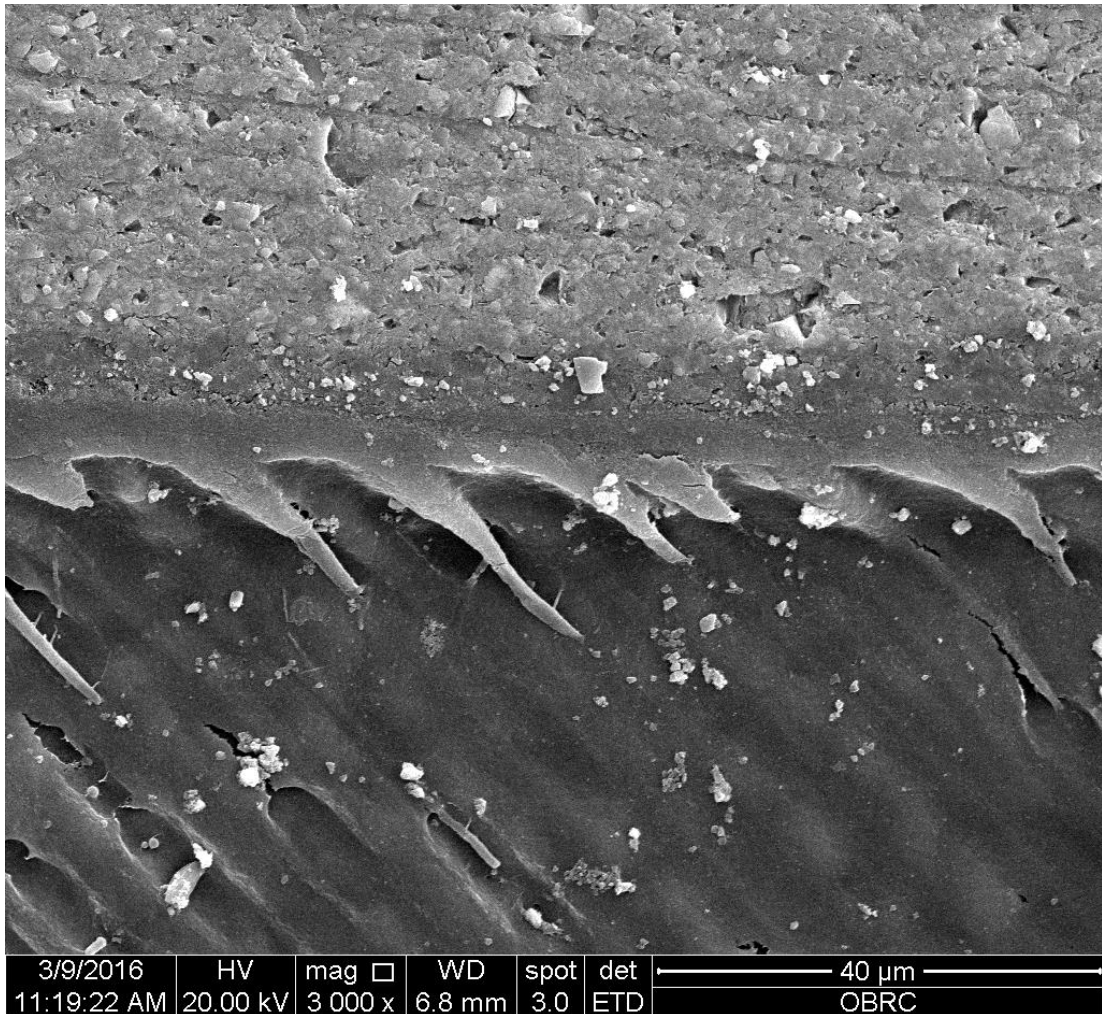
รูปที่ 29 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟิล์มและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า



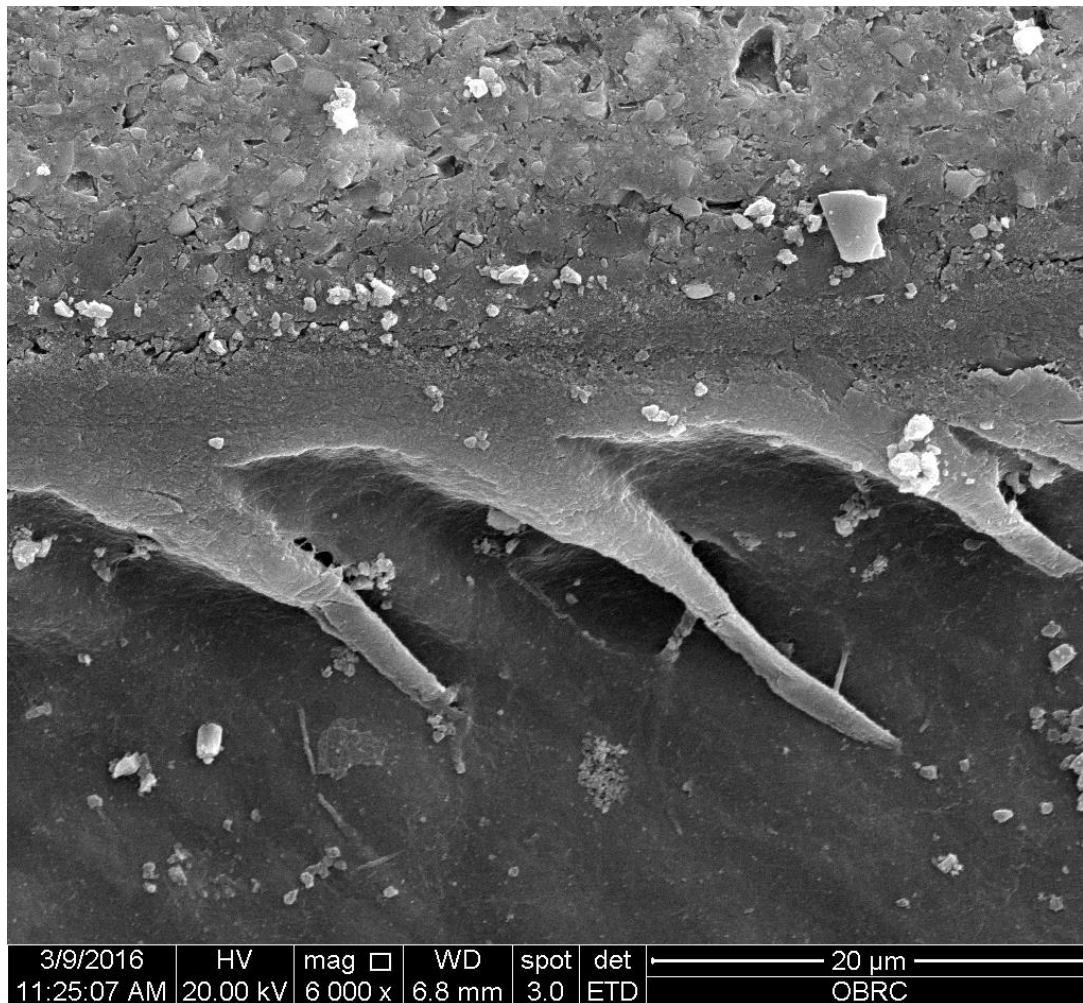
รูปที่ 30 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อพื้นและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



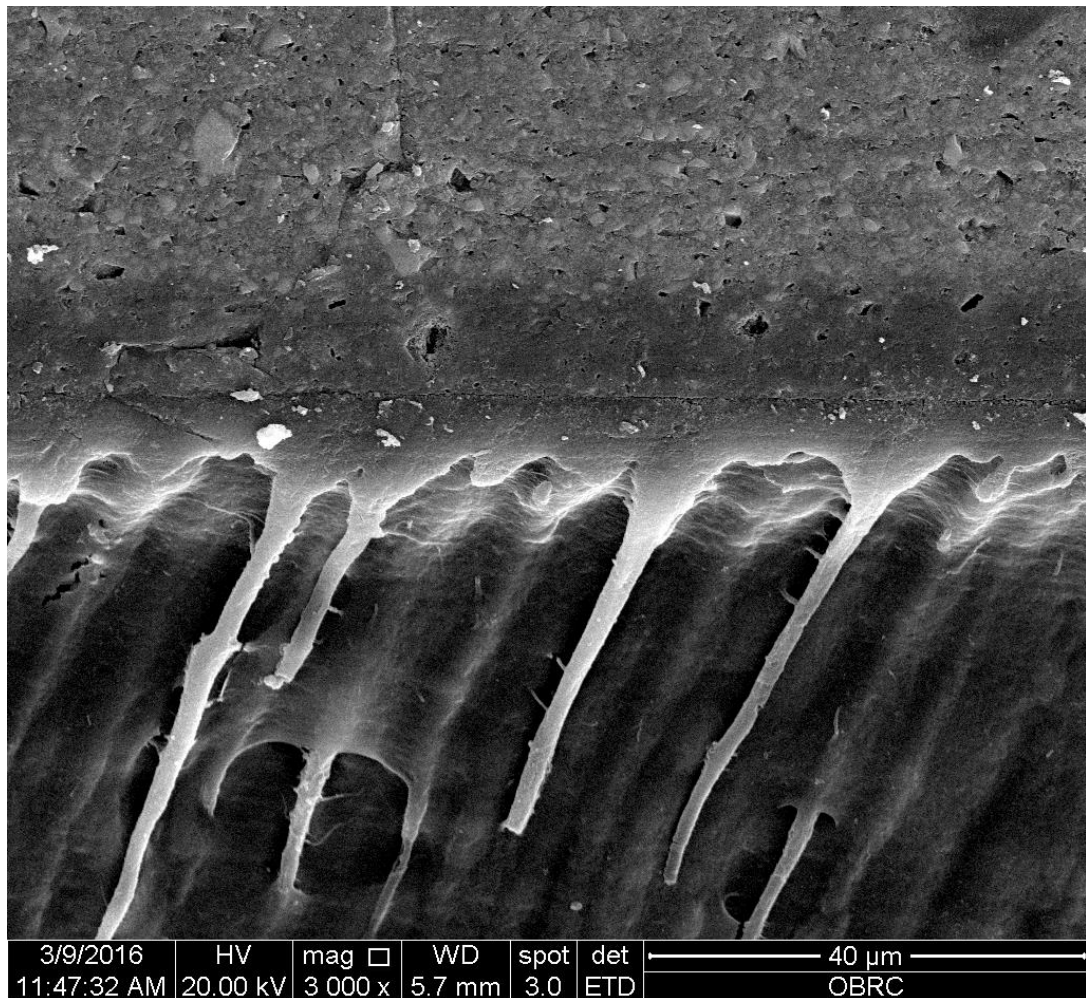
รูปที่ 31 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟิล์มและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ C&B™ CEMENT ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า



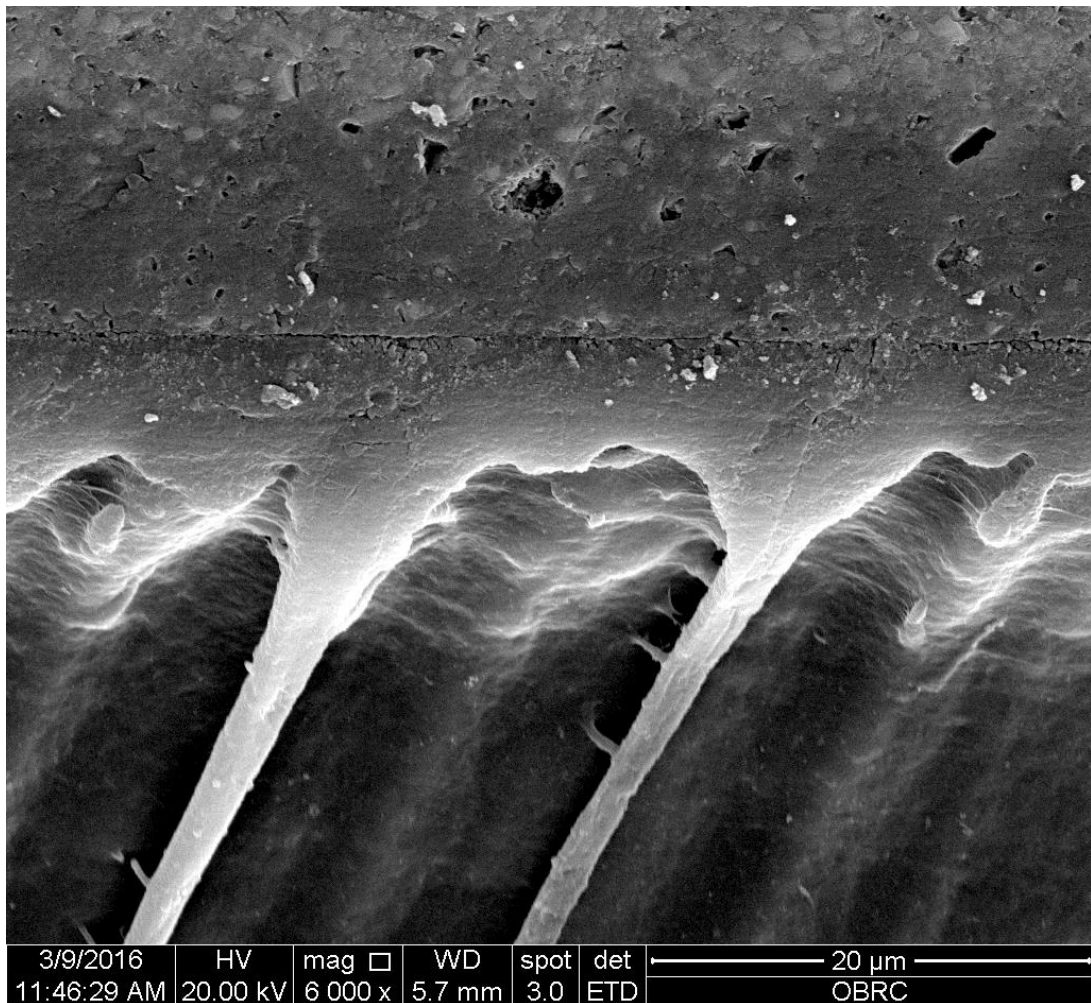
รูปที่ 32 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



รูปที่ 33 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อพื้นและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า



รูปที่ 34 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อพื้นและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 3000 เท่า



รูปที่ 35 แสดงภาพบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ในกลุ่มของ NX3 Nexus® ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 6000 เท่า

บทที่ 5

บทวิจารณ์การวิจัย

ความสำเร็จของการบูรณะพื้นด้วยวัสดุบูรณะโดยอัตโนมัติจะมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง หนึ่งในปัจจัยเหล่านั้นคือการเลือกใช้ซีเมนต์สำหรับยึดติดชิ้นงานให้มีความเหมาะสมกับประเภทของวัสดุบูรณะ ซึ่งในปัจจุบัน เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมในการใช้งานเป็นอย่างมาก และไม่ว่าจะเลือกใช้เรซินซีเมนต์ประเภทใดก็ตาม ควรให้ซีเมนต์มีอัตราการบ่มตัวที่เหมาะสมภายใต้วัสดุบูรณะนั้นๆ เนื่องจากอัตราการบ่มตัวมีผลต่อคุณสมบัติของเรซินซีเมนต์รวมถึงความสามารถในการยึดติดกับพื้นที่ทำการบูรณะ ไม่นานมานี้ ได้มีการพัฒนาเรซินซีเมนต์ประเภทที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีออกมาหลายผลิตภัณฑ์ บริษัทผู้ผลิตบางรายได้แนะนำว่าเรซินซีเมนต์ประเภทนี้สามารถใช้ได้กับวัสดุบูรณะที่เป็นโลหะซึ่งแสงไม่สามารถส่องถึงซีเมนต์ที่อยู่ข้างใต้ อย่างไรก็ตาม มีหลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเรซินซีเมนต์ประเภทแข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีที่ไม่ได้รับการกระตุ้นจากแสง โดยปล่อยให้เกิดการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเพียงอย่างเดียว จะมีอัตราการบ่มตัวที่ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แสงร่วมด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของเรซินซีเมนต์นั้นๆ(16-19) แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับค่าความแข็งแรงของการยึดติดของเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมีที่มีต่อเนื้อฟันในกรณีที่ไม่ปล่อยให้เกิดการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเท่านั้น ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติดของเรซินซีเมนต์แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี (NX3 Nexus®) เปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (Super Bond C&B® และ C&B™ CEMENT) ในสภาวะที่ไม่ใช้แสงกระตุ้นปฏิกิริยาการแข็งตัว โดยทำการวัดค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากการยึดติดกับเนื้อฟัน

ในการศึกษานี้ทำการศึกษาในฟันกรามน้อยที่ถูกถอนเพื่อการจัดฟัน โดยไม่มีพยาธิสภาพหรือวัสดุบูรณะใดๆ บนตัวฟัน และเนื่องจากเนื้อฟันในแต่ละบริเวณจะมีความหนาแน่นและขนาดของท่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงการยึดติดของวัสดุที่นำมายึด (99) จึงได้ทำการควบคุมระดับความลึกของเนื้อฟันที่จะทำการยึดติด โดยตัดฟันที่บริเวณใต้อยู่ต่อ

ระหว่างเนื้อฟันและเคลือบฟัน เพื่อให้ได้เนื้อฟันส่วนบนของฟันทุกๆ ที่ที่นำมาทำการศึกษา นอกจากนี้ วิธีที่ใช้ในการเก็บฟันของการศึกษานี้คือการแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ไม่นเกิน 6 เดือน ซึ่งสามารถคงสภาพของฟันภายหลังจากการถอนได้มากที่สุด(77)

การทดสอบค่าความแข็งแรงในการยึดติดของการศึกษานี้ใช้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวตามวิธีการของไอเอสไอ 11405(100) เนื่องจากลักษณะของแรงเฉือนมักจะพบได้บ่อยในการใช้งานของฟันหรือวัสดุบูรณะ(101) และวิธีทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวได้รับความนิยมในการนำมาทดสอบค่าความแข็งแรงของการยึดติดมาเป็นระยะเวลายาวนาน วิธีทดสอบนี้คือสามารถทำได้ง่าย มีการเตรียมชิ้นงานที่ไม่ยุ่งยากเพราะพื้นที่ในการยึดติดที่ต้องการทดสอบมีขนาดใหญ่ และเครื่องมือที่ใช้ไม่ซับซ้อนมากนัก(69) อย่างไรก็ตาม การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมีพื้นที่ยึดติดขนาดใหญ่ จะมีโอกาสเกิดจุดบกพร่องบริเวณรอยต่อระหว่างฟันและวัสดุที่ทำการทดสอบ ทำให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่ได้มีค่าแปรปรวนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การทดสอบกำลังการยึดติดอยู่ต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาค(102) นอกจากนี้ยังต้องควบคุมแนวแรงที่ให้กับชิ้นตัวอย่างให้อยู่ที่บริเวณรอยต่อของการยึดติดเพื่อให้ได้ค่ากำลังแรงยึดที่แท้จริง(69)

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง กลุ่ม Super Bond C&B[®] จะมีค่าความแข็งแรงยึดเหนี่ยวสูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Super Bond C&B[®] ใช้สารที่มีส่วนประกอบของกรดซิติริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ร่วมกับเพอร์ริคคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 ในการปรับสภาพเนื้อฟันก่อนทำการยึดติดด้วยซีเมนต์ ขณะที่เรซินซีเมนต์กลุ่มอื่นๆ จะใช้กรดฟอสฟอริกเพื่อปรับสภาพเนื้อฟัน โดยกรดซิติริกและเพอร์ริคคลอไรด์จะช่วยส่งเสริมการยึดติดของโพรเมตาเอ็มเอ็มเอทีบีเรซิน (4-META/MMA-TBB) ที่เป็นส่วนประกอบของ Super Bond C&B[®](103) และจะช่วยป้องกันการยุบตัวของคอลลาเจนในเนื้อฟัน ทำให้โมโนเมอร์สามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อฟันได้ดี(104) นอกจากนี้ เพอร์ริคไอออนจากเพอร์ริคคลอไรด์ในสารปรับสภาพจะแทรกซึมเข้าไปในคอลลาเจนและทำหน้าที่เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาการแข็งตัวของอนุมูลอิสระ (free radical) จากทีบีบีเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยา(105) ลักษณะการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์กลุ่ม Super Bond C&B[®] ส่วนใหญ่มีการแตกหักแบบผสมคือ เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์และ/หรือในเนื้อฟัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในบางตำแหน่ง เรซินซีเมนต์ชนิดนี้มีค่าความแข็งแรงของการยึดติดต่อเนื้อฟัน

มากกว่าค่าความแข็งแรงของตัวเรซินซีเมนต์เอง การประเมินระดับจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์นี้สนับสนุนค่าความแข็งแรงของการยึดติดที่มาก โดยพบชั้นไฮบริดที่มีคุณภาพดี มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันและไม่มีฟองอากาศ และมีความหนาประมาณ 3 ไมโครเมตรเท่านั้น

สำหรับกลุ่ม NX3 Nexus[®] ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งทำการฉายแสงเฉพาะสารยึดติดแต่ไม่ได้ฉายแสงที่ตัวเรซินซีเมนต์ โดยปล่อยให้เรซินซีเมนต์เกิดการแข็งด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเท่านั้น พบว่า ค่าแรงยึดเฉือนที่ 1 ชั่วโมงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม Super Bond C&B[®] ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการฉายแสงสารยึดติดจะทำให้เกิดชั้นไฮบริดและชั้นของสารยึดติดที่มีเสถียรภาพก่อนที่จะทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการปิดเนื้อฟันและป้องกันไม่ให้น้ำจากเนื้อฟันแทรกซึมผ่านเข้ามาโดยขบวนการออสโมซิส (osmosis) ดังนั้นจึงเกิดความแข็งแรงของการยึดติดที่ดีได้ในทันที(106) ดังเช่นการศึกษาของ Lührs และคณะ ในปี 2014 ที่พบว่า การฉายแสงสารยึดติดก่อนทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ โดยหลังจากนั้นจะฉายแสงที่เรซินซีเมนต์หรือไม่ก็ตาม ค่ากำลังการยึดต่อแรงดึงเชิงกลระดับจุลภาคจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น RelyX Ultimate (3M ESPE) ที่ใช้ร่วมกับการใช้สารยึดติด Scotchbond Universal (3M ESPE)(107) และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและ NX3 Nexus[®] พบว่าชิ้นงานส่วนใหญ่มีลักษณะการแตกหักแบบผสมคือเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ร่วมกับการแตกหักในเรซินซีเมนต์และ/หรือในเนื้อฟัน ซึ่งจะเหมือนกับกลุ่ม Super Bond C&B[®] แสดงให้เห็นว่าจุดอ่อนแอที่ทำให้เกิดการแตกหักไม่ใช่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันและเรซินซีเมนต์ทั้งหมด และผลจากประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์พบว่า มีชั้นไฮบริดเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ โดยมีความหนาประมาณ 3.8 ไมโครเมตร

เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงยึดเฉือนในกลุ่มของ C&B[™]CEMENT กับกลุ่ม Super Bond C&B[®] และ NX3 Nexus[®] ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงพบว่า กลุ่ม C&B[™]CEMENT มีค่าค่าแรงยึดเฉือนน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เรซินซีเมนต์ในกลุ่ม C&B[™]CEMENT นี้ได้มีการใช้ร่วมการยึดติดคือ ALL-BOND 3 ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตได้แนะนำให้ผสมสารไพรเมอร์ทั้งสองชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน

แล้วทดลองไปบนเนื้อฟันที่ถูกปรับสภาพด้วยกรดฟอสฟอริกแล้ว จากนั้นทำการฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที และทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์เลย โดยที่ทางบริษัทไม่ได้แนะนำให้ทาเฉพาะสารยึดติด (ALL-BOND 3 RESIN) ทับลงไปภายหลังจากการทาสารไพรเมอร์ มีการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การทาเฉพาะสารไพรเมอร์ที่มีลักษณะชอบน้ำ (hydrophilic) จะทำให้น้ำจากเนื้อฟันสามารถแทรกซึมผ่านขึ้นมาได้ (108, 109) ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งทำการยึดติดตามคำแนะนำของบริษัท โดยทาเฉพาะสารไพรเมอร์บนเนื้อฟัน จึงอาจทำให้เกิดการแทรกซึมของน้ำผ่านขึ้นมาบริเวณที่ทำการยึดติด ทำให้การยึดติดของ C&B™ CEMENT กับเนื้อฟันนั้นไม่ค่อยดี ค่าแรงยึดเฉือนที่วัดได้ในการศึกษานี้จะสอดคล้องกับลักษณะการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ที่พบว่า ชิ้นงานส่วนใหญ่เกิดการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ทั้งหมด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลจากประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ที่พบว่า มีช่องว่างระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันเกิดขึ้น โดยที่อาจจะไม่พบชั้นไฮบริดในบริเวณนั้น อย่างไรก็ตาม หากมีการทาไดเมทาคริลเลทเรซินที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ทับลงไปอีกชั้นก่อนที่จะทำการยึดติด เพื่อป้องกันการแทรกซึมของน้ำขึ้นมาบริเวณรอยต่อ ก็อาจจะเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของการยึดติดของ C&B™ CEMENT กับเนื้อฟันได้ (110, 111)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า แต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กลุ่ม Super Bond C&B® มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนสูงที่สุด รองลงมาคือ NX3 Nexus® และ C&B™ CEMENT ตามลำดับ การที่ Super Bond C&B® มีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่มากกว่าซีเมนต์อื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจจะเป็นเนื่องจาก Super Bond C&B® มีอัตราการบ่มตัวที่รวดเร็วกว่าเพราะเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้สามารถเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวได้แม้ในสถานะที่ไม่มีแสง อย่างไรก็ตาม แม้ว่า C&B™ CEMENT จะเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเช่นกัน แต่กลับมีค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือนที่น้อยที่สุด สาเหตุน่าจะมาจากสารยึดติด ALL-BOND 3 ที่ใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ในกลุ่มนี้ ที่ทางบริษัทได้มีการแนะนำให้ทาเฉพาะสารไพรเมอร์อย่างเดียวในการยึดติดวัสดุบูรณะโดยอ้อม จึงทำให้น้ำในเนื้อฟันสามารถแทรกซึมผ่านขึ้นมาได้ ส่งผลทำให้เกิดการยึดติดที่ไม่ดี สำหรับกลุ่มของ NX3 Nexus® ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาสองชนิด ซึ่งในการศึกษานี้จะปล่อยให้ชิ้นงานเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวใน

สภาวะที่ไม่มีแสง ดังนั้น NX3 Nexus® จะแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเท่านั้น ซึ่งจะทำให้อัตราการการบ่มตัวช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การฉายแสงร่วมด้วยหรือเมื่อเปรียบเทียบกับเรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ที่ทำการเปรียบเทียบอัตราการบ่มตัวจากการวัดความแข็งผิวของเรซินซีเมนต์และพบว่า เรซินซีเมนต์ชนิดที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีจะมีความแข็งผิวที่มากกว่าเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวของระบบในสภาวะไม่มีแสง(21) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์ที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาสองชนิดในสภาวะของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำการวัดอัตราการบ่มตัวโดยตรงที่พบว่า ถ้าหากมีการฉายแสงร่วมด้วยจะทำให้อัตราการบ่มตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการแข็งตัวในสภาวะที่ไม่มีแสง(17)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนของซีเมนต์ชนิดเดียวกันที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมง พบว่า ซีเมนต์ทุกกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแรงยึดเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไป เรซินซีเมนต์ทุกกลุ่มจะเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันที่เพิ่มมากขึ้น (17) ส่งผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน แต่ถึงแม้ว่าซีเมนต์ทุกกลุ่มจะมีค่าเฉลี่ยกำลังยึดเฉือนที่เพิ่มขึ้นก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงจะพบว่า ลักษณะการแตกหักจะคล้ายกับที่เกิดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ผลจากการประเมินระดับจุลภาคที่บริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์พบว่า กลุ่ม Super Bond C&B® และ NX3 Nexus® เกิดชั้นไฮบริดหนาประมาณ 3 ไมโครเมตร และ 4 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม C&B™ CEMENT จะไม่พบชั้นไฮบริดในบางตำแหน่ง เนื่องจากพบช่องว่างระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน ส่งผลทำให้สังเกตเห็นไฮบริดได้ยาก นอกจากนี้ยังพบว่า ชั้นไฮบริดของกลุ่ม NX3 Nexus® ซึ่งหนามากกว่ากลุ่ม Super Bond C&B® จะไม่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันเหมือนในกลุ่มของ Super Bond C&B® แสดงให้เห็นว่า ชั้นไฮบริดที่หนาไม่ได้บ่งบอกถึงความแข็งแรงของการยึดติดที่ดีแต่อย่างใด โดยความแข็งแรงของการยึดติดจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของชั้นไฮบริดมากกว่า(112)

จากผลที่ได้ในการศึกษานี้ จึงปฏิเสธสมมุติฐานของการวิจัยทั้ง 2 ข้อ เนื่องจากเรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะมีแรงยึดเฉือนต่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน ยกเว้นที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ที่ Super Bond C&B® และ NX3 Nexus® จะมีแรงยึดเฉือนที่ไม่มี

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีที่ระยะเวลาต่างกันจะมีแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้ชนิดของเรซินซีเมนต์ให้เหมาะสมกับชนิดของวัสดุบูรณะโดยอ้อมนั้นเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากอัตราการบวมตัวของเรซินซีเมนต์จะมีผลต่อค่ากำลังการยึดติดของวัสดุบูรณะต่อเนื้อฟัน ซึ่งการศึกษานี้พบว่า ในสภาวะที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้ การใช้เรซินซีเมนต์ชนิดอะคริลิกเรซินซีเมนต์แบบดัดแปลงที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะให้ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวที่มากกว่าการใช้ไดเมธาคริลเลทซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี และมากกว่าเรซินซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาสองระบบ แต่ถ้าหากจำเป็นต้องใช้เรซินซีเมนต์ชนิดไดเมธาคริลเลทซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ก่อนที่จะทำการยึดด้วยซีเมนต์ควรจะต้องมีการปรับสภาพผิวฟันร่วมกับการใช้สารยึดติด โดยทาทั้งสารไพรเมอร์และทาไดเมธาคริลเลทเรซินที่มีลักษณะไม่ชอบน้ำทับลงไปอีกชั้น (110, 111) เพื่อป้องกันการแทรกซึมของความชื้นจากตัวฟันที่จะมีผลต่ออัตราการบวมตัวและการยึดติดของเรซินซีเมนต์ และจากผลการศึกษานี้พบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังยึดเหนี่ยวของซีเมนต์ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทันตแพทย์จึงควรแนะนำไม่ให้ผู้ป่วยใช้งานบริเวณฟันที่ทำการบูรณะอย่างน้อย 24 ชั่วโมงภายหลังจากยึดด้วยวัสดุบูรณะโดยอ้อมไปแล้ว เพื่อให้วัสดุเกิดความแข็งแรงและมีการยึดติดกับเนื้อฟันเพิ่มมากขึ้น

การศึกษานี้มีแม้ว่าจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาในแต่ละกลุ่มจำนวนไม่มากนัก แต่จากการทดสอบค่าการกระจายตัวของประชากรในแต่ละกลุ่มพบว่าการกระจายตัวที่ปกติ ดังนั้น จำนวนประชากรในการศึกษานี้ น่าจะเพียงพอที่จะใช้เป็นตัวแทนประชากรของแต่ละกลุ่มได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติดเพียงอย่างเดียวและเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ จึงไม่สามารถจำลองสภาพแวดล้อมและปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีผลต่อค่าความแข็งแรงของการยึดติดได้เหมือนสภาพจริงในช่องปาก การใช้งานในทางคลินิกจะมีแรงกระทำบนวัสดุบูรณะที่แตกต่างจากแรงในห้องปฏิบัติการ โดยจะเป็นแรงที่มากกว่าซ้ำๆ และต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งสภาวะเช่นนี้จะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของการยึดติดของเรซินซีเมนต์ได้มาก(113) ดังนั้น การศึกษาโดยเปรียบเทียบเฉพาะค่าความแข็งแรงของการยึดติดเพียงอย่างเดียวจะไม่สามารถบ่งบอกประสิทธิภาพของเรซินซีเมนต์ได้ทั้งหมด

ในปัจจุบัน นอกจากเรซินซีเมนต์และสารยึดติดที่ใช้ในการศึกษานี้แล้ว ยังมีเรซินซีเมนต์และสารยึดติดอีกเป็นจำนวนมากที่ได้มีการพัฒนาออกมาจำหน่าย การศึกษาความแข็งแรงของ

การยืดติดของเรซินซีเมนต์และสารยึดติดชนิดอื่นๆ จะช่วยให้ได้ข้อมูลสำหรับการเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้องที่มากขึ้นและสามารถนำไปปรับปรุงวิธีการใช้งานให้เหมาะสมได้อีกด้วย นอกจากนี้ การศึกษาค่าความแข็งแรงของการยึดติดแล้ว การศึกษาในแง่อื่นๆ ที่มีผลต่อความสำเร็จของการบูรณะวัสดุโดยอ้อม เช่น การละลายตัว ความแนบสนิทตามขอบ การหดตัว รวมทั้งการศึกษาทางคลินิก เป็นสิ่งจำเป็นและน่าสนใจในการศึกษาต่อเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากยิ่งขึ้น เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุให้เกิดความสำเร็จในการบูรณะ



บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้สภาวะการทดลองนี้

1. เรซินซีเมนต์ชนิดต่างๆ ภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี จะมีแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง Super Bond C&B[®] และ NX3 Nexus[®] จะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แตกต่างกัน C&B[™] CEMENT มีค่าแรงยึดเหนื่อนน้อยกว่าทั้งสองกลุ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เรซินซีเมนต์ทุกกลุ่มจะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Super Bond C&B[®] มีค่ากำลังแรงยึดเหนื่อนสูงที่สุด รองลงมาคือ NX3 Nexus[®] และ C&B[™] CEMENT ตามลำดับ

2. เรซินซีเมนต์แต่ละชนิดภายใต้การแข็งตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีที่ระยะเวลาต่างกัน จะมีแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน โดยที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทุกกลุ่มจะมีค่าแรงยึดเหนี่ยวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลา 1 ชั่วโมง

รายการอ้างอิง

1. Donald HL, Jeanson BG, Gardiner DM, Sarkar NK. Influence of dentinal adhesives and a prefabricated post on fracture resistance of silver amalgam cores. *J Prosthet Dent.* 1997;77(1):17-22.
2. Carter JM, Sorensen SE, Johnson RR, Teitelbaum RL, Levine MS. Punch shear testing of extracted vital and endodontically treated teeth. *J Biomech.* 1983;16(10):841-8.
3. Peutzfeldt A, Sahafi A, Flury S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Oper Dent.* 2011;36(6):266-73.
4. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA. Tooth preparations for complete crowns: an art form based on scientific principles. *J Prosthet Dent.* 2001;85(4):363-76.
5. Kaufman EG, Coelho DH, Colin L. Factors influencing the retention of cemented gold castings. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 1961;11(3):487-502.
6. Hill EE, Lott J. A clinically focused discussion of luting materials. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:67-76.
7. Clinicians' guide to dental products & techniques. Clinical Research Associates. 2004.
8. Stamatacos C, Simon JF. Cementation of indirect restorations: an overview of resin cements. *Compendium of continuing education in dentistry.* 2013;34(1):42-4, 6.
9. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA. Kinetic analysis of monomer conversion in auto- and dual-polymerizing modes of commercial resin luting cements. *J Prosthet Dent.* 2009;101(2):128-36.
10. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent.* 2003;89(2):127-34.
11. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004;17(3):357-63.
12. Prinsloo LC, van der Vyver PJ, Ferreira MR, Heyns AM. Percentage cure of cement cured through various thicknesses of Cerec porcelain. *J Dent Assoc S Afr.* 1998;52(5):283-6.
13. <http://www.dentaladvisor.com/clinical-evaluations/evaluations/3m-espe-relyx-ultimate-adhesive-resin-cement.shtml>.
14. <http://www.kerrdental.com/kerrdental-cements-nx3-2>.
15. <http://www.kuraraydental.com/product/cements/panavia-f2-0>.
16. Harashima I, Nomata T, Hirasawa T. Degree of conversion of dual-cured composite luting cements. *Dental Materials Journal.* 1991;10(1):8-17.
17. Rueggeberg FA, Caughman WF. The influence of light exposure on polymerization of dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 1993;18(2):48-55.
18. Tanoue N, Koishi Y, Atsuta M, Matsumura H. Properties of dual-curable luting composites polymerized with single and dual curing modes. *J Oral Rehabil.* 2003;30(10):1015-21.
19. Blackman R, Barghi N, Duke E. Influence of ceramic thickness on the polymerization of light-cured resin cement. *J Prosthet Dent.* 1990;63(3):295-300.
20. Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dental Materials.* 1985;1(1):11-4.
21. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil.* 2002;29(3):257-62.

22. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DC. Hardening of dual-cured cements under composite resin inlays. *J Prosthet Dent.* 1991;66(2):187-92.
23. Watts DC. Elastic moduli and visco-elastic relaxation. *J Dent.* 1994;22(3):154-8.
24. Darr AH, Jacobsen PH. Conversion of dual cure luting cements. *J Oral Rehabil.* 1995;22(1):43-7.
25. el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Operative dentistry.* 1999;24(1):38-44.
26. SÜMER E, DEĞER Y. Contemporary Permanent Luting Agents Used in Dentistry: A Literature Review. *Int Dent Res.* 2011;1:26-31.
27. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent Clin N Am.* 2007;51:453-71.
28. Van Noort R. *Introduction to Dental Materials.* 2nd ed. St. Louis: Mosby; 2002.
29. Donovan TE, Cho GC. Contemporary evaluation of dental cements. *Compend Contin Educ Dent.* 1999;20:197-9.
30. Davidson CL, Van Zeghbroeck L, Feilzer AJ. Destructive stresses in adhesive luting cements. *J Dent Res.* 1991;70:880-2.
31. O'Brien WJ. *Dental Materials and Their Selection.* 4 ed. Canada: Quintessence Publishing Co, Inc; 2008.
32. International Organization for Standardization. *Dentistry --polymer-based filling, restorative and luting materials.* ISO No. 4049:2009.
33. Sakaguchi RL, Powers JM. *Craig's RESTORATIVE DENTAL MATERIALS.* 13th ed. Philadelphia: Elsevier Inc.; 2012.
34. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 1999;81(2):135-41.
35. Warren K. An investigation into the microhardness of a light cured composite when cured through varying thicknesses of porcelain. *J Oral Rehabil.* 1990;17(4):327-34.
36. Breeding LC, Dixon DL, Caughman WF. The curing potential of light-activated composite resin luting agents. *J Prosthet Dent.* 1991;65(4):512-8.
37. Cardash HS, Baharav H, Pilo R, Ben-Amar A. The effect of porcelain color on the hardness of luting composite resin cement. *J Prosthet Dent.* 1993;69(6):620-3.
38. Simon JF, Darnell LA. Considerations for proper selection of dental cements. *Compend Contin Educ Dent.* 2012;33(1):28-36.
39. Swift EJ, Jr., Bayne SC. Shear bond strength of a new one-bottle dentin adhesive. *Am J Dent.* 1997;10(4):184-8.
40. Burgess JO, Ghuman T, Cakir D. Self-adhesive resin cements. *J Esthet Restor Dent.* 2010;22(6):412-9.
41. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil.* 2011;38(4):295-314.
42. Cekic I, Ergun G, Lassila LV, Vallittu PK. Ceramic-dentin bonding: effect of adhesive systems and light-curing units. *J Adhes Dent.* 2007;9(1):17-23.
43. Kanehira M, Finger WJ, Hoffmann M, Komatsu M. Compatibility between an all-in-one self-etching adhesive and a dual-cured resin luting cement. *J Adhes Dent.* 2006;8(4):229-32.
44. Simon JF, de Rijk WG. Dental cements. *Inside Dentistry.* 2006;2(2):42-7.
45. 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.* 2004;20(10):963-71.
46. Hill EE. Dental cements for definitive luting: a review and practical clinical considerations. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):643-58.

47. Christensen GJ. Should resin cements be used for every cementation? *J Am Dent Assoc.* 2007;136(6):817-9.
48. Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo Quintessence; 1998.
49. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997;25(5):355-72.
50. Takahashi A, Sato Y, Uno S, Pereira PN, Sano H. Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. *Dent Mater.* 2002;18(3):263-8.
51. Shono Y, Ogawa T, Terashita M, Carvalho RM, Pashley EL, Pashley DH. Regional measurement of resin-dentin bonding as an array. *JDR.* 1999;78(2):699-705.
52. Yang B, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater.* 2006;22(1):45-56.
53. Burrow MF, Takakura H, Nakajima M, Inai N, Tagami J, Takatsu T. The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dent Mater.* 1994;10(4):241-6.
54. Ferrari M, Cagidiaco MC, Vichi A, Mannocci F, Mason PN, Mjör IA. Bonding of all-porcelain crowns: structural characteristics of the substrate. *Dental Materials.* 2001;17(2):156-64.
55. Mak YF, Lai SC, Cheung GS, Chan AW, Tay FR, Pashley DH. Micro-tensile bond testing of resin cements to dentin and an indirect resin composite. *Dent Mater.* 2002;18:609-21.
56. Armstrong SR, Keller JC, Boyer DB. Mode of failure in the dentin-adhesive resin-resin composite bonded joint as determined by strength-based (mTBS) and fracture-based (CNSB) mechanical testing. *Dent Mater* 2002;17:10.
57. Jacobsen T, Söderholm KJ. Some effects of water on dentin bonding. *Dental Materials.* 1995;11(2):132-6.
58. Pereira PNR, Okuda M, Sano H, Yoshikawa T, Burrow MF, Tagami J. Effect of intrinsic wetness and regional difference on dentin bond strength. *Dental Materials.* 1999;15(1):46-53.
59. Pioch T, Stotz S, Buff E, Duschner H, Staehle HJ. Influence of different etching times on hybrid layer formation and tensile bond strength. *Am J Dent.* 1998;11(5):202-6.
60. Meerbeek VB. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Dent* 2001;6:26.
61. Ai H, Nagai M. Effect of the adhesive layer thickness on the fracture toughness of dental adhesive resins. *Dent Mater J.* 2000;19(2):153-63.
62. Arrais CA, Giannini M, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effect of curing mode on microtensile bond strength to dentin of two dual-cured adhesive systems in combination with resin luting cements for indirect restorations. *Oper Dent* 2007;32:37-44.
63. Hofmann N, Papsthart G, Hugo B, Klaiber B. Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil.* 2001;28:1022-8.
64. Piwowarczyk A, Bender R, Ottl P, Lauer HC. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. *dental materials.* 2007;23:211-7.
65. Asmussen E. Setting time of composite restorative resins vs. content of amine, peroxide, and inhibitor. *Acta Odontol Scand.* 1981;39(5):291-4.
66. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater.* 1995;11(2):117-25.

67. Federation Dentaire Internationale. Dentine bonding. Technical Report No. 35. International dental journal. 1990;40(2):127-8.
68. Kitasako Y, Burrow MF, Nikaido T, Harada N, Inokoshi S, Yamada T, et al. Shear and tensile bond testing for resin cement evaluation. Dent Mater. 1995;11(5):298-304.
69. Watanabe I, Nakabayashi N. Measurement methods for adhesion to dentine: the current status in Japan. J Dent. 1994;22(2):67-72.
70. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. Dent Mater. 2010;26(2):e38-49.
71. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Operative Dentistry. 2003;28(3):215-35.
72. ISO, CD TR 11405. Dental Materials: Guidance on Testing of Adhesion to Tooth Structure, 1994.
73. Technical specification ISO/TS 11405. Dental materials – testing of adhesion to tooth structure. Switzerland; 2003.
74. DeWald JP. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies: a review of infection control considerations. Dent Mater J. 1997;13:74-81.
75. Humel MMC, Oliveira MT, Cavalli V, Giannini M. Effect of storage and disinfection methods of extracted bovine teeth on bond strength to dentin. Braz J Oral Sci. 2007;6(22):1402-6.
76. Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni GV. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. Archives of Oral Biology. 1998;43:305-11.
77. Brannstrom M, Coli P, Blixt M. Effect of tooth storage and cavity cleansing on cervical gap formation in Class II glass-ionomer/composite restorations. Dent Mater. 1992;8(5):327-31.
78. Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. Dent Mater. 1992;8(2):125-30.
79. Nakabayashi N, Watanabe A, Gendusa NJ. Dentin adhesion of "modified" 4-META/MMA-TBB resin: function of HEMA. Dent Mater. 1992;8(4):259-64.
80. Fujisawa S, Kadoma Y. Effect of phenolic compounds on the polymerization of methyl methacrylate. Dent Mater. 1992;8(5):324-6.
81. Watanabe LG, Marshall GW, Marshall SJ. Variables influence on shear bond strength testing to dentin. In: Advanced Adhesive Dentistry – 3rd International Kuraray Symposium. 1999:75–90.
82. Hasegawa T, Itoh K, Koike T, Yukitani W, Hisamitsu H, Wakumoto S, et al. Effect of mechanical properties of resin composites on the efficacy of the dentin bonding system. Oper Dent. 1999;24:323–30.
83. Thomsen KB, Peutzfeldt A. Resin composites: strength of the bond to dentin versus mechanical properties. Clin Oral Investig. 2007;11(1):45-9.
84. Zidan O, Asmussen E, JØRgensen KD. Correlation between tensile and bond strength of composite resins. European Journal of Oral Sciences. 1980;88(4):348-51.
85. DeHoff PH, Anusavice KJ, Wang Z. Three-dimensional finite element analysis of the shear bond test. Dent Mater. 1995;11(2):126-31.
86. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. Dent Mater. 2010;26(2):e78-93.

87. Sinhoreti MA, Consani S, De Goes MF, Sobrinho LC, Knowles JC. Influence of loading types on the shear strength of the dentin-resin interface bonding. *J Mater Sci Mater Med.* 2001;12(1):39-44.
88. Titley KC, Chernecky R, Rossouw PE, Kulkarni GV. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. *Archives of Oral Biology.* 1998;43(4):305-11.
89. Ozcan M, Mese A. Adhesion of conventional and simplified resin-based luting cements to superficial and deep dentin. *Clin Oral Investig.* 2012;16(4):1081-8.
90. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substructure of smear layers in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1988;33(4):265-70.
91. Vaz RR, Hipolito VD, D'Alpino PH, Goes MF. Bond strength and interfacial micromorphology of etch-and-rinse and self-adhesive resin cements to dentin. *J Prosthodont.* 2012;21(2):101-11.
92. Chaves CA, de Melo RM, Passos SP, Camargo FP, Bottino MA, Balducci I. Bond strength durability of self-etching adhesives and resin cements to dentin. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(3):155-60.
93. Lafuente JD, Chaves A, Carmiol R. Bond strength of dual-cured resin cements to human teeth. *J Esthet Dent.* 2000;12(2):105-10.
94. Fonseca RG, Dos Santos Cruz CA, Adabo GL, Vaz LG. Comparison of the tensile bond strengths of cast metal crowns luted with resin cements. *J Oral Rehabil.* 2004;31(11):1080-4.
95. Okuya N, Minami H, Kurashige H, Murahara S, Suzuki S, Tanaka T. Effects of metal primers on bonding of adhesive resin cement to noble alloys for porcelain fusing. *Dent Mater J.* 2010;29(2):177-87.
96. Hara AT, Pimenta LA, Rodrigues AL, Jr. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater.* 2001;17(2):165-9.
97. Armstrong SR, Boyer DB, Keller JC. Microtensile bond strength testing and failure analysis of two dentin adhesives. *Dent Mater.* 1998;14(1):44-50.
98. Margvelashvili M, Goracci C, Beloica M, Papacchini F, Ferrari M. In vitro evaluation of bonding effectiveness to dentin of all-in-one adhesives. *J Dent.* 2010;38(2):106-12.
99. Tagami J, Tao L, Pashley DH. Correlation among dentin depth, permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dental Materials.* 1990;6(1):45-50.
100. ISO. (International Organization for Standardization): ISO/TS 11405: 2003, Dental Materials-Testing of adhesion to tooth structure.
101. Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function-a review of the literature: (II) Speed of movement of the mandible, rate of chewing and forces developed in chewing. *J Oral Rehabil.* 1975;2(4):349-61.
102. 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. *Dental Materials.* 1994;10(4):236-40.
103. Imai Y, Kadoma Y, Kojima K, Akimoto T, Ikakura K, Ohta T. Importance of polymerization initiator systems and interfacial initiation of polymerization in adhesive bonding of resin to dentin. *J Dent Res.* 1991;70(7):1088-91.
104. Piemjai M, Iwasaki Y, Nakabayashi N. Influence of dentinal polyelectrolytes on wet demineralized dentin, a bonding substrate. *J Biomed Mater Res A.* 2003;66(4):789-94.
105. Kadoma Y, Imai Y. Effect of ferric salts on polymerization of MMA by TBBO in the presence of a collagen sheet--a model to study the mechanism of adhesion of MMA resin to dentin. *J Dent Mater.* 1988;7(5):817-23.

106. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, et al. Origin of interfacial droplets with one-step adhesives. *J Dent Res*. 2007;86(8):739-44.
107. Luhrs AK, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Composite cements benefit from light-curing. *Dent Mater*. 2014;30(3):292-301.
108. Momoi Y, Akimoto N, Kida K, Yip KH-K, Kohno A. Sealing ability of dentin coating using adhesive resin systems. *American journal of dentistry*. 2003;16(2):105-11.
109. Bouillaguet S, Duroux B, Ciucchi B, Sano H. Ability of adhesive systems to seal dentin surfaces: An in vitro study. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2000;2(3):201-8.
110. Tjan AH, Castelnuovo J, Liu P. Bond strength of multi-step and simplified-step systems. *Am J Dent*. 1996;9(6):269-72.
111. Reis A, Zander-Grande C, Kossatz S, Stanislawczuk R, Manso A, de Carvalho RM, et al. Effect of mode of application on the microtensile bond strength of a self-etch and etch-and-rinse adhesive system. *Oper Dent*. 2010;35(4):428-35.
112. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater*. 2000;16(6):406-11.
113. Ruse ND, Shew R, Feduik D. In vitro fatigue testing of a dental bonding system on enamel. *Journal of Biomedical Materials Research*. 1995;29(3):411-5.



ภาคผนวก (appendix)

ผลการทดลอง

ตารางแสดง ค่าแรงยึดเคียนของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

เรซินซีเมนต์ ลำดับ	Super Bond C&B® (SB-S)	C&B™CEMENT (CB-S)	NX3 Nexus® (NX-S)
1	18.4514	3.11024	12.1418
2	25.15	4.23175	14.8898
3	23.3639	6.85852	15.148
4	19.5265	6.30077	13.178
5	16.7962	6.39485	16.1454
6	16.7679	4.97978	18.172
7	19.0385	4.50656	14.7837
8	23.8697	5.28112	20.4749
9	18.3983	5.31613	23.9412
10	20.5876	4.50939	22.1614
11	18.3771	4.48357	18.3559
12	16.7219	3.77975	14.6281
13	16.1949	5.17183	19.8944
14	18.4754	5.26874	17.4815
15	16.6045	7.0007	20.4815
Mean	19.22159	5.146247	17.45851
Std. Deviation	2.836053	1.116631	3.433501

ตารางแสดง ค่าแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เรซินซีเมนต์ ลำดับ	Super Bond C&B® (SB-L)	C&B™ CEMENT (CB-L)	NX3 Nexus® (NX-L)
1	33.4752	12.7607	22.2145
2	25.8538	7.43324	26.2959
3	33.7479	7.57189	24.6089
4	34.6392	12.9955	25.5967
5	37.1927	9.40111	25.2773
6	38.848	18.4195	32.0095
7	28.708	11.8924	31.6365
8	35.0848	9.20623	33.9601
9	32.1245	7.07214	30.0635
10	34.4411	9.62003	31.1114
11	40.3086	9.69077	31.1397
12	41.6597	10.8827	26.9149
13	40.3408	9.7226	26.7097
14	25.4648	10.4625	25.5214
15	28.6691	10.1895	25.9458
Mean	34.03721	10.48805	27.93372
Std. Deviation	5.165968	2.81427	3.41032

ตารางแสดง ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของค่าแรงยึดเหนี่ยวในแต่ละ
กลุ่มการทดลอง

Descriptive Statistics

Cement	Time		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
SuperBond	1 Hr	Bond_strength	15	16.19	25.15	19.2216	2.83605
		Valid N (listwise)	15				
C&B	24 Hrs	Bond_strength	15	25.46	41.66	34.0372	5.16597
		Valid N (listwise)	15				
C&B CEMENT	1 Hr	Bond_strength	15	3.11	7.00	5.1462	1.11663
		Valid N (listwise)	15				
	24 Hrs	Bond_strength	15	7.07	18.42	10.4881	2.81427
		Valid N (listwise)	15				
NX3 Nexus	1 Hr	Bond_strength	15	12.14	23.94	17.4585	3.43350
		Valid N (listwise)	15				
	24 Hrs	Bond_strength	15	22.21	33.96	27.9337	3.41032
		Valid N (listwise)	15				



ตารางแสดง การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบการแจกแจงค่าแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ต่อเนื้อฟันในแต่ละกลุ่ม โดยใช้ One-Sample Kolmogorov-Smirnov test

เรซินซีเมนต์	เวลา (ชั่วโมง)	Kolmogorov-Smirnov (Sig.)
Super Bond C&B [®] (SB)	1	0.094290
	24	0.200000
C&B [™] CEMENT (CB)	1	0.200000
	24	0.200000
NX3 Nexus [®] (NX)	1	0.200000
	24	0.054667

ตารางแสดง การวิเคราะห์ห้โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ชนิดพหุเวทย์แอนโนวา (2-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงยึดเหนือน จำแนกตามชนิดเรซินซีเมนต์ และระยะเวลาภายหลังการยึดติด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Bond_strength

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8590.809 ^a	5	1718.162	153.142	.00000000
Intercept	32652.840	1	32652.840	2910.382	.00000000
Cement	5907.550	2	2953.775	263.273	.00000000
Time	2345.898	1	2345.898	209.092	.00000000
Cement * Time	337.361	2	168.680	15.035	.00000262
Error	942.432	84	11.219		
Total	42186.081	90			
Corrected Total	9533.241	89			

a. R Squared = .901 (Adjusted R Squared = .895)

จากตาราง พบว่าชนิดของเรซินซีเมนต์ และระยะเวลาหลังจากยึดเรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟันมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเหนือน และพบการมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติของชนิดเรซินซีเมนต์ร่วมกับระยะเวลาหลังจากยึด เรซินซีเมนต์เข้ากับเนื้อฟันต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเหนือน

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด
ต่อเนื้อฟัน ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเร
ซินซีเมนต์แต่ละชนิด ที่เวลา 1 ชั่วโมง

Descriptives

Bond_strength

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Superbond	15	19.2216	2.83605	.73227	17.6510	20.7921	16.19	25.15
C&B	15	5.1462	1.11663	.28831	4.5279	5.7646	3.11	7.00
CEMENT	15	17.4585	3.43350	.88653	15.5571	19.3599	12.14	23.94
NX3 Nexus	15	17.4585	3.43350	.88653	15.5571	19.3599	12.14	23.94
Total	45	13.9421	6.84102	1.01980	11.8868	15.9974	3.11	25.15

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

Bond_strength

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7.026	2	42	.002

จากตาราง พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแต่ละกลุ่มมีค่าความแปรปรวนที่
แตกต่างกัน

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยค่าสถิติ ANOVA

ANOVA

Bond_strength

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1764.077	2	882.038	125.533	.000
Within Groups	295.106	42	7.026		
Total	2059.183	44			

จากตาราง พบว่ามีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison) แบบ Tamhane

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Bond_strength

Tamhane

(I) Cement	(J) Cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Superbond	C&B CEMENT	14.07534*	.78698	.000	12.0075	16.1432
C&B	NX3 Nexus	1.76308	1.14984	.357	-1.1631	4.6893
C&B CEMENT	Superbond	-14.07534*	.78698	.000	-16.1432	-12.0075
	C&B	-12.31226*	.93223	.000	-14.7808	-9.8437
NX3 Nexus	Superbond	-1.76308	1.14984	.357	-4.6893	1.1631
	C&B	12.31226*	.93223	.000	9.8437	14.7808

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

จากตาราง พบว่าที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ในกลุ่มของ Superbond C&B และ NX3 Nexus มีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่ไม่แตกต่างกัน ส่วน C&B CEMENT จะมีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนน้อยกว่าทั้งสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด
ต่อเนื้อฟัน ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางแสดง ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเร
ซินซีเมนต์แต่ละชนิด ที่เวลา 24 ชั่วโมง

Descriptives

Bond_strength

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Superbond	15	34.0372	5.16597	1.33385	31.1764	36.8980	25.46	41.66
C&B	15	10.4881	2.81427	.72664	8.9296	12.0465	7.07	18.42
CEMENT	15	27.9337	3.41032	.88054	26.0451	29.8223	22.21	33.96
NX3 Nexus	15	27.9337	3.41032	.88054	26.0451	29.8223	22.21	33.96
Total	45	24.1530	10.79579	1.60934	20.9096	27.3964	7.07	41.66

ตารางแสดง การทดสอบความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

Bond_strength

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.215	2	42	.050

จากตาราง พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแต่ละกลุ่มมีค่าความแปรปรวนที่ไม่
แตกต่างกัน

ตารางแสดง การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยค่าสถิติ ANOVA

ANOVA

Bond_strength

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4480.834	2	2240.417	145.363	.000
Within Groups	647.327	42	15.413		
Total	5128.161	44			

จากตาราง พบว่ามีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

ตารางแสดง ค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (Multiple Comparison) แบบ Bonferroni

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Bond_strength

Bonferroni

(I) Cement	(J) Cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Superbond C&B	C&B CEMENT	23.54916 [*]	1.43353	.000	19.9744	27.1239
	NX3 Nexus	6.10349 [*]	1.43353	.000	2.5287	9.6782
C&B CEMENT	Superbond C&B	-23.54916 [*]	1.43353	.000	-27.1239	-19.9744
	NX3 Nexus	-17.44567 [*]	1.43353	.000	-21.0204	-13.8709
NX3 Nexus	Superbond C&B	-6.10349 [*]	1.43353	.000	-9.6782	-2.5287
	C&B CEMENT	17.44567 [*]	1.43353	.000	13.8709	21.0204

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

จากตาราง พบว่าที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เจริญซีเมนต์ในทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่ากำลังการยึดติดแบบเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง

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	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Bond_strength_SB	Equal variances assumed	4.172	.051	9.737	28	.000	14.81563	1.52163	11.69871	17.93255
	Equal variances not assumed			9.737	21.736	.000	14.81563	1.52163	11.65773	17.97352
Bond_strength_CB	Equal variances assumed	3.991	.056	6.833	28	.000	5.34181	.78175	3.74047	6.94315
	Equal variances not assumed			6.833	18.301	.000	5.34181	.78175	3.70135	6.98227
Bond_strength_NX	Equal variances assumed	.053	.820	8.383	28	.000	10.47521	1.24951	7.91570	13.03472
	Equal variances not assumed			8.383	27.999	.000	10.47521	1.24951	7.91570	13.03473

จากตารางพบว่า เรซินซีเมนต์ทุกกลุ่มที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง จะมีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมงของเรซินซีเมนต์ชนิดเดียวกัน

รายละเอียดของวัสดุ (ตามเอกสารของบริษัทผู้ผลิต)

กรดปรับสภาพผิวฟัน

UNI-ETCH

องค์ประกอบ

32% Phosphoric Acid.

ข้อบ่งใช้

1. Etching dentin and enamel
2. Cleaning agent on dental restorative material

วิธีใช้

1. Isolate tooth and prepare the cavity in a conservative manner. Clean the entire surface with a slurry of pumice and water.
2. Apply etchants using an EZ-DOSE TIP, a disposable syringe tip, or disposable brush tip. Allow etchant to remain in place for 15 seconds. Etching time should be monitored with a stopwatch. Begin timing at the end of application.

Option: Place etchant on enamel first, then proceed to cover dentin, for a slightly longer enamel etching time.

3. Rinse thoroughly (at least 5 seconds) to completely remove all traces of etchant.
4. Remove excess moisture from the tooth and proceed with the application of a total-etch hydrophilic adhesive resin system such as ALL-BOND 2®*, ALL-BOND 3®* or ONE-STEP®*/ONE-STEP PLUS. To help ensure that the proper level of moisture remains on the preparation, a wetting agent such as AQUA-PREP™* F can be applied prior to application of the total etch adhesive.

OR If using a self-etch adhesive such as ALL-BOND SE®*, refer to manufacturer's instructions.

Kerr gel etchantองค์ประกอบ

37.5% Phosphoric Acid, Water, fumed silica, dye colorant

วิธีใช้

1. Apply Kerr Gel Etchant* to enamel and dentin surfaces for 15 seconds.
2. Rinse thoroughly for 15 seconds with water. It is important not to splash etch into eyes, onto soft tissues or skin.
3. Dry with clean, oil-free, air without desiccating the dentin. Do not allow etched surface to become contaminated with saliva or blood during the bonding procedure.
4. Proceed with placement of bonding agent.

สารยึดติดALL-BOND 3องค์ประกอบ

Part A : Ethanol, NTG-GMA Salt

Part B : Bis-GMA

ข้อบ่งใช้

1. Direct Composite Restorations
2. Composite Core Build-Ups
3. Indirect Restorations (Metal, Composite, Alumina/Zirconia, Porcelain and Lithium Disilicate)
4. Endodontic Post Bonding
5. Repair of Porcelain/Lithium Disilicate Restorations
6. Repair of Porcelain-Fused-to-Metal
7. Repair of Porcelain-Fused-to-Zirconia/Alumina
8. Repair of Old or Indirect Composite Restorations
9. For Desensitization of Preparations Prior to Provisionalization/Immediate Dentin Sealing

10. For Exposed Root Desensitization

วิธีใช้

Indirect Restorations (Metal, Composite, Alumina/Zirconia, Porcelain and Lithium Disilicate)

Tooth Preparation:

1. Etch the preparation for 15 seconds using UNI-ETCH and rinse thoroughly.
2. Remove excess water using a foam pellet or suction, leaving the preparation visibly moist.
3. Dispense an equal number of drops of **ALL-BOND 3 Parts A and B (1:1)** into a mixing well.
4. Using a brush, mix adhesive for 5 seconds.
5. Apply 1-2 coats onto the entire tooth preparation with a light agitating motion for 5-10 seconds.
6. Gently air dry starting from 5cm for 5 seconds until there is no visible movement of the material. Then dry thoroughly for a minimum of 10 seconds. The surface should appear shiny; otherwise, apply additional coats of **ALL-BOND 3** and repeat Step 5.
7. Optional: Light cure for 10 seconds.
8. Continue with cementation procedure.

OptiBond™ Solo Plus

องค์ประกอบ

Ethyl alcohol, Alkyl dimethacrylate resins, Barium aluminoborosilicate glass, Fumed silica (silicon dioxide), Sodium hexafluorosilicate

ข้อบ่งใช้

1. Direct composite to enamel and/or dentin.
2. Composite to composite.
3. Composite to porcelain and/or metal.
4. Amalgam sealing.

5. Indirect bonding of veneers (used in conjunction with a resin luting agent).
6. Indirect bonding of inlays, onlays, and crowns (used in conjunction with a resin luting agent such as NX3).
7. As the adhesive in post and core applications.

วิธีใช้

Crowns, Bridges, Inlays and Onlays and Metal Based Restorations

1. Remove temporary and thoroughly clean the tooth surface of debris.
2. Etch enamel/dentin surfaces for 15 seconds with Kerr Gel Etchant (37.5% phosphoric acid).*
3. Rinse thoroughly for 15-20 seconds until all acid is removed.
4. Gently air dry for 5 seconds (do not desiccate).
5. Apply OptiBond Solo Plus to enamel/dentin with a light brushing motion for 15 seconds to cover enamel/dentin surfaces.
6. Air thin for 3 seconds.
7. Light cure for 20 seconds.*
8. Apply resin cement (NX3) according to instructions for use.

* **Recommended Cure Times:** Demi, 5 seconds, L.E.Demetron II, 5 seconds; L.E.Demetron I, 10 seconds; or Optilux 501 in Boost mode, 10 seconds, Ramp Mode, 20 seconds, or Regular Mode, 20 seconds. For all other lights, see manufacturer's recommendation.

เรซินซีเมนต์

Super Bond C&B[®]

องค์ประกอบ

Catalyst V : TBB, Hydrocarbon

Monomer : MMA, 4-META

Polymer : PMMA, pigment

Green activator : Citric acid, FeCl₃

วิธีใช้

■ Surface preparation

It is essential that all surfaces to be bonded with Super-Bond C&B should be properly prepared. Preparation varies depending on the nature of the material.

Tooth Surface

- Moisture control

Isolation by rubber dam or cotton roll is recommended. * Remove scales beforehand

- Cleaning

Remove contaminants and stains using a polishing brush and oil-free, fluoride-free pumice, Rinse thoroughly and dry.

- Surface treatment

Apply the appropriate Activator using a sponge pledget or brush.

Treatment time

- Green Activator : Dentin 5 – 10 sec.
- Red Activator : Enamel 30 Sec.

*Do not use Red Activator on dentin. Alternatively, enamel may be prepared with Green Activator for 30-60 seconds.

- Washing and drying

Rinse thoroughly with water and dry.

■ Operation Steps

Bulk-Mix Technique

- Cooling the Dispensing Dish

Keep the Dispensing Dish in the refrigerator so it will be chilled when you use it. The recommended temperature range of the dish is 10 – 16 °C

*If condensation forms on the dish when you remove it from refrigerator, dry the well using an air syringe.

Preparation of the Activated Liquid

- Dispensing the Monomer

Hold the Monomer bottle vertical, and dispense the appropriate number of drops into the chilled Dispensing Dish.

- Dispensing the Catalyst V

Hold the Catalyst syringe vertical, and turn the screw to dispense the proper number of drops to the Monomer. Stir lightly with a brush. This mixture is called “Activated Liquid”

- Mixing the polymer

Using the supplied measuring spoon (either Spoon (Standard) or Spoon (Small))* depending on the selected Polymer/Monomer ratio), add the Polymer powder to the Activated Liquid. Stir lightly with a brush.

*An optional Measuring Spoon (Large) with cups of 1.2 and 2.4 sizes is separately available.

- Application of the adhesive

Immediately after mixing, use a brush to apply the cement to the surface being bonded.





- Seating the restoration

Insert the restoration immediately. After confirming that it is completely seated, hold in position until the cement sets.

*Curing time is 8 – 10 min. at 37 °C for standard Polymer/Monomer ratio. The time varies with temperature, the Polymer type and the Polymer/Monomer ratio.

- Post Treatment

Remove the excess cement. To facilitate this, protect beforehand unbonded surface properly and remove the excess resin timely. Clean the Dispensing Dish used.

Mixing ratio		
Monomer	Catalyst V	Polymer
 4 drops	 1 drop	1 small cup of Measuring Spoon
 8 drops	 2 drops	1 large cup of Measuring Spoon

The Measuring Spoon (Standard) gives the standard Polymer/Monomer ratio. The working time and the curing time can be controlled by changing the Polymer/Monomer ratio. (See Table 8 of "Data and References" and Answer to Question 32 "Questions and Answers") To change the Polymer/Monomer ratio, use an appropriate Measuring Spoon, which sizes are shown in the Table on the right.

Relative volumes 1 corresponds to 0.2mL		
Measuring Spoon	Small cup	Large cup
Small	0.75	1.5
Standard	1	2
Large	1.2	2.4

To increase the working time of a normal type of Polymer, use the Measuring Spoon (Small). To shorten the curing time using L-Type Polymer, use a Measuring Spoon (Large). The Measuring Spoon (Large) is sold separately. (See Answer to Question 32 "Questions and Answers".)

C&B™ CEMENT

องค์ประกอบ

Base : Bis-GMA, Ethoxylated Bis-GMA, Triethyleneglycol Dimethacrylate

Catalyst : Bis-GMA, Triethyleneglycol Dimethacrylate

วิธีใช้

METAL-BASED RESTORATION CEMENTATION

A. Tooth Preparation

1. Remove provisional restoration; clean the preparation and try-in the definitive restoration. If eugenol-containing temporary cements were used, clean the preparation with pumice to remove all traces of the cement. Eugenol may affect curing of some composite materials.
2. Etch using an etchant, such as UNI-ETCH®* w/BAC, according to the manufacturer's instructions. If using a self-etch adhesive such as ALL-BOND SE, skip this step and proceed to step 3.
3. Apply an adhesive such as ALL-BOND 2, ALL-BOND 3, ONE-STEP/ONE-STEP PLUS or ALL-BOND SE, according to manufacturer's instructions.

B. Cementation

1. Sandblast the internal surface of the restoration OR the metal wings of a Maryland Bridge. Rinse and dry.
2. Apply a metal primer such as ALL-BOND 2 Primers A & B, ALL-BOND 3 Parts A & B or ONE-STEP/ONE-STEP PLUS to the internal surface of the restoration OR the metal wings and air dry.

3. If using the dual-syringe delivery system, follow the enclosed **DUAL-SYRINGE INSTRUCTIONS FOR USE** for dispensation and delivery of **C&B**. If using individual syringes, mix equal amounts of **C&B** base and catalyst into a uniform paste (10-15 seconds) until the paste is a uniform color. (To increase working time, follow directions listed under **TECHNICAL INFORMATION**.)
4. Fill the internal surface of the restoration with **C&B** using an instrument.
5. Seat the restoration with light passive pressure.
6. Remove excess cement immediately with a brush or instrument.

NX3 Nexus[®]

องค์ประกอบ

Uncured methacrylate ester monomers, nonhazardous inert mineral fillers, nonhazardous activators and stabilizers, radiopaque agent

ข้อบ่งใช้

- Cementation of veneers, inlays, onlays, crowns, bridges, and posts.
- Adhesive bonding of amalgam restorations.
- Core-buildup material.

วิธีใช้

Tooth Preparation

Either OptiBond Solo Plus (**total-etch**) or OptiBond XTR (**self-etch**) adhesives can be used in combination with NX3.

Total-Etch Technique

OptiBond Solo Plus Directions:

1. After thoroughly cleaning the preparations (pumice and prophylaxis cup), etch enamel and dentin for 15 seconds with Kerr Gel Etchant (37.5% phosphoric acid). Rinse thoroughly and air dry (or blot dry). Do not desiccate.
2. Apply OptiBond Solo Plus to the enamel/dentin surfaces with an applicator tip for 15 seconds using a light brushing motion.
3. Air thin the adhesive for 3 seconds. Avoid pooling of adhesive before light curing (for inlay, onlay, crown, and post cementation). **Remove excess adhesive with a dry applicator brush or absorbent paper point (for post cementation).**
4. Light cure for 10 seconds.*

Cement Application and Seating of Restoration

Work Time – Self-cure mode, a minimum of 1.5 minutes.

Clean up – Approximately 2-3 minutes after placement, or tack cure for 2 seconds for immediate cleanup.

Note:

1. Work time is based on material at 23°C. Clean-up time is based on material at 37°C. This time may vary based on storage conditions, temperature, humidity, and age of product.
2. For the dual-cure cement, bleed cartridge before initial use.

Crowns, bridges, inlays, onlays, and metal-based restorations

Note: On the prep, avoid pooling of adhesive before light curing of adhesive. Excess adhesive can be removed with a dry applicator brush before light-curing of the adhesive. Apply the dual-cure cement to the restoration or the prep. Seat the restoration gently onto the preparation allowing the cement to flow from all sides. Remove excess cement. † Light cure all surfaces for a minimum of 20 seconds* per surface.

† Excess cement cleanup – Excess cement is best removed in its gel state with a scaler or explorer. Gel state can be achieved by tack curing excess with a light for 1-2 seconds or allowing the cement to self-cure for 2-3 minutes after application.

Recommended Cure Times: Demi/Demi Plus, 5 seconds; L.E.Demetron II, 5 seconds; L.E.Demetron I, 10 seconds; Optilux 501, 10 seconds. For all other lights, see manufacturer's recommendation.



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพรรณนิภา คำทอง เกิดเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เมื่อเดือนมีนาคม 2553 ได้เข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ที่โรงพยาบาลพิชัย จังหวัดอุดรธานี ตั้งแต่วันที่ พ.ศ. 2553 จนถึงปัจจุบัน

ปัจจุบันศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรม วัสดุทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

