

ผลของไดแคลต่อค่ากำลังแรงยึดเฉือนและการรั่วซึมของเรซินซีเมนต์

นางสาวชุตินา โฆษิตพันธ์วงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Effects of Dycal on shear bond strength and microleakage of resin cements

Miss Chutima Kositpantavong

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

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของไดแคลต่อค่ากำลังแรงยึดเฉือนและการรั่วซึมของ

เรซินซีเมนต์

โดย

นางสาวชุติมา โสขิตพันธุ์วงศ์

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.นิยม อ่างรงค์อนันต์สกุล

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง วัชรภรณ์ ทัตจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.นิยม อ่างรงค์อนันต์สกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ทันตแพทย์ ดร.วัชรศักดิ์ ตุมราศวิน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สมชาย อูรพีพล)

ชุตินา โฆษิตพันธวงศ์ : ผลของไดแคลต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวและค่าการรั่วซึมของ
เรซินซีเมนต์ (EFFECTS OF DYCAL ON SHEAR BOND STRENGTH AND
MICROLEAKAGE OF RESIN CEMENTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ทพ.
ดร.นิยม อัจรงค์อนันต์สกุล, 86 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของไดแคลต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวและการรั่วซึมของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด **วิธีทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว** ตัดด้านบดเคี้ยวฟันกรามแท้ของมนุษย์ซี่ที่สาม จำนวน 90 ซี่ เพื่อให้ชั้นเนื้อฟันเผยผิ่ จากนั้นสุ่มแบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 30 ซี่ กลุ่มแรกไม่ได้สัมผัสไดแคล นำไดแคลทาบนเนื้อฟันของกลุ่มที่สองและกลุ่มที่สาม เป็นระยะเวลา 7 วัน และ 28 วันตามลำดับ แบ่งแต่ละกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ตามเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด (self-adhesive;RelyX U100, self-etch;PanaviaF2.0, total etch;Superbond C&B) หลังจากครบเวลาที่กำหนดไว้ กำจัดไดแคลออก จากนั้นยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตบนผิวเนื้อฟันด้วยเรซินซีเมนต์ นำชิ้นงานเก็บในน้ำกลั่นที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทดสอบหาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮดรอลิก นำชิ้นงานที่แตกหักแล้วไปส่องกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 50 เท่า **วิธีทดสอบการรั่วซึม** เตรียมโพรงฟัน 90 โพรงฟันรูปบลิ๊อคด้านใกล้ลิ้นและใกล้แก้มให้มีความผายสู่ด้านบดเคี้ยว โดยขอบด้านใกล้เหงือกกำหนดให้อยู่ได้รอยต่อเคลือบ ฟันและเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร สุ่มแบ่งเป็น 3 กลุ่ม (n=30) เตรียมชิ้นงานคอมโพสิตอินเลย์บนชิ้นงานปูนหล่อ 2 ชิ้นงานต่อ 1 โพรงฟัน ยกเว้นในกลุ่มที่ไม่ได้ยึดชั่วคราวด้วยไดแคล นำชิ้นงานคอมโพสิตยึดด้วยไดแคลในโพรงฟัน เก็บไว้ในน้ำกลั่นที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน อีกกลุ่มไม่ยึดชั่วคราวด้วยไดแคล เมื่อครบกำหนดนำชิ้นงานคอมโพสิตออกจากโพรงฟันและกำจัดไดแคลออก นำคอมโพสิตอีกชิ้นยึดด้วยเรซินซีเมนต์ในโพรงฟัน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อย (n=10) เพื่อยึดเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด แต่ชิ้นงานในน้ำกลั่น 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทาวานิชเคลือบผิวฟันทั้งหมด ยกเว้นขอบด้านเหงือก ห่างจากขอบวัสดุ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ นำชิ้นงานแช่ในสารละลายเบสฟลูออรีนเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานมาตัดในแนวตั้งให้ผ่านกึ่งกลางของชิ้นงานคอมโพสิต ซึ่งใน 1 ซี่จะมี 2 ชั้น ส่องกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 50 เท่า และให้คะแนนการรั่วซึม **ผลการทดลอง** วิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ในกลุ่มรีไลเอ็กซ์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างควบคุมและกลุ่มที่สัมผัสไดแคล โดยค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของกลุ่มที่สัมผัสไดแคลเป็นเวลา 28 วัน และ 7 วัน มีค่าน้อยกว่ากลุ่มควบคุม แต่ระหว่าง 28 วันและ 7 วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่ม พานาเวียเอฟทูและกลุ่มซูเปอร์บอน ดิซีแอนด์บีในทุก ๆ เวลาที่สัมผัสไดแคล การศึกษาบริเวณที่เกิดการแตกหักของชิ้นตัวอย่างพบการแตกหักส่วนใหญ่เป็นการแตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ พบว่าการรั่วซึมในแต่ละชนิดของเรซินซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกันในทุกช่วงเวลาที่สัมผัสไดแคล พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของรีไลเอ็กซ์และซูเปอร์บอนดีในทุกช่วงเวลา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างรีไลเอ็กซ์กับพานาเวียเอฟทูในกลุ่ม 28 วัน **สรุปผลการทดลอง** ไดแคลมีผลในการลดค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวต่อเนื้อฟันในรีไลเอ็กซ์ซูร์้อย แต่ไม่ได้มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในพานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนดีซีแอนด์บี ไดแคลไม่มีผลต่อการรั่วซึมของเรซินซีเมนต์ทั้งสามชนิดนี้

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ.....
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

5276147832 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : DYCAL / SHEAR BOND STRENGTH / RESIN CEMENT

CHUTIMA KOSITPANTAVONG : EFFECTS OF DYCAL ON SHEAR BOND STRENGTH AND MICROLEAKAGE OF RESIN CEMENTS. ADVISOR : ASSIST. PROF. NIYOM THAMRONGANASKUL, Ph.D., 86 pp.

The purpose of this study was to investigate the effect of Dycal on the shear bond strength and microleakage of three different resin cements. **Shear bond strength test method:** The occlusal dentin surface of ninety extracted human third molar teeth were exposed and then randomly divided into 3 groups (n=30). The first group was left uncovered. The second and the third group were covered with Dycal for 7 and 28 days. Each group was divided into 3 subgroups for each resin cement. After reaching the cover time Dycal was removed. Each of resin cement systems (self-adhesive; RelyX U100, self-etch; Panavia F2.0, total etch; Superbond C&B) was applied and placement of resin composite rod. All bonded specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. The specimens were then subjected to the shear bond strength test by universal testing machine. The fracture surfaces were examined under stereomicroscope at 50x magnification. **Microleakage test method:** Ninety Class II cavities were prepared on lingual and buccal surfaces. (1 tooth=2 cavities) All preparations were made under the cemento-enamel junction (CEJ) 1 mm. All cavities were randomly divided into 3 groups for each time period of temporary cementation with Dycal (n=30). Two composite inlays were fabricated for one cavity in master die. Composite inlay was fixed into the cavity with Dycal and stored in distilled water at 37°C for 7 days and 28 days. The third group was left uncovered. After reaching the period of time, inlay and Dycal was removed. Cavities were divided into 3 subgroups according to 3 resin cements. All bonded specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours. Specimens were coated with nail varnish, except 1 mm away from gingival margin, then immersed in 0.5% basic fuchsin dye solution for 24 h. The teeth were sectioned occluso-gingivally through the center of each restoration. An optical microscope at x50 magnification was used to score the dye penetration. **Result:** The data were statistically analyzed by 2 way ANOVA. For RelyX U100 resin cements, there were significant differences between the control group and the Dycal covering dentin group, the mean shear bond strength of Dycal covering dentin at 28 days and 7 days was lower than control group whereas there was no significantly different between 28 days and 7 days. It was found that no significant differences in Panavia F2.0 and Superbond C&B groups at any duration of treating dentin with Dycal. The mode of failure was mostly adhesive in nature. There were no significantly different in microleakage among the different time of each resin cement. In every period of time group, microleakage of Superbond C&B was significant lower than RelyX U100. Microleakage of Panavia F2.0 was significant lower than RelyX U100 in 28 days group. **Conclusion:** Dycal reduced bond strength of dentin to RelyX U100 but does not affect bond strength of dentin to Panavia F2.0 and Superbond C&B. Dycal was not effect microleakage in all 3 resin cements.

Department : Prosthodontics..... Student's Signature
Field of Study : Prosthodontics..... Advisor's Signature
Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลาย ๆ ฝ่าย ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.นิยม อัมรงค์อนันต์สกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ในการแนะนำทางด้านวิชาการที่มีคุณค่า แนวคิดในการทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ตลอดจนถึงการสนับสนุนการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วง อีกทั้งเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณกรรมการทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ขึ้น

อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ในการให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้สถิติ

อาจารย์และบุคลากรทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ ในการเอื้อเฟื้อข้อมูลต่าง ๆ สถานที่ ตลอดจนถึงวัสดุเครื่องมือประกอบการวิจัย คลินิกต่าง ๆ ในการเก็บฟันตัวอย่าง บัณฑิตวิทยาลัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบของพระคุณบิดามารดาและทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัย ที่ได้ให้กำลังใจและเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามงานวิจัย.....	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
รูปแบบการวิจัย.....	6
ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
เนื้อพื้น.....	8
แคลเซียมไฮดรอกไซด์.....	9
ไดแคล.....	11
เรซินซีเมนต์.....	13
1. ระบบที่ใช้กรดปรับสภาพแล้วล้างออก.....	13
2. ระบบที่ใช้ไพโรเมอร์ชนิดเป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์.....	14
3. ระบบที่อาศัยความเป็นกรดของมอนอเมอร์ซึ่งอยู่ในเรซินเบสเป็นตัวปรับสภาพผิวด้วยตัวเอง.....	16

กำลังแรงยึดเคื่อน.....	18
การรั่วซึม.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	24
ประชากร.....	24
กลุ่มตัวอย่าง.....	24
วัสดุที่และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	24
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	25
วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
ตอนที่ 1 การศึกษาค่ากำลังแรงยึดเคื่อนของผิวเนื้อพ่นกับเรซินซีเมนต์.....	27
การเตรียมพื้นสำหรับทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคื่อน.....	27
การเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิต.....	28
การเคลือบเนื้อพ่นด้วยไดแคด.....	28
ขั้นตอนการเตรียมเนื้อพ่นและยึดติดชิ้นงานเรซินคอมโพสิต.....	29
1) รีไลเอ็กซ์ยูร์อย.....	30
2) พานาเวียเอฟทู.....	30
3) ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี.....	30
แผนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาค.....	34
การเตรียมโพรงพื้นสำหรับทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค.....	34
การเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์.....	35
แผนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
ตอนที่ 3 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อพ่นหลังสัมผัสไดแคด.....	38
แผนการวิเคราะห์ข้อมูล.....	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคื่อนของผิวเนื้อพ่นกับเรซินซีเมนต์แต่ละ	
กลุ่ม.....	41
ผลการทดสอบระดับการรั่วซึมของผิวเนื้อพ่นกับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม.....	47
ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อพ่นหลังสัมผัสไดแคด.....	52

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	53
สรุปผลการวิจัย.....	53
อภิปรายผลการวิจัย.....	54
ข้อเสนอแนะ.....	61
รายการอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	69
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	86

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. แสดงการแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน.....	29
2. แสดงการเตรียมชิ้นงานทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน.....	32
3. แสดงการเตรียมโพรงฟันทดสอบระดับการรั่วซึมโดยมีความผายสุ่ด้านบดเคี้ยว.	34
4. แสดงการแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค.....	36
5. แสดงการให้คะแนนการรั่วซึม.....	37
6. แสดงการเตรียมชิ้นงานทดสอบระดับการรั่วซึม.....	37
7. แสดงการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	39
8. กราฟแสดงค่าร้อยละของลักษณะการแตกหักภายหลังจากการทดลองค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด.....	43
9. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสดีแคลเป็นระยะเวลา 7 วัน และยึดด้วยรีไลเอ็กซ์ยูร์ออย เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน.....	44
10. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสดีแคลเป็นระยะเวลา 7 วัน และยึดด้วยพานาเวียเอฟทูเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน.....	45
11. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสดีแคลเป็นระยะเวลา 7 วัน และยึดด้วยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน.....	46
12. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดรีไลเอ็กซ์ยูร์ออย.....	49
13. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงระดับการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟทู.....	50

14. แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงระดับการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนดีซีแอนด์บี..... 51
15. กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเคียนของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดเมื่อเนื้อฟัน สัมผัสไดแคลที่ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน..... 59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	แสดงชนิดของการทดสอบการรั่วซึมชนิดต่าง ๆ ข้อดี และข้อจำกัด.....	23
2.	แสดงเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.	แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะปาสกาล หรือ MPa) บริเวณรอยต่อระหว่างผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อเนื้อฟันสัมผัสไดแคลเป็นระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน	41
4.	แสดงความถี่ของระดับการรั่วซึมของชิ้นงานที่ยึดขึ้นเรซินคอมโพสิตอินเลย์ ด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อผ่านการยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชั่วคราวด้วยไดแคลที่ระยะเวลาเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน	47
5.	แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของไดแคลในน้ำปราศจากออกซิเจน เนื้อฟันที่ไม่สัมผัสไดแคล เนื้อฟันเมื่อสัมผัสไดแคลที่ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน 28 วัน และเมื่อกำจัดไดแคลออก ด้วยวิธีการต่าง ๆ.....	52
6.	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อฟันบริเวณต่าง ๆ.....	55

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่พบบ่อยที่สุดในงานทันตกรรมบูรณะคือ การขาดการยึดติดของวัสดุที่ใช้บูรณะกับโครงสร้างของฟัน จึงเกิดการร้าวซึม เกิดการสะสมของเชื้อแบคทีเรียระหว่างวัสดุบูรณะและเนื้อเยื่อฟันตามมา นอกจากนี้ยังเกิดการติดสีและการเสื่อมสลายของวัสดุบริเวณขอบรอยต่อทำให้เกิดฟันผุซ้ำซ้อน เกิดอาการเสียวฟัน หรือถึงขั้นเกิดพยาธิสภาพของโพรงประสาทฟัน[1] ขณะที่ปัจจุบันมีการใช้เรซินซีเมนต์เพื่อยึดชิ้นงานในช่องปากมากขึ้น เนื่องจากเรซินซีเมนต์มีข้อดีคือการละลายตัวในน้ำต่ำ สามารถสร้างพันธะเคมีกับออกไซด์ของซินิลโหะได้ ให้ความสวยงามและให้ค่าแรงยึดเกาะกับโครงสร้างของฟันที่สูงเป็นต้น และนอกจากนี้ชิ้นงานที่ขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการก็มีข้อดีคือสามารถสร้างรูปร่างฟันได้ดีกว่าการบูรณะโดยตรง เช่น จุดสัมผัสด้านประชิดของฟัน (contact) รูปร่างฟันด้านบดเคี้ยว และในกรณีที่เป็นวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิตสามารถลดปัญหาเรื่องการหดตัวจากการบ่มตัวได้อีกด้วย[2] อย่างไรก็ตามขบวนการสร้างชิ้นงานที่ขึ้นรูปในห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องมีการนัดผู้ป่วยหลายครั้ง การใช้วัสดุบูรณะชั่วคราวและซีเมนต์จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันโพรงประสาทฟัน ก่อนที่ผู้ป่วยจะได้รับการบูรณะฟันที่นั้นให้มีความสวยงามและการใช้งานได้อย่างเต็มที่[3] แต่การหลงเหลืออยู่ของซีเมนต์ชั่วคราว สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความสามารถในการเปียก (wettability) การยอมให้สารผ่าน (permeability) และความไวต่อปฏิกิริยา (reactivity) ของเนื้อฟันได้[2] เช่น สารยูจินอลที่หลงเหลือจากซีเมนต์ชั่วคราวสามารถยับยั้งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไลเซชันของเรซินคอมโพสิต และ สารยึดติด (dentin bonding agent) และเรซินซีเมนต์ได้ เนื่องจากหมู่ฟีนอลิก (phenolic group) จะจับอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาจากการบ่มตัวของเรซินคอมโพสิต หรือเรซินซีเมนต์ ส่งผลให้เกิดการยับยั้งปฏิกิริยาการบ่มตัวของวัสดุดังกล่าว[4] ซึ่งนำไปสู่การลดลงของความแข็งและความต้านทานต่อการเปลี่ยนสีของเรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิต[5] ดังนั้นจึงเกิดกระบวนการต่าง ๆ ทางคลินิกเพื่อกำจัดซีเมนต์ชั่วคราวที่หลงเหลืออยู่บนพื้นหลัก เช่น ขัดด้วยผงฟิวมิส ขูดด้วยเครื่องมือหินน้ำลาย ใช้กรดปรับสภาพเนื้อฟันเป็นต้น[2] แต่อย่างไรก็ตามชนิดของซีเมนต์ชั่วคราวก็เป็นสิ่งที่ควรพิจารณา เพราะปัจจุบันมีวัสดุนี้อยู่หลายประเภท เช่น ซิงค์ออกไซด์ชนิดที่มีและไม่มีสารยูจินอล ซิงค์พอลิ

คาร์บอกซิเลต หรือแม้กระทั่ง ไดแคล (Dycal[®]) ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) ก็มีการนำมาใช้เพื่อเป็นซีเมนต์ชั่วคราว มีรายงานว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้เนื้อฟันอ่อนแอลง ด้วยเหตุผลที่ว่า ในการศึกษาด้วยวิธีการทางมิถุวิทยา (histology) พบ การเปลี่ยนแปลงของเนื้อฟันหลังจากถูกสัมผัสด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยความแข็งแรงของ เนื้อฟันถูกกำหนดโดยการเชื่อมต่อระหว่างไฮดรอกซีอะพาไทท์ (hydroxyapatite) กับเส้นใย คอลลาเจน (collagenous fibrils) โดยมีโปรตีโอไกลแคน (proteoglycans) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ ฟอสเฟต และหมู่คาร์บอกซิล ซึ่งหมู่เหล่านี้ทำหน้าที่เสมือนตัวยึดระหว่างโครงสร้างคอลลาเจน และผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์[6] เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์เป็นด่างแก่ จึงทำให้เกิด การเสื่อมสภาพของหมู่ฟอสเฟตและหมู่คาร์บอกซิล ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสลายในโครงสร้างของ เนื้อฟัน[7] และความแข็งแรงของโครงสร้างฟันที่ลดลง นอกจากนี้การเสื่อมสลายของโครงสร้างฟัน ยังแปรผันตามระยะเวลาการสัมผัสกับสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์[8] ดังนั้นจึงเป็นที่มาของคำถาม ที่ว่าไดแคลซึ่งมีองค์ประกอบเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรง ของเนื้อฟัน จะส่งผลต่อค่ากำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์หรือไม่ และมีผลต่อ ระดับการรั่วซึมได้ หรือไม่

คำถามงานวิจัย

ใดแคลกับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดเฉือน (shear bond strength) และการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ของเนื้อฟันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเฉือน และการรั่วซึมระดับจุลภาค ของเนื้อฟันที่สัมผัสใดแคล ระยะเวลาต่าง ๆ กัน (0 วัน 7 วัน และ 28 วัน) และเรซินซีเมนต์ 3 ระบบดังนี้

ระบบที่ 1 self adhesive : RelyX[®] U100

ระบบที่ 2 self etch : PanaviaF2.0[®]

ระบบที่ 3 total etch : Superbond C&B[®]

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองนี้ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้อ้างอิงการทดลองในสิ่งมีชีวิต ตลอดกระบวนการทดลอง ดำเนินโดยผู้ทำการทดลองคนเดียว และใช้อุปกรณ์เดียวกันตลอดการศึกษาที่ห้องทันตวัสดุศาสตร์ อาคารสมเด็จย่า ชั้น 9 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อุณหภูมิประมาณ 25±3 องศาเซลเซียส

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การศึกษานี้แบ่งเป็น 2 ตอน คือ
 - 1.1 เปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด บนเนื้อฟันที่ได้รับการสัมผัสใดแคลระยะเวลาต่าง ๆ
 - 1.2 เปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาค
2. ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ และการทำการทดสอบทุกขั้นตอนจะกระทำโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถควบคุม ปัจจัยบางอย่างให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของ

ผลการวิจัยได้ ดังนั้นการวิจัยนี้เป็นเพียงการทำนายแนวโน้ม ควรที่ การศึกษาติดตามผลระยะยาวในคลินิกพร้อมด้วย

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในห้องทดลอง โดยการจำลองสภาวะและปัจจัยต่าง ๆ ไม่สามารถทำให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการ ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นแค่ค่าเปรียบเทียบไม่ใช่ค่าที่แท้จริง แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกได้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

“shear bond strength”	ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว
“microleakage”	การรั่วซึมระดับจุลภาค
“Dycal”	ไดแคล

สมมติฐานการวิจัย

ตอนที่ 1

1. **สมมติฐานว่าง (H_0 1):** ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
สมมติฐานแย้ง (H_a 1): ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
2. **สมมติฐานว่าง (H_0 2):** ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือวีไล เอ็กซ์ยูร์รอย ฟานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (H_a2): ค่ากำลังแรงยึดเคื่อนของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. **สมมติฐานว่าง (H_03):** ค่ากำลังแรงยึดเคื่อนของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วันและ 28 วัน และเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (H_a3): ค่ากำลังแรงยึดเคื่อนของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วันและ 28 วัน และเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2

1. **สมมติฐานว่าง (H_01):** การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (H_a1): การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. **สมมติฐานว่าง (H_02):** การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และ ซูเปอร์บอนดซีแอนด์บี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สมมติฐานแย้ง (H_a2): การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และ ซูเปอร์บอนดซีแอนด์บี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. **สมมติฐานว่าง (H_0):** การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคดล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน กับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์ออย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
- สมมติฐานแย้ง (H_a):** การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคดล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน กับเรซินซีเมนต์ 3 ระบบ คือรีไลเอ็กซ์ยูร์ออย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงค่ากำลังแรงยึดเคียนและระดับการรั่วซึมระหว่างเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคดลในระยะเวลาต่าง ๆ (ไม่สัมผัสไดแคดล สัมผัสไดแคดล 7 วัน และสัมผัสไดแคดล 28 วัน) กับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิดคือ รีไลเอ็กซ์ยูร์ออย พานาเวียเอฟทู และ ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี เป็นตัวแทนของเรซินซีเมนต์ในแต่ละกลุ่มซึ่งแยกตามการเตรียมผิวเนื้อฟัน เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการใช้งานในคลินิก ในการพิจารณาเลือกใช้เรซินซีเมนต์ในการบูรณะฟันที่ได้รับการยึดครอบฟันชั่วคราวด้วยไดแคดล ซึ่งมีส่วนผสมของแคลเซียมไฮดรอกไซด์อยู่อาจจะมีผลต่อการยึดติดของเนื้อฟันกับครอบฟัน ทำให้ ทันตแพทย์สามารถเลือกใช้เรซินซีเมนต์ที่เหมาะสมเพื่อความคงทนของวัสดุบูรณะมากที่สุด

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติการวิจัย

1. ขั้นตอนการเตรียมการวิจัย

1.1 ศึกษาข้อมูลและทบทวนวรรณกรรม

- 1.2 วางแผนออกแบบการวิจัย
- 1.3 ศึกษาวิจัยนำร่อง
- 1.4 จัดทำโครงร่างวิทยานิพนธ์
- 1.5 เสนอโครงร่างวิทยานิพนธ์
2. ขั้นตอนดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูล
3. ขั้นตอนวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผล
4. ขั้นตอนรายงานผลจัดทำรายงาน
 - 4.1 จัดทำรายงาน
 - 4.2 นำเสนอผลการวิจัยต่อคณะกรรมการ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อฟัน

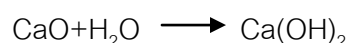
เนื้อฟันเป็นส่วนประกอบของสารทางชีวภาพของโครงสร้างคอลลาเจน ที่ถูกแทรกด้วยผลึกอะพาไทท์ (apatite) เนื้อฟันเป็นสารประกอบที่มีส่วนแร่ธาตุและสารอินทรีย์ โดยร้อยละ 50 เป็นแร่ธาตุที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนเนตสูง มีแคลเซียมน้อย ร้อยละ 30 เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นคอลลาเจน และอีกร้อยละ 20 เป็นของเหลว โดยองค์ประกอบหลักของแร่ธาตุคือผลึกอะพาไทท์ ขนาด $5 \times 30 \times 100$ นาโนเมตร³ ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าผลึกในชั้นของเคลือบฟันมาก สารอินทรีย์ส่วนใหญ่คือคอลลาเจนชนิดที่ 1 (type I collagen) และมีโปรตีโอไกลแคน (proteoglycans) ปะปนอยู่ด้วย[9, 10]

เนื้อฟันยังมีท่อเนื้อฟันซึ่งมีความสำคัญและมีลักษณะพิเศษคือ ภายในท่อเนื้อฟันมีเส้นประสาทจากเซลล์โอดอนโตบลาสตอยู่ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเข้าไปใกล้โพรงประสาทฟัน โดยท่อเนื้อฟันที่อยู่ใกล้โพรงประสาทฟันจะมีขนาดประมาณเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ไมโครเมตร และอยู่ห่างกัน 4-5 ไมโครเมตร ส่วนท่อเนื้อฟันที่อยู่ใกล้รอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน (EDJ) จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ไมโครเมตร และอยู่ห่างกัน 7-8 ไมโครเมตร โดยส่วนใหญ่แล้วท่อเนื้อฟันจะสิ้นสุดบริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน ท่อเนื้อฟันถูกรายล้อมด้วยเซลล์ที่มีการสะสมของแร่ธาตุสูง และมีปริมาณคอลลาเจนน้อย โดยเรียกโครงสร้างนี้ว่าอินทราทิวบูลาร์เดนติน (intratubular dentin) ซึ่งประกอบด้วยผลึกอะพาไทท์เป็นส่วนใหญ่และมีสารอินทรีย์เล็กน้อยเป็นเมทริกซ์ ท่อเนื้อฟันถูกแยกออกจากกันด้วย โครงสร้างที่เรียกว่าอินเตอร์ทิวบูลาร์เดนติน (intertubular dentin) ซึ่งประกอบด้วยเมทริกซ์ที่เป็นคอลลาเจนชนิดที่ 1 เป็นส่วนใหญ่ และเสริมความแข็งแรงด้วยอะพาไทท์[10] โดยฟันในตำแหน่งต่าง ๆ ก็จะมีส่วนประกอบที่แตกต่างกันไป การสร้างเนื้อฟันเริ่มด้วยการสะสมเป็นชั้น ๆ ของโครงสร้างที่ไม่มีแร่ธาตุเรียก พรیدنติน (predentin) ซึ่งมีความหนาที่แตกต่างกันระหว่าง 10 ถึง 50 ไมโครเมตร และเรียงตัวอยู่ในส่วนในสุดคือส่วนโพรงประสาทฟัน พรیدنตินมีส่วนประกอบพื้นฐานทั้งส่วนที่เป็นคอลลาเจนและส่วนที่ไม่ใช่คอลลาเจน[11]

การใช้กรดปรับสภาพผิวของโครงสร้างพื้นทำให้เกิดความสำเร็จในการยึดติดของสารยึดบนผิวเคลือบพื้น แต่เนื้อพื้น ที่มีการใช้กรดปรับสภาพยังมีข้อจำกัดหลายประการต่อการยึดติดของสารยึด เนื่องจากเนื้อพื้นเป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยน้ำจึงมีความชื้นสูง เมื่อเทียบกับผิวเคลือบพื้น และยังมีท่อเนื้อพื้นที่ภายในท่อมีความดันจากของเหลว มีพลังงานพื้นผิวที่ต่ำ สิ่งเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยที่ขัดขวางการยึดติดของสารยึด [10, 12]

แคลเซียมไฮดรอกไซด์

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ Ca(OH)_2 เป็นสารเคมี ที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวไม่มีกลิ่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้มาจากการนำแคลเซียมออกไซด์มาผสมกับน้ำดังสมการปฏิกิริยา

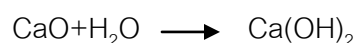


หรือได้จากการตกตะกอนเมื่อผสมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้าด้วยกัน เป็นต้น

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในธรรมชาติได้มาจากไลม์สโตน (Limestone) เป็นหินธรรมชาติที่มีองค์ประกอบหลักคือแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งเกิดจากสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนตในทะเลเกิดการตกตะกอน การระเบิดของไลม์สโตนที่อุณหภูมิระหว่าง 900 ถึง 1,200 องศาเซลเซียสจะทำให้เกิดปฏิกิริยาดังนี้[13]



ในรูปแบบของแคลเซียมออกไซด์ (CaO) จะเรียกว่าควิกไลม์ (quicklime) ซึ่งมีสมบัติการกัดกร่อนสูง เมื่อแคลเซียมออกไซด์สัมผัสกับน้ำตามปฏิกิริยาข้างล่างนี้จะได้แคลเซียมออกไซด์



แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 74.8 มีความสามารถการละลายในน้ำได้น้อย คือ ประมาณ 1.2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และถ้าเพิ่มอุณหภูมิการละลายจะลดลง นอกจากนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 12.5-12.8 และไม่ละลาย

ในแอลกอฮอล์ การที่ละลายได้น้อยมีผลดีในทางคลินิกคือสามารถอยู่ในเนื้อเยื่อได้นานทำให้สามารถออกฤทธิ์นานก่อนที่จะละลายไป[14]

หลักการทำงานของแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาจากการแตกตัวเกิดเป็นแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ซึ่งไอออนเหล่านี้เมื่ออยู่บนเนื้อเยื่อจะทำให้เกิดการเหนียวน้ำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นแร่ธาตุ และต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย เมื่อแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยา กับคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide, CO_2) หรือคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ในเนื้อเยื่อ จะเกิดแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งจะมีผลต่อการสะสมแร่ธาตุ

เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีสมบัติเป็นด่าง ดังนั้นเมื่อผสมผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับน้ำหรือสารอื่น ๆ ที่เหมาะสมจะเกิดเป็นลักษณะครีม ที่เรียกว่าอัลคาไลน์เพสต์ (alkaline paste) [13] ในงานทันตกรรม ได้มีการนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาใช้ในการอุดปิดจุดที่เนื้อฟันบางใกล้โพรงประสาทฟัน เพื่อหวังผลการกระตุ้นให้สร้างเนื้อฟันขึ้นใหม่ และยังใช้ในงานรักษาคลองรากฟัน[15] แคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถรักษาการละลายตัวของรากฟันจากการอักเสบได้ เนื่องจากความเป็นด่างของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำลายฤทธิ์ของกรดแลคติก (lactic acid) ที่หลั่งออกมาจากออสติโอคลาส (osteoclast) ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการละลายของแร่ธาตุ นอกจากนี้ความเป็นด่างยังช่วยกระตุ้นให้เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatase) ทำงานซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นแร่ธาตุ[16]

Ali และคณะในปี 2004 ได้ทำการอุดคลองรากฟันด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากล้างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ออกแล้วจึงทำการอุดคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต โดยใช้ซีแอนบีเมทาบอนด์ (C&B Metabond[®]) เป็นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึด จากนั้นนำไปวัดค่ากำลังแรงยึดดึง (tensile bond strength) พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดดึงของเนื้อฟันที่ผ่านการสัมผัสด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์[17]

ไดแคล

ไดแคลเป็นชื่อผลิตภัณฑ์ทางการค้าของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นวัสดุที่นำมาใช้ในงานทันตกรรมหัตถการ และ ในงานทันตกรรมประดิษฐ์ได้มีการนำไดแคลมาใช้เป็นซีเมนต์ชนิดชั่วคราว (temporary cement) ในกรณีที่ต้องการการยึดอยู่ (retention) ที่มากขึ้น

ไดแคลเป็นสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่สามารถก่อตัวได้ โดยนำวัสดุจากสองหลอดมาผสมกัน ซึ่งหลอดแรกจะมีส่วนผสมหลักคือ กรดบิวทิลีนไกลคอลไดซาลิไซลิก (butylenes glycol disalicylic acid) ซิงค์ออกไซด์ (zinc oxide) แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) แคลเซียมทังสเตท (calcium tungstate) ไอรอนออกไซด์ (iron oxide) และ เม็ดสี (pigments) ส่วนหลอดที่สองมีส่วนผสม คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) ไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) มีระยะเวลาการผสม 10 วินาที ระยะเวลาทำงาน 2 นาที 20 วินาที และระยะเวลาการก่อตัว $2\frac{1}{2}$ – $3\frac{1}{2}$ นาที

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ มีลักษณะที่ไม่มีเสถียรภาพในน้ำ ละลายในของเหลวได้ง่าย [18] มีการทดลองถึงค่าการดูดซับน้ำ (water sorbtion) และค่าการละลายน้ำ (water solubility) ของสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ 3 ชนิด คือ ไบโอแคล (Biocal[®]) ไดแคล (Dycal[®]) และไฮโดรซี (Hidro C[®]) ที่แช่ในน้ำกลั่น อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าค่าการดูดซับน้ำของไบโอแคล ไดแคล และไฮโดรซี มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.15 5.49 และ 8.27 ตามลำดับ และค่าการละลายน้ำเท่ากับ 0.72 4.21 และ 7.65 ตามลำดับ สรุปว่าไดแคลมีค่าการดูดซับน้ำและค่าการละลายน้ำปานกลาง เมื่อเทียบกับ ไบโอแคล ซึ่งเป็น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ซีเมนต์ที่มีเรซินเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ก่อตัวได้ด้วยแสง มีการดูดซับน้ำและการละลายน้ำที่ต่ำ และ ไฮโดรซีมีการดูดซับน้ำและการละลายน้ำที่สูง[19]

ค่าความเป็นกรด-ด่างเกิดจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻) ทำให้เกิดความเป็นด่าง โดยไดแคลมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 11.8-12 ซึ่งมีค่าต่างกันเล็กน้อยเมื่อเทียบกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมน้ำซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 12-13[20]

ปี ค.ศ.1991 Machi ทำการฉาบขึ้นเนื้อฟันด้วยไดแคล (Dycal advance formula II, Dentsply, Caulk, USA) ด้วยความหนา 1 มิลลิเมตร เก็บไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดกำจัดไดแคลบนขึ้นเนื้อฟันด้วยสเปทูลา (spatula) และใช้ก้อนสำลีแห้งจนเห็นว่าสะอาด จากนั้นปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดออร์โทฟอสฟอริกร้อยละ 37 (orthophosphoric acid) เป็นเวลา 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเป็นเวลา 30 วินาที เป่าแห้ง 30 วินาที จากนั้นทาผิวเนื้อฟันด้วยสารยึด 2 ชั้น (Prisma Universal Bond; Caulk) แล้วฉายแสง 10 วินาที และอุด คอมโพสิตบนผิวฟันทันทีที่มีความสูง 6 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร เก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง พบว่า ไดแคลหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ไม่มีผลกระทบต่อระบบสารยึดและไม่มีการหลุดออกเอง (spontaneous detachment) ของวัสดุอุดคอมโพสิตเนื่องจากการกำจัดไดแคล ออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการหลงเหลืออยู่ของไดแคลอาจจะส่งผลต่อการยึดอยู่ของคอมโพสิตกับเนื้อฟันได้[21] ขณะที่ Paul ใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ (Self-hardening calcium hydroxide, Kerr Life[®]) คลุมบนเนื้อฟันเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นกำจัดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ โดยการสเกลออก ทำความสะอาดฟันด้วยก้อนสำลีและขัดด้วยผงพิวมิส (pumice) เป็นเวลา 10 วินาที แล้วนำไปอุด ด้วยคอมโพสิต โดยใช้สารยึด 4 ชนิด (ART Bond, AllBond2, Syntac, P-Bond) จากนั้นทำการทดสอบโดยใช้การทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ ลดค่ากำลังแรงยึดเฉือนในกลุ่มเออาที่บอนด์ และ ออลบอนด์ทู (ART Bond, AllBond2) โดยผู้วิจัยได้สรุปว่าซีเมนต์ชั่วคราวที่มีแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นองค์ประกอบมีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนลดลง[4] ในปี ค.ศ.2005 Rodrigo และคณะ ทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง โดยใช้ไดแคล (Dycal, Dentsply, USA) เป็นซีเมนต์ชั่วคราวยึดอะคริลิกเรซิน เก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน ที่ 37 องศาเซลเซียส จากนั้นนำขึ้นอะคริลิกออกแล้วทำความสะอาดเนื้อฟันด้วยวิธีการต่าง ๆ 3 วิธี คือ ใช้สเกลเลอร์ ขูดเอาไดแคลออก ใช้ผงพิวมิสขัด และฟันด้วยอนุภาคอลูมินาอนุภาคขนาด 50 ไมโครเมตร เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นอุด ทับด้วยเรซินคอมโพสิต เก็บไว้ 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดดึง พบว่าในกลุ่มที่ฟันด้วยอนุภาคอลูมินาขนาด 50 ไมโครเมตร ไม่มี

ความแตกต่างระหว่างในพื้นที่ผ่านการสัมผัสไดแคลกับกลุ่มควบคุม[22] จากการศึกษานี้ทำให้ตระหนักว่าการทำความสะอาดเนื้อฟันก่อนใช้สารยึดเรซินเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าบางงานวิจัยได้รายงานว่าการเคลือบไฮดรอกไซด์ทั้งที่อยู่ในรูปของสารเคลือบไฮดรอกไซด์ที่ก่อตัวได้ และในรูปแบบที่ไม่ก่อตัว ไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึด ซึ่งอาจเป็นเพราะมีการปรับสภาพผิวของเนื้อฟันก่อนโดยการใช้กรดกัดแล้วล้างน้ำออก แต่ปัจจุบันมีเรซินซีเมนต์หลายระบบที่ออกวางจำหน่าย โดยระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟ (self adhesive) ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดที่ไม่ต้องใช้กรดปรับสภาพและล้างออกจึงทำให้เป็นที่นิยมใช้ในคลินิกเนื่องจากใช้งานง่าย ลดเวลาการทำงาน ด้วยการเตรียมผิวฟันที่แตกต่างกันไปของเรซินซีเมนต์ระบบต่าง ๆ จึงอาจมีผลต่อการยึดติดของวัสดุบนผิวเนื้อฟันได้ โดยเฉพาะผลของไดแคลต่อการยึดติดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์

เรซินซีเมนต์

เรซินซีเมนต์ได้รับความนิยมอย่างมากเพื่อใช้ยึดชิ้นงานในช่องปาก เช่น ชิ้นอุดฝัง (inlay) ชิ้นอุดครอบ (onlay) ครอบฟัน เดือยฟัน และ แผ่นปิดหน้าฟัน (veneer)[23] หลายงานวิจัยที่รายงานถึงความสำเร็จในระยะยาวของวัสดุบูรณะที่ใช้เรซินซีเมนต์ในการยึด เนื่องจากเรซินซีเมนต์มีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถยึดติดได้ดีกับเคลือบฟัน และเนื้อฟัน มีการละลายตัวในน้ำที่ต่ำ ให้ความสวยงามเนื่องจากมีสีให้เลือกมากกว่าซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม ทำให้วัสดุบูรณะเซรามิกมีความแข็งแรงมากขึ้นเนื่องจากสามารถปิดรอยร้าวในชิ้นงานได้[24-26]

ในปัจจุบันมีการแบ่งเรซินซีเมนต์ตามขั้นตอนการเตรียมฟันได้เป็น 3 ระบบคือ

1. ระบบที่ใช้กรดปรับสภาพแล้วล้างออก (etch and rinse or total etch system)

ระบบนี้อาจเป็น 2 ขั้นตอน หรือ 3 ขั้นตอน ถ้าเป็นชนิด 3 ขั้นตอน จะประกอบด้วย 1) การปรับสภาพผิวด้วยกรด (conditioning or acid etching) 2) ทาสารไพรเมอร์ (primer) ซึ่งเป็นสารส่งเสริมให้เกิดการยึดติด 3) ทาสารยึดติด (bonding) ส่วนชนิด 2 ขั้นตอนจะรวมขั้นตอนที่สอง

และสามไว้ด้วยกัน การปรับสภาพผิวฟันส่วนใหญ่จะใช้กรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 30-40 เพื่อทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยกรดจะไปละลายสารไฮดรอกซีอะพาไทต์และแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งเมื่อล้างออกด้วยน้ำจะทำให้มีการเผยขอของเส้นใยคอลลาเจนที่ไร้การพยุ่ง (unsupported collagen fiber) แต่เมื่อทาด้วยสารไพรเมอร์และสารยึดติดจะเกิดการไหลแผ่ของสารดังกล่าวไปตามช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจน เกิดเป็นชั้นไฮบริด (hybrid layer)[27]

ข้อเสียของระบบนี้คือ การพยุ่งตัวของเส้นใยคอลลาเจนซึ่งจะทำให้เรซินไม่สามารถแทรกซึมได้ จึงมีการคงสภาพของเนื้อฟันให้อยู่ในสภาพที่มีความชื้น (wet bonding) เพื่อให้มีน้ำคอยพยุ่งเส้นใยคอลลาเจนไว้ Gwinnett[28] แนะนำว่าหลังจากใช้กรดปรับสภาพฟันแล้ว ควรให้เนื้อฟันอยู่ในสภาพชื้น และใช้ไพรเมอร์ชนิดอะซิโตน (acetone-base primer) โดยอะซิโตนจะแทนที่น้ำและระเหยออกไปเหลือแต่เรซินไว้ ถ้ามีน้ำอยู่ระหว่างเส้นใยคอลลาเจนมากเกินไปและจะถูกกำจัดออกไม่หมด เรซินก็จะไม่สามารถเข้าห่อหุ้มเส้นใยคอลลาเจนได้สมบูรณ์ และไม่สามารถเกิดชั้นไฮบริดที่มีคุณภาพได้[29] นอกจากนี้สารอะซิโตนแล้วยังมีการใช้ไพรเมอร์ชนิดที่มีแอลกอฮอล์เป็นองค์ประกอบ (alcohol-base primer) โดยมีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับไพรเมอร์ชนิดอะซิโตน เนื่องจากระบบนี้มีการทำงานหลายขั้นตอน ดังนั้นจึงมีการจัดให้ระบบนี้เป็นระบบที่ต้องให้ความระมัดระวังค่อนข้างสูง ในขั้นตอนปฏิบัติ (technique sensitivity)[30, 31]

2. ระบบที่ใช้ไพรเมอร์ชนิดเป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (self etch system)

แนวคิดพื้นฐานของระบบนี้คือการใช้มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดและสามารถเกิดพอลิเมอร์ได้ (polymerizable acidic monomers) ดังนั้นตัวมอนอเมอร์ดังกล่าวจึงทำหน้าที่เป็นตัวปรับสภาพผิว และเป็นสารไพรเมอร์ไปในตัว (self etching primer) จึงลดขั้นตอนการใช้กรดกัดแล้วล้างออก [32] และลดปัญหาเรื่องการพยุ่งตัวของเส้นใยคอลลาเจนในเนื้อฟันที่ถูกปรับสภาพด้วยกรด เนื่องจากการเป่าให้แห้งมากเกินไป (over dry) อีกทั้งลดปัญหาเรื่องการตกค้างของน้ำที่มากเกินไป (over wet) ไม่ต้องมีขั้นตอนการทากรดปรับสภาพแล้วล้างออก จึงไม่มีการตกค้างของกรดบนผิวฟันจากการล้างออกไม่หมด และป้องกันการหลงเหลือของเนื้อฟันส่วนที่มีการละลายตัวของแร่ธาตุ[11] เป็นระบบที่ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น ลดความยุ่งยากและลดความผิดพลาด

ในขณะที่ทำงานจึงเป็นที่นิยม โดยทั่วไปจะมี 2 ชั้นตอนคือเตรียมผิวฟันด้วยเซลฟ์เอทซ์ซึ่งไพรเมอร์ (self etching primer) และตามด้วย แอดฮีซีฟเรซิน (adhesive resin) ซึ่งส่วนประกอบหลักทั้งในส่วนไพรเมอร์และแอดฮีซีฟจะเป็นสารกลุ่มเมทาซิลเมทาไครเลต (methacrylate-based) และมีฮีมา (HEMA: 2-hydroxyethyl methacrylate) ในส่วนไพรเมอร์ซึ่งเป็นมอนอเมอร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและสามารถละลายน้ำได้ เนื่องจากการที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจึงทำให้เพิ่มสมบัติการไหลผ่าน [33, 34] และยังสามารถแทรกซึมไปสู่เนื้อฟันที่มีการละลายแร่ธาตุ (demineralized dentin) ได้ดี มีผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดต่อเนื้อฟันมากขึ้น [35]

ระบบที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันตรงที่ ระบบที่ 1 เป็นการกำจัดชั้นสเมียร์ออก แต่ระบบที่ 2 ไม่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ แต่ชั้นสเมียร์จะถูกปรับสภาพและปนอยู่ในเรซินซีเมนต์ และมีการแทรกตัวของมอนอเมอร์สูผิวเคลือบฟันหรือเนื้อฟันโดยมีการสร้างเป็นเรซินแทก (resin tag) ในโครงสร้างที่ถูกกรดกัดไว้แล้ว ในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubules) และในช่องว่างระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) [32] โดยจะเกิดการสร้างชั้นไฮบริด (hybrid layer) ขึ้น โดยมีแนวความคิดที่ว่า มอนอเมอร์ที่แทรกตัวไปในช่องว่างที่มีน้ำอยู่ระหว่างเส้นใยคอลลาเจนที่เผยผิ ซึ่งมีการรายงานเป็นครั้งแรกโดย Nakabayashi และคณะ [36]

ข้อเสียของระบบนี้คือ การลดลงของความเข้มข้นของเอมีน (amine) ซึ่งเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาของระบบ โดยปฏิกิริยากรด-ด่าง เกิดจากมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acidic monomer) ทำปฏิกิริยากับเอมีนที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เช่น 1. ในระบบแคมโฟโรควิโนน-เอมีน (camphoroquinone /amine system) ในสารยึดที่ใช้พลังงานแสงเพื่อบ่มตัว (light-curing adhesives) หรือ 2. ระบบเอมีน-เปอร์ออกไซด์ (amine/peroxide) ในสารยึดที่ใช้ปฏิกิริยารีดอกซ์เพื่อบ่มตัว (chemical curing adhesives) ทั้งสองกรณี ความเข้มข้นของเอมีนซึ่งเป็นตัวสำคัญในการเริ่มต้นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) จะมีปริมาณลดลง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันลดลง [30] โดยมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acidic monomer) มีความสามารถในการละลายไฮดรอกซีอะปาไทท์ได้ไม่ดีเท่ากับระบบการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกแล้วล้างออก นอกจากนี้ยังมีชั้นสเมียร์หลงเหลืออยู่ จึงอาจมีผลกระทบในระยะยาว โดย Claudia และคณะ [37] ทดสอบชิ้นงานเนื้อฟันที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ยี่ห้อพานาเวีย 21 ซึ่งเป็นเซลฟ์เอทซ์เรซิน

ซีเมนต์ พบว่า ภายหลังจากการทำเทอร์โมไซเคิล (Thermocycling) มีค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวลดลง โดยผู้วิจัยให้เหตุผลว่า มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดที่หลงเหลือบนผิวเนื้อฟันจะทำปฏิกิริยากับสารเอมีน ทำให้ปริมาณของสารเอมีนลดลง และส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์ที่ชั้นไม่สมบูรณ์ ตามมา [38]

เรซินซีเมนต์ระบบที่ 2 นี้ยังแบ่งตามค่าความเป็นกรด-ด่างได้อีกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- 1) สารยึดเรซินชนิดกรดแก่ปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (Strong self-etching adhesive) มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 1 หรือต่ำกว่า ทำให้เกิดการละลายไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ลึก โดยที่เคลือบฟันจะมีรูปแบบการละลายคล้ายวิธีการใช้กรดฟอสฟอริกแล้วล้างออก ส่วนที่เนื้อฟันไฮดรอกซีอะพาไทต์ทั้งหมดถูกละลาย ทำให้เส้นใยคอลลาเจนเผยผิ่ กลไกการยึดกับเนื้อฟันจึงขึ้นกับการแทรกซึมของเรซินลงไประหว่างเส้นใยคอลลาเจน
 - 2) สารยึดเรซินชนิดกรดอ่อนปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (Mild self-etching adhesive) มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2 ซึ่งสามารถละลายแร่ธาตุบนเนื้อฟันได้ลึกประมาณ 1 ไมครอน การละลายแร่ธาตุจะเกิดขึ้นแค่บางส่วน และยังคงมีไฮดรอกซี อะพาไทต์เหลือบางส่วนเกาะกับเส้นใยคอลลาเจน อย่างไรก็ตามความเป็นรูพรุนก็เพียงพอสำหรับการเกิดการยึดติดเชิงกล (micromechanical interlocking)
 - 3) สารยึดติดเรซินชนิดกรดแก่ปานกลางปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (Intermediate self-etching adhesive) เช่น AdheSE (Vivadent) และ OptiBond Solo Plus Self-etch (Kerr) มีค่าความเป็น-กรดด่างประมาณ 1.5 สามารถสร้างชั้นไฮบริดเป็นสองส่วน โดยชั้นบนเกิดจากการละลายไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้เกือบทั้งหมด ส่วนล่างในชั้นลึกสุดประมาณ 1 ไมโครเมตร จะละลายออกเพียงบางส่วน[20, 27]
3. ระบบที่อาศัยความเป็นกรดของมอนอเมอร์ที่อยู่ในเรซินเบสเป็นตัวปรับสภาพผิวด้วยตัวเอง (self adhesive system)

ระบบนี้เริ่มมีการใช้ในทางทันตกรรมในทศวรรษที่ผ่านมา ได้รับความนิยมเนื่องจากใช้งานง่าย โดยรวมสารยึดและตัวเรซินซีเมนต์ไว้ใช้ในขั้นตอนเดียว (single step) ไม่มีการเตรียมเนื้อฟันคือไม่มีขั้นตอนการใช้กรดเพื่อปรับสภาพผิวฟัน หรือการทำสารยึดแยกออกมา ทำให้ชั้นสเมียร์ไม่ถูกกำจัด

ออก พบว่ายังมีสเมียร์พลาค (smear plug) อุดปิดท่อเนื้อฟันหลงเหลืออยู่[23] โดย RelyX Unicem (Aplicap, Maxicap) RelyX U100 (ชนิด Cliker หรือ Automixing tip) ของบริษัท 3M ESPE (St Paul, MN, USA) เป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าตัวแรกที่วางจำหน่ายในปี 2002[39]

การยึดติดกับผิวฟันของระบบนี้เกิดจาก 1) การยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical retention) โดยมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (methacrylate phosphoric ester monomer ใน RelyX U100) ทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันละลายแร่ธาตุที่ชั้นสเมียร์และมีมอนอเมอร์บางส่วนที่สามารถแทรกซึมผ่านชั้นสเมียร์ไปยังผิวเนื้อฟันได้ และ 2) การยึดติดทางพันธะเคมี (chemical adhesion) โดยอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริกจะไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมในไฮดรอกซีอะพาไทท์ของฟัน [23, 40] ปฏิกิริยาการบ่มตัวเป็นทั้งแบบบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีและบ่มตัวด้วยแสง (dual chemical and photo chemical cure) เนื่องจากการยึดขึ้นงานจากห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่แสงจะเข้าถึงได้ยาก ซึ่งการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เริ่มต้นเมื่อผสมซีเมนต์สองส่วนเข้าด้วยกัน แต่การบ่มตัวด้วยแสงจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งพบว่าการบ่มตัวด้วยแสงจะทำให้สมบัติของเรซินซีเมนต์ดีกว่าการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมีเพียงอย่างเดียว[39] การบ่มตัวจะทำให้เกิดการเชื่อมต่อ (crosslinking) ระหว่างมอนอเมอร์กลายเป็นพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ (high molecular-weight polymer) ตามด้วยการทำให้เป็นกลางด้วยปฏิกิริยากรด-เบส (The acid-base reaction) ระหว่างหมู่ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของมอนอเมอร์ กับวัสดุอุดแทรกชนิดที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา (reactive filler) ซึ่งเป็นแก้วที่ละลายได้ด้วยกรด (acid-soluble glass) เช่น ฟลูออโรโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสส์ (Fluoro-alumino-silicate glass)

รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2-4 ในช่วงแรกหลังจากมีการผสมซีเมนต์ และค่าความเป็นกรด-ด่างจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึง 7 เมื่อเวลาผ่านไป 24-48 ชั่วโมง[41] เมื่อซีเมนต์ผสมเสร็จใหม่ ๆ จะมีลักษณะชอบน้ำ (hydrophilic) ซึ่งทำให้เกิดการไหลแผ่ไปบนเนื้อฟันได้ดี และกลับมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เพิ่มมากขึ้น เมื่อหมู่ที่เป็นกรดได้ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมบนเนื้อฟันหรือวัสดุอุดแทรก พบว่าในปัจจุบันมีเรซินซีเมนต์ประเภทนี้ออกวางจำหน่ายมากมาย โดยมี

ความแตกต่างกันตรงที่ระยะเวลาการทำงาน เวลาในการก่อตัวของซีเมนต์ จำนวนชนิด และ ส่วนประกอบตามแต่ละบริษัทผู้ผลิต

มีการศึกษาการใช้รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม และแมกซ์เซ็ม (Maxcem) ที่เนื้อฟัน พบว่าจะไม่มีการสร้าง ชั้นไฮบริดและเรซินแทกที่พบจะมีลักษณะที่แตกต่างจากในกลุ่มเรซินซีเมนต์ที่มีการปรับสภาพผิวเนื้อ ฟัน[23, 42] Munck และคณะ[23] พบว่าถึงแม้รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มจะมีค่าความเป็นกรดต่างมีค่าน้อย กว่า 2 ในนาทีแรกหลังจากเริ่มผสม แต่พบว่าเกือบจะไม่มีการละลายแร่ธาตุเกิดขึ้นบนผิวเนื้อฟัน ซึ่ง อาจเกิดจากค่าความหนืดที่สูง รวมทั้งระยะเวลาในการแทรกซึมและเกิดปฏิกิริยาน้อย ในกลุ่มที่ฉาย แสงโดยตรงหลังจากยึดติดมีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับทางคลินิกที่น่าสนใจคือ การบ่มตัวด้วยแสงจะให้ ค่าแรงยึดที่มากกว่าการบ่มตัวด้วยตัวเอง มีการศึกษาผลของวิธีการบ่มตัวของเรซินซีเมนต์ชนิดต่าง ๆ ต่อค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวบนเนื้อฟันพบว่า ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวเมื่อมีการบ่มตัวด้วยแสงมีค่ามากกว่า การบ่มตัวด้วยตัวเองอย่างมีนัยสำคัญ[43] และยังพบว่าค่าแรงยึดกับเนื้อฟันจะสูงขึ้นเมื่อเพิ่มแรงกด ขณะยึดขึ้นงานลงบนเนื้อฟัน นอกจากนี้การยึดติดทางเคมีและการปลดปล่อยฟลูออไรด์เป็นปัจจัย สำคัญที่ทำให้ซีเมนต์ชนิดนี้มีความคงทนและป้องกันการเกิดฟันผุได้[44]

กำลังแรงยึดเหนี่ยว

การวัดค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว เป็นการทดสอบวัสดุสองชนิดที่เชื่อมต่อกันด้วยสารยึดติด และให้ แรงเฉือนจนกระทั่งเกิดการแตกหัก ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่คำนวณจากค่าแรงกดที่ มากที่สุดหารด้วยพื้นที่ ยึดติด การประเมินระบบสารยึดมีความจำเป็นทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างวัสดุ บุรณะต่อเคลือบฟันหรือเนื้อฟัน การวัด ค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมีรายงานว่าเป็นการวัดแรงยึดที่พบมาก ที่สุดในงานวิจัยต่าง ๆ[45] ในมาตรฐานสากลไอเอสโอ (ISO) ได้มีการแนะนำการวัดค่ากำลังแรงยึด เหนี่ยว โดยใช้ค่าความเร็วของหัวกดคอยู่ระหว่าง 0.45-1.05 มิลลิเมตรต่อวินาที[46] Hara และคณะ พบว่าความเร็วของหัวกดคมีผลต่อการกระจายความเครียดที่ผิดปกติ มีผลทำให้เกิด การแตกหักภายใน วัสดุได้ (cohesive failure) และได้แนะนำความเร็วที่เหมาะสมของหัวกด 0.5 และ 0.75 มิลลิเมตรต่อ วินาทีเพื่อให้เกิดการแตกหักระหว่างรอยต่อของวัสดุ (adhesive failure) มากที่สุด[47]

นอกจากนี้การวัดค่ากำลังแรงยึดที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพสารยึดอีกวิธีหนึ่งก็คือ การวัดค่ากำลังแรงยึดดึง (tensile bond strength) การวัดค่ากำลังแรงยึดดึงนั้น มี 2 แบบ คือกำลังแรงยึดดึงแบบดั้งเดิม (classic tensile bond strength) และกำลังแรงยึดดึงแบบไมโคร (micro-tensile bond strength) การแตกหักจะเริ่มแตกตรงจุดอ่อนที่สุดของการยึดติด แต่มีข้อเสียคือเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยความชำนาญสูง ขณะเตรียมชิ้นงานอาจมีการแตกหักขนาดเล็กเกิดขึ้น (microfractures) บริเวณรอยต่อของชิ้นงานซึ่งจะทำให้ค่าของกำลังแรงยึดมีค่าน้อยลงจากความเป็นจริงได้ ส่วนในการวัดค่ากำลังแรงยึดเฉือนนั้น การแตกหักไม่ได้เริ่มเกิดขึ้นในส่วนที่เป็นส่วนอ่อนแอที่สุดก่อน แต่จะเริ่มเกิดขึ้นบริเวณที่มีการรับแรงเฉือน[48] ในมาตรฐานสากลไอเอสโอ ได้กล่าวว่า การวัดค่ากำลังแรงยึดนั้นเป็นเพียงสิ่งที่สามารถทำนายพฤติกรรมการยึดของสารยึดเท่านั้น ไม่ได้บ่งชี้ถึงขบวนการล้มเหลวทางคลินิกซึ่งมีความซับซ้อนจากปัจจัยอื่น ๆ อีกมาก [46] อย่างไรก็ตามการทดสอบในห้องปฏิบัติการนั้นเป็นสามารถทำให้เราทราบถึงปัจจัยที่จะทำให้เกิดผลเสียหายในระยะยาวได้อย่างชัดเจนและเพื่อใช้ในการตรวจสอบสมบัติของสารก่อนการใช้จริงทางคลินิก[49] ภายหลังจากการทดสอบค่ากำลังแรงยึดการใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อดูผลการแตกหักบนพื้นผิวเป็นข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงจุดอ่อนที่สุดของการยึดติดว่าอยู่ตรงส่วนใด

การศึกษาค่ากำลังแรงยึดเฉือนบนเนื้อฟันมนุษย์ของเรซินซีเมนต์ 4 ชนิด คือ รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม (RelyX Unicem) รีไลเอ็กซ์เออาซี (RelyX ARC) มัลติลิงค์ (Multilink) และ พานาเวีย 21 (Panavia 21) พบว่า รีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ พานาเวีย 21 มีค่ากำลังแรงยึดเฉือนมากที่สุด[37] โดยพฤติกรรมการยึดติดของเรซินซีเมนต์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของชั้นไฮบริดซึ่งเกิดขึ้นจากการเตรียมผิวฟัน[50] มีรายงานถึงค่ากำลังแรงยึดที่แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติของพานาเวียเอฟเมื่อเทียบกับรีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็ม โดยสรุปว่าค่ากำลังแรงยึดของรีไลเอ็กซ์ที่ต่ำเนื่องจากไม่ได้มีการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรด[51] จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบสารยึดกับเนื้อฟันสรุปได้ว่าการใช้ระบบโททอลเอทซ์แบบ 3 ขั้นตอนให้กำลังแรงยึดได้ดีกว่าระบบโททอลเอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน และระบบเซลฟ์เอทซ์ มีค่ากำลังแรงยึดที่น้อยที่สุด[45]

การรั่วซึม

การรั่วซึมคือทางผ่านแบบที่เรีย ของเหลว ไอออน ระหว่างพื้นกับวัสดุบุผนัง ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ในทางคลินิกซึ่งจะนำไปสู่การติดเชื้อบริเวณรอยต่อของวัสดุ อากาศเสียพื้น เกิดการผุพังตามมา และก่อให้เกิดพยาธิสภาพในคลองรากฟันได้ [24] การละลายตัวของสารยึด การยึดติดที่ไม่มีประสิทธิภาพของสารยึดต่อโครงสร้างฟันและต่อวัสดุบุผนัง การยึดติดที่ไม่มีประสิทธิภาพระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ มีสาเหตุเนื่องจากเนื้อฟันมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์อยู่มาก มีท่อ เนื้อฟันที่มีน้ำอยู่ภายใน มีพลังงานพื้นผิวต่ำ[12] จึงเป็นเหตุชักนำไปสู่การเกิดช่องว่างระหว่างพื้นกับวัสดุอุด และการรั่วซึมในที่สุด[24] นอกจากนี้การที่วัสดุอุดเรซินคอมโพสิตมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนที่แตกต่างกับฟัน โดยสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนของเรซิน คอมโพสิตจะมีค่าสามถึงสี่เท่าของฟัน การหดตัวจากการ บ่มตัวของเรซินซีเมนต์ทำให้เกิดความเครียดบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุอุดกับโครงสร้างฟัน การรั่วซึมระหว่างพื้นกับซีเมนต์ที่ใช้ยึดเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออายุการใช้งาน วัสดุบุผนังทางทันตกรรม[52]

การวัดการรั่วซึมที่ใช้ในทางทันตกรรมแบ่งเป็น 2 ระดับคือ การรั่วซึมระดับ จุลภาค[53] และการรั่วซึมระดับนาโนเมตร การรั่วซึมระดับจุลภาคเกิดจากช่องว่างระหว่างพื้นกับวัสดุเรซินคอมโพสิต เป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุด ส่วนการรั่วซึมระดับนาโนเมตรเกิดจากช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจนในชั้นไฮบริดไม่ได้ถูกทดแทนด้วยเรซิน หรือเกิดจากเรซินแทรกซึมลงไปไม่ถึงช่องว่างล่างชั้นไฮบริดอย่างสมบูรณ์ การวัดการรั่วซึมระดับนาโนเมตรที่นิยมเป็นการใช้สารเคมี (chemical tracers) คือ สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate solution) เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก[54] มีความเป็นกรดต่างประมาณ 2.0 หลังจากแช่ชิ้นงานในสารละลายไว้ 24 ชั่วโมงในที่มืด แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างภาพ (photographic developing solution) ก็แล้วนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเพื่อดูอนุภาคเงิน ซึ่งซิลเวอร์ไนเตรตมีขนาดเล็กมาก 0.059 นาโนเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของแบบที่เรียที่มีขนาด 0.5-1.0 ไมโครเมตร จึงกล่าวได้ว่าระบบใดที่ป้องกันการรั่วซึมของซิลเวอร์ไนเตรตได้ก็จะป้องกันการแทรกซึมของแบบที่เรียได้ และยังไม่พบว่าระบบใดสามารถป้องกันการรั่วซึมระดับนาโนเมตรได้[11]

วิธีวัดการรั่วซึมระดับจุลภาคที่ใช้กันทั่วไปและมีประสิทธิภาพดี เตรียมง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ได้แก่ การแช่ชิ้นตัวอย่างในสารละลายสีย้อม (dye penetration) โดยการแช่ชิ้นงานที่ทำการบูรณะลงในสีย้อมตามเวลาที่กำหนด จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นล้างสีย้อมออกแล้วผ่าชิ้นงานเพื่อตรวจดูการแทรกซึมของสีย้อมที่แทรกเข้าไประหว่างวัสดุอุดกับฟัน ซึ่งสารละลายสีย้อมมีหลายชนิด เช่น สารละลายเบสิกฟุชซิน (basic fuchsin) สารละลายเมทิลีนบลู (methylene blue) สารละลายโทลูอิดีน (toluidine) ข้อดีของวิธีนี้คือ มีประสิทธิภาพดี ปลอดภัย ประหยัดค่าใช้จ่าย เตรียมได้ง่าย ข้อเสียคือ ผลการตรวจเป็นระดับคะแนน หากใช้ผู้ตรวจหลายคนผลการตรวจจึงขึ้นกับความรู้สึก (subjective) และต้องทำลายชิ้นงานดังนั้นจึงไม่สามารถศึกษาชิ้นงานเดิมในหลายระยะเวลาได้ อีกทั้งผลการรั่วซึมวัดมาจากการตัดฟันในระนาบเดียวซึ่งไม่ทราบว่าเป็นตำแหน่งที่ดีที่สุดหรือไม่ นอกจากนี้ระยะเวลาในการย้อมและความเข้มข้นของสีย้อมมีผลต่อการแทรกซึม และควรหลีกเลี่ยงการใช้สีย้อมที่สีไม่มีความเสถียร เช่น ในเมทิลีนบลูจะไม่มีสีเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นด่าง พบว่าการใช้เบสิกฟุชซินที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จะเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาการรั่วซึม มีสีแดงที่ชัดเจน มีอนุภาคของสีย้อมขนาดเล็กประมาณ 120 นาโนเมตร[53] ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับเชื้อแบคทีเรีย อีกทั้งยังสามารถเข้าไปจับกับส่วนของสารอินทรีย์ในโครงสร้างของฟันในได้ดี จึงเหมาะสมในการวัดการรั่วซึมที่เนื้อฟัน และมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3.5[55]

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบการรั่วซึมอีกหลายวิธี เช่น 1) การใช้สารรังสี (radioactive tracers) โดยใช้สารรังสีไอโซโทปซึ่งมีขนาด 40 ไมโครเมตร สารที่นิยมใช้ได้แก่ Ca^{45} C^{14} I^{131} S^{35} และ Na^{22} ข้อเสียของวิธีนี้คือต้องระมัดระวังความปลอดภัยทุกขั้นตอนและค่าใช้จ่ายสูง 2) การใช้แบคทีเรีย โดยดูผลจากการเพาะเชื้อซึ่งสัมพันธ์กับทางคลินิก แต่เป็นการวัดที่หยาบไม่สามารถตรวจสอบการรั่วซึมของพิษของแบคทีเรียที่มีขนาดเล็กกว่าได้ 3) การใช้แรงดันอากาศ โดยดันอากาศจากคลองรากฟันสู่อุณหภูมิเนื้อฟัน และดูฟองอากาศที่จะออกมาบริเวณรอยต่อวัสดุ ข้อดีคือไม่ต้องการการทำลายชิ้นงาน [53]

มีการทดลองเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาคของซูเปอร์บอนด์ซีเมนต์กับซีเมนต์ดั้งเดิม (acid-base cement) ในชั้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน พบว่าชิ้นงานที่บริเวณเคลือบฟันในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีเมนต์บีเกือบทั้งหมดไม่มีการรั่วซึม และค่าการรั่วซึมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกันซีเมนต์ดั้งเดิม แต่ในส่วนเคลือบรากฟันมีค่าการรั่วซึมที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับซีเมนต์ดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบที่แตกต่างกันของเคลือบฟันและเนื้อฟันมีผลต่อการรั่วซึม เนื่องจากส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ของเคลือบฟันไม่ได้เป็นคอลลาเจนแต่เป็นเคอราติน (keratin) ทำให้ไม่มีช่องว่างรอบ ๆ เส้นใยคอลลาเจน ซึ่งจะทำให้เกิดการรั่วซึม[52] เป็นเหตุผลที่จะสนับสนุนว่าการใช้ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมยึดชิ้นงานบนเคลือบฟันจะมีความคงทนกว่ายึดชิ้นงานบนเนื้อฟัน ในส่วนเนื้อฟันการใช้ซูเปอร์บอนด์ซีเอนด์ปีจะทำให้เกิดชั้นไฮบริดที่สมบูรณ์จึงลดการรั่วซึมได้อย่างมีประสิทธิภาพ[56] นอกจากนี้มีการทดสอบการรั่วซึมบริเวณรอยต่อเนื้อฟันและเรซินคอมโพสิต โดยใช้สารย้อมระบบเซลฟ์เอทซ์สองชนิดคือ วันอัฟบอนเอฟ (One-UP Bond F) เป็นสารย้อมเรซินชนิดกรดปานกลางปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (Intermediate self-etching adhesive) ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.2 พรอมท์แอลป๊อป (Prompt L-Pop) เป็นสารย้อมเรซินชนิดกรดแก่ปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (Strong self-etching adhesive) มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 0.8 และโททอลเอทซ์ 1 ชนิด คือ สก็อตบอนด์มัลติเพอโพส (ScotchBond Multi-Purpose) มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 1.0 พบว่าไม่มีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของสารย้อมทั้ง 3 ชนิดต่อการรั่วซึมและสรุปผลว่าไม่มีสารย้อมตัวใดที่ไม่ทำให้เกิดการรั่วซึม[57]

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของการทดสอบการร่วมน้ำหนักต่าง ๆ ข้อดี และข้อจำกัด

ชนิดการทดสอบ	ข้อดี	ข้อจำกัด
สารละลายสีข้อม	เตรียมง่าย เห็นได้ชัดเจน ประหยัดค่าใช้จ่าย ไม่เป็นพิษ	ผลการวัดขึ้นอยู่กับบุคคล (subjective) ต้องทำลายชิ้นงาน
สารเคมี	มีการแทรกซึมที่ดี จุดสิ้นสุดการแทรกซึมชัดเจน	ผลการวัดขึ้นอยู่กับบุคคล (subjective) ต้องทำลายชิ้นงาน
สารรังสี	ตรวจพบได้แม้มีการร่วมน้ำหนักที่น้อย มาก แทรกซึมได้ดี	อันตราย มีความซับซ้อน ต้องมีความระมัดระวังมาก ค่าใช้จ่ายสูง ทำลายชิ้นงาน
แบคทีเรีย	สัมพันธ์กับทางคลินิก	ผลเป็นเชิงคุณภาพ
แรงดันอากาศ	ไม่มีการทำลายชิ้นงาน	พบการร่วมน้ำหนักได้แม้จะเป็นพื้น ปกติไม่มีการบูรณะก็ตาม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร

1. ฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ (Human third molar)
2. เรซินซีเมนต์ที่มีการใช้ในทางทันตกรรม (Dental resin cement)

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

1. ฟันกรามแท้ซี่ที่สามของมนุษย์ที่ถอนออกมาโดยอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 6 เดือน ไม่มีรูผุ ลึก รอยร้าว วัสดุอุด หรือความผิดปกติ เก็บใน สารละลายคลอราไมน์ที (chloramines-T trihydrate bacteriostatic/bacteriocidal solution) ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
2. เรซินซีเมนต์ 3 ระบบ ได้แก่ รีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ซึ่งแต่ละชนิดเป็นตัวแทนของเรซินซีเมนต์แต่ละระบบ

3.3 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. เรซินซีเมนต์ 3 ชนิด ได้แก่ รีไลเอ็กซ์ยูร์รอย (RelyX™ U100: 3M ESPE, Seefeld, Germany Lot No.405969) พานาเวียเอฟทู (PanaviaF2.0: KURARAY MEDICAL INC. Okayama, Japan Lot No.51338) ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี (Super Bond C&B: SUN MEDICAL CO., LTD. Shiga, Japan Lot No.VW1)
2. ไดแคล (Dycal: DENTSPLY Caulk, Milford, U.S.A. Lot No.100715)
3. วัสดุอุดฟันเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350: 3M ESPE)
4. หัวกรอเร็วจากเพชร (204, Intensive, Grancia, Switzerland)
5. ซิลิโคนชนิด Light body (Aquasil Ultra, DENTSPLY Caulk Milford, U.S.A. Lot No.100225)
6. ซิลิโคนชนิด Putty (Aquasil, DENTSPLY Konstanz Germany Lot No.1009002065)

7. ไดสเปเซอร์ (Die spacer: Pico-Fit, Set No.1954-0400 Renfert, Hizingen, Germany)
8. ยิปซัมทางทันตกรรมประเภทที่ 4 (Die stone Type V: ATLAS, Chonburi, Thailand)
9. เบสิคฟุชซิน (Basic Fuchsin: Gurr Certistain®, Lot K32573428)
10. วานิช (Vanish: Lustrous Stylish nail enamel 12 ml)
11. ผงพิวมินต์ละเอียด (Pumice: Shanghai Dental Material LTD.)
12. กระดาษขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ขนาด 600 กริต และ 80 กริต (600 and 80-grit silicon carbide paper)
13. ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว (ท่อตราเสือ)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือตัดฟัน (Isomet 1000, series 15, Buehler, Lake Bluff, USA)
2. เครื่องขัดผิว (Automatic polishing machine, DPS 3200, IMPTECH, South Africa)
3. เครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine, Instron model 8872, Instron Corp, UK)
4. เวอร์เนียแคลิเปอร์ชนิดดิจิทัล (Veneer Diginatic Caliper, Mitutoyo, Tokyo, Japan)
5. เครื่องฉายแสง (Curing light unit, Elipar™ Halogen 2500, 3M ESPE, USA)
6. เครื่องทำความสะอาดอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleanser VI, Yoshida Dental Trade Distribution, Japan)
7. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereomicroscope, Canon, Japan)
8. เครื่องเคลือบเงินตัวอย่างด้วยอนุภาคทอง (Gold coater, JFC-1200, Tokyo, Japan)
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope, JSM-5410LV, Tokyo, Japan)

ตารางที่ 2 แสดงเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง

Commercial name	Type	Main Composition		Manu facture	Lot number
RelyX U100	Dual-cure Self- adhesive system	Paste A: Methacrylate phosphoric ester, dimethacrylate (Bis- GMA/TEGDMA)	Paste B: Glass, Silica, peroxy compound	3M ESPE	405969
PanaviaF2.0	Dual-cure self-etch system	Primer A: MDP, HEMA, 5-NMSA, water, accelerator Primer B: 5- NMSA, accelerator, water, sodium benzene sulfinate	Paste A: 10- MDP, hydrophobic aromatic dimethacrylate PasteB : hydrophobic aromatic dimethacrylate, hydrophobic aliphatic dimethacrylate	Kuraray	51338

Commercial name	Type	Main Composition		Manu facture	Lot number
Super Bond	Self cure	Etchant: 10-3	Powder: PMMA	SUN	V W1
C&B	total- etch system	(Citric acid-Ferric chloride)	(polymethyl methacrylate)	MEDICAL	
		Monomer: 4META/MMA			
		Catalyst: TBB (tri- N-butyl-borane)			

MDP = 10 methacryloyloxydecyl hydrogen phosphate

HEMA = 2 hydroxyethyl methacrylate

5-NMSA = N-methacryloyl-5-aminosalicylic acid

4META/MMA = 4-methacryloxyethyl-trimellitic anhydride/ methylmethacrylate

ตอนที่ 1 การศึกษาค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์

การเตรียมฟันสำหรับทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว

นำฟันกรามแท้ซี่ที่สามจำนวน 90 ซี่ มาฝังในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว สูง 1.5 นิ้ว และยึดด้วยยิปซัมทางทันตกรรมประเภทที่ 4 โดยให้แนวฟันตั้งฉากกับพื้นระนาบ จากนั้น ตัดเคลือบฟันด้านบดเคี้ยวออกในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันเพื่อให้ถึงชั้นเนื้อฟัน โดยตัดให้ห่างจากยอดปุ่มฟันประมาณ 3 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดฟัน (ISOMET 1000 series 15 Buehler, USA) ภายใต้ น้ำหล่ออยู่ตลอดเวลา ด้วยความเร็ว 350 รอบต่อนาที แรงกด 150 นิวตัน แล้วใช้จุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope) กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อตรวจสอบว่าหน้าตัดของฟันเป็นส่วนเนื้อ

ฟันเท่านั้น จากนั้นขัดผิวฟันโดยใช้เครื่องขัดผิววัสดุอัตโนมัติ (Automatic Polishing Machine DPS 3200, IMPTECH, South Africa) ด้วยกระดาษขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ขนาด 600 กริต (600-grit silicon carbide paper) เป็นเวลา 10 วินาที ภายใต้น้ำหล่อ เพื่อสร้างชั้นสเมียร์ จากนั้นล้างผิวฟันด้วยการฉีดน้ำและลมพร้อมกันจากทริปเปิลไซริง (Triple syringe) ที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร สเปร์ย์นาน 5 วินาที และเป่าด้วยลมจากทริปเปิลไซริงด้วยแรงดันและระยะห่างเท่าเดิม จนเห็นว่าผิวเนื้อฟันแห้ง

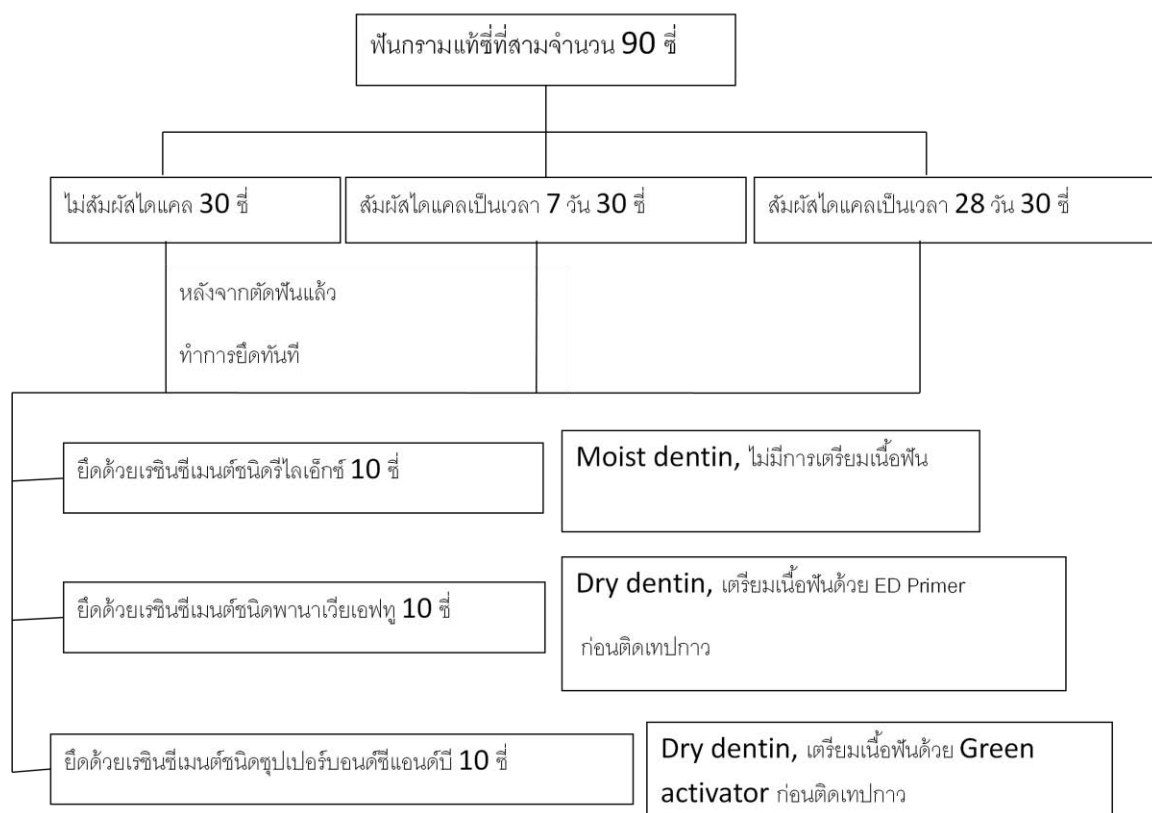
การเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

เตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตจำนวน 90 แท่ง โดยใช้แม่แบบซิลิโคนที่มีรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรและสูง 6 มิลลิเมตร โดยใช้เรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยแสง (Filtek Z350, 3M ESPE) อุดและฉายแสงเป็นชั้น ๆ โดยแต่ละชั้นหนา 1-1.5 มิลลิเมตร ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นขัดพื้นผิวแท่งเรซินคอมโพสิตที่จะนำไปยึดด้วยกระดาษขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ขนาด 80 กริต เพื่อเพิ่มการยึดติดเชิงกลกับเรซินซีเมนต์ ทำความสะอาดในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic cleanser VI, Yoshida Dental Trade Distribution, Japan) เป็นเวลา 10 นาที

การเคลือบเนื้อฟันด้วยไดแคล

แบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่มโดยการสุ่ม กลุ่มละ 30 ซี่ คือ 1) กลุ่มที่ไม่สัมผัสไดแคล 2) กลุ่มที่สัมผัสไดแคล 7 วัน และ 3) กลุ่มที่สัมผัสไดแคล 28 วัน นำกลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสไดแคลนำมายึดติดกับชิ้นงานเรซินคอมโพสิตทันที ส่วนกลุ่มที่สัมผัสไดแคล ทำการผสมไดแคลจากหลอดบรรจุในอัตราส่วน 1:1 ทาไดแคลให้มีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร ให้ทั่วผิวเนื้อฟัน เมื่อไดแคลแข็งตัว นำชิ้นงานเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลาต่างกันที่ 7 วัน และ 28 วัน เมื่อครบกำหนดนำฟันที่สัมผัสไดแคลมาขูดออกด้วยสไปน (spoon) จนเห็นว่าสะอาด ขัดด้วยพิวมิส (pumice-water slurry) 5 วินาที และล้างน้ำ นำฟันทั้งสามกลุ่มแบ่งเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 10 ซี่ จากนั้นเตรียมผิวเนื้อฟันตามคำแนะนำของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด คือ วีไลเอ็กซ์ยูร์รอย ฟานาเวียเอฟทู และ ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี เพื่อยึดกับชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

การแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคียน



ภาพที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคียน

ขั้นตอนการเตรียมเนื้อฟันและยึดติดชิ้นงานเรซินคอมโพสิต

การเตรียมสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความชื้น (moist dentin) จะทำในกลุ่มรีไลเอ็กซ์ยูว์ออย เตรียมได้จากการใช้ออโทปิเปต (auto pipette) หยดน้ำกลั่นปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนด้านบดเคี้ยวของฟัน จากนั้นนำกระดาษที่ไม่ทำให้เกิดขุย ซับที่ผิวเนื้อฟันนาน 5 วินาที ส่วนกรณีการเตรียมสภาพผิวเนื้อฟันให้มีความแห้ง (dry dentin) จะทำในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี และพานาเวียเอฟทู โดยใช้ออโทปิเปต หยดน้ำกลั่นปริมาตร 1 ไมโครลิตร ลงบนด้านบดเคี้ยวของฟัน 1 หยด ใช้ลมจากทริปเปิลไซริงที่แรงดัน 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ระยะห่าง 10 มิลลิเมตร เป่านาน 10 วินาที

- 1) *รีไลเอ็กซ์ยูร็อย* นำเนื้อฟันที่เตรียมไว้มาติดเทปกาวหน้าเดียวที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาต่อเรซินซีเมนต์ ซึ่งมีความหนาประมาณ 90 ไมโครเมตร มีรูวงกลมตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และรีดขอบของเทปกาวบริเวณรอบรูวงกลมให้เรียบ รัศมีระวังไม่ให้เกิดการสัมผัสเนื้อฟันส่วนที่อยู่ภายในรูวงกลมของเทปกาว บีบเนื้อซีเมนต์ออกจากหลอด โดยหลอดจะเป็นหลอดคู่เมื่อกดจะทำให้ส่วนที่เป็นเบสและส่วนที่เป็นตัวกระตุ้นออกมาในปริมาณเท่ากัน 1:1 ผสมเป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นยัดขึ้นงานเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์รีไลเอ็กซ์ยูร็อยบนเนื้อฟัน และใช้จานน้ำหนัก 500 กรัม วางลงบนชิ้นงานเรซินคอมโพสิตในขณะที่ทำการยัด เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกด้วยเอ็กซ์พลอเรอ (explorer) ฉายแสงที่ขอบรอยต่อโดยใช้เครื่องฉายแสงฮาโลเจน โดยฉายด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้นด้านละ 40 วินาที จากนั้นจึงยกจานน้ำหนักออก
- 2) *พานาเวียเอฟทู* ทำการผสมอีดีไพรเมอร์ ส่วนเหลวเอและบี (ED Primers II liquid A and B) ในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 5 วินาที นำสารผสมทาลงบนเนื้อฟันทิ้งไว้ 30 วินาที กำจัดส่วนเกินออกโดยใช้ลมที่ปราศจากน้ำและน้ำมันปาสน์ ๆ จนไม่เห็นการไหล (move) ของสารผสม นำเนื้อฟันที่ผ่านการเตรียมมาติดเทปกาวหน้าเดียวที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาต่อเรซินซีเมนต์ ซึ่งมีความหนาประมาณ 90 ไมโครเมตร มีรูวงกลมตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และรีดขอบของเทปกาวบริเวณรอบรูวงกลมให้เรียบ รัศมีระวังไม่ให้เกิดการสัมผัสเนื้อฟันส่วนที่อยู่ภายในรูวงกลมของเทปกาว จากนั้นผสมเนื้อซีเมนต์หลอดเอ และ บี ในอัตราส่วน 1:1 เป็นเวลา 20 วินาที จากนั้นยัดขึ้นงานเรซินคอมโพสิตด้วยเรซินซีเมนต์พานาเวียเอฟทูบนเนื้อฟัน ใช้จานน้ำหนัก 500 กรัม วางลงบนชิ้นงานเรซินคอมโพสิตในขณะที่ทำการยัด เป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกด้วยเอ็กซ์พลอเรอ ฉายแสงที่ขอบรอยต่อโดยใช้เครื่องฉายแสงฮาโลเจนฉายด้านใกล้แก้มและใกล้ลิ้นด้านละ 20 วินาที จากนั้นจึงยกจานน้ำหนักออก
- 3) *ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี* นำก้อนฟองน้ำจุ่มแอคติเวเตอริสซีเวิวทาลงบนเนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาที ล้างน้ำด้วยน้ำที่ปราศจากน้ำมัน 10 วินาที และเป่าแห้ง นำเนื้อฟันที่เตรียมมาติดเทปกาวหน้าเดียวที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาต่อเรซินซีเมนต์ ซึ่ง มีความหนาประมาณ 90

ไมโครเมตร มีรูวงกลมตรงกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และรีดขอบของเทปกาวยบริเวณรอบรูวงกลมให้เรียบ รัศมีครึ่งวงไม่ให้เกิดการสัมผัสเนื้อฟันส่วนที่อยู่ภายในรูวงกลมของเทปกาวย ผสมมอนอเมอร์จำนวน 4 หยด และ แคทาลิสต์วี (catalyst V) จำนวน 1 หยด รวมเรียกว่า แอคติเวทเตท ลิควิด (activated liquid) ใช้ช้อนตวงขนาดเล็กตักพอลิเมอร์ระปุกสีเขียวซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดที่รังสี ไล่ลงไปแอคติเวทเตทลิควิด ที่เตรียมไว้ ผสมด้วยแปรง จากนั้นยัดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน ใช้จานน้ำหนัก 500 กรัม วางลงบนชิ้นงานเรซินคอมโพสิตในขณะที่ทำการยัด เป็นเวลา 1 นาที กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกด้วยเอ็กซ์พลอเลอร์ เมื่อครบ 10 นาทีจึงยกจานน้ำหนักออก

หลังจากเตรียมชิ้นงานเสร็จ นำชิ้นงานทั้งหมดเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

นำชิ้นงานไปทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน โดยเครื่องทดสอบสากลระบบไฮดรอลิก (Instron, Model 8872, UK.) ด้วยความเร็วของหัวกดเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที ใช้โหลดเซลล์ 1000 นิวตัน บันทึกแรงกดสูงสุดที่ทำให้เกิดการร้าวการยึดติดของเรซินกับเนื้อฟัน ค่ากำลังแรงยึดเฉือนคำนวณโดยนำแรงเฉือนสูงสุดหารด้วยพื้นที่ผิวรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและแท่งคอมโพสิต ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร มีหน่วยเป็นเมกะปาสกาล (MPa)

$$\text{ค่ากำลังแรงยึดเฉือน (MPa)} = \frac{\text{แรงเฉือนสูงสุด(N)}}{\pi R^2} = \frac{\text{แรงเฉือนสูงสุด(N)}}{3.1428(1)^2}$$

นำชิ้นงานที่แตกหักแล้วไปส่องกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป (Stereomicroscope) ที่กำลังขยาย 50 เท่า และเลือกชิ้นงานส่องด้วยกล้อง อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope, JEOL LTD, Tokyo, Japan) เพื่อศึกษาและบันทึกผลการแตกหักที่เกิดขึ้น ดังนี้

ชนิดที่ 1 แตกหักภายในฟัน

(Type I Cohesive failure of the dentin)

ชนิดที่ 2 แตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างผิวฟันกับเรซินซีเมนต์

(Type II Adhesive failure at dentine and resin cement interface)

ชนิดที่ 3 แตกหักภายในเนื้อเรซินซีเมนต์

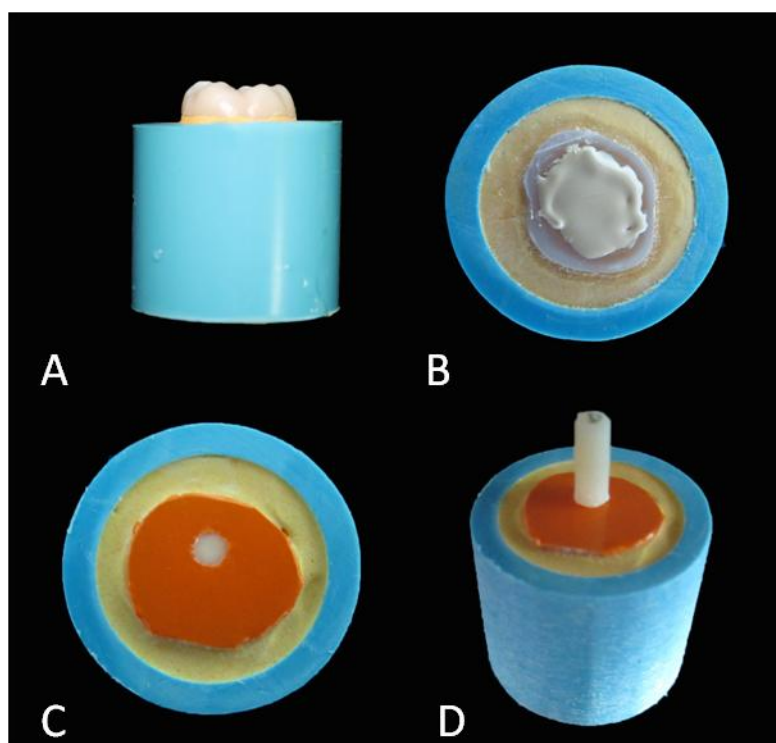
(Type III Cohesive failure of the resin cement)

ชนิดที่ 4 แตกหักบริเวณรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับคอมโพสิต

(Type IV Adhesive failure at resin cement and resin composite interface)

ชนิดที่ 5 แตกหักในเนื้อคอมโพสิต

(Type V Cohesive failure of the composite)



ภาพที่ 2 แสดงการเตรียมชิ้นงานทดสอบค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยว A) นำฟันฝังในท่อพีวีซี B) คลุมเนื้อฟันด้วยไดแคล C) จำกัดพื้นที่ยึดติดด้วยเทปกาว D) วางคอมโพสิตบนเนื้อฟัน

แผนการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

แสดงข้อมูล ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของค่ากำลังแรงยึดเคียนของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเวลาการสัมผัสได้แคลของเนื้อฟัน

สถิติอ้างอิง (Inferential statistics)

งานวิจัยนี้มีปัจจัย (factors) 2 อย่าง ได้แก่

- ระยะเวลาในการสัมผัสได้แคลของเนื้อฟัน 0 วัน 7 วัน และ 14 วัน
- ชนิดของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด

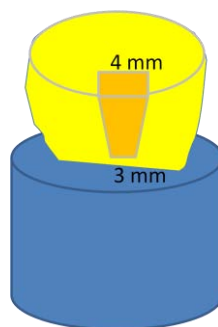
วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเคียนของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ระหว่างกลุ่ม โดยตรวจสอบการกระจายของข้อมูลก่อนว่ามีการแจกแจงปกติหรือไม่ (One-sample Kolmogorov Siminov test) และตรวจสอบความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มว่าเท่ากันหรือไม่โดยการตรวจสอบความเหมือนของค่าความแปรปรวน (Test of homogeneity of variance) ด้วยวิธีของลิวิน (Levene) ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากันจึงใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ชนิดวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way analysis of variance) ในการวิเคราะห์เพื่อดูผลของปัจจัย ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Mutiple comparison) ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนนี่ (Bonferroni) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

หากการแจกแจงไม่ปกติจะใช้สถิติคัลส์ครัลวอลลิส (Kruskal-Wallis test) โดยใช้โปรแกรม สแตตส์ไดเรค (StatsDirect version 2.7.8) หากพบความแตกต่างจะใช้การเปรียบเทียบโดยวิธีของโคโนเวอ อินแมน (Conover-Inman) เพื่อหาว่าคูใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตอนที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบการรั่วซึมระดับจุลภาค

การเตรียมโพรงฟันสำหรับทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค

นำฟันกรามแท้มนุษย์ที่สามมาจำนวน 45 ซี่ มาฝังในท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{3}{4}$ นิ้ว สูง 1.5 นิ้ว และยึดด้วยยิปซัมทางทันตกรรม ตัดเคลือบฟันด้านบดเคี้ยวออกเพื่อให้ถึงชั้นเนื้อฟัน เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 1 จากนั้น ใช้หัวกรอเร็วจากเพชรความละเอียด 100 ไมโครเมตร (204, Intensive, Grancia, Switzerland) สร้างโพรงฟันประเภทที่ 2 (cavity class II) ด้านใกล้ลิ้นและใกล้แก้ม ดังนั้นฟัน 1 ซี่ จะมีโพรงฟัน 2 ตำแหน่ง โพรงฟันมีความยาวสู่ด้านบดเคี้ยว โดยมีความกว้างด้านบดเคี้ยว 4 มิลลิเมตร ด้านใกล้เหงือก 3 มิลลิเมตร ความลึก 1.5 มิลลิเมตร ส่วนความสูง กำหนดให้อยู่ได้รอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร โดยเปลี่ยนหัวกรอใหม่เมื่อทำการเตรียมโพรงฟันครบ 5 ซี่



ภาพที่ 3 แสดงการเตรียมโพรงฟันทดสอบระดับการรั่วซึมโดยมีความยาวสู่ด้านบดเคี้ยว

ใช้โพรบ (Probe) และ วีเนียร์คาลิเปอร์ (veneer caliper) ตรวจสอบขนาดของโพรงฟัน นำฟันที่เตรียมโพรงฟันเรียบร้อยแล้วไปส่งกล้องจุลทรรศน์ไมโครสโคป เพื่อตรวจสอบว่าไม่มีรอยร้าว

แบ่งฟันออกเป็น 3 กลุ่ม โดยการสุ่ม กลุ่มละ 15 ซี่ คือ 1) กลุ่มที่ไม่ทำการยึดชั่วคราวด้วยไดแคล 2) กลุ่มที่ยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์ชั่วคราวด้วยไดแคลเป็นเวลา 7 วัน 3) กลุ่มที่ยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์ชั่วคราวด้วยไดแคลเป็นเวลา 28 วัน

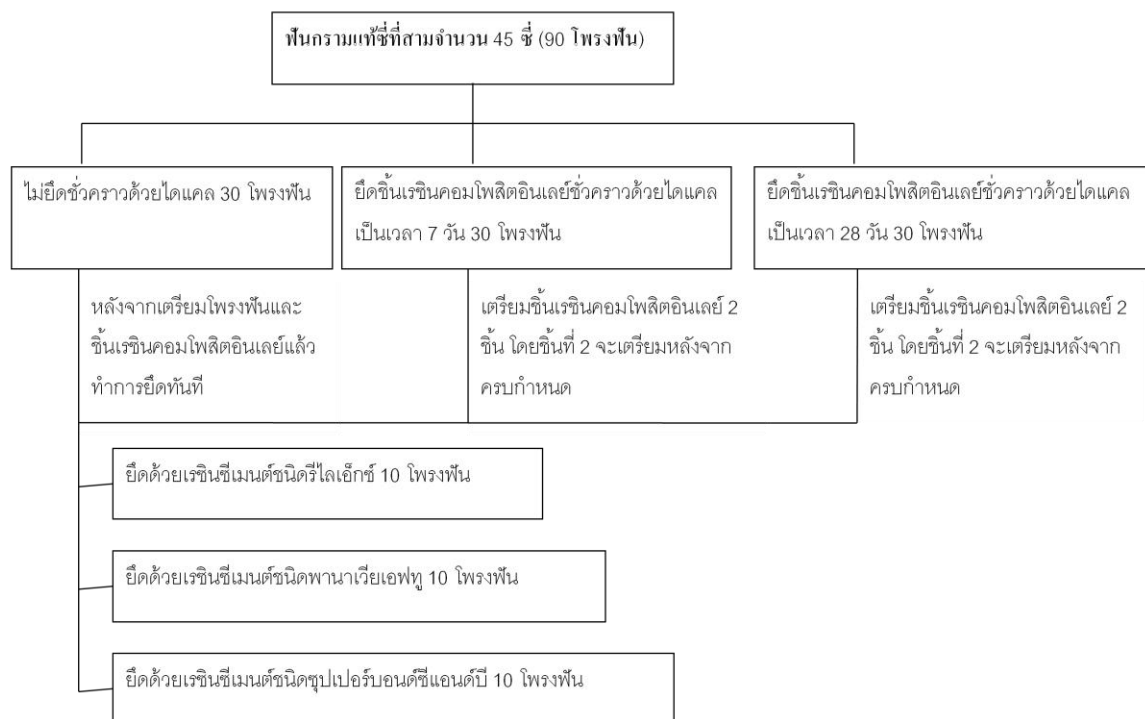
การเตรียมชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์

พิมพ์แบบโพรงฟันด้วยแอตติซันซิลิโคน (Additional silicone) โดยพิมพ์ด้วยวิธีผสมแยก พิมพ์ครั้งเดียว (double-mix, single impression) เทแบบด้วยยิปซัมทางทันตกรรมประเภทที่ 4 เพื่อสร้างเป็นแบบถอด (Die) ขึ้น ทาแบบด้วยได สเปซเซอร์ (die spacer, Renfert®) สองชั้นในโพรงฟัน โดยทาห่างจากขอบโพรงฟัน 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละชั้นจะมีสีของไดสเปซเซอร์ที่แตกต่างกันคือสีทองและสีเงิน โดยทั้งสีทองและสีเงินจะมีความหนาเท่ากัน มีความหนารวมสองชั้นประมาณ 25.8 ไมโครเมตร[58] จากนั้นสร้างชิ้นงานคอมโพสิตอินเลย์ขึ้น 2 ชิ้นงานต่อโพรงฟัน ยกเว้นในกลุ่มที่ไม่ได้ทำการยึดชั่วคราวด้วยไดแคล จะสร้างชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์เพียงชิ้นเดียว ซึ่งจะสร้างชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์ขึ้นแรกก่อนโดยการอุดเรซินคอมโพสิตเป็นชั้น ๆ ชั้นละ 1-1.5 มิลลิเมตร และฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที ในแต่ละชั้น

หลังจากนั้นนำชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอินเลย์ยึดด้วยไดแคลในโพรงฟันให้ก่อตัว ในกลุ่มที่ยึดชั่วคราวด้วยไดแคล กำจัดส่วนเกินออก เก็บไว้ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน เมื่อครบกำหนดนำชิ้นงานเรซินคอมโพสิตออกจากโพรงฟัน ใช้สไปน (spoon) กำจัดไดแคลออกจนเห็นว่าสะอาด และขัดด้วยฟิวมิส 5 วินาที

แบ่งฟันแต่ละกลุ่มโดยการสุ่ม เป็น 3 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 5 ซี่ ซึ่งจะมีทั้งสิ้น 10 โพรงฟันต่อกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มยึดกับเรซินซีเมนต์แต่ละชนิด (RelyX U100, PanaviaF2.0, SuperbondC&B) สร้างชิ้นงานเรซินคอมโพสิตอีกชิ้นในแบบถอดที่เตรียมไว้ ยึดชิ้น งานเรซินคอมโพสิตอีกชิ้นด้วยเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดในโพรงฟันแต่ละกลุ่ม โดยขั้นตอนการเตรียมเนื้อฟัน และการเตรียมเรซินซีเมนต์จะทำเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค



ภาพที่ 4 แสดงการแบ่งกลุ่มชิ้นงานทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค

เก็บชิ้นงานในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทาวานิชเคลือบผิวพื้นทั้งหมด ยกเว้นขอบด้านเหนือ ห่างจากขอบวัสดุ 1 มิลลิเมตร โดยรอบ ทิ้งไว้จนแห้งสนิท และทำซ้ำอีกรอบ จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในสารละลายเบสิกฟลูออไรด์ร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำชิ้นงานมาตัดในแนวตั้งให้ผ่านกึ่งกลางของชั้นเรซินคอมโพสิต ซึ่งใน 1 ชิ้นจะมี 2 ชั้น ส่งกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอไมโครสโคป ที่กำลังขยาย 50 เท่าบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันและชั้นเรซินคอมโพสิต และให้คะแนนการรั่วซึมดังนี้

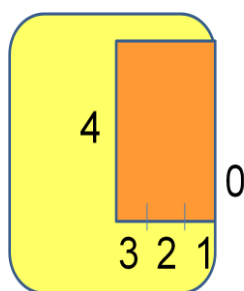
คะแนน 0 คือ ไม่มีการรั่วซึม

คะแนน 1 คือ มีการรั่วซึมไม่เกินหนึ่งในสามของความลึกของผนังโพรงพื้นด้านเหนือ

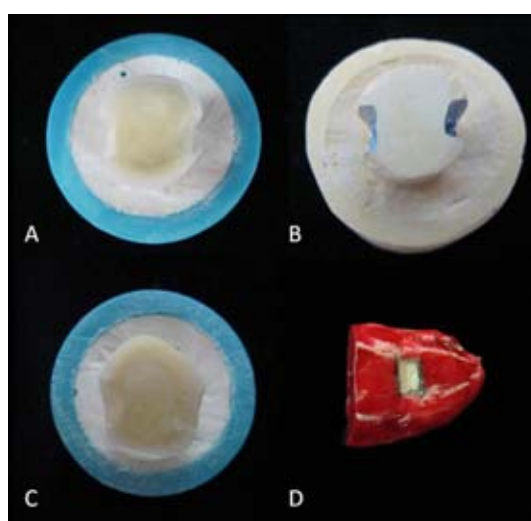
คะแนน 2 คือ มีการรั่วซึมเกินหนึ่งในสามแต่ไม่เกินสองในสามของผนังโพรงพื้นด้านเหนือ

คะแนน 3 คือ มีการรั่วซึมเกินสองในสามของผนังโพรงพื้นด้านเหนือแต่ไม่ถึงผนังด้านใน

คะแนน 4 คือ มีการรั่วซึมถึงผนังด้านใน



ภาพที่ 5 แสดงการให้คะแนนการรั่วซึม



ภาพที่ 6 แสดงการเตรียมชิ้นงานทดสอบระดับการรั่วซึม A) โฟรงฟัน B) แบบถอดทำไดเซปซเซอร์ C) ชิ้นงานคอมโพสิตยึดในโฟรงฟัน D) ทาวานิชโดยรอบเว้นบริเวณรอยต่อทางด้านเหงือก

แผนการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

แสดงข้อมูลการแจกแจงความถี่ของระดับการรั่วซึมของโพรงฟันที่ทำการยึดขึ้นงานเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม

สถิติอ้างอิง (Inferential statistics)

วิเคราะห์เปรียบเทียบระดับการรั่วซึมของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ระหว่างกลุ่ม เนื่องจากเป็นข้อมูลที่เป็นระดับอันดับ จึงวิเคราะห์แบบนอนพาราเมตริกซ์ โดยใช้สถิติคัสครัลวอลลิส (Kruskal-Wallis test) และใช้โปรแกรมสถิติไดเรค StatsDirect version 2.7.8 หากพบความแตกต่างจะทำการเปรียบเทียบโดยวิธีของ โคนอเวอ อินแมน (Conover-Inman) เพื่อหาว่าคู่ใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เนื่องจากมีความสงสัยในค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อฟันหลังสัมผัสด้วยไดแคล จึงทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคลที่เวลาต่าง ๆ และเมื่อกำจัดไดแคลออกด้วยวิธีการต่าง ๆ

ตอนที่ 3 การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อฟันหลังสัมผัสไดแคล

ใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำปราศจากอิออนโดยวัดทั้งสิ้น 5 ชุด จากนั้นนำไดแคลมาผสมให้เกิดการแข็งตัว เป็นจำนวน 5 ชุด และแช่ไดแคลที่แข็งตัวแล้วในน้ำปราศจากอิออนเป็นเวลา 15 นาที ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จากนั้นนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยกระดาษลิตมัสเพื่อเปรียบเทียบผลการอ่านค่าของเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างและกระดาษลิตมัส

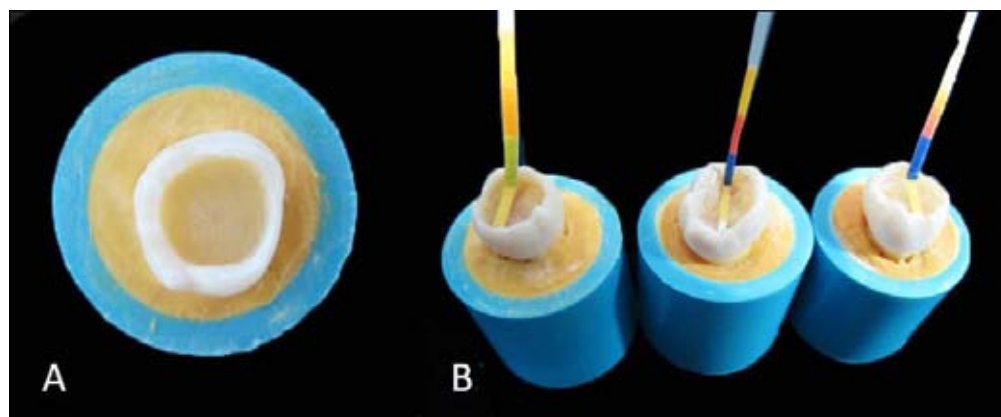
นำฟันกรามซี่ที่สามจำนวน 10 ซี่ มาทำการกรอแต่งเป็นโพรงฟันชนิดที่ 1 ขนาดประมาณ 8x8 ตารางมิลลิเมตร ความลึกประมาณ 3 มิลลิเมตร หยดน้ำปราศจากอิออนในโพรงฟันทิ้งไว้ ที่

อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำกระดาษ ลิตมัสวางในโพรงฟันให้สัมผัสกับน้ำเป็นเวลา 3 นาที นำกระดาษลิตมัสที่สัมผัสน้ำแล้วไปเทียบสีหน้ากล่องบันทึกค่าความเป็นกรด-ด่าง

ล้างโพรงฟันด้วยน้ำ และ เป่าแห้ง ผสมไดแคด และทำให้ทั่วเนื้อฟันส่วนที่เป็นฐานของโพรงฟัน เก็บซีฟันดังกล่าวไว้ในที่มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ณ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บซีฟันครบกำหนด 7 วัน ทำการสุ่มฟันมาจำนวน 5 ซี่ ส่วนฟันที่เหลือให้เก็บไว้จนครบ 28 วัน เมื่อครบกำหนดจึงทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อ

1. หลังกำจัดไดแคดด้วยสปุนจนเห็นว่าสะอาด
2. หลังกำจัดไดแคดด้วยสปุนและอัลตราโซนิคสเกลเลอร์เห็นว่าสะอาด
3. หลังกำจัดไดแคดด้วยสปุนและอัลตราโซนิคสเกลเลอร์จากนั้นขัดโพรงฟันด้วยผงฟิวมิสชนิดละเอียดเป็นเวลา 5 วินาที

โดยทุกขั้นตอนทำการหยดน้ำปราศจากอิออนในโพรงฟัน ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำกระดาษลิตมัสวางในโพรงฟันให้สัมผัสกับน้ำเป็นเวลา 3 นาที นำกระดาษลิตมัสที่สัมผัสน้ำแล้ว ไปเทียบสีหน้ากล่องบันทึกค่าความเป็นกรด-ด่าง



ภาพที่ 7 แสดงการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง A) การกรอแต่งโพรงฟัน B) กระดาษลิตมัสวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในโพรงฟันที่มีน้ำปราศจากอิออน

แผนการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่าง ของไตแคลในน้ำปราศจากอ็อกอน เนื้อพื้นที่ไม่สัมผัสไตแคล เนื้อพื้นที่เมื่อสัมผัสไตแคลที่ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน 28 วัน และเมื่อกำจัดไตแคลออก ด้วยวิธีการต่าง ๆ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือนของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเฉือน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมกะปาสกาล หรือ MPa) บริเวณรอยต่อระหว่างผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อเนื้อฟันสัมผัสได้แคลเป็นระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน

Cement		N	Shear bond strength (MPa)	Std. Deviation
RelyX U100	0 day	10	6.47	1.66
	7 days	10	4.39	1.64
	28 days	10	3.74	.90
	total	30	4.87	1.83
PanaviaF2.0	0 day	10	8.21	1.80
	7 days	10	7.29	1.92
	28 days	10	7.19	2.85
	total	30	7.56	2.21
SuperbondC&B	0 day	10	11.64	3.06
	7 days	10	10.99	3.47
	28 days	10	10.99	2.52
	total	30	11.20	2.94

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าความกำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์กลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ พานาเวียเอฟทู และ รีไลเอ็กซ์ยูร้อย มีค่าต่ำสุด

จากการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลพบว่าการแจกแจงปกติ และตรวจสอบความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มพบว่ามีค่าเท่ากัน จึงใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ชนิดวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-way analysis of variance) พบว่าชนิดของเรซินซีเมนต์และระยะเวลา

การสัมผัสไคแคล มีผลต่อค่ากำลังแรงเฉือน โดย มีความแตกต่างกันของค่ากำลังแรงยึดเฉือนระหว่างเวลาที่แตกต่างกันในรีไลเอ็กซ์ยูร้อย โดยเวลา 0 วัน แตกต่างจาก 7 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเวลา 0 วันต่างจาก 28 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) แต่ที่เวลา 7 วันและ 28 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาในกลุ่ม พานาเวียเอฟทูและ ซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีในทุก ๆ เวลาที่สัมผัสไคแคล

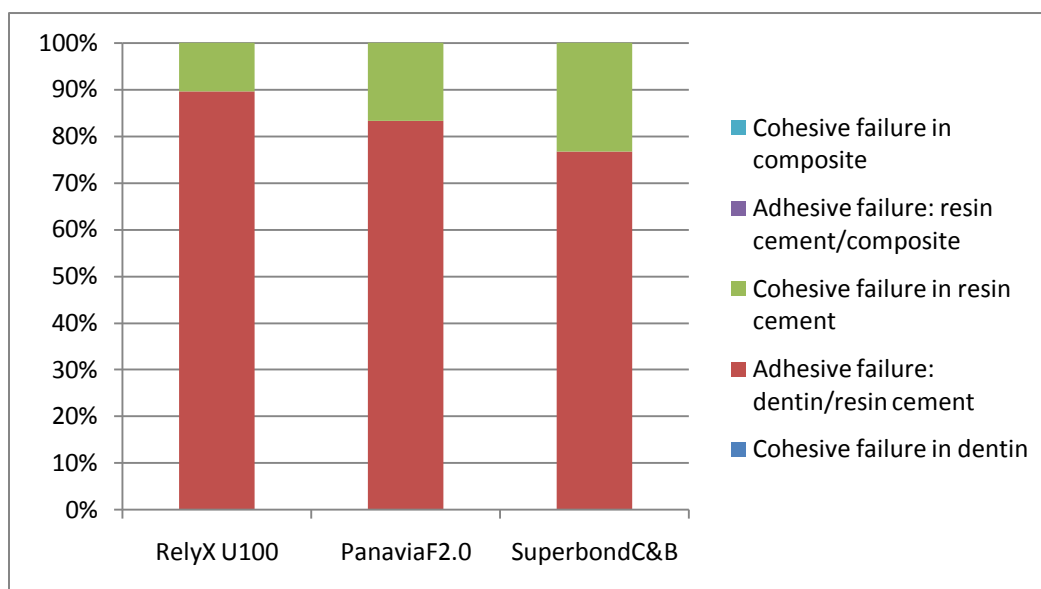
ในกลุ่มรีไลเอ็กซ์ยูร้อย ปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) หรือยอมรับสมมติฐานแย้ง (H_a) คือ ค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเนื้อฟันที่สัมผัสไคแคลที่ระยะเวลาแตกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่ คือระหว่างเนื้อฟันที่สัมผัสไคแคลที่เวลา 0 วัน และที่เวลา 7 วัน กับ ที่เวลา 0 วัน และ 28 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ในกลุ่มพานาเวียเอฟทูและซูเปอร์บอนดซีแอนด์บี ยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0) คือ ค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเนื้อฟันที่สัมผัสไคแคลที่ระยะเวลาแตกต่างกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

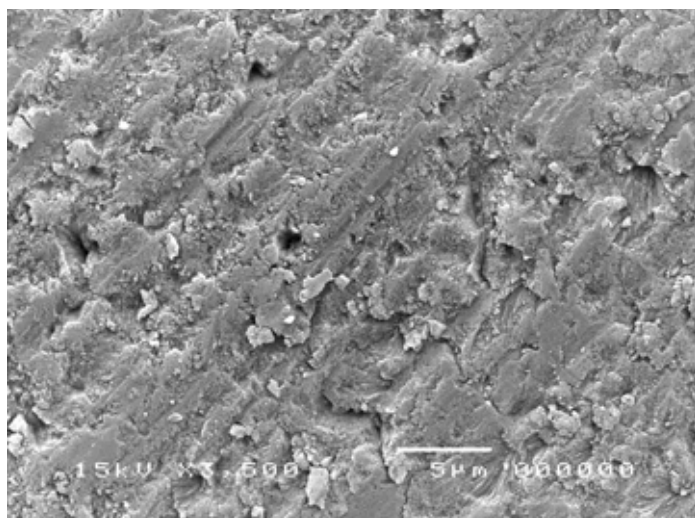
ทุกช่วงเวลาสัมผัสไคแคล พบว่า ซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีมีค่ากำลังแรงยึดเฉือนมากที่สุดและมากกว่ารีไลเอ็กซ์ยูร้อยและพานาเวียเอฟทู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่ากำลังแรงยึดเฉือนของพานาเวียเอฟทูมีค่าสูงกว่ารีไลเอ็กซ์ยูร้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) หรือ ยอมรับสมมติฐานแย้ง (H_a) ในทุก ๆ เวลาการสัมผัสไคแคล คือ ค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาบริเวณที่เกิดการแตกหักของฟันผิวชั้นตัวอย่างในแนวตั้งฉากกับแรงกดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่กำลังขยาย 50 เท่า พบว่าในทุกกลุ่มการทดลองลักษณะการแตกหักของชั้นตัวอย่างส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณรอยต่อระหว่างผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ และพบว่ามี การแตกหักภายในเรซินซีเมนต์ในบางชิ้นงาน โดยในกลุ่มซูเปอร์บอนดซีแอนด์บีพบการแตกหัก

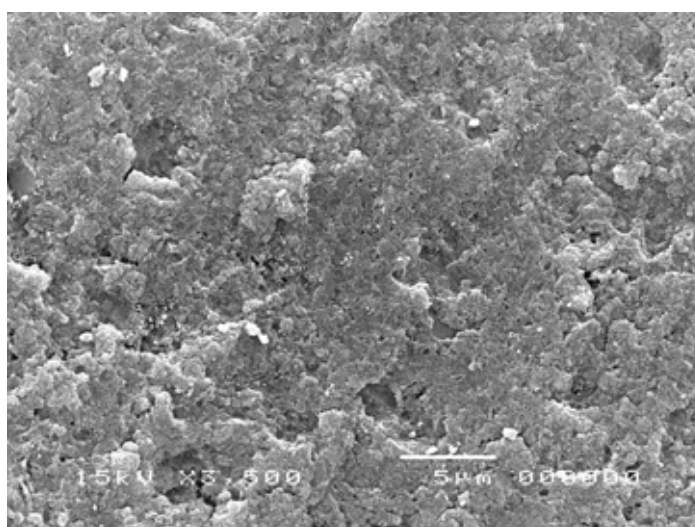
ภายในเรซินซีเมนต์ร่วมด้วยมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 6 และสุ่มเลือกชิ้นงานเพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดที่กำลังขยาย 3,500 เท่า



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าร้อยละของลักษณะการแตกหักภายหลังจากการทดลองค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด

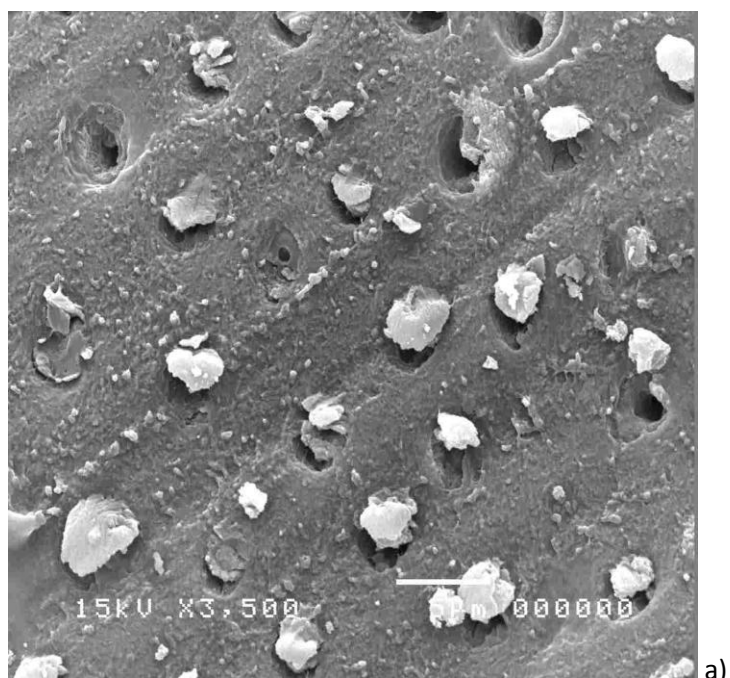


a)

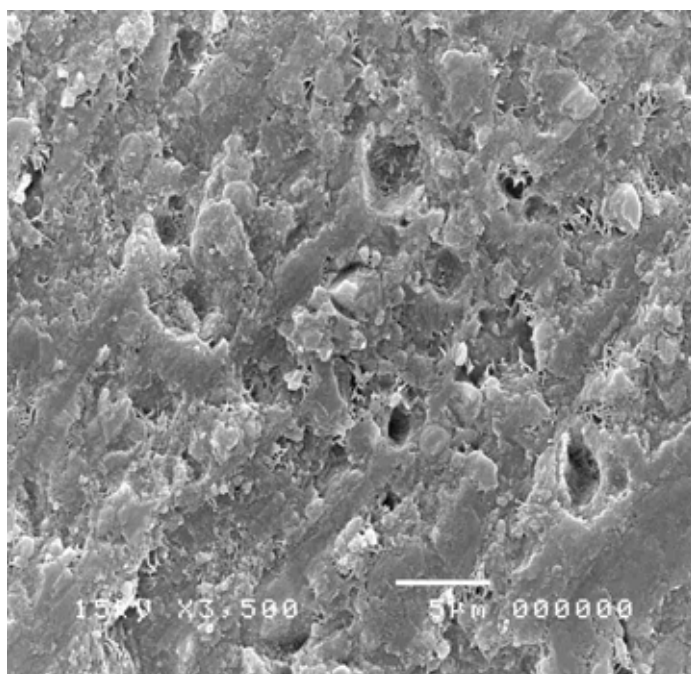


b)

ภาพที่ 9 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสได้แคลเป็นระยะเวลา 7 วัน และยัดด้วยวีโลเอ็กซ์ยูร์ออย เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคียน a) ส่วนของผิวเนื้อฟัน พบว่ามีชั้นสเมียร์ปกคลุมอยู่ทั่วไป พบท่อเนื้อฟันไม่ชัดเจน มีรอยของการตัดฟัน b) ส่วนผิวของแท่งคอมโพสิตที่ปกคลุมด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุน

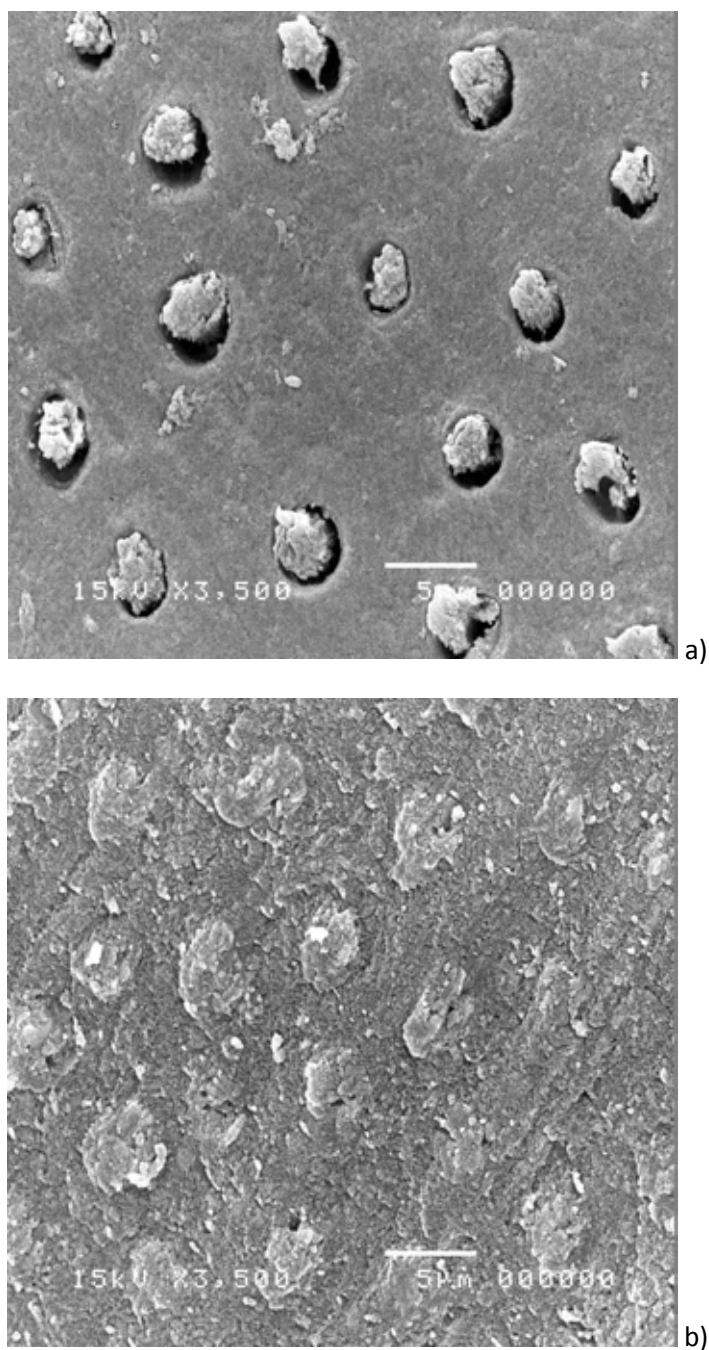


a)



b)

ภาพที่ 10 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสได้แคลเป็นเวลา 7 วัน และยึดด้วยพานาเวียเอฟทู เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเคื่อน a) ส่วนของผิวเนื้อฟัน พบว่าท่อเนื้อฟันกระจายอยู่ทั่วไป บางท่มีเรซินแทรกปรากฏ b) ส่วนผิวของแท่งคอมโพสิตที่ปกคลุมด้วยเรซินซีเมนต์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุน



ภาพที่ 11 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 3,500 เท่า ของชิ้นตัวอย่างที่เนื้อฟันสัมผัสได้แคลเป็นระยะเวลา 7 วัน และยึดด้วยซูเปอร์บอนดีซีแอนดีบี เมื่อผ่านการทดสอบค่ากำลังแรงยึดเฉือน a) ส่วนของผิวเนื้อฟัน พบท่อเนื้อฟันชัดเจนและมีเรซินแทรกภายใน b) ส่วนผิวของแท่งคอมโพสิตที่ปกคลุมด้วยเรซินซีเมนต์ พื้นผิวมีลักษณะของเรซินแทรกที่ยื่นออกมา

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบระดับการรั่วซึมของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 4 แสดงความถี่ของระดับการรั่วซึมของชิ้นงานที่ยึดขึ้นคอมโพสิตอินเลย์ด้วยเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อผ่านการยึดชิ้นงานเรซินคอมโพสิตชั่วคราวด้วยไดแคลที่ระยะเวลาเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน

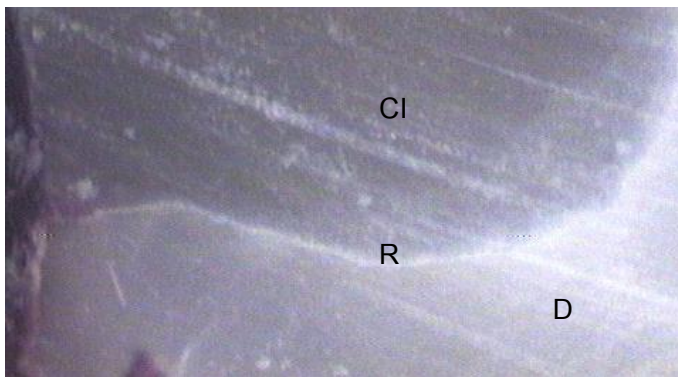
เรซินซีเมนต์	ความถี่				
	ระดับการรั่วซึม 0	ระดับการรั่วซึม 1	ระดับการรั่วซึม 2	ระดับการรั่วซึม 3	ระดับการรั่วซึม 4
RelyX U100					
0 Day	2	3	4	1	0
7 Days	1	4	3	1	1
28 Days	0	1	6	2	1
PanaviaF2.0					
0 Day	5	3	2	0	0
7 Days	4	2	4	0	0
28 Days	4	3	2	1	0
Superbond					
C&B					
0 Day	8	2	0	0	0
7 Days	7	3	0	0	0
28 Days	8	2	0	0	0

จากการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบนอนพาราเมตริกซ์โดยใช้การทดสอบของครัสคาลและวัลลิส (Kruskal-Wallis test) โดยใช้โปรแกรม StatsDirect version 2.7.8 พบว่า การสัมผัสไดแคลในทุกช่วงเวลาไม่มีผลต่อระดับการรั่วซึมของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

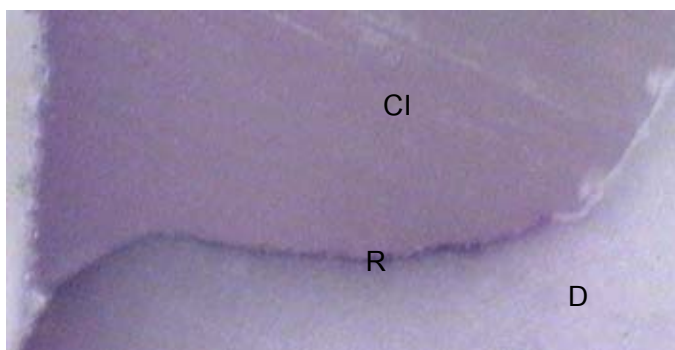
พบว่าชนิดของเรซินซีเมนต์มีผลต่อระดับการรั่วซึม โดยพบ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างชนิดของเรซินซีเมนต์ ที่เวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน จึงทำการเปรียบเทียบแบบจับคู่ โดยวิธีของ โคนโวน เออินแมน (Conover-Inman) เพื่อหาว่าคูใดมีความแตกต่าง พบว่าในทุกช่วงเวลา มีความแตกต่างของระดับการรั่วซึมระหว่างวีไลเอ็กซ์ยูร์รอย และซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี และในกลุ่ม 28 วัน พบว่า มีความแตกต่างระหว่างวีไลเอ็กซ์กับพานาเวียเอฟทูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0) หรือปฏิเสธสมมติฐานแย้ง (H_a) ในทุกกลุ่มของเรซินซีเมนต์ คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคล ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

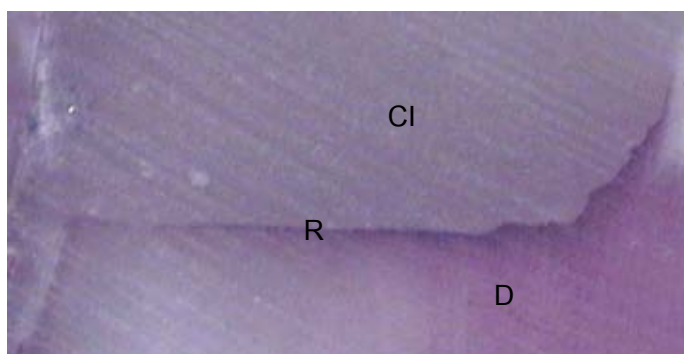
ในทุกช่วงเวลาสัมผัสไดแคล พบว่า ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีระดับการรั่วซึมที่น้อยกว่าวีไลเอ็กซ์ยูร์รอย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) และกลุ่มสัมผัสไดแคลที่ระยะเวลา 28 วัน พบว่า พานาเวียเอฟทูมีระดับการรั่วซึมที่น้อยกว่าวีไลเอ็กซ์ยูร์รอย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) จึงปฏิเสธสมมติฐานว่าง (H_0) หรือยอมรับสมมติฐานแย้ง (H_a) คือ การรั่วซึมระดับจุลภาคของเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด คือ วีไลเอ็กซ์ยูร์รอย พานาเวียเอฟทู และ ซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างน้อย 1 คู่ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



a) RelyX 0 day



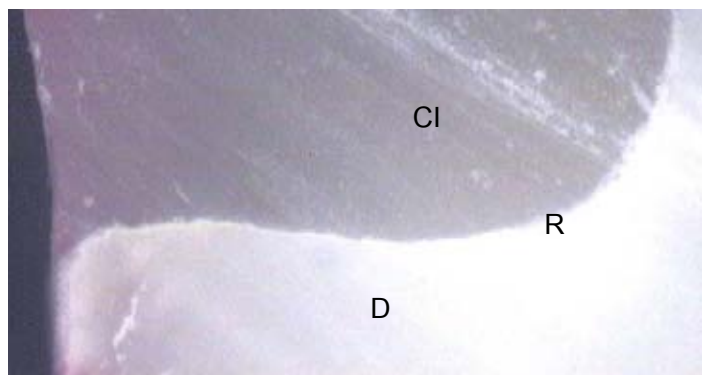
b) RelyX 7 days



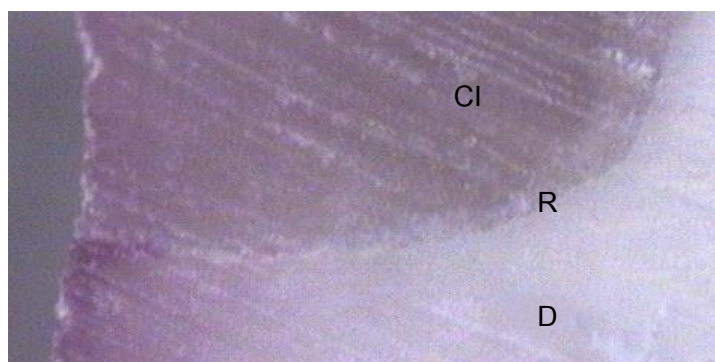
c) RelyX 28 days

ภาพที่ 12 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงระดับการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิด รีไลเอ็กซ์ยูร์ออย a) พบการรั่วซึมระดับ 1 b) พบการรั่วซึมระดับ 3 c) พบการรั่วซึมระดับ 4

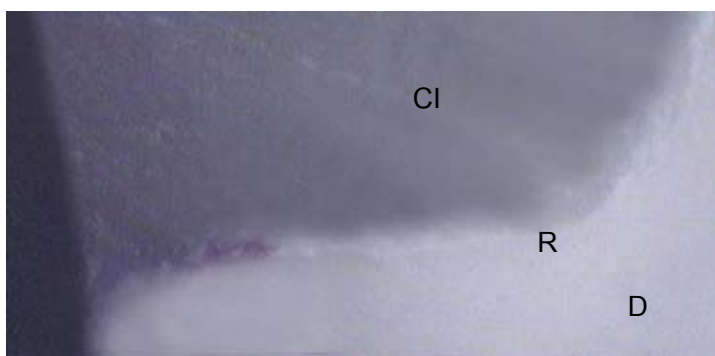
D = เนื้อฟัน R = เรซินซีเมนต์ CI = ขั้วคอมโพสิตอินเลย์



a) PanaviaF2.0 0 day



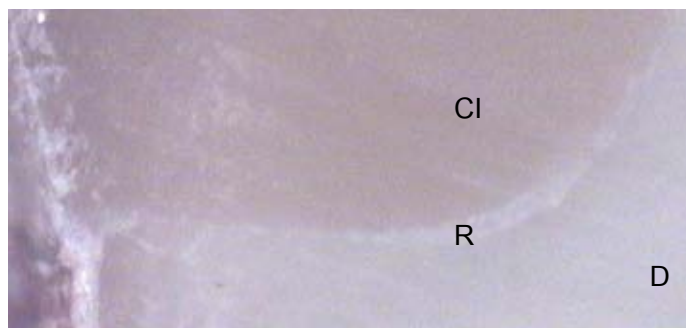
b) PanaviaF2.0 7 days



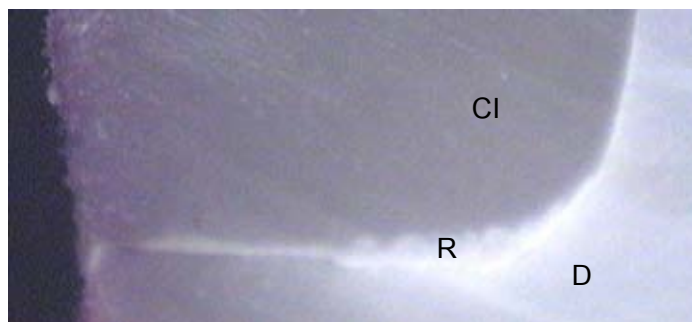
c) PanaviaF2.0 28 days

ภาพที่ 13 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงระดับการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยัดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดพานาเวียเอฟทู a) ไม่พบการรั่วซึม b) พบการรั่วซึมระดับ 1 c) พบการรั่วซึมระดับ 2

D = เนื้อฟัน R = เรซินซีเมนต์ CI = ชั้นคอมโพสิตอินเลย์



a) SuperbondC&B 0 day



b) SuperbondC&B 7 days



c) SuperbondC&B 28 days

ภาพที่ 14 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอที่แสดงระดับการรั่วซึมบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อฟันและคอมโพสิตอินเลย์ที่กำลังขยาย 50 เท่า เมื่อทำการยัดด้วย เรซินซีเมนต์ชนิดยูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี a) และ c) ไม่พบการรั่วซึม b) พบการรั่วซึมระดับ 1

D = เนื้อฟัน R = เรซินซีเมนต์ CI = ชั้นคอมโพสิตอินเลย์

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อพืหลังสัมผัสไคแคล

ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำปราศจากอิออน ที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเท่ากับ 6.8

ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของไคแคลที่ก่อกัวแล้วในน้ำปราศจากอิออน ที่วัดด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเท่ากับ 12.02 จากนั้นนำไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของไคแคลที่ก่อกัวแล้วในน้ำปราศจากอิออนด้วยกระดาษลิตมัส พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.06 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากระดาษลิตมัสจึงมีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้วัดค่าความเป็นกรด-ด่างบนผิวเนื้อพื

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของไคแคลในน้ำปราศจากอิออน เนื้อพืที่ไม่สัมผัสไคแคล เนื้อพืเมื่อสัมผัสไคแคลที่ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน 28 วัน และเมื่อกำจัดไคแคลออก ด้วยวิธีการต่าง ๆ

	ไคแคล	ไม่สัมผัส	สัมผัสไคแคล 7 วัน			สัมผัสไคแคล 28 วัน		
			กำจัดไคแคล	กำจัดไคแคลด้วย	ขัดพืมิส	กำจัดไคแคล	กำจัดไคแคลด้วย	ขัดพืมิส
ในน้ำปราศจากอิออน		ไคแคล	ด้วยสปุน	สเกลเลอร์		ด้วยส	สเกลเลอร์	
ค่าความ								
เป็นกรด-ต่าง	12.06	7	10.6	9.4	8.4	10.2	9.0	8.6

พบว่าเนื้อพืที่สัมผัสไคแคลมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อมีการกำจัดไคแคลออกด้วยสปุน ด้วยสเกลเลอร์ และการขัดด้วยพืมิส ค่าความเป็นกรด-ต่างมีค่าลดลงตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดเฉือนของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม

ไดแคลมีผลต่อกำลังแรงยึดเฉือนในรีไลเอ็กซ์ยูร์อยซึ่งเป็นกลุ่มเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อพานาเวียเอฟทูซึ่งเป็นเซลฟ์เอทซ์เรซินซีเมนต์ และไม่มีผลต่อซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีซึ่งเป็นกลุ่มโททอลเอทซ์เรซินซีเมนต์

ค่ากำลังแรงยึดเฉือนของเรซินซีเมนต์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) ในทุกเวลาที่เนื้อฟันสัมผัสกับไดแคล โดยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี มี ค่ากำลังแรงยึดเฉือนมากที่สุด และพานาเวีย เอฟทูรองลงมา ส่วน รีไลเอ็กซ์ยูร์อยมีค่ากำลังแรงยึดเฉือนน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบระดับการรั่วซึมของผิวเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์แต่ละกลุ่ม

ไดแคลไม่มีผลต่อระดับการรั่วซึมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ในทุกชนิดของเรซินซีเมนต์

ชนิดของเรซินซีเมนต์มีผลต่อระดับการรั่วซึม โดยซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีระดับการรั่วซึมที่น้อยกว่ารีไลเอ็กซ์ยูร์อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) ในทุกช่วงเวลาสัมผัสไดแคล และ พานาเวียเอฟทูมีระดับการรั่วซึมที่น้อยกว่ารีไลเอ็กซ์ยูร์อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มที่สัมผัสไดแคลเป็นเวลา 28 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อตอบคำถามในทางคลินิก ที่มาจากข้อสงสัยในผลของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำให้เนื้อฟันอ่อนแอลง ซึ่งส่งผลให้เนื้อฟันมีความต้านทานต่อการแตกหักลดลง[6, 7, 59] เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์สามารถทำให้โปรตีนกลุ่มคาร์บอกซีและฟอสเฟตในโครงสร้างฟันเกิดการเสื่อมสลาย[7] และในทางทันตกรรมประดิษฐ์ มีการใช้ไดแคลเป็นซีเมนต์ชั่วคราวเพื่อยึดชิ้นงานในช่องปากในกรณีที่ต้องการการยึดอยู่ (retention) ที่มากขึ้น ซึ่งไดแคลเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในรูปแบบหนึ่ง และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิดการเสื่อมสลายของโครงสร้างเนื้อฟัน เนื่องจากมีฤทธิ์เป็นด่างแก่ จึงทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของหมู่ฟอสเฟตและหมู่คาร์บอกซิลในโปรตีนไฮโดรเจน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม ส่วนไฮดรอกซีอะพาไทท์และส่วนคอลลาเจนในเนื้อฟัน[7] อีกทั้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างบนผิวเนื้อฟัน ปฏิกิริยาการนี้ส่งผลต่อการแทรกซึมของสารยัดสีเนื้อฟันเพื่อที่จะสร้างชั้นไฮบริดของเรซินซีเมนต์และปฏิกิริยาของสารยัด และทำให้ค่าพลังยึดลดลงต่ำลงเมื่อมีการบูรณะเนื้อฟันด้วยชิ้นงานจากห้องปฏิบัติการ

นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงของไดแคลที่แทรกตัวอยู่ในเนื้อฟัน ยังมีผลต่อมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (acidic monomer) ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 1.5 ถึง 3 ซึ่งจะต้องมีความเป็นกรดที่เพียงพอต่อการละลายแร่ธาตุของผิวฟัน[41] และเกิดปฏิกิริยากรด-ด่างขึ้น เกิดพันธะไอออนิก ซึ่ง เกิดระหว่างหมู่ที่แสดงสมบัติความเป็นกรดของเรซินซีเมนต์กับแคลเซียมไอออนบนเนื้อฟัน หากมอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์กรดสัมผัสกับความเป็นด่างบนผิวฟันจากผลของไดแคล หรือจากไดแคลที่หลงเหลืออยู่ซึ่งมีความเป็นด่างสูงจะทำให้ความสามารถในการละลายแร่ธาตุลดลงและทำให้ค่ากำลังแรงยึดมีค่าลดลงอีกด้วย

มีการศึกษาถึงค่าความเป็นกรด-ด่างของคลองรากฟันที่ได้รับการอุดด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยแบ่งเนื้อฟันตามระยะจากผิวเคลือบรากฟันสู่คลองรากฟันออกเป็น 4 ส่วน จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อฟันบริเวณต่าง ๆ [16]

Teeth	Periodontium	Dentin (Zone1)	Dentin (Zone2)	Dentin (Zone3)	Dentin (Zone4)	Root canal
Control	6.4-7.0	6.4-7.0	6.4-7.0	6.4-7.0	6.4-7.0	6.4-7.0
Ca(OH) ₂	6.4-7.0	7.4-9.6	7.4-9.6	8.0-11.1	8.0-11.1	11.0-12.2

พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของผิวฟันภายในคลองรากฟันที่สัมผัสไดแคลมีค่าสูง และส่วนถัดมา มีการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่างตามลำดับ และ ส่วนนอกสุดมีค่าเท่ากับ 7.4-9.6 โดยเนื้อฟันที่ไม่ได้สัมผัสกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์เลยมีค่าเท่ากับ 6.4-7 แสดงให้เห็นถึงการแทรกซึมของแคลเซียมไอออนผ่านท่อเนื้อฟัน [16]

การศึกษาในครั้งนี้ พบว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวในกลุ่มของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดเตรียมเนื้อฟันแบบที่ใช้กรดปรับสภาพแล้วล้างออก (total etch system) มีค่ามากกว่ากลุ่มพานาเวียร์เอฟทู ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดใช้ไพรเมอร์ที่เป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (self etch system) และมากกว่ากลุ่มวีไลเอ็กซ์ยูร์ออย ซึ่งเป็นเรซินซีเมนต์ชนิดอาศัยความเป็นกรดของมอนอเมอร์ที่อยู่ในเรซินเบสเป็นตัวปรับสภาพผิวด้วยตัวเอง (self adhesive system) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถอธิบายได้ว่าในขั้นตอนการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรดในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บี โดยการใช้กรดซิตริกและเพอริกคลอไรด์ร้อยละ 10 และ 3 ตามลำดับ ทาลงบนเนื้อฟันเป็นเวลา 10 วินาที แล้วล้างน้ำออก ทำให้ มีการกำจัดชั้นสเมียร์และละลายอินทรีย์สารของเนื้อฟันออกไป จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดของเรซินซีเมนต์[52, 60] นอกจากนี้ การใช้กรดปรับสภาพ ผิวฟันยังทำให้เกิดรูพรุนมากขึ้นบนผิวเนื้อฟันบริเวณรอบ ๆ ท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin)[11] โดยทั่วไปการทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของเนื้อฟันรอบ ๆ ท่อเนื้อฟันจากการปรับสภาพผิวฟันด้วยกรด จะทำให้เกิดการหดตัว และการเสื่อมสลายของเส้นใยคอลลาเจน[61] ซึ่งการใช้สารปรับสภาพผิวเนื้อฟันที่เป็น

กรดเพอริกคลอไรด์ มีสมบัติช่วยพยุลงเส้นใยคอลลาเจนไม่ให้ฟูบตัว แม้จะเป่าด้วยลมเพื่อให้เนื้อฟันแห้ง จึงทำให้โฟร์เมตตา (4META: 4-methacryloxyethyl-trimellitic anhydride) และเมทิลเมทาคริลเลท (MMA: methylmethacrylate) สามารถแทรกซึมไปตามช่องว่างของเส้นใยคอลลาเจนได้ดี และเกิดเป็นชั้นไฮบริด (hybrid layer) ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญของกลไกการยึดติด[27, 62] และยังพบว่าไม่มีชั้นดีมินเนอรอลไรซ์เดนทีนหลงเหลือภายใต้ชั้นไฮบริด[63] จึงทำให้ค่ากำลังแรงยึดเค้นมีค่าสูงกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ชนิดอื่น ๆ ดังนั้นการใช้สารปรับสภาพนี้มีผลทำให้เกิดการละลายตัวของแร่ธาตุอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สามารถกำจัดชั้น สเมียร์ และยังสามารถกำจัดชั้นเนื้อฟันที่อ่อนแอจากความแตกต่างของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีอยู่ในไดแคลด์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดไดแคลด์ที่หลงเหลืออยู่บนผิวเนื้อฟันได้อีกด้วย

สำหรับระบบที่ใช้ไพรเมอร์ชนิดเป็นกรดปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ (self etch system) ซึ่งจะรวมกรดที่ใช้ปรับสภาพและไพรเมอร์ไว้ในขั้นตอนเดียวกัน ความเป็นกรด สามารถเข้าไปละลายแร่ธาตุผ่านชั้นสเมียร์ลงไปยังเนื้อฟันทำให้เกิดชั้นไฮบริดบาง ๆ ขึ้น การละลายชั้นสเมียร์ของระบบเซลฟ์เอทช์นี้ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ต่างของไพรเมอร์ โดยพานาเวียเอฟทูมี อีดี ไพรเมอร์ (ED primer) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนที่สามารถปรับสภาพผ่านชั้นสเมียร์ได้ (Mild self-etching adhesive) โดยมีค่าความเป็นกรด-ต่างเท่ากับ 3 [64]

สารอีดีไพรเมอร์มีองค์ประกอบหลักคือ 1) เอ็มดีพี (MDP:10-Methacryloyloxy-decamethylene phosphoric acid) ที่มีกลุ่มฟอสเฟตทำหน้าที่ยึดกับผิวฟัน 2) ฮีมา (HEMA 2-hydroxyethyl methacrylate) ทำหน้าที่ช่วยนำเรซินเข้าไปทำปฏิกิริยาเป็นพอลิเมอร์ และ 3) ไฟฟ์เอ็นเอ็มเอสเอ (5-NMSA: N-Methylcryloyl 5-Aminosalicylic acid) เมื่ออีดีไพรเมอร์ละลายชั้นสเมียร์ ค่าความเป็นกรด-ต่างจะมีค่าเข้าใกล้ความเป็นกลาง จึงเป็นข้อจำกัดของการแทรกซึมเข้าสู่เนื้อฟันของสารอีดีไพรเมอร์[65] ในการศึกษาครั้งนี้ อีดีไพรเมอร์ได้รวมตัวกับเนื้อฟันที่ถูกทำให้สูญเสียสภาพไป ทำให้เกิดชั้นไฮบริดที่อ่อนแอ ดังนั้นค่าความ กำลังแรงยึดเค้นจึงลดลง แต่ไม่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดจากการทำสารอีดีไพรเมอร์จะต้องมีการถูบนเนื้อฟัน และการที่มอนอเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของพานาเวียเอฟทูนั้นเป็นของเหลว มีความหนืดที่ต่ำ ทำให้สามารถแทรกซึมไปในชั้นสเมียร์และเนื้อฟันได้

ในขณะที่เรซินซีเมนต์ระบบที่อาศัยความเป็นกรดของมอนอเมอร์ซึ่งอยู่ในเรซินเบสเป็นตัวปรับสภาพผิวด้วยตัวเอง (self adhesive system) เช่น รีไลเอ็กซ์ยูร์ออย ซึ่งไม่มีการปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนการใช้เรซินซีเมนต์ และการใช้งานเป็นเพียงขั้นตอนเดียวเหมือนกับซีเมนต์ดั้งเดิม เช่น ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และ พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ แต่เนื่องด้วยความเป็นกรดในตัวเองของตัวซีเมนต์ที่จะทำหน้าที่ปรับสภาพผิวเนื้อฟัน หลายการศึกษารายงานว่ารีไลเอ็กซ์ยูนิเซ็มไม่สามารถละลายแร่ธาตุหรือกำจัดชั้นสเมียร์ออกไปได้หมด ดังนั้นจึงไม่เกิดการแทรกซึมสู่เนื้อฟัน และไม่พบชั้นไฮบริดหรือเรซินแทก[23, 42, 66] สาเหตุที่การละลายแร่ธาตุและการแทรกซึมของเซลฟ์แอตตีซีฟมีจำกัดคือ 1. เนื่องจากมีความหนืดสูงเพราะประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกประมาณร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก[39] 2.ความเป็นกลางที่เกิดขณะการก่อตัวซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีต่อวัสดุอัดแทรกที่เป็นต่างซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น[67] ซึ่งความเป็นกลางนี้ยังเกิดจากการทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบที่มีอยู่ในชั้นสเมียร์อีกด้วย ชั้นสเมียร์ ถือว่าเป็นรอยต่อที่ส่งผลให้เกิดความอ่อนแอในระบบการยึดในกลุ่มเซลฟ์แอตตีซีฟเรซินซีเมนต์ การใช้กรดฟอสฟอริกปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนที่จะทำการยึดด้วยเซลฟ์แอตตีซีฟเรซินซีเมนต์จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการยึดติด[49] เพราะความหนืดของซีเมนต์ไม่สามารถไหลแผ่ไปตามช่องว่างระหว่างเส้นในคอลลาเจนได้ แต่มีรายงานว่า การกำจัดพื้นผิวที่มีการเกาะกันอย่างหลวม ๆ ของชั้น สเมียร์โดยใช้กรดที่อ่อนอาจสามารถเพิ่มแรงยึดได้[67] ในการทดลองนี้เนื้อฟันที่อ่อนแอเนื่องจากการสัมผัสด้วยไดแคลไมได้ถูกกำจัดออกไป อีกทั้งความเป็นต่างที่ยังหลงเหลือที่ผิวเนื้อฟันมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและยังมีผลทำให้ฤทธิ์ความเป็นกรดของซีเมนต์น้อยลง เกิด จึงการละลายแร่ธาตุได้น้อย อีกทั้งเรซินซีเมนต์มี ความหนืดสูง ปัจจัยเหล่านี้จึงส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดเฉือนมีค่าต่ำ

การใช้ไดแคลเป็นซีเมนต์ยึดชั่วคราวทำให้เกิดความอ่อนแอของโครงสร้างของเนื้อฟันและยังทำให้ผิวเนื้อฟันมีสภาพเป็นต่างมากขึ้น รีไลเอ็กซ์ยูร์ออยมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการกำจัดเนื้อฟันที่อ่อนแอ และความเป็นต่างที่เพิ่มขึ้นของผิวฟันมีผลต่อการทำงานของมอนอเมอร์ที่เป็นกรด ส่วน พานาเวียเอฟทูมีการใช้ไฮโดรฟลูออริกเพื่อปรับสภาพผิวเนื้อฟันก่อนที่จะยึดด้วยเรซินซีเมนต์ จึงมีการละลายชั้นสเมียร์ออกไปได้ ดังนั้นพานาเวีย เอฟทู และซุเปอรบอนด์ซีแอนด์บีมีประสิทธิภาพมากกว่ารีไลเอ็กซ์ยูร์ออย ในการยึดเนื้อฟันที่ผ่านการ ปนเปื้อนด้วยไดแคลมาก่อน และพบว่าในรีไลเอ็กซ์ยูร์ออยไม่มี

ความแตกต่างของค่าความแข็งแรงยึดเคียนบนเนื้อฟันที่สัมผัสไดแคลที่ระยะเวลา 28 วัน และ 7 วัน จึงสันนิษฐานได้ว่าเวลาในการสัมผัสไดแคลเป็นเวลานานมากขึ้นไม่ได้ทำให้เนื้อฟันที่อ่อนแอมากขึ้น และเนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างของไดแคลมีค่าคงที่ จึงไม่ได้ส่งผลต่อปฏิกิริยากรด-ด่างของรีไล เอ็กซ์ชัวร์อย่างมากขึ้น

การเลือกใช้ซีเมนต์ชั่วคราวจำเป็นต้องคำนึงถึงผลของซีเมนต์ชั่วคราวที่มีต่อสภาพผิวฟัน และ ผลต่อเรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดชิ้นงาน เช่นการใช้ซิงค์ออกไซด์ยูจินอล ซึ่งวัสดุชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้ในงานอุด คลองรากฟันและเป็นซีเมนต์ชั่วคราว เนื่องจากราคาถูก สามารถปิดผนึกโพรงฟันได้ดี และยังมีรีไซเคิล ได้ง่าย แต่ยูจินอลที่หลงเหลืออยู่ในเนื้อฟันจะก่อให้เกิดผลเสียต่อเนื้อฟัน เช่น ทำให้ความสามารถในการไหลแผ่ (wetability) และความไวต่อปฏิกิริยา (reactivity) ของเนื้อฟันเปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อการ ก่อตัวของเรซินคอมโพสิต เนื่องจาก กลุ่มฟีนอลิกไฮดรอกซิล (phenolic hydroxyl group) สามารถ ยับยั้งกระบวนการพอลิเมอไรเซชันของเรซินซีเมนต์ได้[68] มีการศึกษาผลของซิงค์ออกไซด์ยูจินอล ต่อค่ากำลังแรงยึดเคียนระหว่างเนื้อฟันและแท่งคอมโพสิต ได้ผลสรุปว่าการสัมผัสซิงค์ออกไซด์ยูจินอล ไม่ได้มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดเคียนเมื่อมีการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดสก็อตบอนด์มัลติเพอร์โพส (Scotchbond Multi-Purpose; 3M Dental, St Paul, MN, USA) เนื่องจากการใช้กรดปรับสภาพและ ล้างออกเป็นการกำจัดส่วนประกอบบนผิวเนื้อฟันและเป็นเหตุผลสำคัญในการกำจัดผลเสียต่อค่า กำลังแรงยึดเคียนของยูจินอลออกอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสนับสนุนโดย Xie et al[69] และ Jung, Ganss & Senger[70]

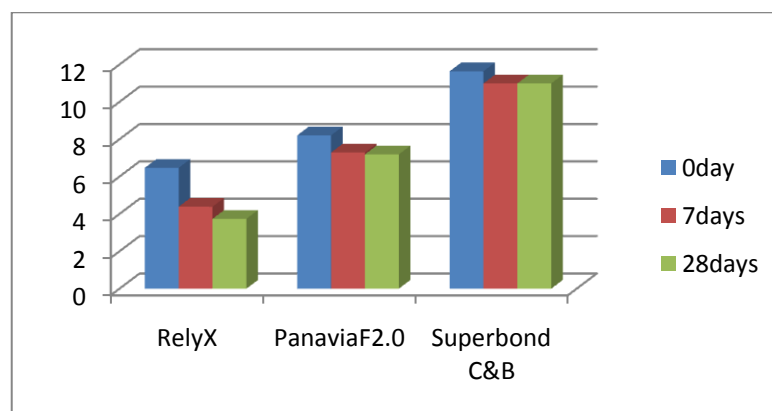
ในกรณีที่น่าไดแคลมาใช้เป็นซีเมนต์ยึดชั่วคราว การเลือกเรซินซีเมนต์ที่เหมาะสมในการยึด ชิ้นงานเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาอย่างรอบคอบ จากผลการทดลองนี้แนะนำว่าการใช้รีไลเอ็กซ์ชัวร์อยไม่ ควรใช้ในการยึดถาวรหากมีการใช้ไดแคลในการยึดชั่วคราว ส่วนซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีและพานาเวีย เอฟทูเป็นทางเลือกในการยึดชิ้นงานแบบถาวรในกรณีที่ใช้ไดแคลเป็นซีเมนต์ชั่วคราว

ผลของการรั่วซึมในการทดลองนี้พบว่าในกลุ่มซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีระดับการรั่วซึมที่น้อย ที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ อพานาเวียเอฟทู ขณะที่ รีไลเอ็กซ์ชัวร์ มีระดับการรั่วซึม

ที่มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดเคื่อนที่ซูเปอร์บอนด์มีค่ากำลังแรงยึดเคื่อนมากที่สุด รองลงมาคือพานาเวียเอฟทู และวีไลเอ็กซ์ยู้อยตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบผลจากการสัมผัสไดแคลพบว่า การสัมผัสไดแคลไม่มีผลต่อการรั่วซึม และผลของการรั่วซึมไม่ได้สอดคล้องกับค่ากำลังแรงยึดเคื่อน เมื่อเนื้อฟันสัมผัสไดแคลในเวลาที่แตกต่างกัน คือในกลุ่มของวีไลเอ็กซ์ยู้อยค่ากำลังแรงยึดเคื่อนมีค่าลดลงหลังจากสัมผัสไดแคลแล้ว 7 วัน แต่ในการทดลองเรื่องการรั่วซึม เมื่อสัมผัสไดแคล เป็นเวลานานมากขึ้นพบว่าไม่มีผลต่อระดับการรั่วซึม ที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับการรั่วซึมของซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีมีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับ วีไลเอ็กซ์ยู้อยในทุกช่วงเวลาการสัมผัสไดแคล ซึ่งสอดคล้องกับ ค่ากำลังแรงยึดเคื่อนในการทดลองแรก จากการทบทวนวรรณกรรม 30 เรื่องโดย Siegward การทดลองส่วนใหญ่เป็นการทดลองการยึดติดของเนื้อฟันกับเรซินคอมโพสิต และการรั่วซึมบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันและคอมโพสิตพบว่า 23 การทดลองไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังแรงยึดกับค่าการรั่วซึม 4 การทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างค่ากำลังแรงยึดกับค่าการรั่วซึม และอีก 3 การทดลองไม่สามารถสรุปผลได้ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่[45]

จากผลการวิจัยเรื่องค่ากำลังแรงยึดเคื่อน ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่ากำลังแรงยึดเคื่อนในพานาเวียเอฟทูและซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีในการสัมผัสไดแคลที่เวลาต่าง ๆ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดเคื่อนของเรซินซีเมนต์ 3 ชนิด เมื่อเนื้อฟันสัมผัสไดแคล ที่ระยะเวลา 0 วัน 7 วัน และ 28 วัน

มีข้อสังเกตว่าค่ากำลังแรงยึดเหนี่ยวมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการสัมผัสได้แคลนนานมากขึ้น ซึ่งเป็นไปได้ที่ไคแคลจะมีผลต่อพานาเวียเอฟทูและซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์บีเช่นกัน หากทำการทดลองเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสได้แคล อาจทำให้เห็นผลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

โดยพบว่าหากเนื้อพื้มีการสัมผัสได้แคลเป็นระยะเวลาเวลานานมากขึ้น จะทำให้ความแข็งแรงของเนื้อพื้มีค่าลดลง Glen ในปี 2005 ทำการทดลองโดยการอุดคลองรากพื้ด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นระยะเวลา 30 วัน และ 180 วัน พบว่าค่าความแข็งแรงของเนื้อพื้ลดลงเมื่อคลองรากพื้สัมผัสกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์นานขึ้น[71] Rosenberg ในปี 2007 ได้ทำการทดลองผลของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่นำมาเป็นวัสดุอุดคลองรากพื้ พบว่าค่ากำลังแรงยึดดึงของเนื้อพื้ ระหว่างเนื้อพื้ที่สัมผัสได้แคลเป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน มีค่าลดลง และเนื้อพื้ที่สัมผัสได้แคลเป็นเวลา 7 วัน และ 84 วัน มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และผู้วิจัยได้ทำการสรุปว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ทำให้เนื้อพื้อ่อนแอลง[7]

ดังนั้นการสัมผัสได้แคลเป็นเวลานานมากขึ้น จะส่งผลให้เนื้อพื้อ่อนแอลงมากขึ้นและอ่อนแอลงไปลึกมากขึ้น รวมทั้งค่าความเป็นกรด -ด่างที่สูง ซึ่งอาจส่งผลต่อการยึดติดของเรซินซีเมนต์ในพานาเวียเอฟทูอาจส่งผลต่อโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรดในการกำจัดชั้นสเมียร์และกำจัดส่วนของแร่ธาตุบริเวณผิวเนื้อพื้ และความเป็นกรดมีความสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวของเรซินซีเมนต์ อีกทั้งการเกิดการยึดอยู่กับเนื้อพื้ที่มีความอ่อนแอ จะทำให้แรงยึดมีค่าลดต่ำลง ในซูเปอร์บอนด์ซีแอนด์ บี ใช้กรดซिटริกและเพอริกคลอไรด์ร้อยละ 10 และ 3 ในการเตรียมผิวเนื้อพื้ ซึ่งจะละลายแร่ธาตุได้ลึก 4.17 ไมโครเมตร[72] ดังนั้นหากเนื้อพื้ที่มีความอ่อนแอมีความลึกที่มากกว่า และความเป็นด่างที่สูงได้แทรกผ่านเนื้อพื้ลึกลงไปมากกว่าที่กรดจะกำจัดออกได้หมด อาจมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดของเรซินซีเมนต์ชนิดซูเปอร์บอนด์อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้เป็นการทดลองที่ต้องการข้อมูลเพื่อให้สามารถนำผลการทดลองไปปรับใช้ได้จริงในทางคลินิก แต่ไม่ได้ทำการทดลองเชิงลึกไปถึงโครงสร้างของเนื้อฟันที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการสัมผัสด้วยไดแคล หรือหลังจากถูกเตรียมเนื้อฟันโดยวิธีต่าง ๆ ของเรซินซีเมนต์ทั้ง 3 ชนิด อีกทั้งเรซินซีเมนต์ที่ใช้ เป็นเพียงตัวแทนของแต่ละระบบ อย่างละชนิด ซึ่งปัจจุบันเรซินซีเมนต์มีความหลากหลายมากมาก และมีการปรับปรุงสมบัติเพื่อพัฒนาคุณภาพอยู่เสมอ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต เพื่อให้เกิดข้อมูลเชิงลึกและมีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

- [1] Hasegawa, T., Retief, D.H., Russell, C.M. and Denys, F.R. Shear bond strength and quantitative microleakage of a multipurpose dental adhesive system resin bonded to dentin. J Prosthet Dent. 73 (May 1995): 432-8.
- [2] Ribeiro, J.C., Coelho, P.G., Janal, M.N., Silva, N.R., Monteiro, A.J. and Fernandes, C.A. The influence of temporary cements on dental adhesive systems for luting cementation. J Dent. 39 (Mar 2011): 255-62.
- [3] Terata, R. Characterization of enamel and dentin surfaces after removal of temporary cement--study on removal of temporary cement. Dent Mater J. 12 (Jun 1993): 18-28.
- [4] Paul, S.J. and Scharer, P. Effect of provisional cements on the bond strength of various adhesive bonding systems on dentine. J Oral Rehabil. 24 (Jan 1997): 8-14.
- [5] Peutzfeldt, A. and Asmussen, E. Influence of eugenol-containing temporary cement on bonding of self-etching adhesives to dentin. J Adhes Dent. 8 (Feb 2006): 31-4.
- [6] Andreasen, J.O., Farik, B. and Munksgaard, C. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. Dental Traumatology. 18 (Jun 2002): 134-7.
- [7] Rosenberg B, M.P., Namerow, K. . The effect of calcium hydroxide root filling on dentin fracture strength. Dental Traumatology 23 (2007): 26-9.
- [8] Grigoratos, D., Knowles, J., Ng, Y.L. and Gulabivala, K. Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. Int Endod J. 34 (Mar 2001): 113-9.
- [9] Hillson, S. Teeth. Cambridge: University Press, 2005.
- [10] Marshall, G.W., Jr., Marshall, S.J., Kinney, J.H. and Balooch, M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. J Dent. 25 (Nov 1997): 441-58.
- [11] Pashley, N.N.a. Hybridization of dental hard tissues. Quintessence Publishing, 1998.

- [12] Yazici, A.R., Baseren, M. and Dayangac, B. The effect of flowable resin composite on microleakage in class V cavities. Oper Dent. 28 (Jan-Feb 2003): 42-6.
- [13] Fava, L.R. and Saunders, W.P. Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. Int Endod J. 32 (Aug 1999): 257-82.
- [14] Stephen Cohen, K.M.H. Pathways of the pulp. MOSBY ELSEVIER.
- [15] Mizuno, M. and Banzai, Y. Calcium ion release from calcium hydroxide stimulated fibronectin gene expression in dental pulp cells and the differentiation of dental pulp cells to mineralized tissue forming cells by fibronectin. Int Endod J. 41 (Nov 2008): 933-8.
- [16] Tronstad, L., Andreasen, J.O., Hasselgren, G., Kristerson, L. and Riis, I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. J Endod. 7 (Jan 1981): 17-21.
- [17] Erdemir, A., Ari, H., Gungunes, H. and Belli, S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. J Endod. 30 (Feb 2004): 113-6.
- [18] Barnes, I.E. and Kidd, E.A. Disappearing Dycal. Br Dent J. 147 (Sep 4 1979): 111.
- [19] Francisconi, L.F., de Freitas, A.P., Scaffa, P.M., Mondelli, R.F. and Francisconi, P.A. Water sorption and solubility of different calcium hydroxide cements. J Appl Oral Sci. 17 (Sep-Oct 2009): 427-31.
- [20] Staehle, H.J., Pioch, T. and Hoppe, W. The alkalizing properties of calcium hydroxide compounds. Endod Dent Traumatol. 5 (Jun 1989): 147-52.
- [21] Macchi, R.L., Capurro, M.A., Herrera, C.L., Cebada, F.R. and Kohen, S. Influence of endodontic materials on the bonding of composite resin to dentin. Endod Dent Traumatol. 8 (Feb 1992): 26-9.
- [22] Fonseca, R.B., Martins, L.R., Quagliatto, P.S. and Soares, C.J. Influence of provisional cements on ultimate bond strength of indirect composite restorations to dentin. J Adhes Dent. 7 (Autumn 2005): 225-30.
- [23] De Munck, J., Vargas, M., Van Landuyt, K., Hikita, K., Lambrechts, P. and Van Meerbeek, B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater. 20 (Dec 2004): 963-71.
- [24] Blair, K.F., Koeppen, R.G., Schwartz, R.S. and Davis, R.D. Microleakage associated

- with resin composite-cemented, cast glass ceramic restoration. Int J Prosthodont. 6 (Nov-Dec 1993): 579-84.
- [25] Blatz, M.B., Sadan, A. and Kern, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. J Prosthet Dent. 89 (Mar 2003): 268-74.
- [26] Saskalauskaite, E., Tam, L.E. and McComb, D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. J Prosthodont. 17 (Jun 2008): 262-8.
- [27] Van Meerbeek, B. et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent. 28 (May-Jun 2003): 215-35.
- [28] Gwinnett, A.J. Quantitative contribution of resin infiltration/hybridization to dentin bonding. Am J Dent. 6 (Feb 1993): 7-9.
- [29] Tay, F.R., Gwinnett, A.J. and Wei, S.H. The overwet phenomenon: an optical, micromorphological study of surface moisture in the acid-conditioned, resin-dentin interface. Am J Dent. 9 (Feb 1996): 43-8.
- [30] Salz, U., Zimmermann, J. and Salzer, T. Self-curing, self-etching adhesive cement systems. J Adhes Dent. 7 (Spring 2005): 7-17.
- [31] Christensen, G.J. Seating nonmetal crowns or fixed partial dentures with resin cement. J Am Dent Assoc. 129 (Feb 1998): 239-41.
- [32] Moszner, N., Salz, U. and Zimmermann, J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. Dent Mater. 21 (Oct 2005): 895-910.
- [33] Van Landuyt, K.L. et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials. 28 (Sep 2007): 3757-85.
- [34] Toledano, M. et al. Effect of the hydration status of the smear layer on the wettability and bond strength of a self-etching primer to dentin. Am J Dent. 17 (Oct 2004): 310-4.
- [35] Nakaoki, Y., Nikaido, T., Pereira, P.N., Inokoshi, S. and Tagami, J. Dimensional changes of demineralized dentin treated with HEMA primers. Dent Mater. 16 (Nov 2000): 441-6.

- [36] Nakabayashi, N., Kojima, K. and Masuhara, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res. 16 (May 1982): 265-73.
- [37] Holderegger, C., Sailer, I., Schuhmacher, C., Schlapfer, R., Hammerle, C. and Fischer, J. Shear bond strength of resin cements to human dentin. Dent Mater. 24 (Jul 2008): 944-50.
- [38] Tay, F.R., Pashley, D.H., Suh, B.I., Carvalho, R.M. and Itthagarun, A. Single-step adhesives are permeable membranes. J Dent. 30 (Sep-Nov 2002): 371-82.
- [39] Ferracane, J.L., Stansbury, J.W. and Burke, F.J. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. J Oral Rehabil. 38 (Apr 2011): 295-314.
- [40] Yoshida, Y. et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. J Dent Res. 79 (Feb 2000): 709-14.
- [41] Han, L., Okamoto, A., Fukushima, M. and Okiji, T. Evaluation of physical properties and surface degradation of self-adhesive resin cements. Dent Mater J. 26 (Nov 2007): 906-14.
- [42] Goracci, C., Cury, A.H., Cantoro, A., Papacchini, F., Tay, F.R. and Ferrari, M. Microtensile bond strength and interfacial properties of self-etching and self-adhesive resin cements used to lute composite onlays under different seating forces. J Adhes Dent. 8 (Oct 2006): 327-35.
- [43] Piwowarczyk, A., Bender, R., Ottl, P. and Lauer, H.C. Long-term bond between dual-polymerizing cementing agents and human hard dental tissue. Dent Mater. 23 (Feb 2007): 211-7.
- [44] Radovic, I., Monticelli, F., Goracci, C., Vulicevic, Z.R. and Ferrari, M. Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent. 10 (Aug 2008): 251-8.
- [45] Heintze, S.D. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. J Adhes Dent. 9 Suppl 1 (2007): 77-106.
- [46] International Organization for Standardization. ISO TS 11405, Dental Materials- Testing of adhesion to tooth structure.(2003).

- [47] Hara, A.T., Pimenta, L.A. and Rodrigues, A.L., Jr. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. Dent Mater. 17 (Mar 2001): 165-9.
- [48] Krifka, S., Borzsonyi, A., Koch, A., Hiller, K.A., Schmalz, G. and Friedl, K.H. Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel--human vs. bovine primary teeth in vitro. Dent Mater. 24 (Jul 2008): 888-94.
- [49] De Munck, J. et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res. 84 (Feb 2005): 118-32.
- [50] Pashley, D.H., Ciucchi, B., Sano, H., Carvalho, R.M. and Russell, C.M. Bond strength versus dentine structure: a modelling approach. Arch Oral Biol. 40 (Dec 1995): 1109-18.
- [51] Escribano, N. and de la Macorra, J.C. Microtensile bond strength of self-adhesive luting cements to ceramic. J Adhes Dent. 8 (Oct 2006): 337-41.
- [52] Piemjai, M., Miyasaka, K., Iwasaki, Y. and Nakabayashi, N. Comparison of microleakage of three acid-base luting cements versus one resin-bonded cement for Class V direct composite inlays. J Prosthet Dent. 88 (Dec 2002): 598-603.
- [53] Alani, A.H. and Toh, C.G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. Oper Dent. 22 (Jul-Aug 1997): 173-85.
- [54] Sano, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Horner, J.A., Matthews, W.G. and Pashley, D.H. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. Oper Dent. 20 (Jan-Feb 1995): 18-25.
- [55] Hilton, T.J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 2. Am J Dent. 15 (Aug 2002): 279-89.
- [56] White, S.N., Yu, Z., Tom, J.F. and Sangsurasak, S. In vivo microleakage of luting cements for cast crowns. J Prosthet Dent. 71 (Apr 1994): 333-8.
- [57] Brackett, W.W., Haisch, L.D., Pearce, M.G. and Brackett, M.G. Microleakage of Class V resin composite restorations placed with self-etching adhesives. J Prosthet Dent. 91 (Jan 2004): 42-5.
- [58] Jacob, S.J., Hegde, C., Prasad, K.D. and Shetty, M. An in vitro study to evaluate the

- effect of storage time and application of subsequent layers on the variation in thickness of three commercially available die spacers. Indian J Dent Res. 21 (Jan-Mar): 92-7.
- [59] White, J.D., Lacefield, W.R., Chavers, L.S. and Eleazer, P.D. The effect of three commonly used endodontic materials on the strength and hardness of root dentin. J Endod. 28 (Dec 2002): 828-30.
- [60] Nakabayashi, N., Ashizawa, M. and Nakamura, M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. Quintessence Int. 23 (Feb 1992): 135-41.
- [61] Marshall, G.W., Jr., Balooch, M., Kinney, J.H. and Marshall, S.J. Atomic force microscopy of conditioning agents on dentin. J Biomed Mater Res. 29 (Nov 1995): 1381-7.
- [62] Nakabayashi, N., Watanabe, A. and Ikeda, W. Intra-oral bonding of 4-META/MMA-TBB resin to vital human dentin. Am J Dent. 8 (Feb 1995): 37-42.
- [63] Nakabayashi, N., Watanabe, A. and Arao, T. A tensile test to facilitate identification of defects in dentine bonded specimens. J Dent. 26 (May 1998): 379-85.
- [64] El Zohairy, A.A., De Gee, A.J., Mohsen, M.M. and Feilzer, A.J. Effect of conditioning time of self-etching primers on dentin bond strength of three adhesive resin cements. Dent Mater. 21 (Feb 2005): 83-93.
- [65] Peerzada, F., Yiu, C.K., Hiraishi, N., Tay, F.R. and King, N.M. Effect of surface preparation on bond strength of resin luting cements to dentin. Oper Dent. 35 (Nov-Dec): 624-33.
- [66] Yang, B., Ludwig, K., Adelung, R. and Kern, M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. Dent Mater. 22 (Jan 2006): 45-56.
- [67] Monticelli, F., Osorio, R., Mazzitelli, C., Ferrari, M. and Toledano, M. Limited decalcification/diffusion of self-adhesive cements into dentin. J Dent Res. 87 (Oct 2008): 974-9.
- [68] Fujisawa, S. and Kadoma, Y. Effect of phenolic compounds on the polymerization of methyl methacrylate. Dent Mater. 8 (Sep 1992): 324-6.
- [69] Xie, J., Powers, J.M. and McGuckin, R.S. In vitro bond strength of two adhesives to

enamel and dentin under normal and contaminated conditions. Dent Mater. 9 (Sep 1993): 295-9.

[70] Jung, M., Ganss, C. and Senger, S. Effect of eugenol-containing temporary cements on bond strength of composite to enamel. Oper Dent. 23 (Mar-Apr 1998): 63-8.

[71] Doyon, G.E., Dumsha, T. and von Fraunhofer, J.A. Fracture resistance of human root dentin exposed to intracanal calcium hydroxide. J Endod. 31 (Dec 2005): 895-7.

[72] Al-Assaf, K., Chakmakchi, M., Palaghias, G., Karanika-Kouma, A. and Eliades, G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. Dent Mater. 23 (Jul 2007): 829-39.

ภาคผนวก

ข้อมูลดิบค่ากำลังแรงยึดเฉือน

RelyX U100 0 day	ค่ากำลังแรงยึดเฉือน	ลักษณะการแตกหัก
1	4.241364	2
2	4.607273	2
3	5.194318	2
4	5.588068	3
5	5.856932	2
6	6.501250	2
7	7.455000	2
8	7.708750	2
9	8.268750	2
10	9.244773	2
RelyX U100 7 days		
11	2.714886	2
12	2.768977	2
13	3.188977	2
14	3.177841	3
15	3.796705	2
16	4.647841	3
17	4.785455	2
18	5.161705	2
19	5.682727	2
20	8.015795	2
RelyX U100 28 days		
21	2.318750	2
22	2.607500	2
23	3.363977	2
24	3.728295	2
25	3.773636	3
26	3.788750	2
27	3.931932	2
28	4.050455	2
29	4.184886	2
30	5.622273	2

PanaviaF2.0 0 day	ค่ากำลังแรงยึดเดือน	ลักษณะการแตกหัก
1	5.446477	2
2	6.219659	2
3	7.038182	2
4	7.425568	3
5	7.853523	3
6	8.374545	2
7	8.741250	2
8	9.348182	2
9	10.461023	2
10	11.199205	2
PanaviaF2.0 7 days		
11	4.937386	2
12	5.379659	2
13	5.635795	3
14	6.205341	2
15	6.638068	2
16	6.733523	2
17	8.023750	2
18	9.459545	2
19	9.596364	2
20	10.281250	2
PanaviaF2.0 28 days		
21	4.471250	2
22	4.785455	2
23	4.991477	2
24	5.907841	3
25	6.039091	2
26	6.480568	3
27	7.550455	2
28	7.973636	2
29	9.939205	2
30	13.759773	2

Superbond C&B 0 day	ค่ากำลังแรงยึดเดือน	ลักษณะการแตกหัก
1	7.862273	2
2	8.024545	2
3	8.575000	2
4	10.389432	3
5	11.565909	2
6	11.893636	3
7	12.222159	2
8	13.390682	2
9	16.058636	2
10	16.430909	3
Superbond C&B 7 days		
11	7.532955	2
12	7.835227	2
13	8.322841	2
14	8.513750	3
15	9.363295	2
16	11.188864	2
17	11.726591	2
18	11.959659	3
19	15.921818	2
20	17.569205	2
Superbond C&B 28 days		
21	7.499545	3
22	8.752386	2
23	9.364886	2
24	10.047386	2
25	10.305114	2
26	10.326591	2
27	11.233409	3
28	12.544318	2
29	13.912500	2
30	15.921818	2

Test normal distribution

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

time	cement		shear		
0 day	Relyx	N	10		
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	6.46664773	
			Std. Deviation	1.655229066	
			Most Extreme Differences	Absolute	.144
			Positive	.144	
			Negative	-.125	
		Kolmogorov-Smirnov Z		.454	
		Asymp. Sig. (2-tailed)		.986	
		PanaviaF	PanaviaF	N	10
				Normal Parameters ^{a,b}	Mean
Std. Deviation	1.804971005				
Most Extreme Differences	Absolute				.094
	Positive			.084	
	Negative			-.094	
Kolmogorov-Smirnov Z				.296	
Asymp. Sig. (2-tailed)				1.000	
Superbond	Superbond			N	10
				Normal Parameters ^{a,b}	Mean
		Std. Deviation	3.059623023		
		Most Extreme Differences	Absolute		.142
			Positive	.142	
			Negative	-.126	
		Kolmogorov-Smirnov Z		.449	
		Asymp. Sig. (2-tailed)		.988	
		7 day	Relyx	N	10
				Normal Parameters ^{a,b}	Mean
Std. Deviation	1.644292093				
Most Extreme Differences	Absolute			.168	

			Positive	.168
			Negative	-.154
			Kolmogorov-Smirnov Z	.532
			Asymp. Sig. (2-tailed)	.940
PanaviaF	N			10
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	7.28906818
			Std. Deviation	1.924807379
		Most Extreme Differences	Absolute	.214
			Positive	.214
			Negative	-.170
			Kolmogorov-Smirnov Z	.675
			Asymp. Sig. (2-tailed)	.752
Superbond	N			10
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	10.99342046
			Std. Deviation	3.446841893
		Most Extreme Differences	Absolute	.190
			Positive	.190
			Negative	-.158
			Kolmogorov-Smirnov Z	.600
			Asymp. Sig. (2-tailed)	.865
28 day	Relyx	N		10
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	3.73704545
			Std. Deviation	.901945608
		Most Extreme Differences	Absolute	.210
			Positive	.210
			Negative	-.196
			Kolmogorov-Smirnov Z	.663
			Asymp. Sig. (2-tailed)	.771
PanaviaF	N			10
		Normal Parameters ^{a,b}	Mean	7.18987500
			Std. Deviation	2.846885479
		Most Extreme Differences	Absolute	.198
			Positive	.198

		Negative	-170
		Kolmogorov-Smirnov Z	.627
		Asymp. Sig. (2-tailed)	.826
Superbond	N		10
		Normal Parameters ^{a,b}	
		Mean	10.99079545
		Std. Deviation	2.515902024
		Most Extreme Differences	
		Absolute	.204
		Positive	.204
		Negative	-.087
		Kolmogorov-Smirnov Z	.645
		Asymp. Sig. (2-tailed)	.799

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
cement	1	Relyx	30
	2	PanaviaF	30
	3	Superbond	30
time	1	0 day	30
	2	7 day	30
	3	28 day	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:shear

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	657.660 ^a	8	82.208	14.433	.000
Intercept	5587.396	1	5587.396	980.993	.000
cement	607.919	2	303.959	53.367	.000
time	36.900	2	18.450	3.239	.044
cement * time	12.841	4	3.210	.564	.690
Error	461.348	81	5.696		
Total	6706.404	90			

Corrected Total	1119.008	89			
-----------------	----------	----	--	--	--

a. R Squared = .588 (Adjusted R Squared = .547)

Oneway RelyX cement

Descriptives

shear

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0 day	10	6.46664773	1.655229066	.523429390	5.28256818	7.65072727	4.241364	9.244773
7 day	10	4.39409091	1.644292093	.519970815	3.21783520	5.57034661	2.714886	8.015795
28 day	10	3.73704545	.901945608	.285220245	3.09183244	4.38225847	2.318750	5.622273
Total	30	4.86592803	1.828000297	.333745666	4.18334150	5.54851456	2.318750	9.244773

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.690	2	27	.086

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	40.593	2	20.297	9.731	.001
Within Groups	56.313	27	2.086		
Total	96.906	29			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

shear

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0 day	7 day	2.072556818 [*]	.645857860	.010	.42403124	3.72108240
	28 day	2.729602273 [*]	.645857860	.001	1.08107669	4.37812785

7 day	0 day	-2.072556818E0	.645857860	.010	-3.72108240	-.42403124
	28 day	.657045454	.645857860	.954	-.99148013	2.30557104
28 day	0 day	-2.729602273E0	.645857860	.001	-4.37812785	-1.08107669
	7 day	-.657045454	.645857860	.954	-2.30557104	.99148013

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

Oneway Panavia F2.0 cement

Descriptives

shear

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
0 day	10	8.21076136	1.804971005	.570781949	6.91956289	9.50195984	5.446477	11.199205
7 day	10	7.28906818	1.924807379	.608677538	5.91214393	8.66599243	4.937386	10.281250
28 day	10	7.18987500	2.846885479	.900264235	5.15333581	9.22641419	4.471250	13.759773
Total	30	7.56323485	2.212399241	.403926990	6.73711140	8.38935830	4.471250	13.759773

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.718	2	27	.497

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.339	2	3.169	.631	.540
Within Groups	135.608	27	5.023		
Total	141.947	29			

Multiple Comparisons

shear

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound

0 day	7 day	.921693183	1.002249494	1.000	-1.63650736	3.47989373
	28 day	1.020886364	1.002249494	.952	-1.53731418	3.57908691
7 day	0 day	-.921693183	1.002249494	1.000	-3.47989373	1.63650736
	28 day	.099193182	1.002249494	1.000	-2.45900736	2.65739373
28 day	0 day	-1.020886364	1.002249494	.952	-3.57908691	1.53731418
	7 day	-.099193182	1.002249494	1.000	-2.65739373	2.45900736

Oneway Superbond C&B cement

Descriptives

shear

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					0 day	10		
7 day	10	10.99342046	3.446841893	1.089987112	8.52769830	13.45914261	7.532955	17.569205
28 day	10	10.99079545	2.515902024	.795598076	9.19102757	12.79056334	7.499545	15.921818
Total	30	11.20851136	2.941708607	.537080054	10.11005932	12.30696341	7.499545	17.569205

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.458	2	27	.637

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.810	2	1.405	.153	.859
Within Groups	248.146	27	9.191		
Total	250.956	29			

Multiple Comparisons

shear

Bonferroni

(I) time	(J) time	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0 day	7 day	.647897726	1.355772230	1.000	-2.81265504	4.10845049
	28 day	.650522727	1.355772230	1.000	-2.81003004	4.11107549
7 day	0 day	-.647897726	1.355772230	1.000	-4.10845049	2.81265504
	28 day	.002625001	1.355772230	1.000	-3.45792777	3.46317777
28 day	0 day	-.650522727	1.355772230	1.000	-4.11107549	2.81003004
	7 day	-.002625001	1.355772230	1.000	-3.46317777	3.45792777

0 Day

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.918	2	27	.166

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	138.626	2	69.313	13.539	.000
Within Groups	138.231	27	5.120		
Total	276.857	29			

Multiple Comparisons

shear

Bonferroni

(I) cement	(J) cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Relyx	PanaviaF	-1.744113637	1.011895800	.289	-4.32693598	.83870871
	Superbond	-5.174670454E0	1.011895800	.000	-7.75749280	-2.59184811
PanaviaF	Relyx	1.744113637	1.011895800	.289	-.83870871	4.32693598

	Superbond	-3.430556817E0	1.011895800	.006	-6.01337916	-.84773447
Superbond	Relyx	5.174670454	1.011895800	.000	2.59184811	7.75749280
	PanaviaF	3.430556817	1.011895800	.006	.84773447	6.01337916

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

7 Day

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.909	2	27	.072

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	218.848	2	109.424	17.949	.000
Within Groups	164.604	27	6.096		
Total	383.451	29			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

shear

Bonferroni

(I) cement	(J) cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Relyx	PanaviaF	-2.894977273E0	1.104213113	.043	-5.71343576	-.07651879
	Superbond	-6.599329546E0	1.104213113	.000	-9.41778803	-3.78087106
PanaviaF	Relyx	2.894977273	1.104213113	.043	.07651879	5.71343576
	Superbond	-3.704352273E0	1.104213113	.007	-6.52281076	-.88589379
Superbond	Relyx	6.599329546	1.104213113	.000	3.78087106	9.41778803
	PanaviaF	3.704352273	1.104213113	.007	.88589379	6.52281076

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

28 Day

Test of Homogeneity of Variances

shear

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.499	2	27	.045

ANOVA

shear

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	263.286	2	131.643	25.900	.000
Within Groups	137.232	27	5.083		
Total	400.519	29			

Robust Tests of Equality of Means

shear

	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Brown-Forsythe	25.900	2	19.664	.000

a. Asymptotically F distributed.

Multiple Comparisons

shear

Tamhane

(I) cement	(J) cement	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Relyx	PanaviaF	-3.452829546E0	.944365544	.012	-6.11606456	-.78959453
	Superbond	-7.253750000E0	.845178613	.000	-9.61908263	-4.88841737
PanaviaF	Relyx	3.452829546	.944365544	.012	.78959453	6.11606456
	Superbond	-3.800920454E0	1.201437469	.016	-6.96684655	-.63499436
Superbond	Relyx	7.253750000	.845178613	.000	4.88841737	9.61908263
	PanaviaF	3.800920454	1.201437469	.016	.63499436	6.96684655

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

Kruskal-Wallis test of Leakage**In RelyX group**

Variables: RelyX0day, RelyX7days, RelyX28days

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 3.765161

P = 0.1522

Adjusted for ties:

T = 4.19752

P = 0.1226**In PanaviaF2.0 group**

Variables: PanaviaF0day, PanaviaF7days, PanaviaF28days

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 0.534839

P = 0.7654

Adjusted for ties:

T = 0.606636

P = 0.7384**In Superbond C&B group**

Variables: Superbond0day, Superbond7days, Superbond28days

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 0.193548

P = 0.9078

Adjusted for ties:

T = 0.360248

P = 0.8352**0 day**

Variables: RelyX0day, PanaviaF0day, Superbond0day

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 7.479355

P = 0.0238

Adjusted for ties:

T = 8.810194

P = 0.0122

At least one of your sample populations tends to yield larger observations than at least one other sample population.

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Dwass-Steel-Christlow-Fligner)

Critical q (range) = 3.314493

RelyX0day vs. PanaviaF0day not significant

(|-2.303363| > 3.314493) P = 0.2335

RelyX0day vs. Superbond0day significant

(|-4.050344| > 3.314493) P = 0.0117

PanaviaF0day vs. Superbond0day not significant

(|-2.15603| > 3.314493) P = 0.2793

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (27 df) = 2.051831

RelyX0day and PanaviaF0day not significant

(5.9 > 7.211956) P = 0.1048

RelyX0day and Superbond0day significant

(10.75 > 7.211956) P = 0.005

PanaviaF0day and Superbond0day not significant

(4.85 > 7.211956) P = 0.179

7 days

Variables: RelyX7days, PanaviaF7days, Superbond7days

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 8.14129

P = 0.0171

Adjusted for ties:

T = 9.073915

P = 0.0107

At least one of your sample populations tends to yield larger observations than at least one other sample population.

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Dwass-Steel-Christlow-Fligner)

Critical q (range) = 3.314493

RelyX7days vs. PanaviaF7days not significant

(|-1.786652| > 3.314493) P = 0.416

RelyX7days vs. Superbond7days significant

(|-4.245323| > 3.314493) P = 0.0076

PanaviaF7days vs. Superbond7days not significant

(|-2.491318| > 3.314493) P = 0.1827

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (27 df) = 2.051831

RelyX7days and PanaviaF7days not significant

(4.85 > 7.100177) P = 0.1724

RelyX7days and Superbond7days significant

(11.2 > 7.100177) P = 0.0032

PanaviaF7days and Superbond7days not significant

(6.35 > 7.100177) P = 0.0775

28 days

Variables: RelyX28days, PanaviaF28days, Superbond28days

Groups = 3

df = 2

Total observations = 30

T = 15.376129

P = 0.0005

Adjusted for ties:

T = 16.915247

P = 0.0002

At least one of your sample populations tends to yield larger observations than at least one other sample population.

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Dwass-Steel-Christchlow-Fligner)

Critical q (range) = 3.314493

RelyX28days vs. PanaviaF28days significant

(|-3.624679| > 3.314493) P = 0.028

RelyX28days vs. Superbond28days significant

(|-5.501033| > 3.314493) P = 0.0003

PanaviaF28days vs. Superbond28days not significant

(|-2.803573| > 3.314493) P = 0.1165

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (27 df) = 2.051831

RelyX28days and PanaviaF28days significant

(9.1 > 5.7382) P = 0.0031

RelyX28days and Superbond28days significant

(15.35 > 5.7382) P < 0.0001

PanaviaF28days and Superbond28days significant

(6.25 > 5.7382) P = 0.0339

ข้อมูลดิบผลการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

Conditions	pH					Mean pH
Dycal (pH meter)	11.97	12.12	12.02	12.00	12.00	12.02
Dycal (pH strips)	12.3	12.1	11.8	12.3	11.8	12.06
Dentin	7	7	7	7	7	7
7 days, Spoon	10	11	11	11	10	10.6
7 days, Scaler	9	9	10	10	9	9.4
7 days, Pumice	9	9	8	8	8	8.4
28 days, Spoon	9	10	10	11	11	10.2
28 days, Scaler	9	8	9	10	8	9
28 days, Pumice	8	9	9	8	9	8.6

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชุตติมา ไชยิตพันธวงศ์ เกิดวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดสงขลา สำเร็จ
การศึกษาปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปี
พ.ศ. 2548 ปัจจุบันปฏิบัติงานในคลินิกเอกชน