

การวิจัยมีระดับคุณภาพของสารยึดติดหลังกำจัดกาบแป้นด้วยสารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด

นางสาวญาณี ตันติเลิศอนันต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2555

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.

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Microleakage of Dentin Adhesives after Decontamination with Acidic Primer

Miss Yanee Tantilertanant

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

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิจัยที่มีระดับจุลภาคของสารยึดติดหลังกำจัดกาปนเปื้อนด้วยสาร ไพโรเมออร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด
โดย	นางสาวญาณี ดันติเลิศอนันต์
สาขาวิชา	ทันตกรรมหัตถการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุจิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ขวัญตา จารุอำพรพรรณ)

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

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

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ชลธชา ห่านิรติศัย)

ญาณิ์ ตันติเลิศอนันต์: การรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดหลังกำจัดการปนเปื้อนด้วย  
 สารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด. (Microleakage of Dentin Adhesives after  
 Decontamination with Acidic Primer) อ. ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ทญ. ดร.  
 ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์, 94 หน้า.

**วัตถุประสงค์** เพื่อเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดระหว่างผิวฟันที่  
 ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลายกับผิวฟันที่มีการกำจัดการปนเปื้อนนั้นด้วยสารไพรเมอร์ของระบบสารยึด  
 ติดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน **วัสดุและวิธีการ** เตรียมโพรงฟันคลาสไฟว์บนผิวฟันกรามน้อยด้านใกล้  
 แก้ม 108 ซี่ แบ่งเป็น 9 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนของออปติบอนด์ เอฟแอล, ออปติบอนด์  
 เอ็กซ์ทีอาร์, ออปติบอนด์ ออลอินวัน (กลุ่ม FC, XC, AC ตามลำดับ) กลุ่มที่มีการปนเปื้อนของ  
 น้ำลายและกำจัดด้วยสารไพรเมอร์ก่อนการฉายแสงของสารยึดติดทั้ง 3 ชนิด (กลุ่ม FB, XB, AB  
 ตามลำดับ) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสงของสารยึดติดทั้ง 3  
 ชนิด (กลุ่ม FA, XA, AA ตามลำดับ) บรูณะด้วยเรซินคอมโพสิต (พรีมิส สีเอ 3 บอดี้) ชัดด้วยแผ่น  
 ซอฟเพลกซ์ จำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ แล้วแช่ในสารละลายเมทิลีนบลู ตัด  
 ฟันตามแนวแกนฟัน และประเมินการรั่วซึมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 20 เท่าด้วยคะแนน  
 5 ช่วง วิเคราะห์ผลด้วยสถิติครัสคัลวาลิสและแมนวิทนี ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 **ผล**  
**การศึกษา** การรั่วซึมระดับจุลภาคบริเวณเคลือบฟันและเนื้อฟันของกลุ่ม FB และ FA มีค่ามัธย  
 ฐานมากกว่าของกลุ่ม FC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับ  
 จุลภาคของกลุ่ม XB และ XA นั้นพบว่าเฉพาะบริเวณเคลือบฟันเท่านั้นที่มีค่ามากกว่ากลุ่ม XC  
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
 เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานการรั่วซึมของกลุ่ม AC, AB, AA ทั้งส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟัน **สรุป**  
 ในการศึกษาครั้งนี้ การปนเปื้อนน้ำลายในขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยออปติบอนด์ เอฟแอลไม่  
 สามารถแก้ไขได้ด้วยสารไพรเมอร์ของสารยึดติดนี้ ส่วนออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์สามารถแก้ไขการ  
 ปนเปื้อนน้ำลายได้ในส่วนของเนื้อฟันเท่านั้น สำหรับออปติบอนด์ ออลอินวันนั้นพบว่าไม่ว่าการ  
 ปนเปื้อนน้ำลายจะเกิดขึ้นที่เคลือบฟันหรือเนื้อฟัน เมื่อแก้ไขแล้วการรั่วซึมระดับจุลภาคนั้นไม่  
 แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ภาควิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อ.....  
 สาขาวิชา.....ทันตกรรมหัตถการ.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....  
 ปีการศึกษา.....2555.....

# # 5376109032 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS : ACIDIC PRIMER / DECONTAMINATION / MICROLEAKAGE / SALIVARY  
CONTAMINATION

YANEE TANTILERTANANT: MICROLEAKAGE OF DENTIN ADHESIVES AFTER  
DECONTAMINATION WITH ACIDIC PRIMER. ADVISOR: ASST. PROF.

SIRIVIMOL SRISAWASDI, Ph.D., 94 pp.

**Objective** The objective of this study was to compare microleakage score of intact dentin adhesive-treated tooth surfaces, and salivary-decontaminated ones, using current acidic primers. **Methods** Class V cavities were prepared on buccal surfaces of 108 extracted caries-free human premolars, and randomly assigned to one of nine groups consisting of non-contamination of Optibond<sup>®</sup> FL, Optibond<sup>®</sup> XTR, Optibond<sup>®</sup> All in one (groups FC, XC, AC respectively), salivary-decontamination before light-curing of those adhesives (groups FB, XB, AC respectively), and salivary-decontamination after light-curing of the adhesives (groups FA, XA, AA respectively). All teeth were restored with Premise<sup>™</sup> (A 3 Body), and polished with Sof-Lex<sup>™</sup> Discs. After thermocycling and immersion in methylene blue dye, the teeth were sectioned and evaluated using 5-interval scores under a stereomicroscope with the magnification of 20X. Medians of microleakage score were analyzed using Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests at 95% confidence. **Results** Medians of microleakage score of groups FB and FA were statistically significantly higher than that of group FC ( $p < 0.05$ ) for both enamel and dentin margins. However, medians of groups XB and XA showed statistically significant difference from that of group XC ( $p < 0.05$ ) only for enamel margins. Meanwhile, for both enamel and dentin, there was no statistical difference among groups AC, AB, AA. **Conclusion** Within the limitations of this *in vitro* study, decontamination of saliva-contaminated enamel and dentin margins using Optibond<sup>®</sup> FL primers was not successful, whereas salivary contamination of Optibond<sup>®</sup> XTR-treated dentin could be removed using its own primer. Even though, Optibond<sup>®</sup> All-in-one seemed to tolerate the salivary contamination during their procedures, they gave the highest leakage score among all groups.

Department : Operative Dentistry Student's Signature .....

Field of Study : Operative Dentistry Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012 .....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนลุล่วง อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำแนะนำทางสถิติ และอาจารย์สาขาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอน มอบความรู้ และคำแนะนำในการศึกษา

ขอขอบคุณบุคลากรประจำศูนย์วิจัยทางทันตวัสดุศาสตร์ ศูนย์วิจัยทางชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัย และเชื้อเพื่อสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณบริษัทเอสดีเอส เคอร์ จำกัด ที่สนับสนุนเรซินคอมโพสิต และสารยึดติดที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าของคลินิกเอกซเรย์และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่เชื้อเพื่อความสะดวกในการเก็บกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ทุกคนในครอบครัว และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale).....	1
คำถามการวิจัย (Research question).....	3
วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives) .....	3
สมมติฐานการวิจัย (Research hypothesis) .....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น .....	4
คำสำคัญ (Keywords).....	4
ข้อจำกัดงานวิจัย .....	5
รูปแบบการวิจัย (Research design) .....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	5
อุปสรรคและแนวทางแก้ไข .....	5
ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม .....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
สารยี้ดติด หรือ เรซินแอดฮีซีฟ.....	7

น้ำลายและการปนเปื้อน.....	14
การจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermocycling process) .....	17
การรั่วซึมระดับจุลภาค .....	19
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology) .....	24
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	24
วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย .....	25
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	29
อุปกรณ์และสารอื่นๆที่ใช้ในงานวิจัย .....	30
พื้นที่ใช้ในการทดลอง .....	32
การเตรียมโพรงฟัน.....	32
การเก็บน้ำลายและการจำลองการปนเปื้อนนําลายบนผิวฟัน .....	33
ขั้นตอนการใช้สารยัดติดและการกำจัดการปนเปื้อนนําลาย .....	33
การบูรณะและขัดเรซินคอมโพสิต.....	39
การแช่ในสารสี และการจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ .....	40
การวัดค่าการรั่วซึม .....	41
การตรวจรอยต่อของเคลือบฟันและเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope) .....	45
การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	45
บทที่ 4 ผลการศึกษา .....	47
การรั่วซึมระดับจุลภาค .....	47
การส่องตรวจรอยต่อของเคลือบฟันและเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด .....	56
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ .....	63



อภิปรายผลการวิจัย.....	63
สรุปผลการวิจัย.....	68
ข้อเสนอแนะ.....	68
รายการอ้างอิง.....	71
ภาคผนวก.....	85
ภาคผนวก ก. เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการ ทำวิจัย.....	86
ภาคผนวก ข. คำมีธฐานของแต่ละสารยึดติด.....	87
ภาคผนวก ค. ค่าโอกาสความน่าจะเป็น.....	90
ภาคผนวก ง. จำนวนจุดประเมินที่ได้รับคะแนนการรั่วซึมของแต่ละกลุ่ม.....	93
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	94

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตารางแสดงส่วนประกอบและวิธีใช้ระบบสารยึดติดที่ใช้ในงานวิจัย.....	26
ตารางที่ 2 ตารางแสดงกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองสำหรับสารยึดติด.....	38
ตารางที่ 3 แสดงลำดับการขัดคอมโพสิตด้วยแผ่นซอเฟล็กซ์ชนิดบาง.....	40
ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างตารางที่ใช้บันทึกข้อมูล .....	44

## สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ 10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate .....	12
ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของ glycerol phosphate dimethacrylate .....	13
ภาพที่ 3 แสดงขอบเขตและขนาดของโพรงฟันที่เตรียม .....	33
ภาพที่ 4 แสดงลำดับการบูรณะเรซินคอมโพสิต .....	40
ภาพที่ 5 แสดงเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ .....	41
ภาพที่ 6 แสดงการตัดฟันเพื่อให้ได้ชิ้นงาน .....	42
ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพเกณฑ์การให้คะแนนการรั่วซึมทั้งขอบโพรงฟันด้านบดเคี้ยวและด้านคอ ฟัน .....	43
ภาพที่ 8 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FC .....	47
ภาพที่ 9 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AC .....	48
ภาพที่ 10 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AB .....	48
ภาพที่ 11 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FA .....	49
ภาพที่ 12 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XB .....	49
ภาพที่ 13 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XA .....	50
ภาพที่ 14 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AC .....	52
ภาพที่ 15 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FA .....	52
ภาพที่ 16 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AB .....	53
ภาพที่ 17 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XA .....	53
ภาพที่ 18 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AA .....	54
ภาพที่ 19 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FB .....	54
ภาพที่ 21 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม FC .....	57
ภาพที่ 22 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม FA .....	58

ภาพที่ 23 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม AA.....	59
ภาพที่ 24 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม FC.....	60
ภาพที่ 25 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม FA.....	60
ภาพที่ 26 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม XC .....	61
ภาพที่ 27 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม XB.....	61
ภาพที่ 28 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม AA .....	62

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale)

สิ่งแวดล้อมภายในช่องปากที่ทันตแพทย์ต้องทำงานด้วยนั้นมีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงจากน้ำลายและของเหลวต่างๆอยู่ตลอดเวลา ความชื้นเหล่านี้มีผลต่อขั้นตอนการทำงานในช่องปากผู้ป่วยของทันตแพทย์ไปจนถึงคุณสมบัติบางอย่างของวัสดุบูรณะทางทันตกรรมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณะฟันที่เกี่ยวข้องกับเรซินคอมโพสิตและสารยึดติด ปัจจุบันวัสดุกลุ่มนี้เข้ามามีบทบาทในการรักษาทางทันตกรรมหลายสาขามากขึ้นทั้งในสาขาทันตกรรมบูรณะ หรือ สาขาทันตกรรมจัดฟัน ทำให้ปริมาณการใช้สารยึดติดในทางทันตกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประกอบกับการบูรณะฟันเชิงอนุรักษ์ (Minimal intervention) และการบูรณะเพื่อความสวยงามเป็นที่นิยมมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการที่มากขึ้นดังกล่าว ผู้ผลิตจึงพยายามพัฒนาระบบสารยึดติดมาอย่างต่อเนื่องให้มีหลายระบบเพื่อให้ทันตแพทย์สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้นและทำให้เกิดความคงทนอย่างสูงสุด อย่างไรก็ตาม ระบบสารยึดติดยังคงมีขั้นตอนการทำงานที่ต้องอาศัยความระมัดระวังในทุกลำดับขั้นตอนตามคำแนะนำของแต่ละบริษัท

เป็นที่ทราบกันดีว่าหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติดของสารยึดติดนี้ นอกเหนือไปจากลำดับขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้องแม่นยำแล้ว คือ การควบคุมความชื้นที่ดีและการป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งต่างๆในบริเวณที่ทำงานเช่น น้ำลาย น้ำมันหัวกรอ เป็นต้น แม้ว่าการพัฒนาระบบสารยึดติดจะก้าวหน้าไปมาก แต่ความชื้นยังคงเป็นปัญหาสำคัญ การยึดติดจะมีประสิทธิภาพอย่างมากถ้าสิ่งแวดล้อมนั้นสะอาดปราศจากการปนเปื้อนและมีความชื้นที่เหมาะสม ดังนั้น ทันตแพทย์ต้องอาศัยวิธีการควบคุมความชื้นและบริเวณที่ทำงานให้เหมาะแก่การยึดติดนี้ วิธีควบคุมความชื้นและเตรียมสภาพที่ทำงานที่ได้ประสิทธิภาพที่สุดที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบันคือ การใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย(1-4) แต่ทว่าตำแหน่งหรือโครงสร้างของฟันที่ทันตแพทย์ต้องทำงานด้วยในหลายกรณีนั้นไม่สามารถใช้แผ่นยางกั้นน้ำลายได้ เช่น ตำแหน่งของโพรงฟันบริเวณใกล้เหงือก

เป็นต้น นอกจากนี้ ทันตแพทย์บางส่วนอาจจะเลยการใส่แผ่นยางกันน้ำลายในการทำงาน(5-8) จึงมีโอกาสที่น้ำลายจะปนเปื้อนเข้าไปในบริเวณที่ทันตแพทย์ทำงานได้สูง การปนเปื้อนน้ำลายที่ผิวฟันทำให้เกิดการตกค้างของโปรตีนและสารต่างๆในน้ำลายและอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสารยึดติดทั้งในแง่ของการยึดติดและความแนบสนิทได้ มีการศึกษาถึงผลการปนเปื้อนน้ำลายต่อประสิทธิภาพของระบบสารยึดติด พบค่าแรงยึดที่ลดลง(9-14) และอาจนำมาซึ่งความล้มเหลวหลังการบูรณะในอนาคต(15) เช่น การเสียวฟันหลังบูรณะ การเกิดการผุซ้ำ การหลุดออกของวัสดุบูรณะ เป็นต้น(16) ดังนั้นเพื่อเพิ่มความคงทนและประสิทธิภาพของการยึดติดให้ดี จึงมีงานวิจัยหาวิธีการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายหลายวิธีด้วยกัน และให้ผลแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของสารยึดติด(17) ระยะเวลาและขั้นตอนที่เกิดการปนเปื้อนน้ำลาย(18) วิธีการกำจัดการปนเปื้อน(19) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในแง่ของความแนบสนิทและการป้องกันการรั่วซึมของสารยึดติดยังมีการศึกษาอยู่ไม่มากนักและให้ผลการป้องกันที่แตกต่างกันไปด้วยเช่นกัน

การปนเปื้อนน้ำลายที่ผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันทำให้เกิดการตกค้างของโปรตีนและสารต่างๆ ในน้ำลายที่ไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยการเป่าลมหรือการล้างน้ำธรรมดา มีการแนะนำให้ใช้กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) ที่มีความเข้มข้นเหมาะสมมากัดผิวเคลือบฟันที่มีการปนเปื้อนใหม่(20) เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการยึดติดที่เชื่อถือได้ ในระยะหลังเมื่อสารยึดติดได้รับการพัฒนามากขึ้นเรื่อยๆ มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการล้างน้ำและใช้สารไพโรเมออร์ที่มีความเป็นกรดสูงทำซ้ำสามารถทำให้เกิดแรงยึดติดที่ยอมรับได้สำหรับการยึดติดเครื่องมือจัดฟันโดยไม่ต้องใช้กรดกัดใหม่(21) และมีงานวิจัยในฟันวัวที่สนับสนุนการใช้สารไพโรเมออร์ของระบบยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์มากำจัดการปนเปื้อนเช่นกัน(9) สำหรับการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายที่เนื้อฟันนั้นยังไม่เป็นที่แน่ชัดถึงวิธีการที่เหมาะสม การใช้กรดกัดซ้ำอาจให้ประสิทธิภาพการยึดติดที่ต่ำกว่าการล้างน้ำเพียงอย่างเดียว(22) มีรายงานว่าการใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์บางระบบสามารถกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายและให้ผลแรงยึดติดที่น่าพอใจ(17) อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมา(9, 17, 20-22)แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบที่มีความเป็นกรดมีความสำคัญต่อการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายบนผิวฟันทั้งในส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟัน

ในปัจจุบัน ระบบสารยึดติดชนิดโททอลเอทซ์สามขั้นตอนบางยี่ห้อได้มีการพัฒนาให้ส่วนไพโรเมออร์มีความเป็นกรดมากขึ้น โดยเชื่อว่าคุณสมบัติที่มีความเป็นกรดนี้อาจมีความสามารถใน

การกำจัดการปนเปื้อน (decontamination) น้ำลาย นอกจากนี้ เมื่อรวมกับคุณสมบัติที่ชอบน้ำมากขึ้น (Hydrophilic)(23) อาจช่วยให้ความสามารถในการปรับสภาพผิวฟันเพื่อรองรับสารยึดติดที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนนั่นคือขึ้น นำมาซึ่งการยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับสภาวะที่เหมาะสม รวมทั้งลดการรั่วซึม และผูกซ้ำได้(9) ทำให้การบูรณะฟันมีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายขึ้น และลดข้อจำกัดของการใช้งานสารยึดติดเหล่านี้ลงได้

### คำถามการวิจัย (Research question)

สารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดมีความสามารถในการกำจัดการปนเปื้อนของน้ำลายที่เคลือบฟันและเนื้อฟันในระหว่างขั้นตอนการใช้สารยึดติดและหยุดยั้งการรั่วซึมได้เทียบเท่ากับการยึดติดบนเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ไม่ปนเปื้อนหรือไม่

### วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives)

1. ปนเปื้อนน้ำลายกับผิวฟันที่มีการกำจัดการปนเปื้อนนั้นด้วยสารไพรเมอร์ของระบบสารยึดติดที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (Optibond® FL, Optibond® XTR, Optibond® All in one)
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนที่ผิวฟันนั้นทั้งก่อนและหลังการทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันของสารยึดติด

### สมมติฐานการวิจัย (Research hypothesis)

1. การรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดเมื่อกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายบนผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยสารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดแล้วไม่แตกต่างจากการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดบนเคลือบฟันและเนื้อฟันที่ไม่ปนเปื้อน

2. การปนเปื้อนและการกำจัดการปนเปื้อนนํ้าลายทั้งก่อนหรือหลังการทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันของสารยึดติดไม่มีผลต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดทั้งสองชนิด

### ข้อตกลงเบื้องต้น

1. จะมีการติดตามผลการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ ถ้าขึ้นตัวอย่างใดมีการแตกหักหรือ วัสดุหลุดออกจากโพรงฟัน ต้องถูกนำออกจากการศึกษาและไม่นำผลการศึกษานั้นมาวิเคราะห์หรือประเมินผล
2. ขั้นตอนการกรอเตรียมโพรงฟันและการบูรณะทำในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ อาคารสมเด็จพระย่า ชั้น 9 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยทันตแพทย์ผู้วิจัยได้รับการฝึกหัดจนชำนาญและเป็นผู้เดียวกันตลอดการศึกษา
3. การเลือกผลิตภัณฑ์ที่นำมาใช้ในการทดสอบนี้ จะเลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในประเทศไทยเท่านั้น
4. การเป่าสารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะทำเหมือนกันในทุกกลุ่มการทดลองกล่าวคือ เป่าด้วยลมปราศจากนํ้ามันเบาๆ ความดันลมเท่ากับ 1 บาร์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1 เมกะปาสคาล ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตร(24) ทำมุมกับผิวฟัน 45 องศา(25) ให้แห้งจนไม่เห็นการเคลื่อนไหวของของเหลวบนผิวฟัน

### คำสำคัญ (Keywords)

การกำจัดการปนเปื้อน, การปนเปื้อนของนํ้าลาย, การรั่วซึมระดับจุลภาค, สารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด

Acidic primer, Decontamination, Microleakage, Saliva contamination



## ข้อจำกัดงานวิจัย

1. การศึกษานี้เป็นการศึกษาภายในห้องปฏิบัติการ (in vitro) เท่านั้น จึงมีข้อจำกัดในการนำข้อมูลขยายผลไปยังประชากร
2. ผู้วิจัยคือเครื่องมือวิจัยที่สำคัญในการเก็บรวบรวมและแปลผลข้อมูล ดังนั้น ประสิทธิภาพของผู้วิจัยมีผลอย่างมากต่อผลการวิจัย

## รูปแบบการวิจัย (Research design)

การวิจัยเชิงการทดลองทางห้องปฏิบัติการ (Experimental: laboratory)

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงประสิทธิภาพของสารไพโรเมอรัที่มีฤทธิ์เป็นกรดต่อการกำจัดน้ำลายที่ปนเปื้อนทั้งบนเคลือบฟันและเนื้อฟัน
2. เป็นแนวทางในการศึกษาหาวิธีการกำจัดการปนเปื้อนที่เหมาะสมในประชากรกลุ่มอื่นต่อไป เช่น การกำจัดการปนเปื้อนด้วยเลือด น้ำเหลือง เหงือก หรือสารเคมีอื่นๆ เป็นต้น

## อุปสรรคและแนวทางแก้ไข

อาจมีการสูญเสียตัวอย่างในระหว่างการศึกษา ทำให้จำนวนตัวอย่างลดลง ซึ่งอาจจำเป็นต้องหากกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น

## ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาที่ใช้ฟันมนุษย์ ฟันทุกซี่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากการถอนฟันเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยจะทำการศึกษาเฉพาะในฟันจากผู้ป่วยที่ได้รับทราบเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย วิธีการวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายใดๆกับผู้ป่วยเจ้าของฟัน และจะไม่มีส่วนใดของฟันจากการวิจัยนี้ที่สามารถใช้สืบค้นกลับไปหาผู้ป่วยได้ ทั้งนี้จะทำเฉพาะในฟันที่ผู้ป่วยเจ้าของฟันให้ความยินยอมโดยมีการลงลายมือชื่อในใบ

ยินยอม (Consent form) ตามเอกสารแนบในภาคผนวก. หากผู้ป่วยไม่ยินยอมให้ใช้ฟันที่ถอนมา  
นั้น ฟันจะถูกคัดออกทันที ฟันกรามน้อยบนหรือล่างที่นำมาใช้ได้รับการถอนโดยทันตแพทย์ประจำ  
คลินิกทันตกรรมเอกชน และเก็บรวบรวมโดยผู้ทำวิจัยโดยเก็บในสารละลายไธมอลความเข้มข้น  
ร้อยละ 0.1 (0.1% Thymol solution)

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### สารยึดติด หรือ เรซินแอตตีซีฟ

หลักการโดยทั่วไปของกลไกการยึดติดของระบบสารยึดติดในปัจจุบันคือ การใช้กรดเข้าไปละลายส่วนอนินทรีย์ของเนื้อฟัน ทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า รูพรุนระดับจุลภาค (Microporosities)(26) ทำให้พื้นผิวฟันมีความสะอาดและมีพลังงานพื้นผิวสูง จากนั้นใช้เรซินซึ่งไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic resin) เข้าไปแทนที่ในเนื้อฟันที่มีรูพรุนดังกล่าว เมื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน (Polymerization) จะได้เป็นโครงสร้างที่มีการผสมผสานกันระหว่างเรซินกับโครงสร้างของเนื้อฟัน เรียกว่าชั้นไฮบริด (Hybrid layer) เกิดเป็นลักษณะที่เรียกว่าการยึดติดทางกลระดับจุลภาค (micromechanical interlocking)(27) การทำให้ได้มาซึ่งการยึดติดที่แน่นอนตามอุดมคตินั้น เรซินโมโนเมอร์ต้องสามารถไหลแผ่แทรกซึมไปครอบคลุมเนื้อฟันในบริเวณที่ต้องการได้ และแทรกซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างโครงข่ายคอลลาเจนและเนื้อฟันที่ถูกเตรียมไว้ดังกล่าว โดยมีปัจจัยทางคลินิกหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการแทรกซึมนี้ หนึ่งในนั้นคือสภาพแวดล้อมปกติของการทำงานภายในช่องปากที่มีความชื้นจากน้ำลาย น้ำเหลืองเหงือก รวมไปถึงเลือดที่อาจมีปะปนเข้ามาขณะทำงานได้(28) การปนเปื้อนของน้ำลาย น้ำเหลืองเหงือกและเลือดนั้น มีผลต่อประสิทธิภาพการยึดติด(10-11, 13, 17, 20, 29)

ระบบสารยึดติดที่มีใช้ในปัจจุบันแบ่งตามการจัดการกับชั้นเคลือบเป็น 2 ชนิดหลัก(26) ได้แก่

1. ระบบไททอลเอทซ์ (Total-etch adhesive system) หรือระบบใช้กรดกัดและล้างออก (Etch-and-rinse adhesive system) เป็นระบบที่ใช้กรดกำจัดชั้นเคลือบและละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันบางส่วน และมีการล้างออกเหลือเป็นโครงข่ายคอลลาเจนเปลือยเปล่า เพื่อรองรับการแทรกซึมของสารไพรเมอร์และเรซินโมโนเมอร์ต่อไป ความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันของระบบไททอลเอทซ์นี้จะขึ้นกับการแทรกซึม

ของเรซินโมโนเมอร์เข้าไปแทนที่แร่ธาตุที่ถูกกำจัดออกไประหว่างเส้นใยคอลลาเจน ในปัจจุบันที่มีใช้กันอยู่แบ่งตามขั้นตอนการใช้งานออกเป็น 2 แบบ คือ

1.1) ระบบโททอลเอทช์ 3 ขั้นตอน (3-step total-etch adhesive system) ระบบนี้จะมี 3 ขั้นตอนแยกจากกันเด็ดขาด คือใช้กรดกัดละลายเอาแร่ธาตุออกมา จากนั้นจะมีขั้นตอนที่สอง คือ ไพร์เมอร์ (primer) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ถือเป็นหัวใจของระบบสารยึดติด เพราะเป็นส่วนที่ทำให้เรซินโมโนเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic resin monomer) สามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อฟันที่มีน้ำอยู่ภายในได้ โดยสารไพร์เมอร์จะทำหน้าที่ในการไล่น้ำออกด้วยการใช้สารละลายที่สามารถระเหยออกไปได้ และนำความชื้นในฟันออกไปด้วย จากนั้นจึงทาทับด้วยเรซินโมโนเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งเมื่อถูกทำให้แข็งตัวอย่างสมบูรณ์จากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันจะได้เป็นชั้นไฮบริดที่มีความสมบูรณ์ เป็นระบบที่มีขั้นตอนการทำงานที่ค่อนข้างยุ่งยากต้องควบคุมหลายขั้นตอน มีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย เช่น ต้องระมัดระวังไม่เป่าฟันแห้งจนเกินไป มิฉะนั้นเส้นใยคอลลาเจนจะพับตัวลง (Collapsed collagen) ทำให้เรซินไม่สามารถแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างเส้นใยคอลลาเจนได้ เกิดชั้นไฮบริดที่ไม่สมบูรณ์พอทำให้แรงยึดต่ำ และการบูรณะไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร อย่างไรก็ตาม หากสามารถปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนถูกต้องพบว่าระบบนี้เป็นระบบที่มีการยึดติดที่คงทนมากที่สุด จึงถูกยกเป็นระบบที่เป็นมาตรฐานทอง (Gold standard) ในระบบสารยึดติด(30)

1.2) ระบบโททอลเอทช์ 2 ขั้นตอน (2-step total-etch adhesive system) ระบบนี้ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อลดขั้นตอนการทำงานของระบบ 3 ขั้นตอนลงโดยการรวมขั้นตอนการใช้สารไพร์เมอร์กับขั้นตอนการใช้สารเรซินโมโนเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำเข้าด้วยกัน ทำให้สารยึดติดของระบบนี้กลายเป็นสารที่มีความชื้นปะปนอยู่มาก และมีช่องทางเดินของน้ำ (Water channel) เกิดขึ้นภายในชั้นไฮบริดและชั้นสารยึดติดจนน้ำสามารถผ่านมาถึงรอยต่อของการยึดติด (Bonding interface) เกิดการสะสมของน้ำเหล่านี้จนกลายเป็นตุ่มน้ำที่ผิวรอยต่อระหว่างชั้นไฮบริดกับเรซินคอมโพสิต(31) ไม่เกิดการยึดติดที่สมบูรณ์ และอาจทำให้เกิดการหลุดออกของวัสดุบูรณะในเวลาต่อมา

2. ระบบเซลฟ์เอทช์ (Self-etch adhesive system) เป็นระบบที่ใช้กรดเข้าไปปรับเปลี่ยนชั้นเคลือบและแร่ธาตุในเนื้อฟันให้สามารถรองรับการแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์ได้โดยไม่ต้องล้างน้ำออกด้วยการทำงานของโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรด (Acidic monomer) ระบบนี้จะรวมเอาชั้นเคลือบเข้าไปอยู่ในชั้นไฮบริดด้วย เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเนื่องจากมีความเชื่อในเรื่องความสามารถของชั้นเคลือบที่เป็นปราการธรรมชาติ (Natural barrier) คอยปิดกั้นต่อเนื้อฟันซึ่งเป็นทางติดต่อระหว่างโพรงเนื้อเยื่อในฟันกับสิ่งแวดล้อมภายนอก และเพื่อลดขั้นตอนในการทำงานลง โดยเชื่อว่าการใช้กรดดึงเอาแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันและปรับสภาพเนื้อฟันด้วยการไปพร้อมกันทำให้เกิดการแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์ดีขึ้น เกิดการไฮบริดไดเซชัน (Hybridization) ดีขึ้น(26)สามารถแบ่งตามขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 แบบ คือ

2.1) ระบบเซลฟ์เอทช์ 2 ขั้นตอน (2-step Self-etch adhesive system) เป็นระบบที่รวมขั้นตอนการใช้กรดกับขั้นตอนของการใช้สารไพรเมอร์เข้าด้วยกัน จึงละลายกรดออกจากโครงสร้างฟันไปพร้อมๆกับการปรับสภาพผิวฟัน เชื่อว่าด้วยวิธีการนี้จะสามารถป้องกันการฟุ้งตัวของเส้นใยคอลลาเจนจากการเป่าแห้งมากเกินไปภายหลังการเตรียมผิวเนื้อฟันด้วยกรดฟอสฟอริกในระบบสารยึดติดแบบโททอลเอทช์และลดโอกาสการเกิดช่องว่างที่โมโนเมอร์แทรกซึมเข้าไปไม่ครอบคลุมเนื้อฟันที่ถูกละลายแร่ธาตุได้(32-33)

2.2) ระบบเซลฟ์เอทช์ 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) เป็นระบบที่รวมทั้งสามขั้นตอนเข้าไว้ด้วยกัน เป็นระบบที่รวมเอาส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำเข้าไว้ด้วยกัน โดยมีโครงสร้างโมเลกุลของสารยึดติดที่ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่ได้สามอย่างได้แก่ การเป็นโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรดทำหน้าที่ละลายเอาแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน ทำหน้าที่เป็นไพรเมอร์ปรับสภาพผิวเนื้อฟันไปพร้อมๆกับการทำหน้าที่เป็นสารยึดติดของเรซินโมโนเมอร์เหล่านี้ สารยึดติดระบบนี้จะมีน้ำเป็นส่วนประกอบในปริมาณสูงมาก การกำจัดน้ำที่อยู่ในส่วนผสมที่ซับซ้อนให้หมดไปนั้นทำได้ยาก น้ำที่ตกค้างส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันให้สมบูรณ์ได้ยาก การยึดติดจึงเกิดได้ไม่สมบูรณ์(32)

การยึดติดที่เคลือบฟันเป็นการยึดติดที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพและชัดเจน เนื่องจาก ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของลักษณะโครงสร้างของเคลือบฟันประกอบไปด้วยองค์ประกอบอินทรีย์ ได้แก่ ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ มีน้ำและองค์ประกอบอินทรีย์อยู่น้อยมาก เมื่อใช้สารที่มีความเป็นกรดปรับสภาพผิวเคลือบฟันละลายผลึกของแคลเซียมและฟอสเฟตออกมาจะเกิดรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก(34)ที่มีน้ำมารบกว่นน้อย เมื่อทาสารเรซินโมโนเมอร์ที่มีความหนืดที่เหมาะสม สารเรซินโมโนเมอร์จะเข้าไปเติมเต็มรูพรุนเหล่านี้ ภายหลังทำให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันและสารเรซิน แข็งตัว จึงเกิดการยึดติดทางกลระดับจุลภาคที่มีความแข็งแรงสูงมากพอที่จะต่อต้านแรงจากการหดตัวของเรซินคอมโพสิตจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน(34) เมื่อเกิดการปนเปื้อนน้ำลายขึ้นที่ผิวเคลือบฟัน รูพรุนขนาดเล็กอาจจะถูกปิดกั้นด้วยสารต่างๆในน้ำลาย พลังงานพื้นผิวลดต่ำลง ทำให้การไหลผ่านของสารไพรเมอร์และสารเรซินโมโนเมอร์ลดลง และถูกกีดขวางการแทรกซึมเข้าไปแทนที่รูพรุนเหล่านั้น ประสิทธิภาพการยึดติดจึงลดลงไปด้วย(9, 11, 20) การกำจัดการปนเปื้อนที่ เชื่อกันว่ามีความสามารถเพียงพอที่จะทำให้เกิดการยึดติดที่ดีได้คือการใช้กรดกัดซ้ำ (20) เป็นการเตรียมพื้นผิวเคลือบฟันใหม่ให้พร้อมรองรับสารเรซินโมโนเมอร์ต่อไป

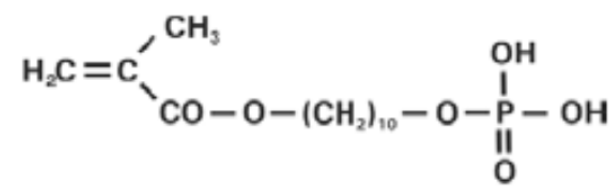
สำหรับการยึดติดที่เนื้อฟันให้มีประสิทธิภาพนั้นทำได้ยากกว่า ทั้งนี้เป็นเพราะโครงสร้างของเนื้อฟันที่มีความซับซ้อน ในบริเวณที่ต่างกันออกไป ในส่วนของเนื้อฟันที่ใกล้โพรงเนื้อเยื่อในฟันจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟัน และความหนาแน่นของท่อเนื้อฟันน้อยกว่าเนื้อฟันบริเวณใกล้โพรงเนื้อเยื่อในฟัน ร่วมกับในเนื้อฟันที่เจริญเต็มที่แล้วเมื่อพิจารณาโดยน้ำหนัก ประกอบด้วยสารอินทรีย์ร้อยละ 70 สารอินทรีย์ร้อยละ 20 และน้ำร้อยละ 10 รวมทั้งการที่เนื้อฟันมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับโพรงเนื้อเยื่อในฟันที่มีแรงดันคอยดันให้ของเหลวในท่อเนื้อฟันออกไปที่ผิวเนื้อฟันทำให้บริเวณนี้มีความชื้นตลอดเวลา(35) ซึ่งลักษณะที่มีความเป็นสารอินทรีย์ที่มาก มีความชื้นในเนื้อฟันสูง และโครงสร้างที่หลากหลายนี้ส่งผลต่อความสำเร็จของการยึดติดของสารยึดติดต่อเนื้อฟันอย่างมาก เพื่อให้สารเรซินโมโนเมอร์ที่มีความไม่ชอบน้ำสูงสามารถยึดติดอยู่บนโครงสร้างลักษณะนี้ได้ จึงต้องมีสารปรับสภาพเนื้อฟันที่มีการแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างฟันที่มีความชื้นได้ดี เพิ่มพลังงานพื้นผิว และมีส่วนฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ที่ใช้จับกับสารเรซินโมโนเมอร์ได้ ภายหลังจากทาสารเรซินโมโนเมอร์และทำให้แข็งตัวทำให้เกิดเป็นการยึดติดระดับจุลภาค ในขณะที่เตรียมผิวเนื้อฟันให้พร้อมรับการบูรณะฟันนั้น หากมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น ประสิทธิภาพการ

ยึดติดจะลดลง(10, 13, 17) และนำมาซึ่งการรั่วซึมระดับจุลภาค(22) มีงานวิจัยที่ศึกษาถึงวิธีการที่เหมาะสมในการปรับแป้นบนผิวเนื้อฟันหลายวิธีด้วยกัน(9, 17, 22)โดยยังไม่มีข้อสรุปที่เป็นที่ยอมรับเหมือนในส่วนเคลือบฟัน แต่แนวโน้มของวิธีการกำจัดการแป้นบนเนื้อฟันคือการใช้สารที่มีฤทธิ์เป็นกรดมาทำความสะอาดพื้นผิวและปรับเพิ่มพลังงานพื้นผิวฟันอีกครั้ง

สารไพรเมอร์มีหน้าที่หลักในการแทรกซึมเข้าไปแทนที่น้ำที่ช่วยพยุงโครงข่ายเส้นใยคอลลาเจนที่ถูกละลายแร่ธาตุออกมาแล้ว และนำพาสารโมโนเมอร์กลุ่มฟังก์ชันเข้าไปปรับสภาพผิวฟันให้กลายเป็นพื้นผิวที่ไม่ชอบน้ำและมีพลังงานพื้นผิวเพิ่มขึ้นพร้อมรองรับสารเรซินโมโนเมอร์ต่อไป สารไพรเมอร์นี้ต้องมีความชอบน้ำที่มากพอจะแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างของเนื้อฟัน(36) สารไพรเมอร์ที่ใช้ในระบบสารยึดติดชนิดโททอลเอทซ์สามชั้นตอนของบางบริษัทในปัจจุบันมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ โมโนเมอร์เช่นเดียวกับที่ใช้ในสารไพรเมอร์ของระบบเซลฟ์เอทซ์ชนิดสองชั้นตอน สารไพรเมอร์เหล่านี้ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 3 กลุ่ม ได้แก่ โมโนเมอร์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟัน (Self-etching adhesive monomers) โมโนเมอร์ที่ทำหน้าที่ในการสร้างโครงข่ายของชั้นสารยึดติด (Cross-linking monomers) และโมโนฟังก์ชันนอลโคโมโนเมอร์ (Monofunctional co-monomer)

1. โมโนเมอร์ที่ทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันหรือโมโนเมอร์กลุ่มฟังก์ชัน (Self-etching adhesive monomers or Functional monomer) เป็นโมโนเมอร์ส่วนที่ต้องมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับโครงสร้างฟันให้เกิดพื้นผิวขรุขระมากเพียงพอที่จะเกิดแรงยึดทางกลระดับจุลภาคได้ และมีความสามารถในการไหลแผ่และแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างฟันเช่น ท่อน้ำเนื้อฟันเป็นต้น และโมโนเมอร์นั้นจะเกิดพันธะไอออนิกกับเกลือแคลเซียมซึ่งไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย ที่ได้จากการละลายส่วนอนินทรีย์ของฟัน หรือเกิดเป็นพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยคอลลาเจนนั้น(33) โดยทั่วไปโมโนเมอร์กลุ่มนี้จะเป็นโมเลกุลที่มีโครงสร้างที่แตกต่างกันสองข้างที่เรียกว่า ไบฟังก์ชันนอลโมเลกุล (Bi-functional molecule) ด้านหนึ่งจะเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในการยึดโมโนเมอร์เข้ากับโมโนเมอร์ตัวอื่นๆหรือวัสดุบูรณะเรียกว่า กลุ่มโพลีเมอไรเซเบิล (Polymerizable group – group P) อีกด้านหนึ่งเรียกว่า กลุ่มแอดฮีซีฟ (Adhesive group – Group AD) ซึ่งสามารถละลายแร่ธาตุออกมาจากฟันและเข้าไปทำปฏิกิริยากับโครงสร้างฟันที่เหลืออยู่ โดยทั้งหมดจะเกาะอยู่บนสารที่เรียกว่าสเปซเซอร์ (Spacer – group R) อยู่ตรงกลางทำหน้าที่ยึดโมเลกุลที่แตกต่างกันไว้และเป็นส่วนที่กำหนดคุณสมบัติอื่นๆของโมโนเมอร์ เช่น ความสามารถในการ

การละลายในตัวทำละลาย การไหลแผ่และแทรกซึมไปในโครงสร้างฟัน เป็นต้น(33, 37) กลุ่มแอตตีซีฟที่ดีควรมีฤทธิ์เป็นกรดเพื่อสามารถปรับสภาพผิวฟันและเพิ่มพลังงานพื้นผิว รวมทั้งเกิดพันธะเคมีขึ้นกับผลึกแร่ธาตุและเส้นใยคอลลาเจนได้(32) ความสามารถในการกัดผิวเคลือบฟันและเนื้อฟันจะขึ้นกับความเป็นกรดของกลุ่มแอตตีซีฟแต่ละชนิดอันได้แก่ กลุ่มคาร์บอกซิลิก (Carboxylic group) มีความเป็นกรดน้อยกว่า กลุ่มกรดฟอสฟอนิก (Phosphonic group) กลุ่มฟอสเฟต (Phosphate group) และกลุ่มซัลโฟนิค (Sulfonic acid) ตามลำดับ(33) อย่างไรก็ตาม การเลือกชนิดของกรดมาใช้ นั้น ไม่ได้คำนึงแต่เฉพาะความเป็นกรดและความสามารถในการละลายแร่ธาตุเท่านั้นยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย ทั้งนี้กลุ่มซัลโฟนิคถูกเลือกใช้น้อยกว่ากรดกลุ่มที่ผู้ผลิตมักเลือกมาใช้มักเป็นกลุ่มฟอสเฟต หรือกลุ่มคาร์บอกซิลิก(37) ตัวอย่างเช่น Clearfil® SE Bond ของบริษัท Kuraray ฤทธิ์ความเป็นกรดของสารไพรเมอร์มาจากกลุ่มฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ชื่อ 10-MDP หรือ 10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate(37) ที่มีโครงสร้างเป็นสายคาร์บอนตรงยาวและมีกลุ่มฟอสเฟตอยู่ตรงปลายข้างหนึ่งของสาย ดังภาพที่ 1(37)

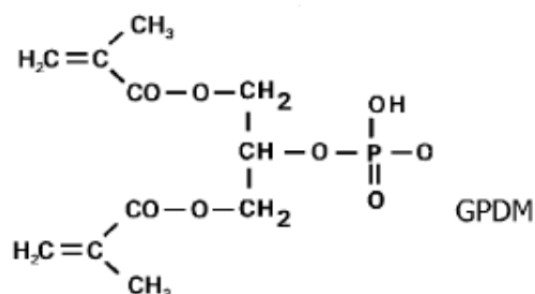


ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของ 10-methacryloxydecyl dihydrogen phosphate

โมโนเมอร์กลุ่มนี้มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำน้อยกว่าโมโนเมอร์ตัวอื่น (relatively hydrophobic) โดยกลุ่มไดไฮโดรเจนฟอสเฟตในโครงสร้างของโมโนเมอร์นี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ 10-MDP สามารถละลายแร่ธาตุออกจากโครงสร้างฟันได้ (38-39) 10-MDP เป็นโมโนเมอร์ที่มีการศึกษาและทดสอบเรื่องคุณสมบัติในการยึดติดมาอย่างยาวนานและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าให้การยึดติดที่มีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้(19, 40-43) เช่นเดียวกับ Optibond® Solo Plus ของบริษัท Kerr มีกลุ่มฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ชื่อ GPDM หรือ glycerol phosphate



dimethacrylate (37) เป็นกลุ่มฟอสเฟตเช่นกันแต่มีโครงสร้างเป็นโครงเชื่อมขวาง (cross-linking structure) ดังภาพที่ 2 ซึ่งเป็นโครงสร้างที่น่าจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับชั้นสารยึดติดได้



ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของ glycerol phosphate dimethacrylate(37)

ในขณะที่ iBond<sup>®</sup> ของบริษัท Heraeus ที่ใช้ 4-META เป็นกลุ่มฟังก์ชันนอลโมโนเมอร์ในกลุ่มคาร์บอกซิลิก กรดทั้งสองกลุ่มนี้จะถูกผสมอยู่ในสารยึดติดในสภาพกรดอ่อนมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 1 – 2(37) ความเป็นกรดอ่อนนี้จะช่วยคงสภาพให้สารโมโนเมอร์อื่นๆ ไม่ถูกทำลายโดยง่ายและความเป็นกรดอ่อนทำให้เหลือโครงสร้างอนินทรีย์ของฟันและคงรูปร่างเส้นใยคอลลาเจนเอาไว้ จึงเหลือผลึกและเส้นใยคอลลาเจนดังกล่าวให้เกิดปฏิกิริยาการยึดติดทางเคมี (32) ช่วยเพิ่มให้สารยึดติดที่มีความเป็นกรดอ่อนมีค่าแรงยึดอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ นอกเหนือจากกรดเหล่านี้ที่ทำให้เกิดพันธะไฮดรอกซิลแล้ว ยังมีกลุ่มคีเลต (Chelating groups) เช่น กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid) ที่เชื่อว่าทำให้เกิดพันธะโควาเลนต์กับเส้นใยคอลลาเจนได้อีกด้วย(33)

2. โมโนเมอร์ที่ทำหน้าที่ในการสร้างโครงเชื่อมขวางของชั้นสารยึดติด (Cross-linking monomers) มักเป็นกลุ่มไดเมทาคริเลต (Dimethacrylates) ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญคือ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน เกิดเร็วขึ้นและทำให้คุณสมบัติเชิงกลของโครงตาข่ายโพลีเมอร์ดีขึ้น เพิ่มความหนาแน่นของสายโพลีเมอร์ รวมทั้งลดโอกาสการบวมน้ำและละลายน้ำด้วย ตัวอย่างไดเมทาคริเลตที่เป็นที่นิยมใช้ เช่น Bis-GMA, UDMA, GDMA, TEGDMA เป็นต้น ไดเมทาคริเลตแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติบางประการแตกต่างกัน เช่น Bis-GMA ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาได้ไว แต่มีความหนืดสูง ในขณะที่ TEGDMA และ GDMA สามารถไหลแผ่ได้ดีกว่า และละลายในน้ำได้ดี อย่างไรก็ตาม สารไดเมทาคริเลตเหล่านี้จะถูกทำลายในสารละลายที่เป็นกรด และจะกลายเป็นไดออล (Diols) และกรดเมทาคริลิก (Methacrylic acid)(33)

3. โมโนฟังก์ชันนอลโคโมโนเมอร์และไดฟังก์ชันนอลโคโมโนเมอร์ (Mono- and Difunctional co-monomer) เป็นส่วนที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของสารยึดติดเช่น ความหนืด การไหลแผ่ ความสามารถในการแทรกซึมและเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน รวมไปถึงความแข็งแรงเชิงกล การดูดน้ำ และความเสถียรของชั้นสารยึดติด โดยสารโมโนเมทาคริเลต ที่เป็นที่ยอมรับมากที่สุดได้แก่ HEMA หรือ ไฮดรอกซีเอธิลเมทาคริเลต HEMA เป็นโมโนเมอร์ที่สามารถละลายน้ำได้และความหนืดต่ำทำหน้าที่คงสภาพองค์ประกอบที่มีขี้ผึ้งและไม่มีขี้ผึ้งให้อยู่ร่วมกันได้(44) นอกจากนี้ HEMA ยังช่วยเพิ่มการไหลแผ่และแทรกซึมของสารไพรเมอร์ ทำให้โมโนเมอร์มีการแทรกซึมไปบนโครงสร้างฟัน เพื่อทำปฏิกิริยาและเกิดชั้นของสารยึดติดได้ดีขึ้น(45) อย่างไรก็ตาม HEMA นั้นไม่ทนต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และ HEMA ในปริมาณที่มากไปอาจส่งผลเสียต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ทำให้โครงตาข่ายของโพลีเมอร์มีความหนาแน่นลดลง นำไปสู่ความแข็งแรงเชิงกลของสารยึดติดที่ลดลงด้วย(33)

### น้ำลายและการปนเปื้อน

การบูรณะฟันโดยอาศัยระบบสารยึดติดมีขั้นตอนที่ซับซ้อนและต้องให้ความระมัดระวังในการทำงานสูงเพื่อให้ได้มาซึ่งประสิทธิภาพการยึดติดที่ดี ความสำเร็จในการยึดติดนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย นอกเหนือไปจากระบบสารยึดติดที่เลือกใช้และคุณภาพของผิวฟันที่ทำการยึดติดแล้ว ความสะดวกของบริเวณที่ทำการยึดติดยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการยึดติด สารที่ปนเปื้อนพื้นผิวฟันมีที่มาจากหลายแหล่งทั้งจากคนไข้เอง เช่น น้ำลาย เลือด น้ำเหลือง และจากเครื่องมือและขั้นตอนการปฏิบัติงาน เช่น กรดที่ใช้กัดฟัน สารห้ามเลือด น้ำมันจากหัวกรอ น้ำจากสเปรย์ วัสดุบูรณะชั่วคราวที่มีส่วนผสมของน้ำมันยูจินอล เป็นต้น(46-47) ดังที่กล่าวมาแล้วว่า พื้นผิวที่ปนเปื้อนจะมีพลังงานพื้นผิวต่ำลง ทำให้สารเรซินมีความสามารถในการไหลแผ่ลดลง การแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์จึงลดลงตามไปด้วย รวมทั้งสารต่างๆ เหล่านี้อาจไปขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ทำให้ชั้นไฮบริดและชั้นสารยึดติดไม่แข็งแรงเท่าที่ควร อาจเป็นผลให้ประสิทธิภาพการยึดติดและความแนบสนิทของวัสดุบูรณะกับฟันแย่งได้ ทั้งนี้ น้ำลายเป็นหนึ่งใน

สารที่มีโอกาสปนเปื้อนเข้ามาในโพรงฟันขณะทำกระบวนการให้เกิดการยึดติดกับฟันได้มากหากปราศจากซึ่งการควบคุมบริเวณการทำงานที่ดีเพียงพอ น้ำลายมนุษย์เป็นส่วนผสมของของเหลวหลายชนิดที่อยู่ในช่องปากได้แก่ น้ำลายมาจากต่อมน้ำลายขนาดใหญ่สามคู่และต่อมน้ำลายขนาดเล็กอีกจำนวนมาก ผสมรวมกันกับน้ำเหลืองเหลืองที่อยู่ในร่องเหงือกครอบคอบฟัน ปริมาณน้ำลายในหนึ่งวันจะมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1-1.5 ลิตร และมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในภาวะพักอยู่ที่ประมาณ 5.8-7.1 โดยค่าจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการหลั่งน้ำลายมากขึ้น หน้าที่สำคัญของน้ำลายแบ่งตามความสัมพันธ์กับองค์ประกอบออกเป็นสามส่วนใหญ่ๆดังนี้

1) ผลที่มีต่อโครงสร้างฟัน ได้แก่ การบัฟเฟอร์ความเป็นกรดต่างในช่องปาก (Buffering) การยับยั้งการละลายแร่ธาตุออกจากผิวฟัน (Inhibition of demineralization) การส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุเข้าสู่ผิวฟัน (Remineralization) การหล่อลื่นเคลือบผิวฟันไว้ (Lubrication)

2) ผลที่มีต่อเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ การต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antibacterial) การต่อต้านเชื้อไวรัส (Antiviral) การต่อต้านเชื้อรา (Antifungal)

3) ผลที่มีต่ออาหาร ได้แก่ การย่อยอาหาร การรับรส การทำให้อาหารเป็นก้อนโบลัส (Bolus) พร้อมต่อการกลืน(48)

ในน้ำลายประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด เช่น เอนไซม์อะไมเลส (amylase) ไลโซไซม์ (lysozyme) แลคโตเฟอริน (lactoferrin) แลคโตเปอร์ออกซิเดส (lactoperoxidase) อิมมูโกลบูลิน (immunoglobulin) แอ็กกลูตินิน (agglutinin) และมิวซิน (mucins) เป็นต้น โดยมีอัตราส่วนของโปรตีนเฉลี่ยประมาณ  $1.34 \pm 1.10$  กรัมต่อลิตร โปรตีนเหล่านี้มีส่วนสำคัญในการทำหน้าที่ต่างๆร่วมกันดังที่กล่าวมาข้างต้น ยกตัวอย่างเช่น มิวซิน (mucins) ที่เป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดแผ่นเมือกภายในช่องปาก โดยจะเคลือบเยื่อเมือกวมไปถึงก่อให้เกิดแผ่นเพลลิกเคิล (pellicle) ที่เกาะอยู่บนผิวฟันด้วย มิวซินทำหน้าที่หลายอย่างทั้งส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ การหล่อลื่น การทำให้อาหารเป็นก้อน การรับรส การต่อต้านไวรัสและเชื้อรา การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ โปรตีนเหล่านี้มีความสามารถในการเคลือบอยู่บนผิวฟัน นอกจากจะเป็นส่วนที่ปกป้องอวัยวะในช่องปากจากอันตรายแล้ว ยังเป็นส่วนที่อาจกีดขวางการแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์ได้ด้วย (47) มีงานวิจัยหลายงานที่ศึกษาถึงผลของการปนเปื้อนน้ำลายต่อแรงยึดระหว่างเครื่องมือจัดฟัน

กับผิวเคลือบพื้นที่ไม่มีการรอกำจัดผิวนอกออกนั้น พบว่า ความแข็งแรงยึดที่เตรียมผิวพื้นด้วยระบบโททอลเอทซ์สองชั้นตอนได้รับผลกระทบมากกว่าระบบเซลฟ์เอทซ์สองชั้นตอน อย่างไรก็ตาม ทั้งสองระบบมีค่าความแข็งแรงยึดที่ลดลง(49) แม้ว่าจะมีการศึกษาที่ใช้ระบบการยึดติดแบบโททอลเอทซ์สองชั้นตอนที่แสดงให้เห็นว่า น้ำลายและโปรตีนในน้ำลายไม่ได้ขัดขวางการเกิดชั้นไฮบริดแต่น้ำลายและโปรตีนเหล่านี้จะลดความแนบของวัสดุบูรณะกับผิวโพรงฟันได้(22) ทั้งนี้ผลของประสิทธิภาพการยึดติดที่ผิวเนื้อฟันที่มีการปนเปื้อนให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกันไปขึ้นกับระบบสารยึดติดที่เลือกใช้ในแต่ละการศึกษา ดังในการศึกษาของ Ari และคณะในปี 2008(50) ที่การปนเปื้อนน้ำลายที่ผิวเนื้อฟันระหว่างการปรับสภาพผิวฟันก่อนการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันของสารเรซินโมโนเมอไรไม่มีผลต่อความแข็งแรงยึดของสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ชนิดสองชั้นตอนในทางกลับกันการใช้ระบบสารยึดติดชนิดโททอลเอทซ์แบบสองชั้นตอนจะได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนน้ำลายมากกว่า(47) นอกจากนี้ลำดับการปนเปื้อนน้ำลาย ระยะเวลาที่น้ำลายปนเปื้อนอยู่บนผิวฟัน และการกำจัดการปนเปื้อน(18) รวมถึงขั้นตอนที่ใช้ในการกำจัดน้ำลายของแต่ละการศึกษาวินิจฉัยยังเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ผลแข็งแรงและการรั่วซึมของสารสีในแต่ละการศึกษาแตกต่างกันไปอีกด้วย(10, 13, 19, 51-59)

เพื่อให้ได้มาซึ่งการยึดติดที่ดี ทันตแพทย์จึงต้องพยายามควบคุมความชื้นให้เหมาะสมแก่การทำงาน ซึ่งวิธีที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่าเป็นวิธีควบคุมความชื้นที่ดีที่สุดคือการใช้แผ่นยางกั้นน้ำลาย(3, 60) การใส่แผ่นยางกั้นน้ำลายในทางทันตกรรมหัตถการมักใส่หลายซี่เพื่อให้สะดวกต่อการมองเห็นและเข้าทำงาน อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้วพบว่าทันตแพทย์บางส่วนที่ละเลยการใช้แผ่นยางกั้นน้ำลายในการทำงาน และใช้ก้อนสำลีหรือผ้าก๊อซแทนซึ่งทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดการปนเปื้อนน้ำลายได้สูง ทันตแพทย์จำนวนไม่น้อยให้เหตุผลการกั้นน้ำลายหรือความชื้นด้วยแผ่นยางกั้นน้ำลายนั้นว่ายุ่งยากและเสียเวลาปฏิบัติงานมากกว่าแม้จะทราบเหตุผลดีว่าการควบคุมความชื้นด้วยแผ่นยางกั้นน้ำลายนั้นให้ประสิทธิภาพของวัสดุบูรณะที่ดีกว่าก็ตาม(5-7) รวมทั้งตำแหน่งของรอยโรค เช่น รอยโรคแควิตีคลาสไฟว์ การบุกรุกบริเวณฟันหลังด้านไกลกลาง เป็นต้น หรือวิธีการบูรณะที่ต้องใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดชิ้นงานเช่น ครอบฟัน ออนเลย์ เป็นต้น จะจำกัดการใช้แผ่นยางกั้นน้ำลาย ดังนั้นน้ำลายจึงอาจปนเปื้อนเข้ามาในโพรงฟันที่เตรียมไว้เพื่อการบูรณะที่ต้องอาศัยสารยึดติดนี้ จากที่กล่าวแล้วข้างต้น ด้วยองค์ประกอบที่มีลักษณะเป็นแผ่นเมือก

ของน้ำลาย ทำให้น้ำลายที่ปนเปื้อนเข้ามาใน อาจเกิดขบวนการเกิดขึ้นของสารยึดติดที่สมบูรณ์ การแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์เป็นไปได้อย่างความยากลำบาก และขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอ-ไรเซชันที่สมบูรณ์ทำให้ไม่เกิดการยึดติดที่ดี (60) องค์ประกอบในน้ำลายเหล่านี้กำจัดออกได้ยาก ส่งผลต่อคุณภาพของการยึดติด ทั้งนี้ชนิดของสารยึดติดและการกำจัดน้ำลายที่ปนเปื้อนเข้ามาจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อผลของความสำเร็จในการใช้สารยึดติดเหล่านี้บูรณะฟันด้วย(47)

### การจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermocycling process)

ปกติภายในช่องปากมีอุณหภูมิขณะพักอยู่ประมาณ 33-37 องศาเซลเซียส(61) โดยมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจากอาหารและน้ำดื่มที่รับประทานเข้าไป อาจร่วมกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศขณะนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้มีผลต่อโครงสร้างฟันและวัสดุบูรณะต่างๆ วัสดุบูรณะรวมไปถึงสารยึดติดจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเชิงมิติภายใต้อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเช่นเดียวกับโครงสร้างฟัน โดยการเปลี่ยนแปลงนี้แตกต่างกันตามค่าเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด ค่าดังกล่าวเรียกว่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ (Coefficient of thermal expansion-CTE) ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงความยาวต่อหน่วยของวัสดุเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไป 1 องศาเซลเซียส เนื้อฟันจะมีค่า  $8.3 \times 10^{-6}$  ต่อองศาเซลเซียส และเคลือบฟันมีค่า  $11.4 \times 10^{-6}$  ต่อองศาเซลเซียส(62) การผลิตวัสดุบูรณะต่างๆที่ใช้ในช่องปากควรมีค่าสัมประสิทธิ์นี้ใกล้เคียงกับโครงสร้างฟันเพื่อลดช่องว่างระหว่างฟันและวัสดุเหล่านั้น โดยหากการหดและขยายตัวนี้ไม่สอดคล้องกันจะเกิดความเครียดที่ทำให้รอยแยกบริเวณรอยต่อเติบโตขึ้น นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิยังทำให้เกิดการเคลื่อนที่เข้าออกของของเหลวที่เข้ามาอยู่ภายในช่องว่างนี้ทำให้ขนาดช่องว่างขยายมากขึ้นได้(63) คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของวัสดุบูรณะและสารยึดติดที่ทำให้การรักษาประสบความสำเร็จคือสารยึดติดและวัสดุสามารถยึดกับฟันได้โดยไม่เกิดช่องว่าง แต่ทว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิของวัสดุยังคงมีความแตกต่างจากโครงสร้างฟัน(64) ความแตกต่างนี้ทำให้เกิดการซึมผ่านของของเหลวเข้าไปตามขอบซึ่งความแตกต่างเพียงเล็กน้อยเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เกิดช่องว่างบริเวณรอยต่อของวัสดุและฟันจึงอาจส่งผลต่อความสำเร็จของการรักษาด้วยเช่นกัน ดังนั้นการทดสอบคุณสมบัติของสารยึดติด

และวัสดุต่างๆภายใต้คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงนี้จึงมีความสำคัญ อย่างไรก็ตาม การทดสอบวัสดุเหล่านี้ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติภายในช่องปากที่เกิดขึ้นจริงทางคลินิกนั้นทำได้ยาก มีขั้นตอนที่ซับซ้อน ใช้เวลานาน ผู้ทำวิจัยจึงเลือกใช้การจำลองการใช้งานจริงภายใต้คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงในห้องปฏิบัติการมากกว่า

การจำลองการใช้งานจริงภายใต้คุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงนี้เป็นกระบวนการในห้องปฏิบัติการที่มีการนำฟันและวัสดุผ่านของเหลวที่อุณหภูมิสูงและต่ำตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้จริงในช่องปากมนุษย์ สลับไปมาเป็นรอบๆ ในระยะเวลาที่เหมาะสม เป็นการจำลองการเพิ่มอายุ (Aging) ของวัสดุที่มักถูกนำมาใช้ร่วมกับการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค การทดสอบกำลังแรงยึดชนิดดึงและชนิดเฉือนเพื่อเลียนแบบสถานการณ์ในช่องปาก(65) คุณสมบัติใช้ ระยะเวลาที่แช่อยู่ในของเหลวของแต่ละอุณหภูมิ ระยะเวลาพักเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ จำนวนรอบที่ใช้ทดสอบ รวมไปถึงชนิดของของเหลวที่ใช้ในการทดสอบนั้น ยังไม่มีการกำหนดไว้อย่างชัดเจน(66) ค่าต่างๆเหล่านี้จึงมีหลากหลายตามแต่ผู้วิจัยจะเลือกมาทดสอบ ช่วงอุณหภูมิต่ำที่ใช้กันอยู่นั้นมีตั้งแต่ 0 ถึง 36 องศาเซลเซียส และช่วงอุณหภูมิสูงมีตั้งแต่ 40 ถึง 100 องศาเซลเซียส คุณสมบัติที่มีถูกเลือกใช้ ในหลายการศึกษาคือ 5 และ 55 องศาเซลเซียส(65, 67-73) ระยะเวลาที่แช่ขึ้นตัวอย่างอยู่ในของเหลวของแต่ละอุณหภูมิอยู่ที่ 4 วินาทีไปจนถึง 30 นาที ทั้งนี้ช่วงพักในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิควรนานพอให้คืนกลับสู่อุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิช่องปากขณะพักเพื่อให้เหมือนสภาพจริงในช่องปากมากที่สุด ส่วนจำนวนรอบที่ใช้ทดสอบโดยเฉลี่ยที่ 10,000 รอบ แต่ที่นิยมใช้คือ 500 รอบ(66, 71, 74) จำนวนรอบที่ใช้ทดสอบนั้นยังไม่มีมีการคำนวณหรือแปลผลเป็นระยะเวลาจริงอย่างชัดเจน แต่มีการประเมินอย่างหยาบไว้ว่า 10,000 รอบนั้นเทียบเท่าการใช้งานจริงเป็นระยะเวลาหนึ่งปี(66) อย่างไรก็ตาม แม้มีค่าที่นิยมใช้กันอย่างหลากหลาย องค์การมาตรฐานสากล (International Standardization and Organization-ISO) ได้แนะนำค่าที่ควรใช้ไว้ในปี 2003 ดังนี้ คุณสมบัติที่ใช้ในการทดสอบคือ 5 และ 55 องศาเซลเซียส ทดสอบในน้ำจำนวนอย่างน้อย 500 รอบ โดยแช่ในน้ำอย่างน้อย 20 วินาทีขึ้นไป โดยมีช่วงพักเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิที่ 5-10 วินาที (ISO/TS 11405:2003(E)) De Munck และคณะได้สรุปในปี 2005(75) ถึงกระบวนการจำลองการใช้งานจริงด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้นมีผลทำให้เกิดความเครียดจากการหดและขยายตัวของวัสดุ รวมไปถึงเร่งการเกิดการเสื่อมสลายทางเคมีของวัสดุด้วย ทั้งนี้ขึ้นกับการ

ออกแบบงานวิจัย ดังนั้นกระบวนการนี้จึงเป็นอีกหนึ่งหนทางในการจำลองการใช้งานจริงเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุต่อไป

### การรั่วซึมระดับจุลภาค

การรั่วซึมระดับจุลภาค เป็นช่องทางที่อยู่ระหว่างผนังโพรงฟันกับวัสดุบูรณะ ที่ยอมให้แบคทีเรีย สารน้ำ โมเลกุล สี ไอออน สามารถเคลื่อนผ่านไปได้(76) การรั่วซึมระดับจุลภาคสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความล้มเหลวของการรักษา อาจก่อให้เกิดการติดเชื้อตามขอบวัสดุ การเกิดรอยร้าวที่วัสดุบูรณะ ซึ่งอาจลุกลามไปจนถึงโพรงเนื้อเยื่อในฟัน ดังนั้นการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมนี้จึงเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุบูรณะ การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคเป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมและถูกนำมาใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของสารยึดติดและวัสดุบูรณะอย่างยาวนาน เพราะวัสดุที่มีเรซินเป็นส่วนประกอบจะมีการหดตัวและทำให้เกิดความเครียดบริเวณรอยต่อของวัสดุกับฟันได้ นำมาซึ่งรอยร้าวระหว่างวัสดุและฟัน การทดสอบการรั่วซึมนี้สามารถใช้ตรวจได้ทั้งงานวิจัยในห้องปฏิบัติการและในคลินิก โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถแบ่งออกเป็นการทดสอบในตัวอย่างที่ใกล้เคียงสถานการณ์ในคลินิกซึ่งใช้เพื่อลดตัวกวนทางงานวิจัยจากสภาพจริงในช่องปากของผู้ป่วย และการทดสอบในตัวอย่างที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบคุณสมบัติของวัสดุโดยตรง(77) ทั้งนี้ มีปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคอยู่หลายปัจจัย เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบไม่ว่าจะเป็นการหดตัวจากปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน รูปร่างของโพรงฟันที่กำหนดค่าคอนฟิกรูเรชั่นแฟคเตอร์ (Configuration หรือ C-factor)(78) ชนิดของเครื่องฉายแสงและวิธีการฉายแสง(78) การจำลองการใช้งานจริงด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการจำลองแรงจากการบดเคี้ยว(75) ชนิดของสารยึดติดที่ใช้ทดสอบ รวมไปถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันซึ่งมีผลไปถึงความสามารถในการยอมให้ของเหลวไหลผ่านได้ของเนื้อฟัน(79) เป็นต้น สารและเทคนิคที่ใช้ในการทดสอบการรั่วซึมมีหลายชนิดด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้แรงดันอากาศ(80) โดยใส่แรงดันอากาศเข้าไปทางโพรงเนื้อเยื่อในฟันแล้วตรวจดูฟองอากาศที่เกิดขึ้นบริเวณขอบของวัสดุบูรณะซึ่งการทดสอบด้วยเทคนิคนี้ไม่จำเป็นต้องมีการตัดชิ้นฟันเหมือนเทคนิคอื่นๆ การตรวจการซึมผ่าน

ของของเหลวผ่านช่องว่างที่เกิดขึ้น(81) ซึ่งเป็นเทคนิคที่พัฒนาต่อมาจากการใช้แรงดันอากาศ การใช้เชื้อแบคทีเรียโดยแช่ชิ้นตัวอย่างลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ(82) การใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุต่างๆ(83-84) การใช้สารสีทั้งอินทรีย์(85-89)และอนินทรีย์(67, 71, 73, 90) การใช้สารเรืองแสง ฟลูออเรสเซนต์ที่ต้องตรวจสอบภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (91-92) เป็นต้น

การใช้สีอินทรีย์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากถูกนำมาใช้ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน สีที่นำมาใช้นั้นต้องมีความแตกต่างจากสีของวัสดุบุรณะและฟันโดยไม่ต้องอาศัยกลไกสารกัมมันตภาพรังสีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ฟันที่ได้รับการทดสอบด้วยวิธีนี้ต้องได้รับการถอนออกมานอกช่องปากเพื่อนำไปแช่สารทดสอบตามเวลาที่กำหนดไว้ก่อนนำมาล้างออกและตัดตามแนวแกนฟันผ่านวัสดุบุรณะเป็นชิ้นส่วนตามขนาดเหมาะสมที่จะตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์(76) ทั้งนี้ระยะเวลาที่ใช้แช่สามารถกำหนดให้เหมาะสมจากผลการทดสอบนำร่องที่ทำก่อนการทดลองจริง สารสีที่ถูกนำมาใช้มีหลายชนิดเช่น เมทิลีนบลู (Methylene Blue)(70, 85-86, 93-94) เบสิกฟุสซิน (Basic Fuschin)(52, 87-88, 95) อิริโทรซิน (Erythrosin dye)(89) เป็นต้น ซึ่งสารสีเหล่านี้ อาจมาในรูปแบบสารละลาย หรือเป็นผลึกที่ต้องนำไปผสมกับน้ำกลั่นตามความเข้มข้นที่ต้องการ สีที่เลือกใช้ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคสีไม่เกินเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟัน คือไม่เกิน 4 ไมครอน รวมทั้งมีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกับเชื้อแบคทีเรียและสารพิษของแบคทีเรียด้วย เพื่อเลียนแบบการแทรกซึมของเชื้อแบคทีเรีย สีอินทรีย์ที่ดีควรเป็นสีที่มองเห็นได้ชัดและแตกต่างจากสีฟันและวัสดุบุรณะเพื่อให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการย้อมควรอยู่ในค่าความเป็นกรดต่างที่เป็นกลางเพื่อลดตัวกวนต่อการวิจัยให้มากที่สุด นอกจากการใช้สีอินทรีย์แล้วยังมีการใช้สีอนินทรีย์ในการตรวจรอยรั่วซึมในหลายการศึกษา ได้แก่ การใช้ซิลเวอร์ไนเตรท ซึ่งเป็นสารที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถมองเห็นความแตกต่างจากฟันและวัสดุบุรณะได้อย่างดี เนื่องจากเมื่อทำปฏิกิริยากับโปรตีนเกิดตะกอนเห็นเป็นสีดำชัดเจน และมีความสามารถในการแทรกซึมสูง ขั้นตอนการศึกษาจะคล้ายคลึงกับการทดสอบด้วยสารสีอินทรีย์ แต่มีขั้นตอนที่แตกต่างกันคือ เมื่อแช่ชิ้นตัวอย่างลงในสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทความเข้มข้นร้อยละ 50 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงในห้อยมืด แล้วล้างชิ้นตัวอย่างกำจัดอนุภาคสีส่วนเกินแล้วนำไปแช่ในสารละลายเดเวลอปเปอร์เช่น สารไฮโดรควิโนน นาน 6 ชั่วโมง เพื่อให้อนุภาคสีเงินตกตะกอนในตำแหน่งที่มีการรั่วซึม(76) อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อด้อยบางประการ กล่าวคือ ด้วยขนาดอนุภาคเงินที่ใช้มีขนาด



เพียง 0.059 นาโนเมตร ในขณะที่ขนาดของเชื้อแบคทีเรียที่เรานั้นเท่ากับ 2 - 4 ไมโครเมตรและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันมีค่าประมาณ 1-4 ไมโครเมตร ทำให้การแทรกซึมของซิลเวอร์ไนเตรทผ่านรอยต่อฟันและวัสดุบูรณะ รวมไปถึงท่อเนื้อฟันนั้นง่ายกว่าสีอินทรีรี่ วิธีนี้จึงมีความไวสูงมาก(77) นอกจากนี้ สารซิลเวอร์ไนเตรทได้จากปฏิกิริยาระหว่างผลึกเงินกับกรดไนตริก ทำให้มีความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 3.98 มีผลต่อแร่ธาตุต่างๆในโครงสร้างฟันรวมไปถึงชั้นเคลือบฟันซึ่งจะถูกละลายออกมาได้เมื่อค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 6(71) ทำให้ช่องว่างของรอยรั่วซึมมีขนาดมากขึ้น ซึ่งทำให้แยกจากผลการทดสอบจริงได้ยาก ในขณะที่การใช้สีอินทรีรี่เช่น เมทิลีนบลู จะถูกบัพเฟอร์ให้มีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ 6.89 ลดการละลายแร่ธาตุออกจากผิวฟัน ลดความคลาดเคลื่อนลง เมทิลีนบลูสามารถละลายได้ดีมากในน้ำ และสามารถแทรกซึมเข้าช่องว่างระหว่างฟันกับวัสดุบูรณะที่น้ำโดยไม่จับกับผลึกอะพาไทท์หรือเดนทินเมทริกซ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากค่าความเป็นกรดต่างที่สูงและน้ำหนักโมเลกุลใหญ่ จึงจำกัดการแทรกซึมของเมทิลีนบลู นอกจากนี้ เมทิลีนบลูไม่ทนต่อปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส จะถูกเปลี่ยนเป็นสารที่ไม่มีสีได้ ทำให้ค่าที่วัดได้มีโอกาสน้อยกว่าความเป็นจริง มีการศึกษาที่เปรียบเทียบผลของการใช้สารทดสอบเมทิลีนบลูกับซิลเวอร์ไนเตรทต่อการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดชนิดโททอลเอทซ์สองชั้นตอนกับเซลฟ์เอทซ์สองชั้นตอนโดย Amarante de Camargo และคณะในปี 2006(96) พบว่าซิลเวอร์ไนเตรทจะมีความไวในการทดสอบการรั่วซึมของสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์มากกว่า ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะความเป็นกรดที่มากกว่าเมทิลีนบลูซึ่งละลายเอาชั้นเคลือบที่เคลือบอยู่ในการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์ ช่องว่างจึงมากขึ้น ประกอบกับเมทิลีนบลูมีน้ำหนักโมเลกุลที่มากกว่าก่อนหน้า เกินกว่าจะแทรกเข้าไปในช่องว่างที่มีชั้นเคลือบฟันอยู่ได้

เนื่องจากการรั่วซึมที่วัดได้ทางคลินิกนั้นมักน้อยกว่าในห้องปฏิบัติการเพราะในทางคลินิกจะมีการเคลื่อนที่ของของเหลวในท่อเนื้อฟันที่มีแรงดันจากโพรงเนื้อเยื่อในฟันดันให้เคลื่อนที่ออกมาในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียและสารพิษต่างๆ รวมไปถึงโปรตีนต่างๆที่อยู่ในของเหลวดังกล่าวอาจจับยึดเข้ากับผนังท่อเนื้อฟัน ลดความสามารถการยอมให้สารต่างเคลื่อนผ่านของท่อเนื้อฟันลง สารที่ใช้ทดสอบทางคลินิกจึงให้ผลการรั่วซึมน้อยกว่านั่นเอง(97) ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดการประเมินค่าที่มากเกินไปกว่าความเป็นจริง งานวิจัยนี้จึงพิจารณาเลือกใช้เมทิลีนบลูในการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาค

สำหรับจำนวนชิ้นฟันตัวอย่างที่ถูกตัดมาตรวจสอบนั้น ส่วนใหญ่จะถูกเลือกจากชิ้นที่อยู่ตรงกับเส้นกึ่งกลางฟันผ่านกึ่งกลางวัสดุบูรณะ Raskin และคณะได้ทบทวนวรรณกรรมไว้ในปี 2003(72) ว่ามีงานวิจัยที่ใช้เพียงชิ้นเดียวถึงร้อยละ 47 แต่ทว่าการใช้ชิ้นฟันตัวอย่างเพียงชิ้นเดียวไม่สามารถเป็นตัวแทนการรั่วซึมที่ตื้น(98) เนื่องจากสีจะแทรกซึมแต่ละบริเวณแตกต่างกันไป(64) เพราะการรั่วซึมระดับจุลภาคเกิดขึ้นทั้งสามมิติ ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการประเมินค่าต่ำไปกว่าความเป็นจริง Raskin และคณะ(72)แนะนำว่าควรใช้ชิ้นฟันตัวอย่างอย่างน้อยสามชิ้นขึ้นไป

การประเมินค่าการรั่วซึมที่นิยมกันสามารถทำได้สองวิธี คือการประเมินเชิงคุณภาพ และการประเมินเชิงปริมาณ โดยการประเมินเชิงคุณภาพนั้นเป็นการประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคด้วยคะแนนที่กำหนดขึ้น วิธีนี้มีความหลากหลายในเกณฑ์ที่ใช้ประเมินและไม่มีเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ทั่วไป ซึ่งผู้ทำการวิจัยจะเป็นผู้กำหนดหรือเลือกเกณฑ์ที่เหมาะสมในแต่ละงานวิจัย วิธีนี้จึงต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ในการประเมิน หากมีผู้ประเมินหลายคนจะต้องทำการฝึกฝนและตกลงกันก่อนเสมอ และด้วยวิธีประเมินที่อาศัยสายตาของผู้ทำวิจัยที่อาจมีการลำได้ ดังนั้นการประเมินจึงมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน ข้อมูลที่เก็บได้จะอยู่ในลักษณะลำดับ เป็นค่าที่ไม่สามารถนำมาคำนวณทางสถิติแบบพาราเมตริกได้ อีกวิธีหนึ่งคือการประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคเป็นระยะทางโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้าช่วย(62, 89, 99) และยังสามารถนำมาคำนวณเป็นร้อยละเพื่อนำไปเปรียบเทียบต่อได้โดยใช้สูตรคำนวณคะแนนการรั่วซึมโดยรวม (Global leakage score) ที่คิดจากระยะที่สารทดสอบผ่านไปถึงหารด้วยความยาวทั้งหมดของผนังโพรงฟันและคูณด้วย 100(100) การวัดผลด้วยวิธีนี้มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนน เนื่องจากได้ข้อมูลเชิงปริมาณ นำไปคำนวณทางสถิติแบบพาราเมตริกได้ รวมทั้งลดตัวกวนจากปัญหาการลำของสายตา การตัดสินประเมินคะแนนที่มีความกำกวมและต้องตัดสินใจโดยผู้ประเมิน อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังมีข้อด้อยบางประการนั่นคือ ค่าระยะทางบริเวณที่เป็นมุมโค้งจะวัดได้ยาก และระยะทางที่วัดได้มีค่าที่น้อยและไม่ชัดเจนในบางกรณี ส่งผลให้ทำการตรวจสอบได้ยาก(75)

แม้ว่าผลของการทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคจะมีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพของวัสดุบูรณะในทางคลินิกค่อนข้างต่ำ แต่ทว่าการไม่เกิดการรั่วซึมของสารทดสอบบริเวณรอยต่อฟันและวัสดุบูรณะนั้น แสดงถึงโอกาสประสบความสำเร็จในการรักษาทางคลินิกที่มากกว่าการปรากฏ

รอยรั้วซีมของสารทดสอบ(97) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การทดสอบการรั้วซีมระดับจุลภาคใน  
การตรวจสอบความเหมาะสมของสารยึดติดภายหลังกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายบนผิวฟัน

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ ฟันกรามน้อยบนหรือล่างของมนุษย์ที่ถูกถอนออกเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยได้รับความยินยอมจากผู้ป่วยซึ่งได้รับชี้แจงเกี่ยวกับรายละเอียดงานวิจัยและอนุญาตให้นำมาใช้ได้ ทั้งนี้ผู้ป่วยได้ลงลายมือชื่อในใบยินยอม (Consent form) ตามเอกสารแนบในภาคผนวก. และได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตามใบอนุญาตเลขที่ 006/2012 แล้ว ฟันกรามน้อยทุกซี่จะถูกรวบรวมจากคลินิกทันตกรรมเอกชนและแผนกทันตกรรมของโรงพยาบาล โดยไม่สามารถสืบค้นกลับไปยังผู้ป่วยเจ้าของฟันได้ และได้รับการอนุญาตจากผู้ดำเนินการคลินิกทันตกรรมที่รวบรวมแล้ว ฟันจะถูกเก็บในสารละลายไธมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% Thymol solution) ฟันทุกซี่ที่ใช้จะต้องปราศจากรอยผุ รอยสึก รอยร้าว หรือวัสดุบูรณะใดๆ จากนั้นจะได้รับการบูรณะบริเวณคอฟันด้านใกล้แก้มและได้รับการตัดตามขนาดที่กำหนดไว้แล้ว

##### 2. การคำนวณกลุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากข้อมูลที่เก็บนี้เป็น Ordinal scale และประเมินเป็นความสำเร็จและความล้มเหลว จึงใช้การคำนวณตัวอย่างเพื่อประมาณสัดส่วนของประชากร ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 p(1-p)}{e^2}$$

$$Z = 1.96$$

e = ค่าความคลาดเคลื่อน

p = ค่าสัดส่วน หรือ ร้อยละที่สนใจของประชากร

n = ขนาดตัวอย่างที่ต้องการ

N = ประชากร (มีค่า  $N \rightarrow \infty$ )

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานเป็นจริง (Type I error,  $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 จึงแทนค่า  $Z_{1-\alpha/2}$  ที่ 95% เท่ากับ 1.96

กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับทั้งที่สมมุติฐานไม่เป็นจริง (Type II error,  $\beta$ ) เท่ากับ 0.1 จึงแทนค่า  $Z_{1-\beta}$  ที่ 90% เท่ากับ 1.282

จากการศึกษานำร่องเพื่อเปรียบเทียบผลการรื้อขี้มระดับจุลภาคของสารยึดติดระหว่างผิวฟันที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลายกับผิวฟันที่มีการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายด้วยสารไพโรเมอร์ของระบบสารยึดติดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน (Optibond<sup>®</sup> FL, Optibond<sup>®</sup> XTR, Optibond<sup>®</sup> All in one) ทั้งก่อนการฉายแสงและหลังการฉายแสง แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อประมาณสัดส่วนของประชากร และคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าเป็นจำนวนมากเช่น 78 ซี่ เป็นต้น

เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะสามารถเตรียมฟันในช่วงระยะเวลาที่จำกัด รวมถึงงบประมาณในการทำวิจัย การศึกษาครั้งนี้จึงไม่สามารถใช้กลุ่มตัวอย่างตามที่คำนวณได้ เมื่อพิจารณาจากการวิจัยก่อนหน้า(52, 85)ที่ประเมินประสิทธิภาพการป้องกันการรื้อขี้มของสารยึดติดโดยใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 7 ถึง 10 ซี่ต่อกลุ่ม ร่วมกับระยะเวลาเก็บฟันและฟันที่มีขนาดเหมาะสมต่อการวิจัยนั้นมีจำนวนจำกัดจึงพิจารณาเลือก  $n = 12$  ซึ่งเป็นจำนวนซี่ฟันต่อกลุ่มที่มากที่สุดที่เป็นไปได้

## วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) ระบบสารยึดติด 3 ระบบ

- ก. ระบบใช้กรดกัดและล้างออกชนิด 3 ขั้นตอน (3-step Etch-and-rinse adhesive system) ได้แก่ Optibond<sup>®</sup> FL (Kerr, Orange, CA, USA)
- ข. ระบบเซลฟ์เอทช์ชนิด 2 ขั้นตอน (2-step Self-etch adhesive system) ได้แก่ Optibond<sup>®</sup> XTR (Kerr, Orange, CA, USA)
- ค. ระบบเซลฟ์เอทช์ชนิด 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) ได้แก่ Optibond<sup>®</sup> All-in-One (Kerr, Orange, CA, USA)

ตารางที่ 1 ตารางแสดงส่วนประกอบและวิธีใช้ระบบสารยึดติดที่ใช้ในงานวิจัย

Adhesive system and Manufacturer	Compositions	pH	Procedure as manufacturer's recommendation
<u>3-step etch &amp; rinse</u> Optibond <sup>®</sup> FL Kerr, Orange, CA, USA (Lot 4248955)	<i>Etchant:</i> 37.5% H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> <i>FL Prime:</i> HEMA, GPDM, MMEP, water, ethanol, CQ, BHT <i>FL Adhesive:</i> Bis-GMA, HEMA, GDMA, CQ, ODMAB, fumed SiO <sub>2</sub> , barium aluminoborosilicate, Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> , coupling factor A174	<i>FL Prime:</i> 1.9 (37) <i>FL Adhesive:</i> 6.9 (37)	Place 37.5% phosphoric acid Kerr Gel Etchant on enamel and dentin for 15 seconds. Rinse with water until etchant has been completely removed approximately for 15 seconds. Gently air dry at a 2-cm distance for a few seconds being careful not to desiccate dentin. Apply FL prime over enamel and dentin surfaces with a light agitating motion for 15 seconds. Gently air dry at

Adhesive system and Manufacturer	Compositions	pH	Procedure as manufacturer's recommendation
			<p>a 2-cm distance until dry (no more visible fluid movement). At this point the dentin surface should have a slightly shiny appearance.</p> <p>Apply FL Adhesive over enamel and dentin uniformly creating a thin coating.</p> <p>Light cure at a 1-mm distance for 20 seconds.</p>
<p><u>2-step self etch</u> Optibond<sup>®</sup> XTR Kerr, Orange, CA, USA (Lot 4544050)</p>	<p><i>Primer:</i> HEMA, GPDM, MMEP, water, ethanol, acetone, CQ, BHT <i>Bond:</i> Hydrophobic, structural, and cross-linking monomers, ethanol, CQ, Ethyl alcohol, fumed SiO<sub>2</sub>, barium aluminoborosilicate, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, coupling factor A174</p>	<p><i>Primer:</i> 2.4 (103) <i>Adhesive:</i> 3.3 (103)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apply the Primer for 20s using gentle agitation technique.</li> <li>2. Apply gentle air at a 2-cm distance to evaporate the solvents until dry (no more visible fluid movement).</li> <li>4. Apply Adhesive for 15s using gentle agitation, followed by gentle air to thin the layer and evaporate the solvent.</li> <li>5. Light cure at a 1-mm</li> </ol>

Adhesive system and Manufacturer	Compositions	pH	Procedure as manufacturer's recommendation
			distance for 10 seconds.
<u>1-step self etch</u> Optibond <sup>®</sup> All-in-One Kerr, Orange, CA, USA (Lot 4512621)	GPDM, HFGA-GMA, water, acetone, ethanol, MEHQ, Bis-GMA, HEMA, ODMAB, BHT, CQ, fumed SiO <sub>2</sub> , barium aluminoborosilicate, Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> , coupling factor A174	<i>pH: 1.7 ui</i>	1. Apply a first application of OptiBond All•In•One adhesive with brushing motion for 20 seconds. 2. Apply a second application of OptiBond All•In•One adhesive with brushing motion for 20 seconds. 3. Thoroughly dry the adhesive at a 2-cm distance (no more visible fluid movement). 4. Light cure at a 1-mm distance for 10 seconds.

HEMA = 2-hydroxyethylmethacrylate,

GPDM = glycerol phosphate dimethacrylate,

MMEP = mono-2-methacryloyloxyethyl phthalate,

CQ = 1,7,7-Trimethylbicyclo-[2.2.1]-hepta-2,3-dione,

BHT = 2,6-Di-(*tert*-butyl)-4-methylphenol,

Bis-GMA = Bis-phenol-A-bis-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl) ether,



GDMA = Glycerol dimethacrylate,

ODMAB = 2-(Ethylhexyl)-4-(dimethylamino)benzoate,

$\text{Na}_2\text{SiF}_6$  = Disodium hexafluorosilicate

A174 = *gamma*-Methacryloxypropyltrimethoxysilane

HFGA-GMA = Hexafluoroglutaric anhydride-glycerodimethacrylate adduct

MEHQ = 4-methoxyphenol or monoethyl ether hydroquinone

## 2) เรซิน คอมโพสิต

- Premise™ (Kerr, Orange, CA, USA—Lot 3768810, 3611316) สี A 3 Body shade เป็นนาโนไฮบริดเรซินคอมโพสิต ส่วนเรซินเมทริกซ์ประกอบด้วย Bis-EMA, TEGDMA และส่วนฟิลเลอร์ประกอบด้วย ซิลิกาขนาด 0.02 ไมครอน ผักกั่วแบบเรียบขนาด 0.4 ไมครอน และฟิลเลอร์ที่ได้รับการทำให้เกิดปฏิกิริยา โพลีเมอไรเซชันมาก่อนแล้วขนาด 30-50 ไมครอน มีปริมาณฟิลเลอร์ร้อยละ 84 โดยน้ำหนัก หรือร้อยละ 70 โดยปริมาตร

## เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

### 1) เครื่องฉายแสงแอลอีดี (LED Light Curing Unit)

- Elipar™ S10 (3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, USA) ความยาวคลื่น 430-480 นาโนเมตร ความเข้มแสง 300-400 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เทียบเท่าความเข้มแสงจากเครื่องฉายแสงชนิดหลอดฮาโลเจน 800 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปลายหลอดฉายแสง 10 มิลลิเมตร

### 2) ด้ามกรอเร็ว (Airtor handpieces: Mach-Lite XT, NSK, Japan)

### 3) ด้ามกรอช้า (Airmotor handpieces: EX-203C, NSK, Japan)

- 4) ต้ามคอนทรา (Contra handpieces: EC, NSK, Japan)
- 5) เครื่องตัดฟัน (IsoMet<sup>®</sup> 1000 No. 11-2180, BUEHLER<sup>®</sup>, Illinois, USA) ขนาด  
ใบเลื่อยกากเพชร 152 มิลลิเมตร x 0.3 มิลลิเมตร x 12.7 มิลลิเมตร
- 6) กล้องจุลทรรศน์ (Stereomicroscope: ML9300, MEIJI, Japan)
- 7) เครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling device, Medical  
and Environment Research Laboratory, Department of Applied Physics,  
Faculty of Science, King Monkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Thailand)
- 8) เครื่องวัดความเข้มแสง (Optilux Radiometer, L.E.D. radiometer by  
Demetron, Kerr Corporation, Danbury, CT, USA)
- 9) ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) ที่ 37  
องศาเซลเซียส
- 10) ยูนิตทันตกรรมเคลื่อนที่ (Mobile dental unit, Supermobile 85, Thai Dental  
Products, Thailand)

## อุปกรณ์และสารอื่น ๆที่ใช้ในงานวิจัย

- 1) เข็มกรอและหัวขัด
  - เข็มกรอกากเพชรทรงกระบอก ขนาดหน้าตัด 1.0 มิลลิเมตร (diamond  
cylinder bur, Meisinger, Germany)
  - แผ่นซอฟต์แวร์ขัดฟันชนิดบาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว (Sof-Lex<sup>™</sup>  
Extra Thin Contouring and Polishing Discs, 3M ESPE Dental  
Products, St.Paul, MN, USA)
  - ก้านหมุนเดรลสำหรับต่อกับแผ่นซอฟต์แวร์ขัดฟัน (Mandrel, 3M ESPE  
Dental Products, St.Paul, MN, USA)
- 2) เครื่องมือสำหรับบูรณะเรซินคอมโพสิต ได้แก่

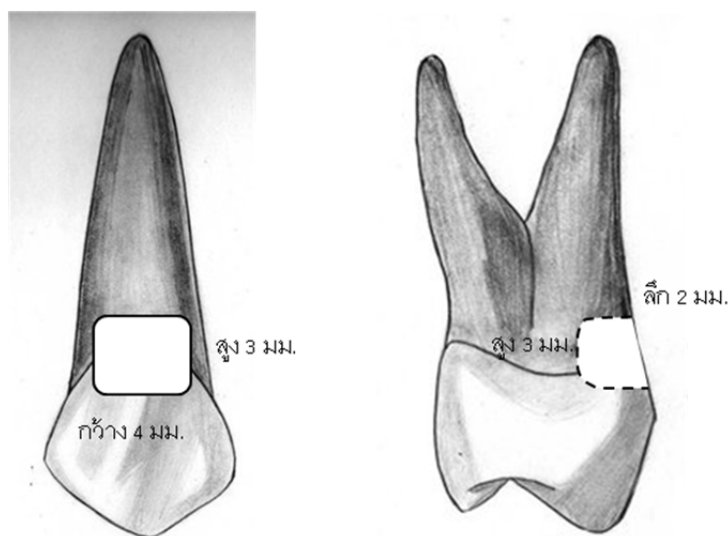
- เครื่องมือปลายแบนซีวีไอพีซี (CVIPC, Hu-Friedy, USA)
  - เครื่องมือพี. เค. ที หมายเลข 3 (P.K.T no.3, Hu-Friedy, USA)
- 3) เครื่องมือแต่งซี่ฟันรูปพาย หมายเลข 7 (Spatula no.7, Hu-Friedy, USA)
  - 4) ตะเกียงแอลกอฮอล์
  - 5) ใบมีดเบอร์ 12 และด้ามมีด (Blade no.12 and blade holder, Hu-Friedy, USA)
  - 6) เครื่องมือตรวจปริทันต์ (Periodontal probe, Hu-Friedy, USA)
  - 7) สารละลายไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% Thymol solution, Merck, Germany)
  - 8) สารสีเมธิลีนบลูความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% Methylene blue) จำหน่ายโดยคึกษาภัณฑ์พาณิชย์ กรุงเทพฯ
  - 9) ผ้าก๊อซ จำหน่ายโดย องค์การเภสัชกรรม กรุงเทพฯ
  - 10) แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 (70% alcohol ภาควิชาเภสัชศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
  - 11) พู่กันปลายเล็ก (Kerr applicators™, Kerr, USA)
  - 12) น้ำกลั่น (Distilled water ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
  - 13) น้ำเกลือ (Normal saline solution ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
  - 14) ซี้ฟันเหนียว (Sticky wax, KSD, Thailand)
  - 15) ยาทาเล็บ (Nail varnish, Revlon, USA)
  - 16) กระดาษกาวหนังไก่ (Siam Armstrong, Bangkok, Thailand)

## พื้นที่ใช้ในการทดลอง

ฟันกรามน้อยบนหรือล่างที่ได้จากการถอนฟันเพื่อการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน โดยทันตแพทย์คลินิกทันตกรรมเอกชน ทั้งนี้ผู้ป่วยเจ้าของฟันได้รับทราบเกี่ยวกับงานวิจัย และอนุญาตให้นำมาใช้ได้ ทั้งนี้ผู้ป่วยได้เซ็นใบยินยอม (Consent form) ตามเอกสารแนบในภาคผนวกก. รวมทั้งได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยตามใบอนุญาตเลขที่ 006/2012 (ภาคผนวก ข.) แล้ว มีเกณฑ์ในการคัดออกคือ ฟันที่มีรอยผุ รอยสึก รอยร้าว หรือวัสดุบูรณะ โดยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า แล้วเก็บในสารละลายไธมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (0.1% Thymol solution) อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยแช่ไว้ไม่เกิน 1 เดือน และเปลี่ยนมาแช่น้ำเกลือ (Normal saline) ก่อนทำการทดสอบไม่เกิน 1 สัปดาห์

## การเตรียมโพรงฟัน

เตรียมโพรงฟันคลาสไฟว์ (Class V) บนผิวฟันทางด้านใกล้แก้ม โดยมีขอบเขตอยู่บริเวณเหนือรอยต่อของเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) ขึ้นมา 1.5 มิลลิเมตร และใต้รอยต่อนี้ 1.5 มิลลิเมตร ขอบโพรงฟันทางด้านบดเคี้ยวเป็นเคลือบฟันและขอบโพรงฟันทางด้านใกล้รากเป็นเนื้อฟัน ตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 10 เท่า กรอด้วยเข็มกรอกกากเพชรชนิดเร็วภายใต้ น้ำหล่อเย็น (diamond bur at high speed with water coolant) เปลี่ยนเข็มกรอกทุกๆ 2 ครั้งของการเตรียมโพรงฟัน โพรงฟันมีขนาดความกว้าง 4 มิลลิเมตร สูง 3 มิลลิเมตร และลึก 2 มิลลิเมตร(94) วัดขนาดโพรงฟันโดยรอบด้วยเครื่องมือตรวจปริทันต์ (Periodontal probe) ทั้งนี้มุมภายในโพรงฟันทั้งหมดจะเป็นมุมมน ตรวจสอบโพรงฟันซ้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 10 เท่า เพื่อดูว่าไม่มีการทะลุโพรงประสาทฟันและขอบโพรงฟันไม่มีรอยร้าวของเคลือบฟัน



ภาพที่ 3 แสดงขอบเขตและขนาดของโพรงฟันที่เตรียม

### การเก็บน้ำลายและการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายบนผิวฟัน

ใช้น้ำลายของผู้วิจัยเพียงผู้เดียว โดยเก็บก่อนทำขั้นตอนของสารยึดติดไม่เกิน 2 ชั่วโมง ก่อนเก็บ 2 ชั่วโมงให้แปรงฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์และไม่รับประทานอาหารและเครื่องดื่มใดอีก โดยน้ำลายที่เก็บเป็นน้ำลายขณะพัก (Unstimulated saliva) และเก็บไว้ในปึกเกอร์ก่อนนำมาใช้ทดลอง

การจำลองการปนเปื้อนน้ำลาย ในกลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายจะใช้น้ำลายปริมาณ 60 ไมโครลิตร(52) ทาลงบนผิวฟันด้วยแปรงขนาดเล็กทิ้งไว้โดยไม่มีการบ้วนเป็นเวลา 15 วินาที แล้วเป่าแห้งด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆเป็นเวลา 5 วินาที(54) ทั้งนี้แปรงจะถูกเปลี่ยนใหม่ทุกครั้งก่อนการทาน้ำลายบนผิวฟันก่อนทำการทดลองในขั้นต่อไป

### ขั้นตอนการใช้สารยึดติดและการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลาย

#### 1. ขั้นตอนการใช้สารยึดติดแต่ละระบบ

ภายหลังกรอเตรียมผิวฟันแล้วเป่าผิวฟันด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆห่างโพรงฟัน 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วินาที เพื่อยึดให้ฟันทุกซี่อยู่ในตำแหน่งตลอดการทดลอง จะวาง

ฟันไว้บนดินน้ำมันโดยหันด้านใกล้แก้มออก ทั้งนี้ทำการสุ่มฟันอย่างง่ายเข้ากลุ่มทดลอง แต่ละกลุ่ม และทำตามขั้นตอนของแต่ละระบบตามคำแนะนำของบริษัท ดังนี้

-สารยึดติดชนิดใช้กรดกัดและล้างออกแบบ 3 ขั้นตอน (3-step Etch-and-rinse adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond<sup>®</sup> FL

ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37.5 (Kerr Gel Etchant) เริ่มทาจากเคลือบฟันก่อนแล้วทาลงบนเนื้อฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างออกด้วยน้ำสะอาดจนไม่มีกรดเหลือเป็นเวลา 15 วินาที เป่าโพรงฟันด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ 2-3 วินาที ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตร โดยระวังไม่ให้เนื้อฟันแห้ง จากนั้นทา FL Prime บนผิวฟันโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 15 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรให้แห้งคือไม่เห็นการเคลื่อนไหวของของเหลวบนผิวฟัน และเนื้อฟันควรมีลักษณะเงามัน (Shiny appearance) จากนั้นทา FL adhesive บนผิวฟันบางๆ ไปทางเดียวกันเพียงหนึ่งครั้งให้ได้ความหนาที่เท่าๆกันทั่วทั้งโพรงฟัน และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 20 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

-สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน (2-step Self-etch adhesive system) ยี่ห้อ Optibond<sup>□</sup> XTR

ใช้ Primer ทาลงบนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) นาน 20 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรจนแห้งคือ ไม่เห็นการเคลื่อนไหวของของเหลวบนผิวฟัน แล้วทา Adhesive โดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) ให้ทั่วทั้งโพรงฟันเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเป่าด้วยลมสะอาดเบาๆและฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

-สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์แบบ 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond<sup>®</sup> All-in-One

ทา OptiBond® All-in-One ลงบนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 20 วินาทีเป็นขั้นที่หนึ่ง แล้วทา OptiBond® All-in-One ลงบนผิวฟันให้ทั่วอีกครั้งในลักษณะเดิม เป็นเวลา 20 วินาทีเป็นขั้นที่สอง เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรให้แห้งคือไม่เห็นการเคลื่อนไหวของของเหลวบนผิวฟันฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

## 2. กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (ดังตารางสรุปในตารางที่ 2):

### ก. กลุ่มควบคุม

*กลุ่มที่ 1* กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปนเปื้อนและใช้สารยึดติดชนิดใช้กรดกัดและล้างออกแบบ 3 ขั้นตอน (3-step etch-and-rinse adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® FL

*กลุ่มที่ 2* กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปนเปื้อนและใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทช์แบบ 2 ขั้นตอน (2-step self-etch adhesive system) ยี่ห้อ Optibond® XTR

*กลุ่มที่ 3* กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปนเปื้อนและใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทช์แบบ 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® All-in-One

### ข. กลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายก่อนการทาสารยึดติดและฉายแสง

*กลุ่มที่ 4* กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดใช้กรดกัดและล้างออกแบบ 3 ขั้นตอน (3-step etch-and-rinse adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® FL มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายก่อนการทาสารยึดติดและฉายแสง

ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนถึงขั้นตอนหลังทา FL Prime บนผิวฟัน ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟัน

และกำจัดการปนเปื้อนด้วยการทา FL Prime บนผิวฟันโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 15 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรให้แห้ง จากนั้นทา FL adhesive บนผิวฟันบางๆ ให้ได้ความหนาที่เท่าๆ กันและฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 20 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน (2-step self-etch adhesive system) ยี่ห้อ Optibond® XTR มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายก่อนการทาสารยึดติดและฉายแสง ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนถึงขั้นตอนหลังทา Primer บนผิวฟัน ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟัน และกำจัดการปนเปื้อนด้วยการทา Primer บนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) นาน 20 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรจนแห้ง แล้วทา Adhesive โดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) ให้ทั่วทั้งโพรงฟันเป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นเป่าด้วยลมสะอาดเบาๆ และฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 6 กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์แบบ 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® All-in-One มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายก่อนการฉายแสง ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนถึงขั้นตอนหลังทาสารยึดติดขั้นที่หนึ่งแล้ว ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟันและกำจัดการปนเปื้อนด้วยการทา OptiBond® All-in-One ลงบนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 20 วินาทีสองครั้ง เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2



เซนติเมตรให้แห้ง ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

- ค. กลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายหลังการทาสารยึดติดและฉายแสง

กลุ่มที่ 7 กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดใช้กรดกัดและล้างออกแบบ 3 ขั้นตอน (3-step etch-and-rinse adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® FL มีการปนเปื้อนของน้ำลายหลังการทาสารยึดติดและฉายแสง

ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนฉายแสงสารยึดติดแล้ว ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟัน จากนั้นกำจัดการปนเปื้อนด้วยการทา FL Prime บนผิวฟันโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 15 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรให้แห้ง ทา FL adhesive บนผิวฟันบางๆ ให้ได้ความหนาที่เท่าๆ กันและฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 20 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 8 กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์แบบ 2 ขั้นตอน (2-step self-etch adhesive system) ยี่ห้อ Optibond® XTR มีการปนเปื้อนของน้ำลายหลังการทาสารยึดติดและฉายแสง

ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนฉายแสงสารยึดติดแล้ว ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟัน และกำจัดการปนเปื้อนด้วยการทา Primer บนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) นาน 20 วินาที เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรจนแห้ง แล้วทา Adhesive โดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) ให้ทั่วทั้งโพรงฟันเป็นเวลา 15

วินาที จากนั้นเป่าด้วยลมสะอาดเบาๆและฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

กลุ่มที่ 9 กลุ่มที่ใช้สารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทช์แบบ 1 ขั้นตอน (1-step Self-etch adhesive system) ยี่ห้อ OptiBond® All-in-One มีการปนเปื้อนของ น้ำลายหลังการทาสารยึดติดและฉายแสง

ปฏิบัติตามขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยสารยึดติดจนฉายแสงสารยึดติดแล้ว ทำการจำลองการปนเปื้อนน้ำลายลงบนผิวฟันและกำจัดกาปนเปื้อนด้วยการทา OptiBond® All-in-One ลงบนผิวฟันให้ทั่วโดยการถูวนไปมาเบาๆ (light agitating motion) เป็นเวลา 20 วินาทีสองครั้ง เป่าด้วยลมแห้งสะอาดเบาๆ ห่างจากโพรงฟัน 2 เซนติเมตรให้แห้ง ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 10 วินาที โดยปลายเครื่องฉายแสงห่างจากขอบโพรงฟัน 1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ตารางแสดงกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองสำหรับสารยึดติด

Procedure	Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		FC	XC	AC	FB	XB	AB	FA	XA	AA
37.5% Kerr Gel Etchant & FL Prime		*			*			*		
Primer/1 <sup>st</sup> application All-in-One			*	*		*	*		*	*
Saliva contamination before light curing					*	*	*			
Decontamination					*	*	*			
FL Adhesive/ Adhesive/All-in-One +light curing		*	*	*	*	*	*	*	*	*
Saliva contamination after light curing								*	*	*
Decontamination								*	*	*

FC = ออปติบอนด์ เอฟแอล (Optibond® FL) ที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลาย

XC = ออปติบอนด์ เอกซ์ทีอาร์ (Optibond® XTR) ที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลาย

AC = ออปติบอนด์ ออลอินวัน (Optibond® All in one) ที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลาย

FB = ออปติบอนด์ เอฟแอล (Optibond® FL) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายก่อนการฉายแสง

XB = ออปติบอนด์ เอกซ์ทีอาร์ (Optibond® XTR) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายก่อนการฉายแสง

AB = ออปติบอนด์ ออลอินวัน (Optibond® All in one) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายก่อนการฉายแสง

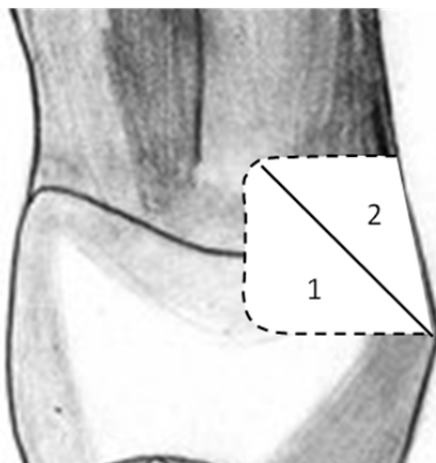
FA = ออปติบอนด์ เอฟแอล (Optibond® FL) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายหลังการฉายแสง

XA = ออปติบอนด์ เอกซ์ทีอาร์ (Optibond® XTR) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายหลังการฉายแสง

AA = ออปติบอนด์ ออลอินวัน (Optibond® All in one) ที่การปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายหลังการฉายแสง

## การบูรณะและขัดเรซินคอมโพสิต

เมื่อเตรียมขั้นตอนการยึดติดเรียบร้อยแล้วนำฟันแต่ละกลุ่มมาบูรณะด้วยเรซิน คอมโพสิต ชนิดนาโนไฮบริด Premise™ (Kerr, Orange, CA, USA) สี A3 Body เพื่อควบคุมปริมาณเรซินคอมโพสิตในการบูรณะแต่ละครั้ง เรซินคอมโพสิตจะถูกนำออกมาจากหลอดหนา 1 มิลลิเมตร วางลงบนสภาพพลาสติกกันแสงและตัดแบ่งเป็น 8 ส่วน จากนั้นนำไปอุดเป็นชั้นๆ (Incremental technique) แบ่งเป็นสองชั้นดังภาพที่ 4 โดยเริ่มจากครึ่งบนส่วน Occlusal ½ ก่อน ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสง LED เป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นอุดส่วน Cervical ½ จนเต็มโพรงฟัน ฉายแสงอีกครั้งด้วยเครื่องฉายแสง LED 40 วินาที เครื่องฉายแสงจะได้รับการตรวจสอบความเข้มแสงด้วยเครื่องวัดความเข้มแสงทุกๆการฉายแสง 4 โพรงฟัน จากนั้นขัดด้วยแผ่นซอฟเฟลกซ์ชนิดบางโดยขัดไล่ระดับความหยาบผกขัดหยาบไปหาผกขัดละเอียดตามตารางที่ 3 เพื่อกำจัดวัสดุบูรณะส่วนเกินที่ขอบโพรงฟันออกและได้ลักษณะพื้นผิวเรียบเงา แล้วเก็บฟันไว้ในน้ำกลั่นอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนไปทำการทดสอบต่อไป



ภาพที่ 4 แสดงลำดับการบูรณะเรซินคอมโพสิต

ตารางที่ 3 แสดงลำดับการขัดคอมโพสิตด้วยแผ่นซอฟเฟลกซ์ชนิดบาง

Polishing system	Sequences
Sof-Lex™ (3M ESPE, St.Paul, MN, USA)	1. Coarse disk aluminium oxide (55 microns)
	2. Medium disk aluminium oxide (40 microns)
	3. Fine disk aluminium oxide (24 microns)
	4. Superfine disk aluminium oxide (8 microns)

### การแช่ในสารสี และการจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ภายหลังการบูรณะ 24 ชั่วโมง ทำการจำลองการใช้งานด้วยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermocycling process) ที่ 5 องศาเซลเซียสสลับกับ 55 องศาเซลเซียสนาน 1 นาทีในแต่ละการแช่ทุกๆ อุณหภูมิ จำนวน 1,000 รอบ(85) ทั้งนี้มีช่วงพักเพื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ 10 วินาทีในแต่ละช่วงด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ ดังภาพที่ 5



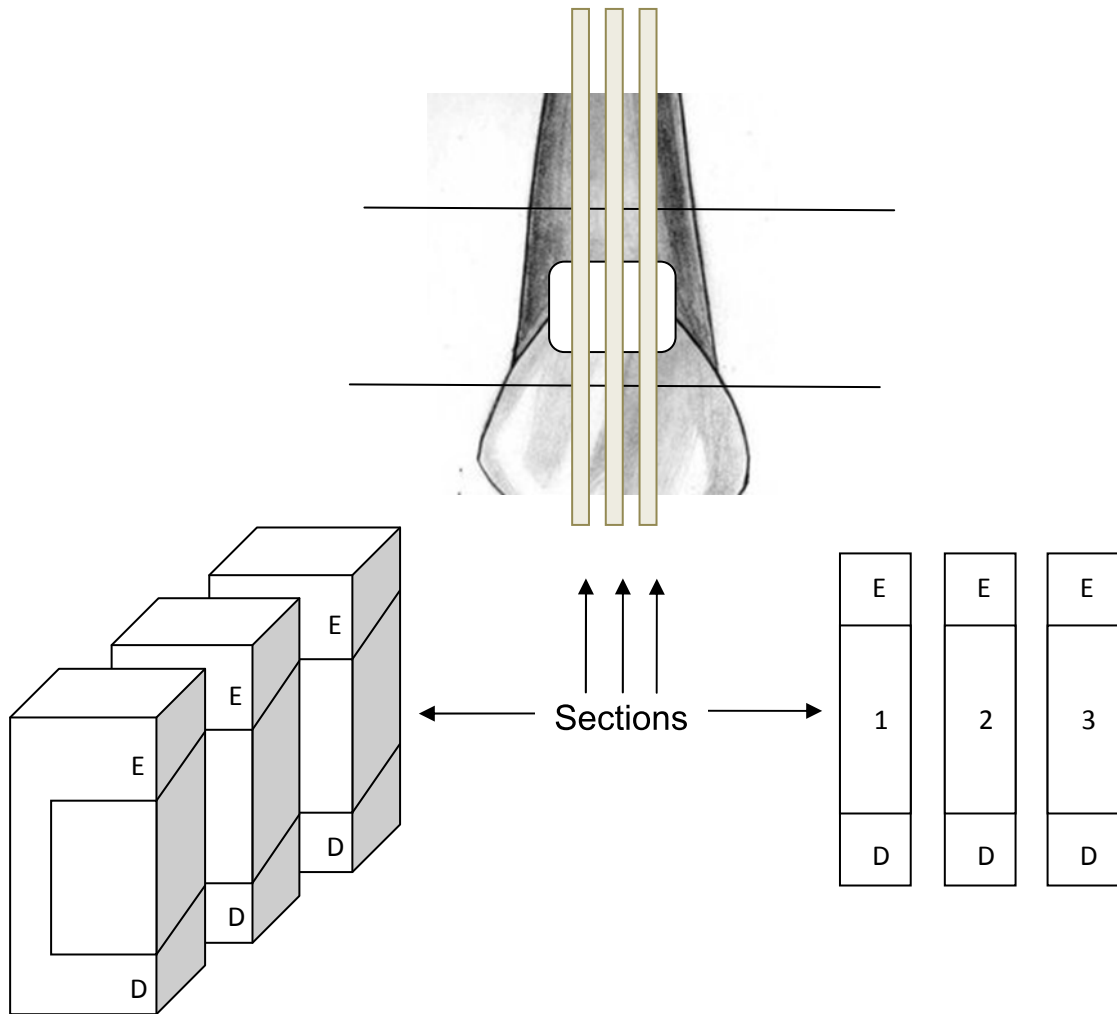
ภาพที่ 5 แสดงเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ

เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้แล้วขับฟันให้แห้ง เพื่อป้องกันการรั่วซึมของสารสีจากทิศทางอื่น จึงปิดปลายรากฟันด้วยซีเมนต์เหนียวและปิดตำแหน่งวัสดุบูรณะและขอบขอบวัสดุบูรณะอีก 1 มิลลิเมตรด้วยกระดาษขาว ทาน้ำยาทาเล็บลงบนฟันจำนวน 2 รอบ เมื่อน้ำยาแห้งดีแล้วใช้คีมหนีบกระดาษขาวออก(74) แล้วนำฟันทั้งหมดไปแช่ในสารละลายเมทิลีนบลูความเข้มข้นร้อยละ 1 (1% Methylene blue) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7 ทั้งซี่ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง(86) แล้วล้างด้วยน้ำประปา 5 นาที

### การวัดค่าการรั่วซึม

ฟันแต่ละซี่จะถูกตัดขนาดตามแนวแกนฟันผ่านกึ่งกลางวัสดุบูรณะในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น (Bucco-lingually) ด้วยใบเลื่อยกากเพชรความเร็วต่ำ IsoMet<sup>®</sup> ที่มีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดเวลา โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังภาพที่ 6 แต่ละส่วนมีความหนาประมาณ 0.7 มิลลิเมตร จึงมีชิ้นงานที่ใช้ในการประเมินเป็น 12 ตำแหน่งต่อฟัน 1 ซี่โดยเป็นเคลือบฟัน 6 ตำแหน่ง และเนื้อฟัน 6 ตำแหน่ง (69, 72, 99)

ฟันแต่ละซี่จะถูกลงรหัสเพื่อป้องกันผู้ประเมินทราบกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง (Blind technique) แล้วประเมินการรั่วซึมด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Stereomicroscope: ML9300, MEIJI, Japan) กำลังขยาย 20 เท่า



ภาพที่ 6 แสดงการตัดฟันเพื่อให้ได้ชิ้นงาน

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนการซึมของสี (73, 101) ประเมินให้คะแนนออกเป็นสองส่วน ดังภาพที่ 7 คือ ขอบโพรงฟันด้านบดเคี้ยว และขอบโพรงฟันด้านใกล้เหงือก ดังนี้

เกณฑ์การประเมินการรั่วซึมของสีที่ขอบโพรงฟันด้านบดเคี้ยวหรือส่วนเคลือบฟัน

0 = ไม่มีการแทรกซึมของสี

1 = สีซึมผ่านเคลือบฟันแต่ไม่เกินรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน

2 = สีซึมผ่านถึงเนื้อฟันแต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน

3 = สีซึมผ่านเกินระยะครึ่งหนึ่งของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน แต่ไม่เกินระยะสามในสี่ของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน

4 = สีส้มผ่านเกินระยะสามในสี่ของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน แต่ไม่เกินรอยต่อผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟันกับผนังด้านในตามแนวแกนฟัน

5 = สีส้มผ่านถึงผนังด้านในตามแนวแกนฟัน

เกณฑ์การประเมินการรั่วซึมของสีที่ขอบโพรงฟันด้านใกล้เหงือกหรือส่วนเนื้อฟัน

0 = ไม่มีการแทรกซึมของสี

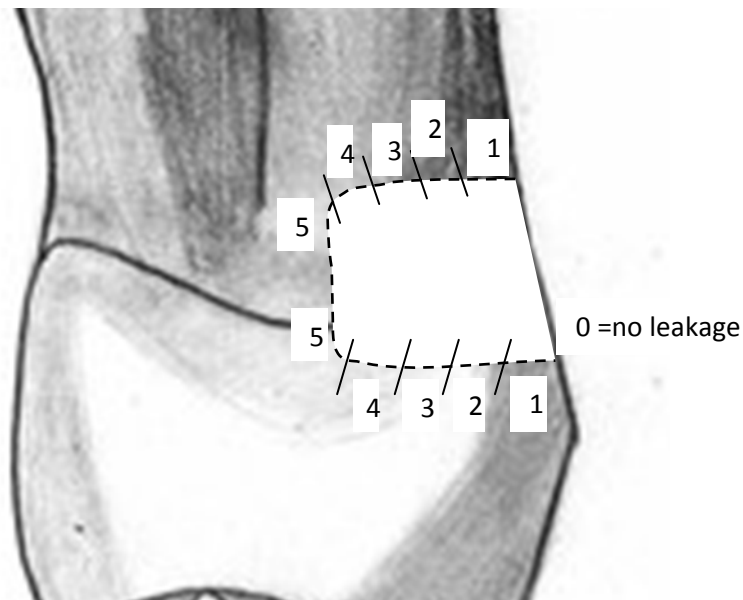
1 = สีส้มผ่านไม่เกินหนึ่งในสี่ของผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟัน

2 = สีส้มผ่านเกินหนึ่งในสี่แต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟัน

3 = สีส้มผ่านเกินระยะครึ่งหนึ่ง แต่ไม่เกินระยะสามในสี่ของผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟัน

4 = สีส้มผ่านเกินระยะสามในสี่ของผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟัน แต่ไม่เกินรอยต่อผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟันกับผนังด้านในตามแนวแกนฟัน

5 = สีส้มผ่านถึงผนังด้านในตามแนวแกนฟัน



ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพเกณฑ์การให้คะแนนการรั่วซึมทั้งขอบโพรงฟันด้านบดเคี้ยวและด้านคอฟัน

จากนั้นทำการบันทึกข้อมูล โดยทำบันทึกทีละกลุ่มแยกเป็น 9 กลุ่มลงตารางเก็บข้อมูลดัง ตารางที่ 4 โดยคอลัมน์แรกแสดงรหัสของชิ้นฟันแต่ละซี่ฟัน หนึ่งกลุ่มจะมีทั้งหมด 72 รหัส คอลัมน์ที่สองแสดงชิ้นฟันที่เปลี่ยนจากรหัสโดยอักษรสองตัวแรกหมายถึงกลุ่มที่ทดสอบ อักษรตัวที่สามหมายถึงตำแหน่งของชิ้นฟัน อักษรตัวที่สี่เป็นตัวเลขแทนด้านของแต่ละซี่ คอลัมน์ที่สามแสดงคะแนนการร่วซึมระดับจุลภาคบริเวณเคลือบฟันที่อ่านได้ และคอลัมน์ที่สี่แสดงคะแนนการร่วซึมระดับจุลภาคบริเวณเนื้อฟันที่อ่านได้

ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างตารางที่ใช้บันทึกข้อมูล

code	specimen	E-score	D-score
A1	F B M 1	0	5
A2	F B M 2	0	5
A3	F B B 1	0	5
A4	F B B 2	0	5
A5	F B D 1	0	5
A6	F B D 2	0	5
A7	F B M 3	0	0
A8	F B M 4	0	5
A9	F B B 3	0	5
A10	F B B 4	0	5



## การตรวจรอยต่อของเคลือบฟันและเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะด้วยกล้องจุลทรรศน์

### อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

สุ่มเลือกชิ้นฟันจากทุกกลุ่มมากลุ่มละ 3 ตัวอย่าง เพื่อนำไปตรวจดูลักษณะรอยต่อของชั้นสารยึดติดกับผิวฟันและกับเรซินคอมโพสิต ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

(Scanning Electron Microscope, ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM S410LV microscope, Tokyo, Japan)

เตรียมชิ้นตัวอย่างโดยการใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 32 กัดผิวชิ้นตัวอย่าง 10 วินาที ล้างน้ำแล้ว ล้างออกด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 (10% Sodium hypochlorite in water) แช่ตัวอย่างในสารละลายกลูตาอัลดีไฮด์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (2.5% glutaraldehyde) 24 ชั่วโมง และทำการไล่น้ำออกด้วยการแช่ในเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 30, 50, 70, 80, 90 และร้อยละ 96 อีก 2 ครั้งตามลำดับ โดยแช่ครั้งละ 24 ชั่วโมง ทำให้แห้งก่อนนำไปเคลือบทอง(102) และตรวจที่กำลังขยาย 500-3500 เท่า

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำคะแนนที่เก็บข้อมูลได้ของฟันแต่ละซี่โดยเลือกค่ามัธยฐานของคะแนนการรั่วซึมระดับคุณภาพของแต่ละซี่ แบ่งเป็นส่วนเคลือบฟัน และเนื้อฟัน เป็นตัวแทนของผลการทดสอบฟันซี่นั้นๆ แล้วนำค่าที่บันทึกได้มาคำนวณทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 17.0 เนื่องจากข้อมูลที่เก็บจากการวิจัยนี้เป็นข้อมูลในลักษณะช่วงข้อมูล (Ranking) จึงตรวจระดับความแตกต่างผลการรั่วซึมระดับคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังนี้

1) เพื่อเปรียบเทียบผลการรั่วซึมระดับคุณภาพของสารยึดติด ระหว่างผิวฟันที่ไม่มีกาปนเปื้อนน้ำลายกับผิวฟันที่มีการกำจัดกาปนเปื้อนน้ำลายด้วยสารไพโรเมอรัของระบบสารยึดติดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน จะทำการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของคะแนนการรั่วซึมระดับคุณภาพของกลุ่ม FC กลุ่ม FB และกลุ่ม FA เปรียบเทียบกลุ่ม XC กลุ่ม XB และกลุ่ม XA และเปรียบเทียบกลุ่ม AC กลุ่ม AB และกลุ่ม AA ด้วย Kruskal-Wallis non-parametric test และ Mann-Whitney U non-parametric test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

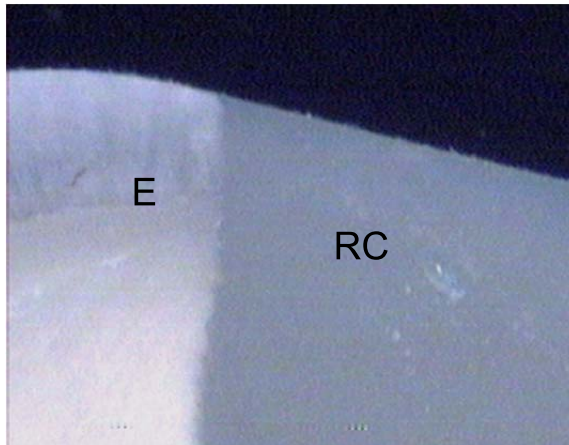
2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผิวพื้นของสารไพโรเมอริในระบบสารยึดติดที่แตกต่างกัน จะทำการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของคะแนนการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่ม FC กลุ่ม XC และกลุ่ม AC เปรียบเทียบกลุ่ม FB กลุ่ม XB และกลุ่ม AB และเปรียบเทียบกลุ่ม FA กลุ่ม XA และกลุ่ม AA ด้วย Kruskal-Wallis non-parametric test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## บทที่ 4

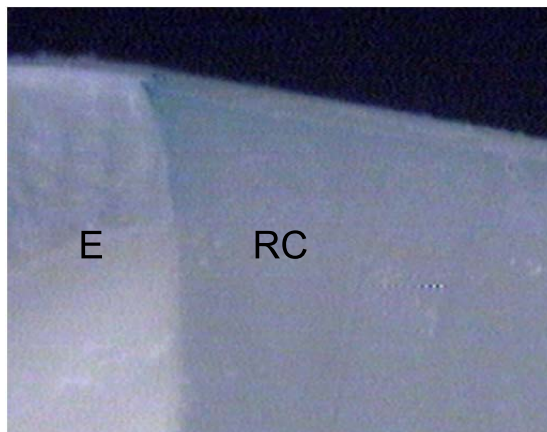
### ผลการศึกษา

#### การรั่วซึมระดับจุลภาค

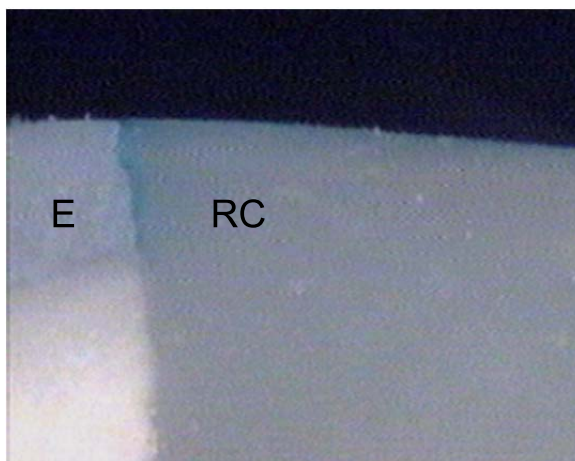
จากการศึกษาผลการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดระหว่างผิวฟันที่ไม่มีการปนเปื้อน น้ำลายกับที่มีการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายด้วยสารไพโรเมอร์ของสารยึดติดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน 3 ชนิดทั้งก่อนและหลังการฉายแสง พบว่าไม่มีสารยึดติดใดในการศึกษานี้ที่สามารถป้องกันการรั่วซึมได้อย่างสมบูรณ์ และทุกสารยึดติดจะได้คะแนนการรั่วซึมที่หลากหลาย โดยภาพที่ 8 – 13 แสดงขึ้นตัวอย่างการรั่วซึมของสีเมทิลีนบลูบริเวณรอยต่อของเคลือบฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่คะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 5 ตามลำดับ



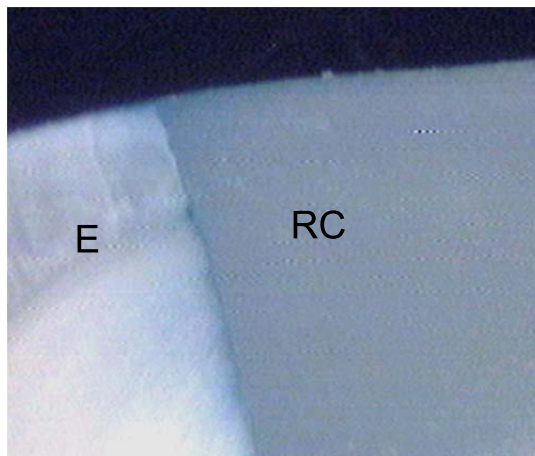
ภาพที่ 8 แสดงขึ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FC ที่ไม่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อในด้านบดเคี้ยวหรือ ส่วนเคลือบฟันได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 0 (E = enamel, RC = Resin composite)



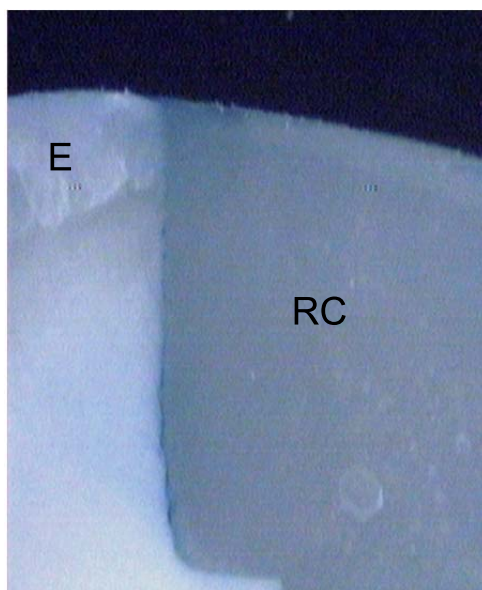
ภาพที่ 9 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AC ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อผ่านเคลือบฟันแต่ไม่เกิดรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 1 (E = enamel, RC = Resin composite)



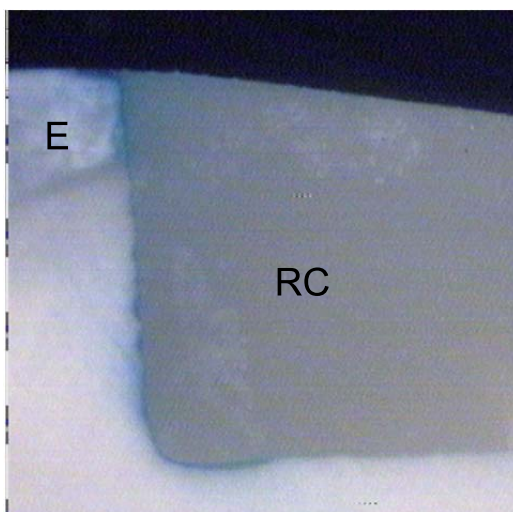
ภาพที่ 10 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AB ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อในด้านบดเคี้ยวหรือส่วนเคลือบฟันผ่านถึงเนื้อฟันแต่ไม่เกิดครีงหนึ่งของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 2



ภาพที่ 11 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FA ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อเกินระยะครึ่งหนึ่งของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟันแต่ไม่เกินระยะสามในสี่ของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟันได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 3



ภาพที่ 12 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XB ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อเกินระยะสามในสี่ของผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟัน แต่ไม่เกินรอยต่อผนังด้านบดเคี้ยวของโพรงฟันกับผนังด้านในตามแนวแกนฟันได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 4



ภาพที่ 13 แสดงขึ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XA ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อด้านบดเคี้ยวของโพรงฟันจนถึงผนังด้านในตามแนวแกนฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 5

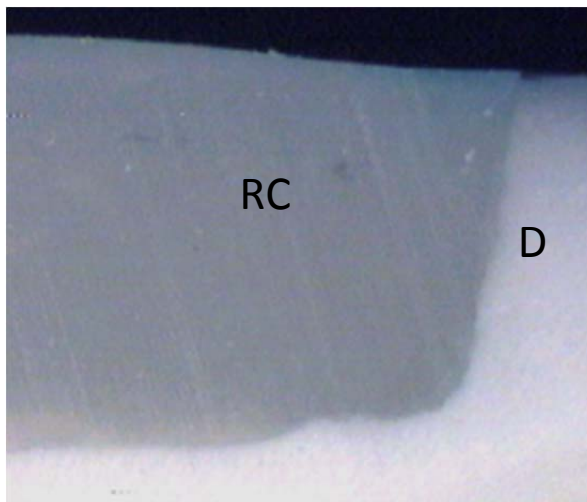
ความถี่ของค่ามัธยฐาน (Median) ในแต่ละอันตรภาคชั้นของคะแนนการรั่วซึมระดับจุดภาคบริเวณเคลือบฟันแสดงดังตารางที่ 5  
 ตารางที่ 5 แสดงความถี่ของค่ามัธยฐาน (Median) ในแต่ละอันตรภาคชั้นของคะแนนการรั่วซึมระดับจุดภาคที่บริเวณเคลือบฟัน

Groups	Median of microleakage score intervals						sig
	M = 0	0 < M ≤ 1	1 < M ≤ 2	2 < M ≤ 3	3 < M ≤ 4	4 < M ≤ 5	
FC	10	0	1	0	0	1	<i>a</i>
FB	4	1	0	0	1	6	<i>b</i>
FA	4	0	0	2	1	5	<i>b</i>
XC	10	1	0	1	0	0	<i>a</i>
XB	5	3	1	0	1	2	<i>b</i>
XA	5	2	0	2	0	3	<i>b</i>
AC	3	8	0	0	0	1	<i>b</i>
AB	6	1	1	0	0	4	<i>b</i>
AA	4	1	3	2	0	2	<i>b</i>

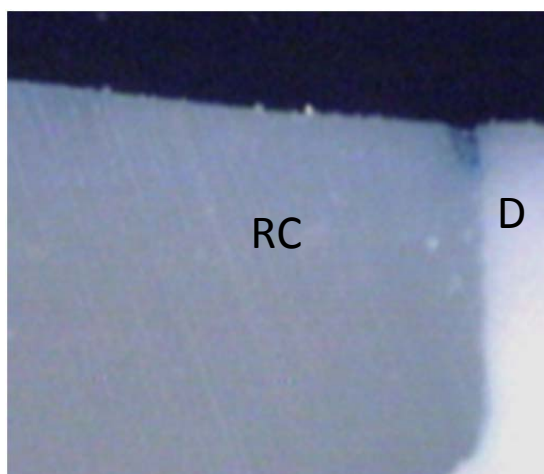
ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

บริเวณเคลือบฟัน พบว่าสารยึดติดออปติบอนด์ เอฟแอลนั้น เมื่อมีการปนเปื้อนของ น้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (FB) จะมีค่ามัธยฐานของการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่า ค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (FC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เช่นเดียวกับการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (FA) ที่ค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคนั้นแตกต่างจากค่ามัธยฐานของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (FC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (FB) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (FA) ส่วนผลการทดสอบสารยึดติดออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์พบว่า ค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (XB) นั้นมากกว่าค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (XC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (XA) นั้นมีค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (XC) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (XB) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (XA) ในขณะที่สารยึดติดออปติบอนด์ ออลอินวันนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน น้ำลาย (AC) กับกลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดออกด้วยสารยึดติดชนิดนี้ไม่ว่าจะก่อนหรือหลังการฉายแสงก็ตาม (AB และ AA ตามลำดับ)

ตัวอย่างการรั่วซึมของสีเมทิลีนบลูบริเวณรอยต่อของเนื้อฟันและวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตที่คะแนนต่างๆกันแสดงดังภาพที่ 14 – 19

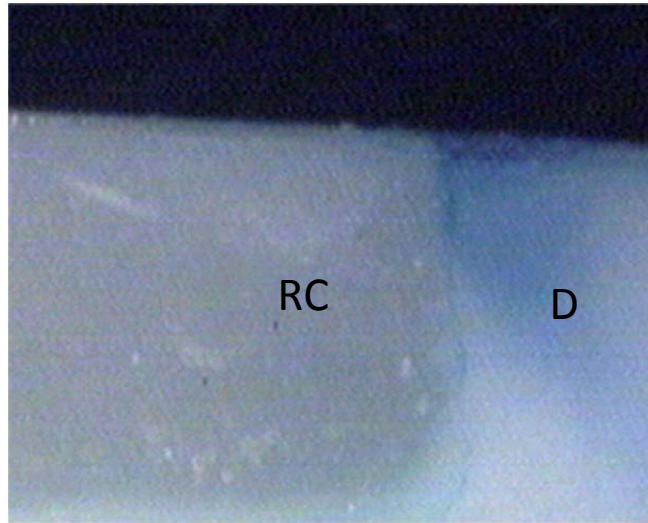


ภาพที่ 14 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AC ที่ไม่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อ ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 0 ในด้านใกล้เชิงอกหรือส่วนเนื้อฟัน

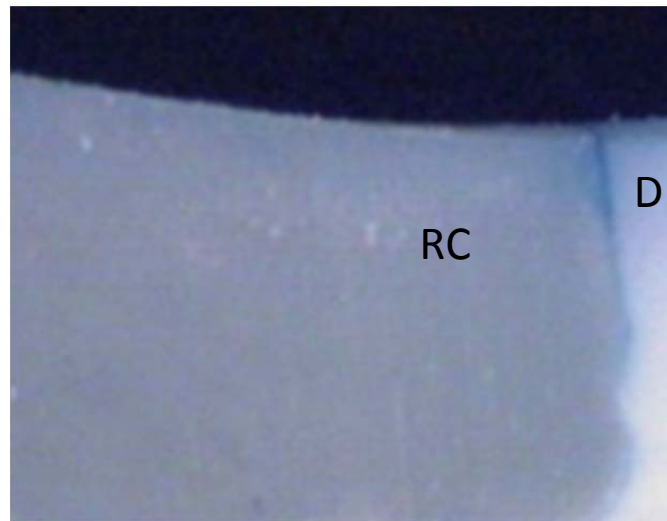


ภาพที่ 15 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FA ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อไม่เกินระยะหนึ่งในสี่ของผนังด้านใกล้เชิงอกของโพรงฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 1

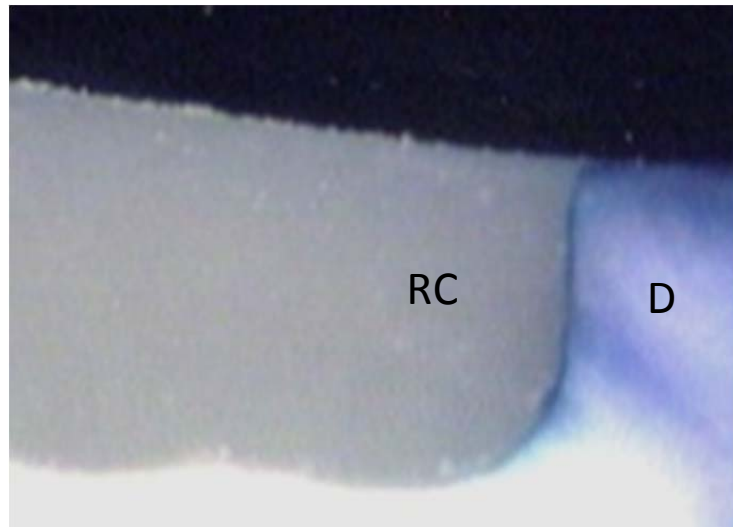




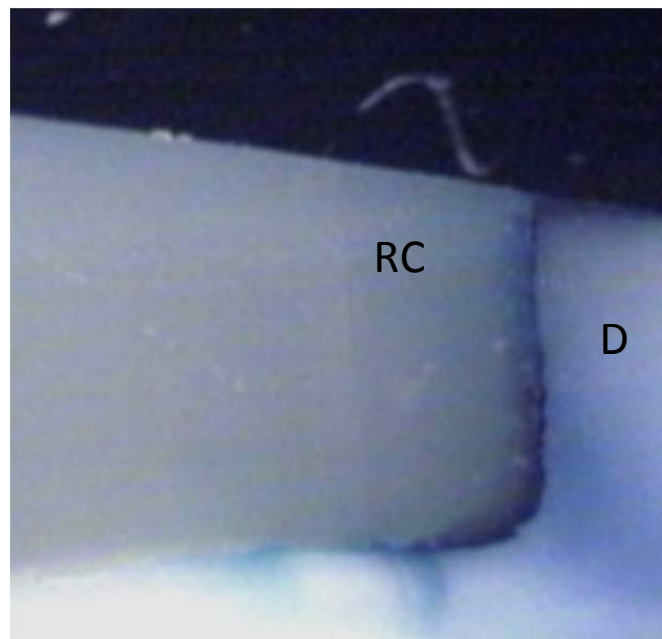
ภาพที่ 16 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AB ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อเกินระยะหนึ่งในสี่แต่ไม่เกินครึ่งหนึ่งของผนังด้านใกล้เหล็กของโพรงฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 2



ภาพที่ 17 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม XA ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อเกินครึ่งหนึ่งของผนังด้านใกล้เหล็กของโพรงฟัน แต่ไม่เกินระยะสามในสี่ของผนังด้านใกล้เหล็กของโพรงฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 3



ภาพที่ 18 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม AA ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อด้านเนื้อฟันเกินระยะสามในสี่ของผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟัน แต่ไม่เกิดรอยต่อผนังด้านใกล้เหงือกของโพรงฟันกับผนังด้านในตามแนวแกนฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 4



ภาพที่ 19 แสดงชิ้นตัวอย่างจากกลุ่ม FB ที่มีการรั่วซึมของสีบริเวณรอยต่อด้านใกล้เหงือกของโพรงฟันจนถึงผนังด้านในตามแนวแกนฟัน ได้รับคะแนนตามเกณฑ์เป็น 5

ความถี่ของค่ามัธยฐาน (Median) ในแต่ละอันตรภาคชั้นของคะแนนการรั่วซึมระดับ  
 จุลภาคบริเวณเนื้อฟันแสดงดังตารางที่ 6  
 ตารางที่ 6 แสดงความถี่ของค่ามัธยฐาน (Median) ในแต่ละอันตรภาคชั้นของคะแนนการรั่วซึม  
 ระดับจุลภาคที่บริเวณเนื้อฟัน

Groups	Median of microleakage score intervals						sig
	M = 0	0 < M ≤ 1	1 < M ≤ 2	2 < M ≤ 3	3 < M ≤ 4	4 < M ≤ 5	
FC	8	0	0	0	0	4	<i>b</i>
FB	0	2	1	0	1	8	<i>a</i>
FA	2	1	1	0	0	8	<i>a</i>
XC	7	1	0	0	0	4	<i>a</i>
XB	5	0	0	0	0	7	<i>a</i>
XA	2	2	0	1	0	7	<i>a</i>
AC	7	0	1	1	0	3	<i>a</i>
AB	4	1	2	0	0	5	<i>a</i>
AA	3	0	0	3	1	5	<i>a</i>

ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ

ในส่วนบริเวณเนื้อฟันนั้น สารยึดติดออปติบอนด์ เอฟแอล ให้ผลการทดสอบเช่นเดียวกัน  
 กับส่วนเคลือบฟันกล่าวคือทั้งกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (FB)  
 และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (FA) มีค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับ  
 จุลภาคมากกว่าค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (FC) อย่างมี  
 นัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง  
 (FB) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (FA) นั้นมีค่ามัธยฐานการ  
 รั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สารยึดติดออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์นั้น มีผลที่แตกต่าง  
 จากบริเวณเคลือบฟัน นั่นคือค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของทั้งกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของ  
 น้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (XB) และ กลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการ

ฉายแสง (XA) นั้นไม่แตกต่างจากค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน (XC) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสง (XB) และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสง (XA) เมื่อพิจารณาสารยึดติดออปติบอนด์ ออลอินวันโดยเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของการรั่วซึมระดับจุลภาคกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลาย (AC) กับกลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดออกด้วยสารยึดติดชนิดนี้ไม่ว่าจะก่อนหรือหลังการฉายแสงก็ตาม (AB และ AA ตามลำดับ) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

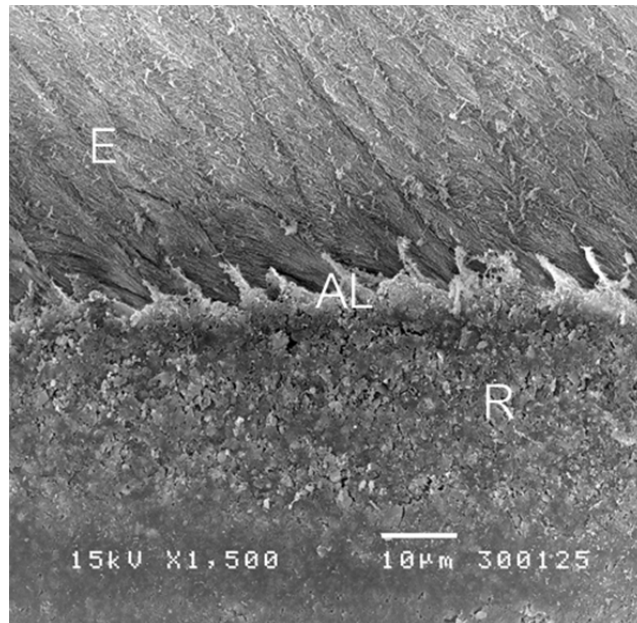
เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของกลุ่มควบคุมของระบบสารยึดติดทั้งสามชนิดแล้วพบว่า บริเวณเคลือบฟันนั้นในกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน ออปติบอนด์ ออลอินวันมีค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคมากกว่าค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของทั้งออปติบอนด์ เอฟแอล ( $p < 0.05$ ) และออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ ( $p < 0.05$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของออปติบอนด์ เอฟแอลนั้นไม่แตกต่างจากค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ แต่ในบริเวณเนื้อฟัน สารยึดติดทั้งสามชนิดนี้มีค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดทั้งสามชนิดในกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสงนั้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในส่วนเคลือบฟันและส่วนเนื้อฟัน เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดทั้งสามชนิดในกลุ่มที่มีการปนเปื้อนของน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสงที่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในส่วนเคลือบฟันและส่วนเนื้อฟัน

## การสุ่มตรวจรอยต่อของเคลือบฟันและเนื้อฟันกับวัสดุบูรณะด้วยกล้อง

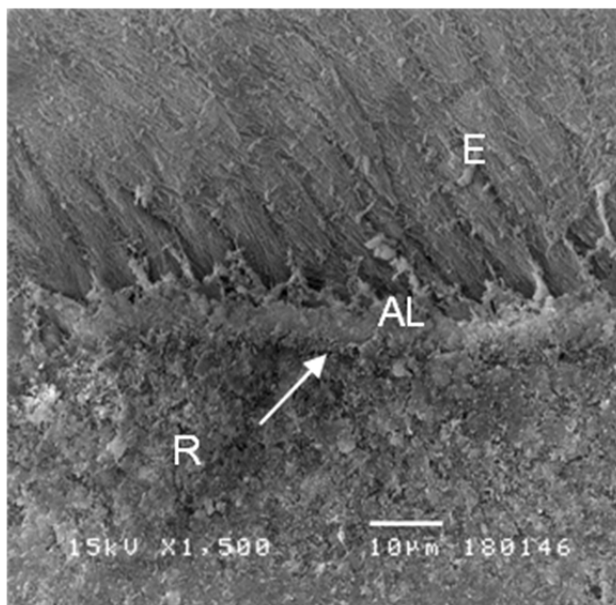
### จุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

บริเวณเคลือบฟัน ผลการสุ่มชิ้นงานของออปติบอนด์ เอฟแอลที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลายพบลักษณะของแมคโครแท็กและไมโครแท็กชัดเจน ขึ้นรอยต่อทั้งหมดมีความแนบสนิท และชั้นไฮบริดมีความหนาอย่างสม่ำเสมอดังภาพที่ 20 แตกต่างจากชิ้นงานของออปติบอนด์ เอฟแอลที่มี

การปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสงสารยึดติด ยังคงพบส่วนแมคโครแท็กและไมโครแท็ก แต่ก็พบรอยแยกในชั้นไฮบริดที่บริเวณรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุถ่ายภาพที่ 21

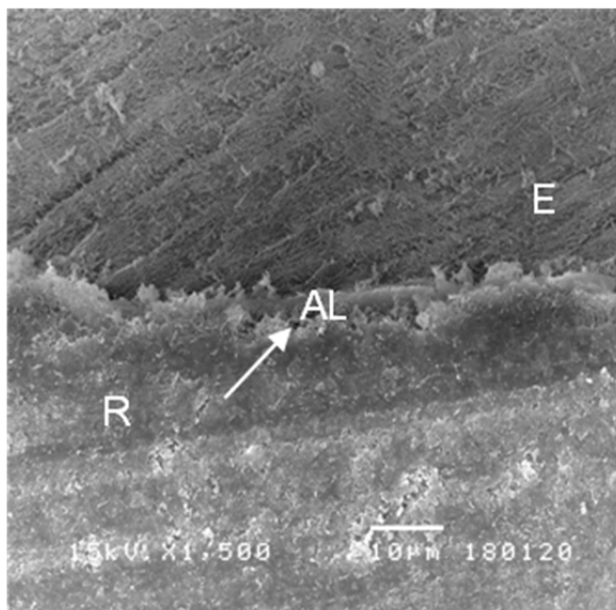


ภาพที่ 20 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม FC ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า พบลักษณะของแมคโครแท็กและไมโครแท็กชัดเจน ชั้นรอยต่อทั้งหมดมีความแนบสนิท; E = Enamel, AL = Adhesive Layer, R = Resin Composite



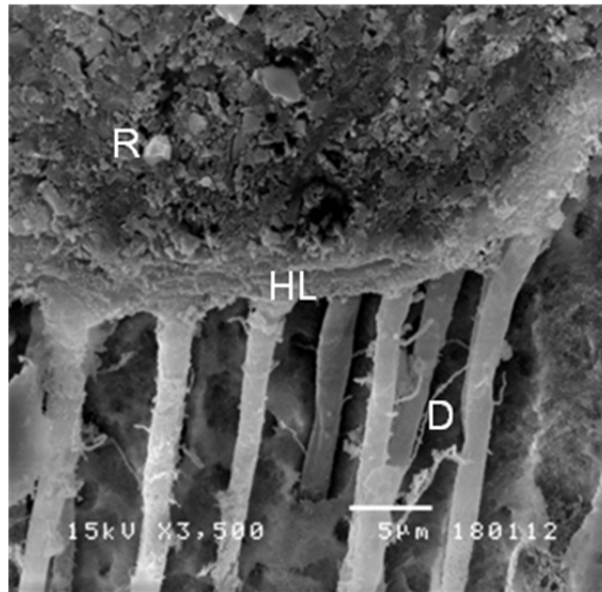
ภาพที่ 21 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม FA ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า พบส่วนเรซินแท้ และพบช่องว่างในชั้นแอดฮีซีฟ; E = Enamel, AL = Adhesive Layer, R = Resin Composite ลูกศรแสดงช่องว่างบริเวณชั้นสารยึดติด

ตัวอย่างส่วนเคลือบฟันของออปติบอนด์ ออลอินวันที่ตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดแสดงในภาพที่ 22 พบชั้นไฮบริดตลอดช่วงรอยต่อ โดยมีช่องว่างหรือรอยแยกในทุกกลุ่ม โดยที่กลุ่มมีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสงพบรอยแยกน้อยที่สุด มีความหนาสม่ำเสมอที่สุด

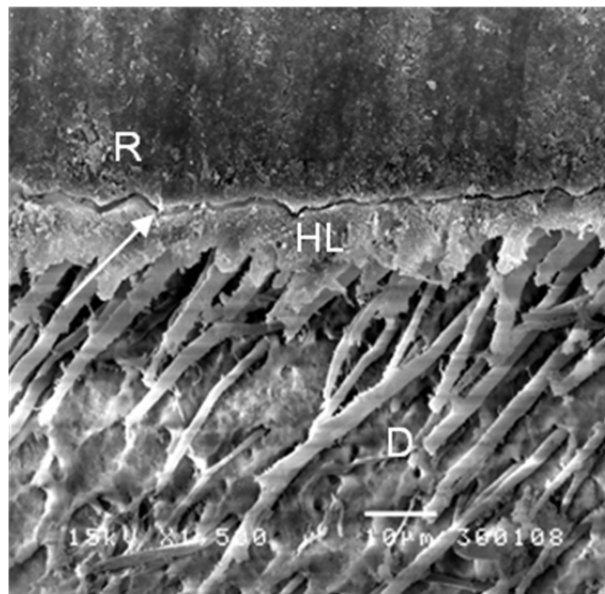


ภาพที่ 22 แสดงรอยต่อส่วนเคลือบฟันกับวัสดุของกลุ่ม AA ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า พบช่องว่างในชั้นสารยึดติด; E = Enamel, AL = Adhesive Layer, R = Resin Composite กระจกแสดงช่องว่างบริเวณชั้นสารยึดติด

เมื่อพิจารณาในส่วนเนื้อฟัน ตัวอย่างชิ้นงานของกลุ่มของออปติบอนด์ เอฟแอลที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลายจะพบเรซินแท็กชัดเจน เป็นรูปกรวยสวยงาม (well-defined funnel shaped) ชั้นไฮบริดหนาสม่ำเสมอ และทุกชั้นมีความต่อเนื่องกันดังภาพที่ 23 ในขณะที่กลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสงสารยึดติด แสดงในภาพที่ 24 พบว่ามีเรซินแท็กและชั้นไฮบริด แต่มีช่องว่างบริเวณรอยต่อตลอดแนว ชั้นไฮบริดมีความหนากว่ากลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน



ภาพที่ 23 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม FC ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า มีเรซินแท้กและชั้นไฮบริดที่แนบสนิทกับเนื้อฟัน; D = Dentin, HL = Hybrid Layer, R = Resin Composite

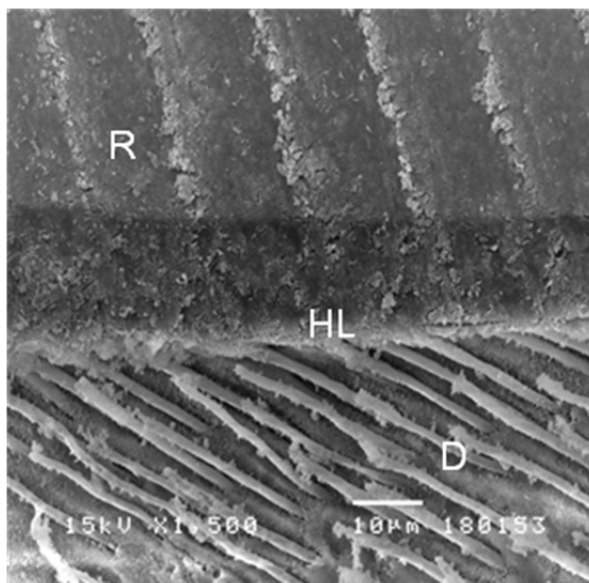


ภาพที่ 24 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม FA ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า มีเรซินแท้กและชั้นไฮบริดแต่มีช่องว่างบริเวณรอยต่อ; D = Dentin, HL = Hybrid Layer, R = Resin Composite  
ลูกศรแสดงช่องว่างภายในชั้นสารยึดติด

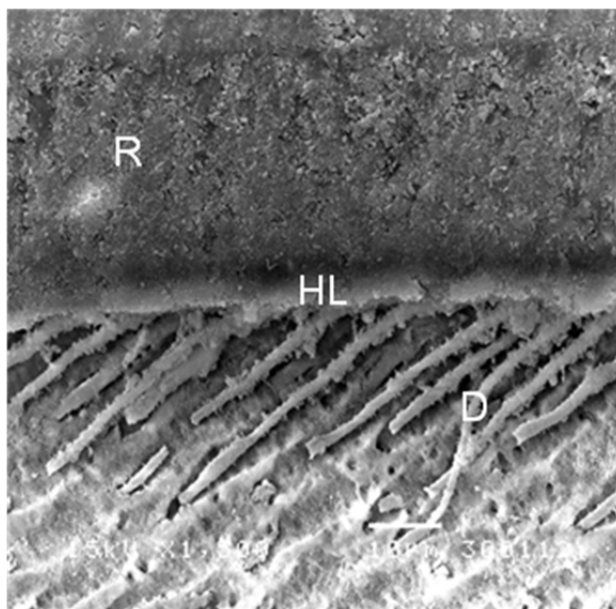
ตัวอย่างส่วนเนื้อฟันของชิ้นงานของกลุ่มของออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ กลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนน้ำลายจะพบเรซินแท้กชัดเจน เป็นรูปกรวยสวยงาม ชั้นไฮบริดหนาสม่ำเสมอ และทุกชั้น



มีความต่อเนื่องกันดังภาพที่ 25 และกลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดก่อนการฉายแสงสาร ยึดติด พบลักษณะเดียวกันกับกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อน โดยพบช่องว่างในชั้นสารยึดติดเล็กน้อย ดัง ภาพที่ 26

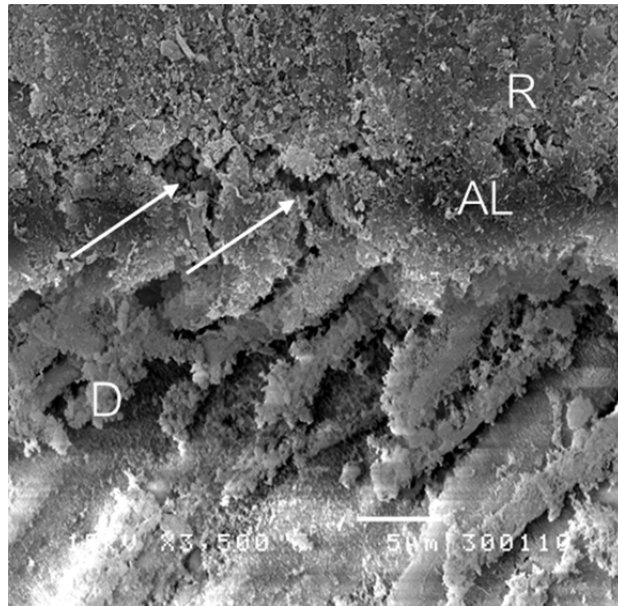


ภาพที่ 25 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม XC ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า มีเรซินแท้กและ ชั้นไฮบริดที่แนบสนิทกับเนื้อฟัน; D = Dentin, HL = Hybrid Layer, R = Resin Composite



ภาพที่ 26 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม XB ที่กำลังขยาย 1,500 เท่า มีเรซินแท้กและ ชั้นไฮบริดที่แนบสนิทกับเนื้อฟัน; D = Dentin, HL = Hybrid Layer, R = Resin Composite

เมื่อพิจารณาตัวอย่างในส่วนเนื้อฟันของกลุ่มของออบติบอนด์ ออลอินวันกลุ่มที่มีการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดหลังการฉายแสงสารยึดติด แสดงในภาพที่ 27 พบว่ามีเรซินแท้และชั้นไฮบริดแต่มีช่องว่างบริเวณรอยต่อ



ภาพที่ 27 แสดงรอยต่อส่วนเนื้อฟันกับวัสดุของกลุ่ม AA ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า มีชั้นไฮบริดที่หนาและมีรอยแยก; D = Dentin, AL = Adhesive Layer, R = Resin Composite ลูกศรแสดงช่องว่างภายในชั้นสารยึดติด

## บทที่ 5

### อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

#### อภิปรายผลการวิจัย

ความชื้นจากของเหลวในช่องปากเช่น น้ำลาย น้ำเหลือง เหงือก เลือด เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จของการรักษาทางทันตกรรมที่ต้องอาศัยกระบวนการยึดติดซึ่งมีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบัน มีการศึกษาที่พบว่า การปนเปื้อนน้ำลายที่ประกอบด้วยน้ำ แร่ธาตุและไกลโคโปรตีนต่างๆนั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของสารยึดติด(11, 18-19, 60) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการเสื่อมสลายของการยึดติดและนำมาสู่ความล้มเหลวหลังการบูรณะ(15) มีงานวิจัยที่พยายามหาวิธีการกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายที่เหมาะสมหลายการศึกษาด้วยกัน แต่ยังไม่มีความแนะนำวิธีการกำจัดที่ชัดเจนและผลการศึกษาที่ได้นั้นแตกต่างกันออกไป เนื่องจากวิธีการศึกษาและสารที่ใช้แตกต่างกัน (9, 17, 20-22, 59)

ในบริเวณเคลือบฟัน การกำจัดการปนเปื้อนที่เชื่อกันว่ามีความสามารถเพียงพอที่จะทำให้เกิดการยึดติดที่ดีที่สุดคือการใช้กรดฟอสฟอริกกัดซ้ำ(20, 58) ผลจากการศึกษาครั้งนี้ได้ผลในแนวทางเดียวกัน จะเห็นได้ว่าไม่ว่าการปนเปื้อนน้ำลายจะเกิดในชั้นตอนใด สารไพรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของทั้งออปติบอนด์ เอฟแอล และออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์นั้น ไม่เพียงพอต่อการกำจัดน้ำลาย ผิวเคลือบฟันที่ถูกปรับสภาพผิวด้วยสารที่มีความเป็นกรดจะเกิดรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก โดยจำนวนรูพรุนนั้นจะแตกต่างกันตามค่าความเป็นกรดต่างของสารปรับสภาพผิวฟัน (26) ออปติบอนด์ เอฟแอล และออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ ทำให้เกิดรูพรุนจำนวนมาก(103) เมื่อเกิดการปนเปื้อนน้ำลายขึ้นที่ผิวเคลือบฟัน รูพรุนเหล่านี้จะถูกปิดกั้นด้วยสารต่างๆในน้ำลาย(20) ยังมีจำนวนรูพรุนมาก โอกาสที่สารต่างๆในน้ำลายจะเข้าไปจับยึดกับผลึกในเคลือบฟันจะมากขึ้น กีดขวางการแทรกซึมเข้าไปแทนที่รูพรุนเหล่านั้น พลังงานพื้นผิวลดต่ำลง ทำให้การไหลแผ่ของสารไพรเมอร์และสารเรซินโมโนเมอร์ลดลง ประสิทธิภาพการยึดติดจึงลดลงไปด้วย(9, 11, 20) และอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการป้องกันการรื้อซึมของสารยึดติดนั้นต่ำลงไปเช่นกัน นอกจากนี้การ

เปาน้ำลายจะไล่น้ำออกไปทำให้เหลือโปรตีนในน้ำลายเข้าไปจับกับรูพรุนบนผิวเคลือบฟันได้ (47, 54) น้ำและไกลโคโปรตีนในน้ำลายจะเข้าไปแทนที่สารไพโรเมอร์เดิมบางส่วนในกลุ่มที่มีการกำจัดการปนเปื้อนก่อนการฉายแสงสารยึดติด เรซินอาจไม่สามารถแทรกลงไปใรูพรุนที่ชั้นเคลือบฟันนี้ หรือในกลุ่มที่มีการกำจัดการปนเปื้อนหลังการฉายแสงสารยึดติดนั้น น้ำและไกลโคโปรตีนจะจับกับชั้นของสารยึดติดที่มีการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากถูกยับยั้งโดยออกซิเจน (oxygen inhibited layer of poorly polymerized adhesive layer) สารไพโรเมอร์ที่ทาใหม่อาจไม่สามารถแทรกซึมลงไปปรับสภาพผิวได้ดีเพียงพอ กีดขวางการแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์ไม่สามารถเกิดเป็นชั้นสารยึดติดที่สมบูรณ์ และลดความแนบของวัสดุกับฟันลง(22) นอกจากนี้ การปนเปื้อนที่เกิดขึ้นบนผิวเรซินที่ไม่ชอบน้ำ โปรตีนในน้ำลายอาจเกาะเป็นคราบแห้งอยู่ทำให้พลังงานพื้นผิวลดต่ำลง ทำให้สูญเสียระบบที่ไม่ชอบน้ำของพื้นผิวเรซินนั้น รวมทั้งการทาสารเรซินโมโนเมอร์ซ้ำจะเพิ่มความหนาของชั้นเรซินขึ้นมา กลายเป็นจุดด้อยของชั้นสารยึดติด การรั่วซึมที่เกิดขึ้นจึงอาจเกิดอยู่ระหว่างชั้นยึดติดนี้ด้วย ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของกลุ่ม FA ยังแสดงให้เห็นความไม่ต่อเนื่องของชั้นสารยึดติดกับวัสดุและเคลือบฟัน ผลการศึกษานี้ยังสนับสนุนผลของการศึกษาก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นว่าแรงยึดของสารยึดติดจะลดลงหากมีการปนเปื้อนน้ำลาย (9, 11, 58) อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาที่พบว่า การล้างน้ำและใช้สารไพโรเมอร์ที่มีความเป็นกรดทาส่งสามารถทำให้เกิดแรงยึดติดที่ยอมรับได้สำหรับการยึดติดเครื่องมือจัดฟันโดยไม่ต้องใช้กรดกัดใหม่(21, 52) อาจเป็นเพราะขั้นตอนการกำจัดการน้ำลายที่แตกต่างกัน ในส่วนผลของออกซิเจนบอนด์ ออกซิเจนนั้นไม่แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะผิวฟันที่ได้รับการปรับสภาพผิวด้วยสารยึดติดนี้ ซึ่งได้รับการทาเพียงชั้นเดียวไม่เพียงพอให้เกิดรูพรุนได้มากเท่ากับกรดฟอสฟอริก (104-105) ทำให้น้ำลายเข้าไปสะสมได้น้อยกว่า ประกอบกับคุณสมบัติของสารยึดติดประเภทนี้ที่มีความชอบน้ำสูง จึงแทรกซึมผ่านชั้นน้ำลายลงไปได้ และสารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดรวมไปถึงสารละลายต่างๆ ทั้งอะซีโตน และเอธานอลอาจช่วยกันกำจัดคราบไกลโคโปรตีนของน้ำลายที่เหลืออยู่ได้(106) จึงทำให้คะแนนการรั่วซึมไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนมากนัก อย่างไรก็ตาม ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของสารยึดติดชนิดนี้บางกลุ่มนั้นแสดงให้เห็นว่า ยังมีช่องว่างที่สื่อถึงความไม่แนบสนิทของฟันกับวัสดุ

การศึกษาที่พบในบริเวณเนื้อพืชนั้น สารไพโรเมออร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดออปติบอนด์ เอฟแอลจี ไม่สามารถกำจัดการปนเปื้อนได้ดีเท่าใดนัก อาจเพราะแร่ธาตุในเนื้อพืชนั้นที่ถูกกรดฟอสฟอริกกัดถูกละลายออกมาเหลือเพียงเส้นใยคอลลาเจนที่เปลือยเปล่าจึงมีช่องว่างมาก ร่วมกับสารไพโรเมออร์ที่เหลือค้างที่ผิวเนื้อพืชรอรับสารเรซินนั้นถูกแทนที่ด้วยน้ำลาย(107) การแทรกซึมของสารเรซินโมโนเมอร์เป็นไปไม่ได้ด้วยความยากลำบาก และขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันที่สมบูรณ์ ทำให้ไม่เกิดการยึดติดที่ดี (60) แม้จะมีการทาสารไพโรเมออร์ซ้ำอาจไม่เพียงพอที่จะแทรกซึมเข้าไปในรูพรุนจำนวนมากของเนื้อพืชนั้นที่มีโปรตีนของน้ำลายกีดขวางอยู่ ส่งผลให้ความแนบของวัสดุกับเนื้อฟันลดลง นอกจากนี้ สารไพโรเมออร์ที่มีความเป็นกรดอ่อนอาจทำลายเส้นใยคอลลาเจนและโครงสร้างของเนื้อฟันที่เหลืออยู่บางส่วนทำให้ชั้นของไฮบริดอ่อนแอลง(107) จึงเกิดการรั่วซึมได้มากขึ้น ทั้งนี้เคยมีการศึกษาที่พบว่าการใช้กรดกัดซ้ำอาจให้ประสิทธิภาพการยึดติดที่แยกจากการล้างน้ำเพียงอย่างเดียว(22) สนับสนุนความเชื่อที่ว่าความเป็นกรดที่มากเกินไปอาจทำลายโครงสร้างของเนื้อฟันจนสูญเสียคุณสมบัติในการเกิดชั้นไฮบริดที่ดีได้ ในกลุ่มที่มีการกำจัดการปนเปื้อนของน้ำลายหลังการฉายแสงสารยึดติดด้วยสารไพโรเมออร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดออปติบอนด์ เอฟแอลจีนั้นได้ค่าการรั่วซึมมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนเช่นกัน ผลของการรั่วซึมระดับจุลภาคมีการรั่วซึมของสารสีเมทิลีนบลูที่มากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการปนเปื้อนอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากคราบไกลโคโปรตีนในน้ำลายที่ถูกดูดซับโดยผิวของชั้นยึดติดซึ่งเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีการขัดขวางโดยก๊าซออกซิเจน(106) คราบโปรตีนนี้ไม่ได้กีดขวางการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันแต่ลดความแนบสนิทของชั้นสารยึดติดชั้นแรกกับชั้นสารยึดติดชั้นที่สอง(22) ทำให้เกิดการรั่วซึมที่ชั้นรอยต่อของสารยึดติดสองชั้นที่ต่อกันได้ คราบไกลโคโปรตีนยังไม่ถูกกำจัดให้หมดไปด้วยการทาสารไพโรเมออร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอย่างเพียงพอ อาจเพราะความเป็นกรดที่ไม่เพียงพอของสารไพโรเมออร์และการขาดองค์ประกอบบางอย่างเช่น อะซีโตน ทำให้ความสามารถในการแทรกซึมผ่านชั้นน้ำลายนั้นลดลง ในทางตรงกันข้าม สารไพโรเมออร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดของออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์และออปติบอนด์ ออลอินวันนั้นสามารถกู่ประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมกลับมาได้ และให้ผลไปในแนวทางเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา(9, 17, 19, 55, 107) ที่พบว่าประสิทธิภาพการยึดติดไม่ได้ลดลงเมื่อเนื้อพืชนั้นมีการเตรียมสภาพผิวด้วยระบบสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์สองขั้นตอนเกิดการปนเปื้อนน้ำลาย และมีการกำจัดออกด้วยการเป่าลมหรือล้างน้ำแล้วทาสารไพโรเมออร์ที่มี

ฤทธิ์เป็นกรดซ้ำ อาจเกิดจากส่วนประกอบบางอย่างในสารไพรเมอร์ของออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ ได้แก่ อะซีโตน เอทานอลมีความสามารถมากพอที่จะแทรกซึมผ่านน้ำลายและไลซ์ของเหลวที่มีอยู่ ออก และโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดนั้นมีค่าความเป็นกรดต่างที่เพียงพอช่วยกันทำลายคราบ โปรตีนและทำพื้นผิวให้สะอาดได้(106) ร่วมกับการทำในลักษณะกวนเบาๆช่วยกระตุ้นการทำงานของส่วนที่เป็นกรดให้กำจัดคราบเปื้อนและเพิ่มการแทรกซึมของส่วนเรซินให้มากขึ้น ค่าความเป็นกรดต่างของสารยึดติดเหล่านี้ยังมีค่าเหมาะสมและอ่อนโยนต่อเนื้อฟัน ไม่ทำให้โครงสร้างฟัน เสียสภาพจนเกินไป คอลลาเจนยังคงรูปร่าง และละลายแร่ธาตุไม่มากเท่าระบบสารยึดติดชนิดใช้กรดกัดแล้วล้าง ทำให้รอบๆเส้นใยคอลลาเจนยังมีแร่ธาตุบางส่วนหุ้มไว้(26) ป้องกันไม่ให้เส้นใย พุบตัวลงเมื่อได้รับการเป่าไล่น้ำลาย เอื้อให้มีพื้นที่ให้สารโมโนเมอร์แทรกซึม เกิดเป็นชั้นไฮบริดที่ดี และได้การยึดติดที่ดี ป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาคได้ นอกจากนี้ การทำสารยึดติดออปติบอนด์ ออลอินวันซ้ำจะช่วยเพิ่มโอกาสให้สารยึดติดแทรกซึมเข้าไปได้ผ่านคราบน้ำลาย มีการศึกษาที่ พบว่าการทำสารยึดติดชนิดนี้หลายครั้งช่วยให้ประสิทธิภาพการยึดดีขึ้น(105)

อย่างไรก็ตาม จากผลคำมัธฐานการรั่วซึมระดับจุลภาคของสารยึดติดชนิดเซลฟ์เอทซ์ ขึ้นตอนเดียวมีระดับการรั่วซึมมากกว่าสารยึดติดอีกสองชนิดในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมที่น้อยกว่าสารยึดติดทั้งสองชนิด อาจมา จากการที่สารยึดติดกลุ่มนี้รวมเอาส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำเข้าไว้ด้วยกัน จึงมีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงมาก การกำจัดน้ำที่อยู่ในส่วนผสมที่ซับซ้อนให้หมดไปนั้นทำได้ยาก น้ำที่ตกค้าง ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชัน การยึดติดจึงเกิดได้ไม่สมบูรณ์(32) ประกอบกับสารไฮดรอกซีเอธิลเมทาคริเลต (HEMA) ที่อยู่ในสารยึดติดกลุ่มนี้จะดึงน้ำเข้ามาอยู่ในชั้นสารยึดติด ชั้นสารยึดติดที่เกิดขึ้นอาจไม่แข็งแรง และไม่สามารถป้องกันการรั่วซึมได้สนิท(33) ทั้งนี้เมื่อสารยึดติดอีกสองชนิดได้รับการปนเปื้อนน้ำลายและกำจัดออกแล้ว มีความสามารถในการป้องกันการรั่วซึมที่ลดลงจนค่าการรั่วซึมไม่แตกต่างจากกลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวันที่มีการปนเปื้อนและกำจัดน้ำลายแล้วทั้งในส่วนของเคลือบฟันและเนื้อฟัน ดังนั้นการที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มควบคุมของออปติบอนด์ ออลอินวัน อาจแปลความได้ว่าการมีน้ำลายรบกวนไม่ได้มีผลต่อประสิทธิภาพการป้องกันการรั่วซึมเดิมของสารยึดติดนี้ที่น้อยกว่าสารยึดติดอีกสองชนิด

การศึกษานี้เลือกใช้การทดสอบการรั่วซึมระดับจุลภาคในการตรวจสอบประสิทธิภาพการยึดติด เนื่องด้วยการศึกษาส่วนใหญ่จะศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารยึดติดในแง่กำลังแรงยึด ส่วนในแง่การป้องกันการรั่วซึมยังมีไม่มากนัก และการทดสอบการรั่วซึมจะให้ผลที่สื่อถึงการใช้งานทางคลินิกมากกว่า อย่างไรก็ตาม ถึงผลการทดสอบจะมีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพของวัสดุบูรณะในทางคลินิกค่อนข้างต่ำ แต่การไม่เกิดการรั่วซึมของสารทดสอบบริเวณรอยต่อฟันและวัสดุบูรณะนั้น แสดงถึงโอกาสประสบความสำเร็จในการรักษาทางคลินิกที่มากกว่าการปรากฏรอยรั่วซึมของสารทดสอบ(97) การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสารยึดติดนั้นมีความละเอียดอ่อน ผลการศึกษาที่ได้มักมีความแปรปรวนสูง โดยมากเป็นเพราะขั้นตอนที่ต้องอาศัยความเข้าใจและความชำนาญ การเป่าลมเพื่อไล่สารละลายในระบบสารยึดติดออกไปนั้นต้องมีแรงลมและทิศทางที่เหมาะสม(24) นอกจากนี้ฟันแต่ละซี่ที่ถูกร่อนนั้นอาจมีจังหวะและแรงการกรอที่แตกต่างกัน ขึ้นกับคุณภาพฟัน แรงดันหัวกรอ ปริมาณน้ำที่ใช้ ทำให้ชั้นเคลือบที่ได้มีคุณภาพที่แตกต่างกัน แม้จะมีการเป่าล้างออกแล้วก็ตาม ชั้นเคลือบที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อการยึดติดเสมอ(108) เมื่อพิจารณาถึงน้ำลายที่ใช้ในการศึกษานี้ ปริมาณน้ำลาย 60 ไมโครลิตรอาจมากเกินไปที่จะกำจัดน้ำลายด้วยสารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด และแม้ว่าน้ำลายที่ใช้ถูกเก็บในลักษณะเดียวกันทั้งหมด แต่ปริมาณแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของน้ำลายในแต่ละวันและช่วงเวลาอาจแตกต่างกันไป(48) ทำให้ความสามารถในการบัพเฟอไรต์ต่างกัน อาจทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดนั้นลดลงและมีประสิทธิภาพในการกำจัดน้อยลงได้ การเป่าลมไล่น้ำลายอาจทำให้ได้ลักษณะพื้นผิวที่แตกต่างกันไป เช่น มีช่องเหลือเหลืออยู่บนพื้นผิวมากเกินไปความสามารถของสารไพโรเมอร์ที่จะแทรกซึมลงไปได้ หรือไกลโคโปรตีนที่หลงเหลืออยู่อาจมีไม่เท่ากัน ผลการกำจัดที่ได้จึงแตกต่างกัน นอกจากนี้ลำดับการปนเปื้อนน้ำลาย ระยะเวลาที่น้ำลายปนเปื้อนอยู่บนผิวฟัน การกำจัดการปนเปื้อน(18) รวมถึงขั้นตอนที่ใช้ในการกำจัดน้ำลายและชนิดของระบบสารยึดติดที่ใช้ซึ่งมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษายังเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้ผลการศึกษาแตกต่างกันไป (19, 52, 54, 58-59) ดังเช่นในการศึกษานี้ที่องค์ประกอบในสารที่ใช้กำจัดน้ำลายแม้มีความคล้ายคลึงกันแต่ยังมีบางองค์ประกอบที่แตกต่างกันเช่น การมีอะซีโตน ค่าความเป็นกรดต่าง เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำลายที่ปนเปื้อน วิธีการกำจัดที่แตกต่างกันออกไป เช่น การล้างน้ำและเป่าน้ำลายออกเบาๆ เป็นต้น การปนเปื้อนด้วยสารอื่นๆ เช่น

เลือดหรือน้ำเหลืองเห็งอก รวมไปถึงเพิ่มระยะเวลาการจำลองการใช้งานให้นานขึ้นเพื่อผลการกำจัดการปนเปื้อนในระยะยาว

การศึกษานี้เป็นการทดสอบภายใต้ห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมปัจจัยต่างๆไว้ แม้ผลการศึกษานี้จะพบว่า สารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนสามารถกำจัดการปนเปื้อนน้ำลายในสารยึดติดบางระบบ แต่การใช้แผ่นยางกั้นน้ำลายเพื่อแยกฟันและป้องกันความชื้นยังเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องถือปฏิบัติเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและผลการรักษาที่ดีเยี่ยมอันเป็นประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ป่วย

## สรุปผลการวิจัย

ด้วยข้อจำกัดจากการศึกษาทางห้องปฏิบัติการ การศึกษานี้พบว่าการปนเปื้อนน้ำลายในขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยออปติบอนด์ เอฟแอลไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยสารไพโรเมอร์ของสารยึดติดนี้ทั้งส่วนเคลือบฟันและเนื้อฟัน ส่วนการปนเปื้อนน้ำลายในขั้นตอนการเตรียมผิวฟันด้วยออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์จะได้รับผลกระทบหากเกิดขึ้นที่เคลือบฟัน แม้ว่าออปติบอนด์ ออลอินวันนั้นจะสามารถทนต่อการปนเปื้อนน้ำลายได้ไม่ว่าจะเกิดขึ้นที่เคลือบฟันหรือเนื้อฟัน แต่คะแนนการรั่วซึมของกลุ่มควบคุมในสารยึดติดนี้มีค่าสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองสารยึดติด

## ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อประเมินความสามารถในการแก้ไขการปนเปื้อนน้ำลายระหว่างขั้นตอนการเตรียมผิวฟันและใช้สารยึดติด โดยใช้การป้องกันการรั่วซึมระดับจุลภาคเป็นเครื่องประเมิน ขั้นตอนการดำเนินวิธีวิจัยมีหลายขั้นตอนและมีความละเอียดอ่อน ควรมีการเตรียมความพร้อมและวางแผนช่วงเวลาเป็นอย่างดีเพื่อไม่ให้เกิดตัวแปรรบกวนผลการศึกษา การใช้สารต่างๆควรมีการตรวจวัดด้วยเครื่องมือที่ได้มาตรฐานเพื่อควบคุมปริมาณที่ถูกนำมาใช้ในแต่ละกลุ่มอย่างเท่าเทียม แรงดันลมและน้ำของยูนิตทันตกรรมเคลื่อนที่ ควรมีการตรวจสอบก่อนใช้งาน เพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกันทุกครั้งในการเตรียมกลุ่มตัวอย่าง การขัดวัสดุบูรณะควรมีน้ำหล่อเลี้ยงอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดความร้อนและกำจัดคราบสกปรกที่เกาะบนผิววัสดุด้วย



การจำลองการใช้งานด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ ควรมีการตรวจสอบเครื่องก่อนและระหว่างทำการทดสอบ ตรวจสอบปริมาณน้ำที่มีให้เพียงพอต่อมวลกลุ่มตัวอย่างที่ใส่ลงไป ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใส่ลงไปทดสอบแต่ละครั้งไม่ควรหนาแน่นจนเกินไปเพราะอาจทำให้ได้รับอุณหภูมิที่ไม่เท่าเทียมกัน

ขั้นตอนการให้ขี้ผึ้งเหนียวปิดปลายรอกนั้น ต้องคอยสังเกตรูเปิดปลายรอกและบริเวณง่ามรอกให้ดีและปิดให้ครอบคลุม เพราะสารสีอาจรั่วซึมเข้ามาในโพรงเนื้อเยื่อในฟันจากทางนี้และทำให้สารสีซึมไปที่รอยต่อฟันกับวัสดุได้ เมื่อทายาทาเล็บเสร็จแล้วควรตากให้แห้งสนิทเพื่อไม่ให้ยาทาเล็บหลุดลอกออกขณะที่แช่สารสีและซึมผ่านเนื้อฟันเข้าไปได้

การตัดแบ่งฟันด้วยใบมีดจะต้องควบคุมความเร็วการหมุนให้ไม่เกิน 450 รอบต่อนาที ควรทำความสะอาดใบมีดโดยล้างให้สะอาดก่อนทุกครั้ง ฟันจะต้องถูกยึดกับแม่แบบอย่างแน่นหนาเพื่อป้องกันฟันหลุดขณะตัดแล้วทำให้ใบมีดหักได้ นอกจากนี้ น้ำที่ใส่ลงไปเครื่องควรเป็นน้ำสะอาดที่มีการเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอ ปริมาณน้ำจะต้องมากพอท่วมใบมีด ใบมีดจะเอนออกได้หากกดฟันลงมาด้วยน้ำหนักที่มากเกินไป ดังนั้นน้ำหนักตุ้มถ่วงไม่ควรเกิน 200 กรัม และก่อนตัดควรสร้างตำแหน่งที่จะตัดเป็นรอยบากไว้ เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมความหนาของชั้นฟันที่ตัดได้

การตรวจประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคในการศึกษานี้ ตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 20 เท่า และประเมินด้วยสายตาของผู้วิจัย การตรวจเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ควรมีการพักสายตาเป็นระยะ นอกจากนี้ควรตรวจสอบสายของกล้องให้ดีก่อนถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัด

ค่าทางสถิติที่ใช้เป็นตัวแทนซีฟันในการศึกษานี้เป็นค่ามัธยฐานซึ่งเป็นค่ากลางของกลุ่มข้อมูล ซึ่งอาจเป็นจุดด้อยในแง่ของการแปลผลข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่อาจเลือกค่าสูงสุดเป็นตัวแทนเพื่อเป็นการชี้การล้มเหลวของการรั่วซึมจริง

การเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดอาจมีผลให้โครงสร้างบางอย่างเช่นเรซินแท็ก หรือชั้นไฮบริด อาจแตกหักเสียหายและทำให้การแปลผลคลาดเคลื่อนได้ ต้องเตรียมด้วยความระมัดระวัง หรืออาจใช้ขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อ

ตรวจจากการสร้างรอยพิมพ์และทำแบบพิมพ์ขึ้นมา(87) ทั้งนี้อาจใช้การตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission electron microscope) ซึ่งให้ภาพที่มีรายละเอียดมากกว่า ลดโอกาสการแปลผลผิดพลาดและการแตกหักของชิ้นตัวอย่างจากการเตรียมชิ้นตัวอย่าง อย่างไรก็ตามการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่านนั้นมีขั้นตอนที่ยากกว่าและค่าใช้จ่ายที่มากกว่าการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน

### รายการอ้างอิง

- (1) Barghi N, Knight GT, Berry TG. Comparing two methods of moisture control in bonding to enamel: a clinical study. Oper Dent 16 (Jul-Aug 1991):130-135.
- (2) Chate RA. Safer orthodontic debonding with rubber dam. Am J Orthod Dentofacial Orthop 103 (Feb 1993):171-174.
- (3) Dorfer CE, Schriever A, Heidemann D, Staehle HJ, Pioch T. Influence of rubber-dam on the reconstruction of proximal contacts with adhesive tooth-colored restorations. J Adhes Dent 3 (Summer 2001):169-175.
- (4) Knight GT, Berry TG, Barghi N, Burns TR. Effects of two methods of moisture control on marginal microleakage between resin composite and etched enamel: a clinical study. Int J Prosthodont 6 (Sep-Oct 1993):475-479.
- (5) Strachan EB. 'The use of rubber dam in the UK. A survey'. Br Dent J 169 (Dec 8-22 1990):350.
- (6) Marshall K, Page J. The use of rubber dam in the UK. A survey. Br Dent J 169 (Nov 10 1990):286-291.
- (7) Gilbert GH, Litaker MS, Pihlstrom DJ, Amundson CW, Gordan VV. Rubber dam use during routine operative dentistry procedures: findings from the Dental PBRN. Oper Dent 35 (Sep-Oct 2010):491-499.
- (8) Lynch CD, McConnell RJ. Attitudes and use of rubber dam by Irish general dental practitioners. Int Endod J 40 (Jun 2007):427-432.

- (9) Jiang Q, Pan H, Liang B, Fu B, Hannig M. Effect of saliva contamination and decontamination on bovine enamel bond strength of four self-etching adhesives. Oper Dent 35 (Mar-Apr 2010):194-202.
- (10) Yoo HM, Oh TS, Pereira PN. Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. Oper Dent 31 (Jan-Feb 2006):127-134.
- (11) Thomson JL, Main C, Gillespie FC, Stephen KW. The effect of salivary contamination on fissure sealant--enamel bond strength. J Oral Rehabil 8 (Jan 1981):11-18.
- (12) Chung CW, Yiu CK, King NM, Hiraishi N, Tay FR. Effect of saliva contamination on bond strength of resin luting cements to dentin. J Dent 37 (Dec 2009):923-931.
- (13) el-Kalla IH, Garcia-Godoy F. Saliva contamination and bond strength of single-bottle adhesives to enamel and dentin. Am J Dent 10 (Apr 1997):83-87.
- (14) Hegde MN, Hegde P, Shetty SK. The influence of salivary contamination on the shear bond strength of two newer generation dentin bonding agents - An in vitro study. J Conserv Dent 11 (Jul 2008):127-130.
- (15) Ferrari M, Tay FR. Technique sensitivity in bonding to vital, acid-etched dentin. Oper Dent 28 (Jan-Feb 2003):3-8.
- (16) Brannstrom M, Torstenson B, Nordenvall KJ. The initial gap around large composite restorations in vitro: the effect of etching enamel walls. J Dent Res 63 (May 1984):681-684.

- (17) Neelagiri K, Kundabala M, Shashi RA, Thomas MS, Parolia A. Effects of saliva contamination and decontamination procedures on shear bond strength of self-etch dentine bonding systems: An in vitro study. J Conserv Dent 13 (Apr 2010):71-75.
- (18) Hitmi L, Attal JP, Degrange M. Influence of the time-point of salivary contamination on dentin shear bond strength of 3 dentin adhesive systems. J Adhes Dent 1 (Autumn 1999):219-232.
- (19) Park JW, Lee KC. The influence of salivary contamination on shear bond strength of dentin adhesive systems. Oper Dent 29 (Jul-Aug 2004):437-442.
- (20) Silverstone LM, Hicks MJ, Featherstone MJ. Oral fluid contamination of etched enamel surfaces: an SEM study. J Am Dent Assoc 110 (Mar 1985):329-332.
- (21) Brauchli L, Eichenberger M, Steineck M, Wichelhaus A. Influence of decontamination procedures on shear forces after contamination with blood or saliva. Am J Orthod Dentofacial Orthop 138 (Oct 2010):435-441.
- (22) Duarte SJ, Lolato AL, de Freitas CR, Dinelli W. SEM analysis of internal adaptation of adhesive restorations after contamination with saliva. J Adhes Dent 7 (Spring 2005):51-56.
- (23) Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? J Can Dent Assoc 69 (Dec 2003):726-731.
- (24) El-Askary FS, Van Noort R. Effect of air-drying pressure and distance on microtensile bond strength of a self-etching adhesive. J Adhes Dent 13 (Apr 2011):147-153.

- (25) Furuse AY, Peutzfeldt A, Asmussen E. Effect of evaporation of solvents from one-step, self-etching adhesives. J Adhes Dent 10 (Feb 2008):35-39.
- (26) Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. Oper Dent 28 (May-Jun 2003):215-235.
- (27) Nakabayashi N KK ME. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. J Biomed Mater Res 16 1982):265-273.
- (28) Christensen GJ. Clinical factors affecting adhesion. Oper Dent Suppl 5 1992):24-31.
- (29) Maia SR, Cavalli V, Liporoni PC, do Rego MA. Influence of saliva contamination on the shear bond strength of orthodontic brackets bonded with self-etching adhesive systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 138 (Jul 2010):79-83.
- (30) Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. Dent Mater 21 (Sep 2005):864-881.
- (31) Tay FR FR, Krejci I, Bouillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, et al. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. . J Dent Nov;32 2004):611-621.
- (32) Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. Dent Mater 27 (Jan 2011):17-28.

- (33) Moszner N, Salz U, Zimmermann J. Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. Dent Mater 21 (Oct 2005):895-910.
- (34) Swift EJ, Jr., Perdigao J, Heymann HO. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. Quintessence Int 26 (Feb 1995):95-110.
- (35) Perdigao J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. Dent Mater 26 (Feb 2010):e24-37.
- (36) Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjaderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, et al. State of the art etch-and-rinse adhesives. Dent Mater 27 (Jan 2011):1-16.
- (37) Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials 28 (Sep 2007):3757-3785.
- (38) Hayakawa T, Kikutake K, Nemoto K. Influence of self-etching primer treatment on the adhesion of resin composite to polished dentin and enamel. Dent Mater 14 (Mar 1998):99-105.
- (39) Van Landuyt KL, Yoshida Y, Hirata I, Snauwaert J, De Munck J, Okazaki M, et al. Influence of the chemical structure of functional monomers on their adhesive performance. J Dent Res 87 (Aug 2008):757-761.
- (40) Toledano M OR, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CA, Tay FR, Carvalho RM. Microtensile bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. Am J Dent 16 (2003):292-298.

- (41) Armstrong SR, Vargas MA, Fang Q, Laffoon JE. Microtensile bond strength of a total-etch 3-step, total-etch 2-step, self-etch 2-step, and a self-etch 1-step dentin bonding system through 15-month water storage. J Adhes Dent 5 (Spring 2003):47-56.
- (42) Toledano M, Osorio R, de Leonardi G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. Am J Dent 14 (Aug 2001):205-210.
- (43) Abo T, Uno S, Sano H. Comparison of bonding efficacy of an all-in-one adhesive with a self-etching primer system. Eur J Oral Sci 112 (Jun 2004):286-292.
- (44) Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, et al. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. J Dent Res 84 (Feb 2005):183-188.
- (45) Nakabayashi N, Takarada K. Effect of HEMA on bonding to dentin. Dent Mater 8 (Mar 1992):125-130.
- (46) Powers JM, O'Keefe KL, Pinzon LM. Factors affecting in vitro bond strength of bonding agents to human dentin. Odontology 91 (Sep 2003):1-6.
- (47) Pinzon LM, Powers JM, O'Keefe KL, Dusevish V, Spencer P, Marshall GW. Effect of mucoprotein on the bond strength of resin composite to human dentin. Odontology 99 (Jul 2011):119-128.
- (48) Van Nieuw Amerongen A, Bolscher JG, Veerman EC. Salivary proteins: protective and diagnostic value in cariology? Caries Res 38 (May-Jun 2004):247-253.



- (49) Paschos E, Westphal JO, Ilie N, Huth KC, Hickel R, Rudzki-Janson I. Artificial saliva contamination effects on bond strength of self-etching primers. Angle Orthod 78 (Jul 2008):716-721.
- (50) Ari H, Donmez N, Belli S. Effect of artificial saliva contamination on bond strength to pulp chamber dentin. Eur J Dent 2 (Apr 2008):86-90.
- (51) Townsend RD, Dunn WJ. The effect of saliva contamination on enamel and dentin using a self-etching adhesive. J Am Dent Assoc 135 (Jul 2004):895-901; quiz 1036, 1038.
- (52) Yazici AR, Tuncer D, Dayangac B, Ozgunaltay G, Onen A. The effect of saliva contamination on microleakage of an etch-and-rinse and a self-etching adhesive. J Adhes Dent 9 (Jun 2007):305-309.
- (53) Vargas MA, Denehy G, Silberman JJ. Bond strength to etched enamel and dentin contaminated with saliva. Am J Dent 7 1994):325-327.
- (54) Fritz UB, Finger WJ, Stean H. Salivary contamination during bonding procedures with a one-bottle adhesive system. Quintessence Int 29 (Sep 1998):567-572.
- (55) Fakhri M, Seraj B, Shahrabi M, Motahhary P, Hooshmand T. Effect of salivary contamination on microleakage of resin composites placed with a self-etch adhesive in primary teeth: an in vitro study. Pediatr Dent 31 (Jul-Aug 2009):334-339.

- (56) Sheikh H, Heymann HO, Swift EJ, Jr., Ziemecki TL, Ritter AV. Effect of saliva contamination and cleansing solutions on the bond strengths of self-etch adhesives to dentin. J Esthet Restor Dent 22 (Dec 2010):402-410.
- (57) Johnson ME, Burgess JO, Hermes CB, Buikema DJ. Saliva contamination of dentin bonding agents. Oper Dent 19 (Nov-Dec 1994):205-210.
- (58) Xie J, Powers JM, McGuckin RS. In vitro bond strength of two adhesives to enamel and dentin under normal and contaminated conditions. Dent Mater 9 (Sep 1993):295-299.
- (59) Sattabanasuk V, Shimada Y, Tagami J. Effects of saliva contamination on dentin bond strength using all-in-one adhesives. J Adhes Dent 8 2006):311-318.
- (60) Aboushelib MN. Clinical performance of self-etching adhesives with saliva contamination. J Adhes Dent 13 (Oct 2011):489-493.
- (61) Spierings TA, Peters MC, Bosman F, Plasschaert AJ. Verification of theoretical modeling of heat transmission in teeth by in vivo experiments. J Dent Res 66 (Aug 1987):1336-1339.
- (62) Pazinato FB, Campos BB, Costa LC, Atta MT. Effect of the number of thermocycles on microleakage of resin composite restorations. Pesqui Odontol Bras 17 (Oct-Dec 2003):337-341.
- (63) Nelsen RJ, Wolcott RB, Paffenbarger GC. Fluid exchange at the margins of dental restorations. J Am Dent Assoc 44 (Mar 1952):288-295.

- (64) Hilton TJ, Schwartz RS, Ferracane JL. Microleakage of four Class II resin composite insertion techniques at intraoral temperature. Quintessence Int 28 (Feb 1997):135-144.
- (65) Rossomando KJ, Wendt SL, Jr. Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. Dent Mater 11 (Jan 1995):47-51.
- (66) Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent 27 (Feb 1999):89-99.
- (67) Geerts SO, Seidel L, Albert AI, Gueders AM. Microleakage after Thermocycling of Three Self-Etch Adhesives under Resin-Modified Glass-Ionomer Cement Restorations. Int J Dent 2010 2010):728453.
- (68) Turk T, Elekdag-Turk S, Isci D, Cakmak F, Ozkalayci N. Shear bond strength of a self-etching primer after 10,000 and 20,000 thermal cycles. J Adhes Dent 12 (Apr 2010):117-122.
- (69) Santini A, Mitchell S. Microleakage of composite restorations bonded with three new dentin bonding agents. J Esthet Dent 10 1998):296-304.
- (70) Arias VG, Campos IT, Pimenta LA. Microleakage study of three adhesive systems. Braz Dent J 15 2004):194-198.
- (71) Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Variability in microleakage observed in a total-etch wet-bonding technique under different handling conditions. J Dent Res 74 (May 1995):1168-1178.

- (72) Raskin A, Tassery H, D'Hoore W, Gonthier S, Vreven J, Degrange M, et al. Influence of the number of sections on reliability of in vitro microleakage evaluations. Am J Dent 16 (Jun 2003):207-210.
- (73) Gueders AM, Charpentier JF, Albert AI, Geerts SO. Microleakage after thermocycling of 4 etch and rinse and 3 self-etch adhesives with and without a flowable composite lining. Oper Dent 31 (Jul-Aug 2006):450-455.
- (74) Wahab FK, Shaini FJ, Morgano SM. The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. J Prosthet Dent 90 (Aug 2003):168-174.
- (75) De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. J Dent Res 84 (Feb 2005):118-132.
- (76) Kidd EA. Microleakage: a review. J Dent 4 (Sep 1976):199-206.
- (77) Taylor MJ, Lynch E. Microleakage. J Dent 20 (Feb 1992):3-10.
- (78) Alomari QD, Barrieshi-Nusair K, Ali M. Effect of C-factor and LED Curing Mode on Microleakage of Class V Resin Composite Restorations. Eur J Dent 5 (Aug 2011):400-408.
- (79) Alani AH, Toh CG. Detection of Microleakage around Dental Restorations: a Review. Oper Dent 22 1997):173-185.
- (80) Granath LE, Svensson A. Studies of microleakage with restorative materials. A new air pressure method. Scand J Dent Res 78 1970):353-366.

- (81) Youngson CC, Jones JC, Fox K, Smith IS, Wood DJ, Gale M. A fluid filtration and clearing technique to assess microleakage associated with three dentine bonding systems. J Dent 27 (Mar 1999):223-233.
- (82) Karagenc B, Gencoglu N, Ersoy M, Cansever G, Kulekci G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 102 (Jul 2006):110-113.
- (83) Gogna R, Jagadis S, Shashikal K. A comparative in vitro study of microleakage by a radioactive isotope and compressive strength of three nanofilled composite resin restorations. J Conserv Dent 14 (Apr 2011):128-131.
- (84) Gohring TN, Zehnder M, Sener B, Schmidlin PR. In vitro microleakage of adhesive-sealed dentin with lactic acid and saliva exposure: a radio-isotope analysis. J Dent 32 (Mar 2004):235-240.
- (85) Brackett WW, Haisch LD, Pearce MG, Brackett MG. Microleakage of Class V resin composite restorations placed with self-etching adhesives. J Prosthet Dent 91 (Jan 2004):42-45.
- (86) Yamazaki PC, Bedran-Russo AK, Pereira PN, Wsift EJ, Jr. Microleakage evaluation of a new low-shrinkage composite restorative material. Oper Dent 31 (Nov-Dec 2006):670-676.
- (87) Osorio R, Toledano M, de Leonardi G, Tay F. Microleakage and interfacial morphology of self-etching adhesives in class V resin composite restorations. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 66 (Jul 15 2003):399-409.

- (88) Kubo S, Yokota H, Hayashi Y. The effect of light-curing modes on the microleakage of cervical resin composite restorations. J Dent 32 (Mar 2004):247-254.
- (89) Gordan VV, Vargas MA, Cobb DS, Denehy GE. Evaluation of acidic primers in microleakage of Class 5 composite resin restorations. Oper Dent 23 (Sep-Oct 1998):244-249.
- (90) Mali P, Deshpande S, Singh A. Microleakage of restorative materials: an in vitro study. J Indian Soc Pedod Prev Dent 24 (Mar 2006):15-18.
- (91) D'Alpino PH, Pereira JC, Svizero NR, Rueggeberg FA, Pashley DH. Use of fluorescent compounds in assessing bonded resin-based restorations: a literature review. J Dent 34 (Oct 2006):623-634.
- (92) Cochran MA, Gonzales MA, Platt JA, Moore BK. In vitro microleakage of four tracers with multiple applications to the same tooth. Oper Dent 29 (Jul-Aug 2004):443-447.
- (93) Idriss S, Abduljabbar T, Habib C, Omar R. Factors associated with microleakage in Class II resin composite restorations. Oper Dent 32 (Jan-Feb 2007):60-66.
- (94) Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C. Restoration interface microleakage using one total-etch and three self-etch adhesives. Oper Dent 32 (Mar-Apr 2007):179-184.

- (95) Pilo R, Ben-Amar A. Comparison of microleakage for three one-bottle and three multiple-step dentin bonding agents. J Prosthet Dent 82 (Aug 1999):209-213.
- (96) Amarante de Camargo DA, Sinhoreti MA, Correr-Sobrinho L, de Sousa Neto MD, Consani S. Influence of the methodology and evaluation criteria on determining microleakage in dentin-restorative interfaces. Clin Oral Investig 10 (Dec 2006):317-323.
- (97) Pashley DH. Clinical considerations of microleakage. J Endod 16 (Feb 1990):70-77.
- (98) Youngson CC, Jones JC, Manogue M, Smith IS. In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. Int Endod J 31 (Mar 1998):90-99.
- (99) Senawongse P, Pongprueksa P, Tagami J. The effect of the elastic modulus of low-viscosity resins on the microleakage of Class V resin composite restorations under occlusal loading. Dent Mater J 29 (May 2010):324-329.
- (100) Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Matthews WG, Pashley DH. Nanoleakage: Leakage within the Hybrid Layer. Oper Dent 20 (1995):18-25.
- (101) Cao L, Geerts S, Gueders A, Albert A, Seidel L, Charpentier J. Experimental comparison of cavity sealing ability of five dental adhesive systems after thermocycling. J Adhes Dent 5 (Summer 2003):139-144.
- (102) D'Souza PD DH, Staehle HJ, Pioch T. Dentin bonding systems: a comparative study of SEM and CLSM used to visualize the resin-dentin interface. Acta Med Dent Helv 4 (1999):

- (103) Rengo C, Goracci C, Juloski J, Chieffi N, Giovannetti A, Vichi A, et al. Influence of phosphoric acid etching on microleakage of a self-etch adhesive and a self-adhering composite. Aust Dent J 57 (Jun 2012):220-226.
- (104.) Nakaoki Y, Sasakawa W, Horiuchi S, Nagano F, Ikeda T, Tanaka T, et al. Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. J Dent 33 (Oct 2005):765-772.
- (105) Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, et al. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. J Adhes Dent 7 (Summer 2005):133-141.
- (106) Eiriksson SO, Pereira PN, Swift EJ, Jr., Heymann HO, Sigurdsson A. Effects of saliva contamination on resin-resin bond strength. Dent Mater 20 (Jan 2004):37-44.
- (107) Hiraishi N, Kitasako Y, Nikaido T, Nomura S, Burrow MF, Tagami J. Effect of artificial saliva contamination on pH value change and dentin bond strength. Dent Mater 19 (Jul 2003):429-434.
- (108) Shinoda Y, Nakajima M, Hosaka K, Otsuki M, Foxton RM, Tagami J. Effect of smear layer characteristics on dentin bonding durability of HEMA-free and HEMA-containing one-step self-etch adhesives. Dent Mater J 30 (Jul 28 2011):501-510.
- (109) Nicola C, Sava S, Dudea D, Bondor CI, Soanca A, Colceriu L, et al. Influence of adhesive systems composition on dual-cured resin cements. J Optoelec Biomed Mat 1 (Dec 2009):359-365.



ภาคผนวก

**ภาคผนวก ก. เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการทำวิจัย**

การวิจัยเรื่อง การวิจัยที่มีระดับจุลภาคของสารยึดติดหลังกำจัดกาฟันเป็นอนด้วยสารไพโรเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด

ผู้วิจัยหลัก..... ทพญ. ญาณี ตันติเลิศอนันต์

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารยินยอมนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย รวมถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าขอมอบ

- ฟันที่ได้รับความยินยอมจากผู้ป่วยให้ถอนออกเนื่องจากเหตุผลทางการแพทย์
- เนื้อเยื่อที่ติดกับฟันที่ได้รับความยินยอมจากผู้ป่วยให้ถอนออกเนื่องจากเหตุผลทางการแพทย์
- ภาพรังสี
- ข้อมูล
- สิ่งอื่นๆ (โปรดระบุ).....

ที่อยู่ในความดูแล/ครอบครองของข้าพเจ้า เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสร้างความรู้/องค์ความรู้ ที่เป็นประโยชน์แก่ส่วนรวม โดยการวิจัยจะไม่มี การเกี่ยวข้อ เชื่อมโยง หรือมีผลกระทบต่ออาสาสมัคร/ผู้ป่วย ซึ่งเป็นเจ้าของสิ่งที่ข้าพเจ้าได้มอบให้แก่ผู้วิจัยแต่อย่างใด

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**ภาคผนวก ข. ค่ามัธยฐานของแต่ละสารยึดติด**

ตารางแสดงค่ามัธยฐานของกลุ่มออปติบอนด์ เอพแอลทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่ม ซีฟัน	FC		FB		FA	
	enamel	dentin	enamel	dentin	enamel	dentin
1	0	5	5	5	0	5
2	5	5	5	5	2.5	5
3	0	5	0	4.5	5	5
4	2	5	5	5	5	5
5	0	0	5	5	5	5
6	0	0	5	5	5	5
7	0	0	4	4	5	5
8	0	0	5	5	2.5	5
9	0	0	0.5	0.5	0	0
10	0	0	0	2	0	0.5
11	0	0	0	5	0	0
12	0	0	0	1	3.5	1.5

ตารางแสดงค่ามัธยฐานของกลุ่มออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่ม	XC		XB		XA	
ซี่ฟัน	enamel	dentin	enamel	dentin	enamel	dentin
1	0.5	5	0	4.5	5	5
2	2.5	5	0	5	0	0
3	0	0	1	0	5	4.5
4	0	5	1	0	5	5
5	0	0	3.5	5	2.5	5
6	0	0.5	5	5	1	5
7	0	0	1.5	5	0	5
8	0	5	5	5	3	5
9	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	5	0	3
11	0	0	0	0	0	0.5
12	0	0	0.5	0	1	0

ตารางแสดงค่ามัธยฐานของกลุ่มออปติบอนด์ ออลอินวัน ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่ม ซี่ฟัน	AC		AB		AA	
	enamel	dentin	enamel	dentin	enamel	dentin
1	1	0	0	0	5	5
2	1	2.5	5	5	1.5	5
3	1	5	5	5	5	5
4	1	0	0	0	1	5
5	0	1.5	0.5	1.5	2	2.5
6	0	5	0	0	2	2.5
7	5	5	5	5	0	0
8	1	0	0	2	3	5
9	1	0	0	5	0	3
10	0.5	0	5	5	3	0
11	1	0	0	1	0	3.5
12	0	0	1.5	0	0	0

### ภาคผนวก ค. ค่าโอกาสความน่าจะเป็น

ตารางแสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของสหายี่ติดแต่ละชนิดเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองทั้งสองบริเวณเคลือบพื้น

กลุ่ม	Kruskal Wallis test Asym. Sig. (2-tailed)
FC VS FB VS FA	0.019*
XC VS XB VS XA	0.045*
AC VS AB VS AA	0.657

(\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ตารางแสดงค่าโอกาสความน่าจะเป็นของสหายี่ติดแต่ละชนิดเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองทั้งสองบริเวณเนื้อพื้น

กลุ่ม	Kruskal Wallis test Asym. Sig. (2-tailed)
FC VS FB VS FA	0.036*
XC VS XB VS XA	0.293
AC VS AB VS AA	0.265

(\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ตารางแสดงช่วงค่าเฉลี่ยและค่าโอกาสความน่าจะเป็นของสหายีตติดออปติบอนด์ เอฟแอล และออปติบอนด์ เอ็กซ์ทีอาร์ เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองบริเวณเคลือบฟัน

กลุ่ม	ช่วงค่าเฉลี่ย (Mean Rank)	Mann Whitney U test Asym. Sig. (2-tailed)
FC	9.33	0.013*
FB	15.67	
FC	9.29	0.012*
FA	15.71	
FB	12.83	0.804
FA	12.17	
XC	9.79	0.031*
XB	15.21	
XC	9.63	0.022*
XA	15.38	
XB	12.04	0.74
XA	12.96	

(\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)

ตารางแสดงช่วงค่าเฉลี่ยและค่าโอกาสความน่าจะเป็นของสารยึดติดออปติบอนด์ เอฟแอล เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองบริเวณเนื้อฟัน

กลุ่ม	ช่วงค่าเฉลี่ย (Mean Rank)	Mann Whitney U test Asym. Sig. (2-tailed)
FC	9.33	0.019*
FB	15.67	
FC	9.83	0.039*
FA	15.17	
FB	12.63	0.921
FA	12.38	

(\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95)



ภาคผนวก ง. จำนวนจุดประเมินที่ได้รับคะแนนการรั่วซึมของแต่ละกลุ่ม

ตารางแสดงผลรวมจำนวนจุดประเมินที่ได้รับคะแนนการรั่วซึมของแต่ละกลุ่ม

Microleakage	Enamel Margin						Dentin Margin					
	Ordinal Score	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4
FC	58	4	1	1	2	6	48	4	1	0	0	19
XC	56	6	0	0	0	10	44	2	1	0	2	23
AC	30	34	1	0	0	7	45	5	0	1	4	17
FB	26	8	1	0	4	33	6	9	0	1	13	43
XB	35	11	2	2	5	17	29	5	0	0	1	37
AB	33	10	4	0	4	21	28	7	0	1	3	33
FA	30	2	0	2	4	34	14	6	3	1	0	48
XA	38	9	0	1	1	23	20	10	1	0	6	35
AA	26	16	3	4	4	19	25	2	1	2	4	38

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวญานี ตันติเลิศอนันต์ เกิดเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2550 ได้เข้าเป็นพนักงานมหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์สาย ก. ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554 ปัจจุบันศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรม วัสดุทันตกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย