

ผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่อการคืนกลับแร่ธาตุของ
รอยผุจำลองระยะแรกในห้องปฏิบัติการ

นางสาวอัญรัตน์ มหาสะโร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REMINERALIZATION EFFECT ON ARTIFICIAL INITIAL CARIES OF
FLUORIDE-RELEASING SEALANTS : IN VITRO

Miss Anyarath Mahasaro



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

Department of Pediatric Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ ต่อการคืนกลับแร่ธาตุของรอยผุจำลองระยะแรกในห้องปฏิบัติการ

โดย นางสาวอัญรัตน์ มหาสะโร

สาขาวิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาราภิวัฒนานนท์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์พิเศษ ทันตแพทย์หญิง ชุดิมา ไตรรัตน์วรกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาราภิวัฒนานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.วรรณกร ศรีอาจ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ)

อัญรัตน์ มหาสระโร : ผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่อการคืนกลับ
แร่ธาตุของรอยผุจำลองระยะแรกในห้องปฏิบัติการ (REMNERALIZATION EFFECT ON
ARTIFICIAL INITIAL CAVIES OF FLUORIDE-RELEASING SEALANTS : IN VITRO) อ.ที่
ปริกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ทพญ. ดร.ทิพวรรณ ธราภิวัฒนานนท์, 69 หน้า.

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลอง เมื่อทำ
การเคลือบด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีและไม่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ โดยใช้ด้านประชิดของ
ฟันกรามน้อยที่สร้างรอยผุจำลองลึกประมาณ 150 ไมโครเมตร จำนวน 75 ซี่น สุ่มเข้า 5 กลุ่ม ดังนี้
กลุ่มที่รอยผุเคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนต์) เคลือบด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิ
เซเวน) เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอพเอสพลัส) เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์
(เดลตัน) และกลุ่มควบคุมที่รอยผุไม่เคลือบวัสดุใดๆ นำทุกกลุ่มผ่านกระบวนการจำลองสภาวะร้อน-
เย็น 500 รอบ และการจำลองสภาวะกรด-ด่าง เป็นเวลา 5 วัน วัดความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยทั้งก่อน
และหลังการทดลองด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี พบว่ารอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุทั้งสี่กลุ่มมี
ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงความ
หนาแน่นแร่ธาตุที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยกลาสไอโอโนเมอร์มี
ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุสูงสุด รองลงมาคือ เรซินที่มีฟลูออไรด์ เรซินที่มีเอส-
ฟิอาร์จี และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ ทั้งนี้พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์และเรซินที่มีฟลูออไรด์มีค่าร้อยละการ
เปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุที่มากกว่าและมีระดับการคืนกลับแร่ธาตุที่ลึกกว่ากลุ่มเรซินที่ไม่มี
ฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างสามวัสดุที่มีฟลูออไรด์เป็น
องค์ประกอบคือ กลาสไอโอโนเมอร์ เรซินที่มีฟลูออไรด์ และเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี ขณะที่กลุ่มควบคุมมี
ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงตลอดความลึกของรอยผุจำลอง แสดงให้เห็นว่าการเคลือบหลุม
ร่องฟันสามารถยับยั้งการลุกลามและช่วยคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรกได้ โดยที่ฟลูออไรด์ใน
วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมีส่วนช่วยให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพได้มากกว่า
ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์

ภาควิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5675825832 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY

KEYWORDS: FLUORIDE-CONTAINING SEALANT, REMINERALIZATION, S-PRG FILLER-CONTAINING SEALANT

ANYARATH MAHASARO: REMINERALIZATION EFFECT ON ARTIFICIAL INITIAL CARIES OF FLUORIDE-RELEASING SEALANTS : IN VITRO. ADVISOR: ASSOC. PROF. THIPAWAN THARAPIWATTANANON, D.D.S., Ph.D., 69 pp.

This study aimed to evaluate the remineralization effect of fluoride-releasing materials on artificial caries lesions. 75 enamel artificial caries specimens (150 μ m depth) were randomly divided into 5 groups: a surface-prereaction type glass ionomer filler-containing sealant (S-PRG sealant; BeautiSealant), a glass-ionomer cement (GIC; FujiVII), a fluoride-containing sealant (F-sealant; DeltonFS+), a conventional sealant (Delton), and un-coated (Control). All groups underwent thermocycling 500 cycles and pH-cycling for 5 days. Pre- and post-experiment mineral density (MD) of lesions were evaluated by micro-computed tomography (micro-CT). After the experiment, MD of the 4 material groups increased while control group decreased significantly. Percent MD change of the 4 material groups increased significantly than the control group. The highest increase of MD the caries lesion was GIC, followed by F-sealant, S-PRG sealant and conventional sealant. The percent MD change of GIC and F-sealant significant higher and deeper than the conventional sealant. However, the 3 fluoride material groups showed no significant difference. Sealants inhibited demineralization and promoted remineralization of artificial initial caries. Fluoride sealant yielded higher quantity and quality of remineralization (increase in mineral density and depth of remineralization).

Department: Pediatric Dentistry

Student's Signature

Field of Study: Pediatric Dentistry

Advisor's Signature

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันทแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธราริพัฒนานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้มีส่วนสำคัญในการช่วยเหลือดูแลและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์พิเศษ ทันทแพทย์หญิง ชุติมา ไตรรัตน์วรกุล ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ คำแนะนำและชี้แนะแนวทางแก่วิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิฐรดา พึ่งพาพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี ที่ให้คำปรึกษาด้านการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลทางสถิติตลอดการวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณมารศรี อุซชิน คุณวรรณรัตน์ จัตกุล คุณสุรรัตน์ เหลืองวรคุณ และคุณบุญส่ง บัตรพันธ์ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาของปากและศูนย์วิจัยพันธุศาสตร์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการอำนวยความสะดวกในด้านวัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จได้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่อง และแนะนำแนวทางปรับปรุงแก่วิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ทันทแพทย์ชวกฤษ ภาพรธนวัต และครอบครัว เพื่อนร่วมภาควิชาและเพื่อนร่วมคณะ ที่เป็นกำลังใจ ห่วงใย ช่วยเหลือดูแลในทุกด้าน ทั้งในเรื่องการเรียนและการดำเนินชีวิตมาโดยตลอด ประโยชน์และคุณค่าจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ทั้งที่ปรากฏนามและไม่ปรากฏนาม ซึ่งมีส่วนช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
คำถามการวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
สมมติฐานทางสถิติ.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
คำจำกัดความในการวิจัย.....	3
คำสำคัญภาษาไทย.....	3
คำสำคัญภาษาอังกฤษ.....	3
รูปแบบการวิจัย.....	4
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม.....	5
บทที่ 2 ทัศนวิจารณ์กรรม.....	6

ระบาดวิทยา.....	6
พันธุ์บริเวณหลุมร่องฟัน.....	7
รอยโรคจุดขาว (White spot lesion).....	7
บทบาทของฟลูออไรด์ต่อการคืนกลับแร่ธาตุ.....	8
การป้องกันพันธุ์บริเวณหลุมร่องฟัน.....	9
วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันประเภทกลาสไอโอโนเมอร์.....	9
วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์.....	11
การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี.....	14
การศึกษาการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุ และ/หรือการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟันของวัสดุ เคลือบหลุมร่องฟัน.....	20
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย.....	26
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	26
หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา.....	26
ขนาดตัวอย่าง.....	27
กลุ่มศึกษา.....	27
วัสดุอุปกรณ์.....	28
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	28
วิธีการดำเนินการวิจัย.....	29
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
การควบคุมอคติ.....	35
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย.....	36
ผลการศึกษา.....	36
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	42

อภิปรายผลการวิจัย.....	42
สรุปผลการวิจัย.....	46
รายการอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก.....	47
ภาคผนวก ก เอกสารผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	48
ภาคผนวก ข เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับขอพิน เพื่อใช้ในการทำวิจัย (Inform consent)....	49
ภาคผนวก ค เอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent Form).....	50
ภาคผนวก ง แสดงส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการศึกษา	51
ภาคผนวก จ รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	52
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	69

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	สารประกอบฟลูออไรด์ที่ใส่ลงในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์	14
ตารางที่ 2	การศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซิน	16
ตารางที่ 3	การศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินที่มีฟลูออไรด์	21
ตารางที่ 4	องค์ประกอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษานี้	27
ตารางที่ 5	แสดงรหัสขึ้นฟัน	31
ตารางที่ 6	สรุปวิธีการเคลือบวัสดุทั้ง 4 กลุ่มตามคำแนะนำของบริษัท	32
ตารางที่ 7	ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยและค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ย ..	36



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 อัตราการเกิดโรคฟันผุในเด็กอายุ 12 ปี	6
รูปที่ 2 ร้อยละของการผุในฟันแต่ละซี่ ของกลุ่มเด็กอายุ 12 ปี	6
รูปที่ 3 การแสดงแนวการตัดแบ่งชั้นฟัน	30
รูปที่ 4 ลักษณะของชั้นฟันตัวอย่างที่ยึดกับแท่นเรซิน	31
รูปที่ 5 แสดงกระบวนการสลัปลักษณะกรด-ต่าง	33
รูปที่ 6 ภาพแสดงการกำหนดเส้นอ้างอิงทั้งสามตำแหน่งที่ขึ้นฟันและบนแท่นเรซิน	34
รูปที่ 7 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี	38
รูปที่ 8 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์	38
รูปที่ 9 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์	39
รูปที่ 10 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์	39
รูปที่ 11 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มควบคุม	40
รูปที่ 12 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ทั้ง 5 กลุ่ม ...	41

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

โรคฟันผุจัดเป็นปัญหาสุขภาพหลักในกลุ่มประชากรเด็กไทย โดยจากการสำรวจสถานะทันตสุขภาพแห่งชาติครั้งที่ 7 พบว่าอัตราการเกิดฟันผุในชุดฟันถาวรของกลุ่มเด็กวัยเรียนช่วงอายุ 6-12 ปี มีอัตราการเกิดฟันผุที่ร้อยละ 52.3 ซึ่งผุบริเวณด้านบดเคี้ยวของฟันกรามซี่ที่ 1 สูงสุดถึงร้อยละ 68 (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคของฟันกรามถาวรซี่ 1 มีลักษณะหลุมร่องฟันลึก ประกอบกับผู้ปกครองมักเข้าใจผิดว่ายังเป็นฟันน้ำนม อาจละเลยในการดูแลเอาใจใส่ อีกทั้งฟันซี่ดังกล่าวขึ้นมาในช่วงอายุ 5.5-7 ปี (American Academy Pediatric Dentistry [AAPD], 2014-2015) ซึ่งเป็นช่วงวัยที่เด็กยังไม่สามารถดูแลตัวเองอย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ การสะสมคราบจุลินทรีย์จึงเกิดขึ้นได้ง่าย หากไม่มีการดูแลที่ดีขึ้นจะทำให้สมดุลระหว่างการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟันบริเวณนั้นเสียไป มีแนวโน้มในการสูญเสียแร่ธาตุที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดเป็นรอยผุ ซึ่งรอยผุระยะแรกในชั้นเคลือบฟันมีลักษณะขาวขุ่น หากมีการยับยั้งในการดำเนินโรคระยะแรกนี้ รอยผุจะหยุดลง และไม่ทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างหลักของเคลือบฟัน จึงช่วยป้องกันการเกิดโพรงผุที่เคลือบฟันได้ (caries cavity) แนวทางในการป้องกันและรักษารอยผุระยะแรกในปัจจุบัน คือ การเคลือบหลุมร่องฟันด้วยวัสดุชนิดเรซิน ซึ่งป้องกันคราบจุลินทรีย์สะสมบริเวณหลุมร่องฟัน ทำให้วงจรของการเกิดฟันผุหยุดลง (Ahovuo-Saloranta และคณะ, 2004; AAPD, 2016-2017; Beauchamp และคณะ, 2008; Levy, 2012)

ฟลูออไรด์ เป็นสารประกอบที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายและยาวนานในการป้องกันฟันผุ โดยการยับยั้งการสูญเสียและส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟัน (Buzalaf และคณะ, 2011; Cochrane และคณะ, 2010) จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงมีการนำสารประกอบที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์มาใช้ในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ได้แก่ การผสมเกลือโซเดียมฟลูออไรด์ การผสมวัสดุอัดแทรกที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ลงไป เช่น วัสดุอัดแทรกเอส-ฟิวอาร์จี วัสดุอัดแทรกแบเรียม-อะลูมิเนียม ฟลูออโรโบโร-ซิลิเกต หรือการเติมโคโพลิเมอร์ เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีการผสมฟลูออไรด์ลงไปนั้น สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณ 68-12 ส่วนในล้านส่วนในวันแรกของการเคลือบ และลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วันถัดมา (Dionysopoulos

และคณะ, 2016; Kaga และคณะ, 2011; Shimazu และคณะ, 2011; Wang และคณะ, 2011) เมื่อผ่านไป 1-2 ปี วัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณต่างๆ ประมาณ 0.2-1 ส่วนในล้านส่วน (Bayrak และคณะ, 2010; Chole และคณะ, 2015) การมีปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาในระดับต่างๆ แต่สม่ำเสมอภายในช่องปากประมาณ 0.1-135 ส่วนในล้านส่วนสามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันได้ (Mohammed และคณะ, 2014)

อย่างไรก็ตามแม้หลายการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์นั้นสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์สู่สภาวะแวดล้อมได้จริง แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยมานั้น ส่งผลต่อความหนาแน่นแร่ธาตุของรอยฟันที่อยู่ภายใต้วัสดุอย่างไร งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันต่อรอยฟันจำลอง โดยใช้วัสดุที่มีองค์ประกอบฟลูออไรด์ 3 ชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ วัสดุเรซินชนิดเอส-ฟิอาร์จี และวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ เปรียบเทียบกับวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ และรอยฟันที่ไม่ได้รับการเคลือบวัสดุใดๆ ภายใต้สภาวะจำลองในช่องปาก โดยประเมินผลจากค่าความหนาแน่นแร่ธาตุ (mineral density ;MD) ของรอยฟันจำลองที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วยเครื่องเอกซเรย์ไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (micro-computed tomography; micro-CT)

คำถามการวิจัย

วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่างชนิดกัน สามารถส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยฟันจำลองระยะแรกได้แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาเปรียบเทียบผลต่อการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยฟันจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิด คือ วัสดุเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนต์) กลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิเซเว่น) วัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอฟเอสพลัส) และวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน)

สมมติฐานของการวิจัย

ผลการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยฟันจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิดแตกต่างกัน

สมมติฐานทางสถิติ

- H_0 : ร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมของรอยผุจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิดไม่แตกต่างกัน
- H_A : ร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมของรอยผุจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิดแตกต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. รอยผุระยะแรกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นรอยผุจำลอง (artificial caries) ที่เตรียมจากฟันกรามน้อยของมนุษย์ที่ได้รับการถอนเพื่อเหตุผลทางการรักษาทางทันตกรรมการจัดฟัน โดยฟันต้องปราศจากรอยผุ รอยแตก รอยอุด หรือความผิดปกติของการสร้างฟัน
2. ความหนาแน่นแร่ธาตุที่วัดได้ด้วยเครื่องมือโครคอมพิวเตดโทโมกราฟีเป็นผลมาจากการเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของไฮดรอกซีอะพาไทต์บริสุทธิ์ 1,200 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
3. ทันตแพทย์ผู้วิจัยได้รับการฝึกใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

คำจำกัดความในการวิจัย

1. ความหนาแน่นแร่ธาตุ (Mineral Density) ของผิวเคลือบฟัน หมายถึง ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเมื่อเปรียบเทียบกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ โดยการวัดด้วยเครื่องเอกซเรย์ ไมโครคอมพิวเตดโทโมกราฟี (micro-computed tomography; micro-CT)
2. ความหนาแน่นแร่ธาตุของรอยผุจำลองระยะแรก หมายถึง ความหนาแน่นแร่ธาตุระดับ 0-200 ไมโครเมตรจากพื้นผิวชั้นนอกของผิวเคลือบฟัน

คำสำคัญภาษาไทย

การคืนกลับแร่ธาตุ วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีฟลูออไรด์ วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี

คำสำคัญภาษาอังกฤษ

Fluoride-containing sealant, Remineralization, S-PRG filler-containing sealant

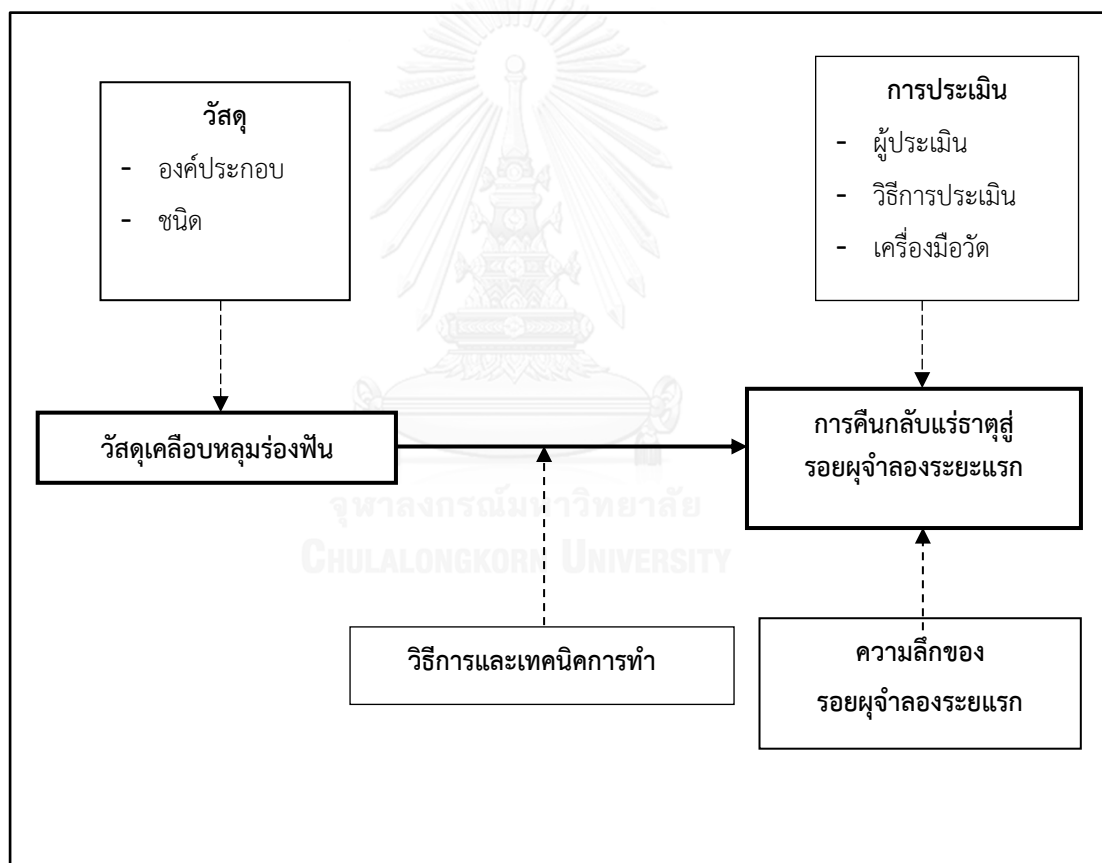
รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (In vitro study)

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยนี้ไม่สามารถนำไปสรุปผลของการคืนกลับแร่ธาตุทางคลินิกได้ เนื่องจากเป็นการศึกษาเพียงในห้องปฏิบัติการโดยผ่านกระบวนการจำลองสลับสภาวะร้อน-เย็น และกระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยทางคลินิกเพิ่มเติม

กรอบแนวคิดการวิจัย



ตัวแปรในการวิจัย

- ตัวแปรต้น คือ วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน
- ตัวแปรตาม คือ การคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ เพื่อหวังผลในการป้องกันการเกิดฟันผุและลดการลุกลามของรอยผุจำลองระยะแรก โดยอาศัยคุณสมบัติของฟลูออไรด์ในการส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟัน และนำผลจากการศึกษาวิจัยมา ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการวางแผนงานวิจัยทางคลินิก

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

วิเคราะห์ตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ดังนี้

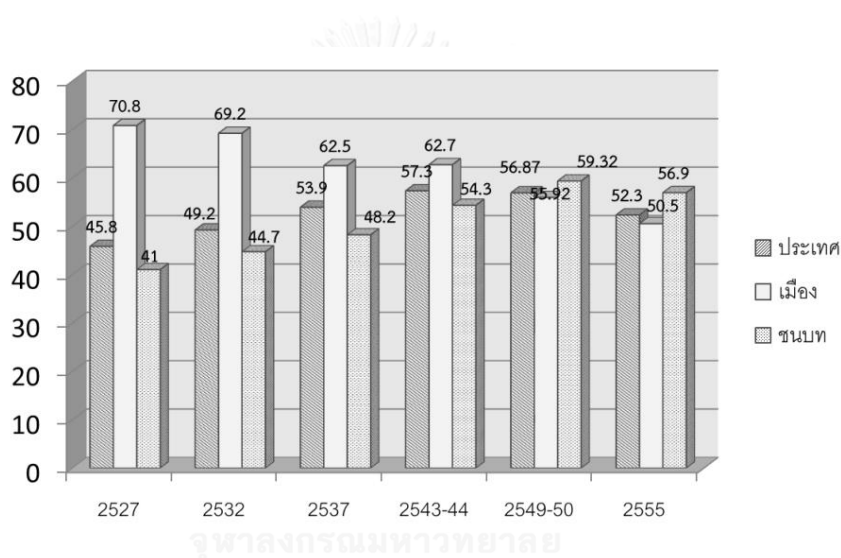
1. หลักความเคารพในบุคคล (respect for person) ผู้วิจัยต้องไม่ใช้ข้อมูลของผู้ป่วย และฟันที่นำมาใช้เป็นฟันที่ไม่สามารถระบุและเชื่อมโยงถึงผู้ป่วยได้
2. หลักการให้ประโยชน์ ไม่ก่อให้เกิดอันตราย (beneficence/non-beneficence) ผลที่ได้จะนำไปสู่การพิจารณาการเลือกใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่สามารถคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการป้องกันการเกิดฟันผุในเด็ก
3. หลักความยุติธรรม (justice) คือมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าและออกที่ชัดเจน

บทที่ 2

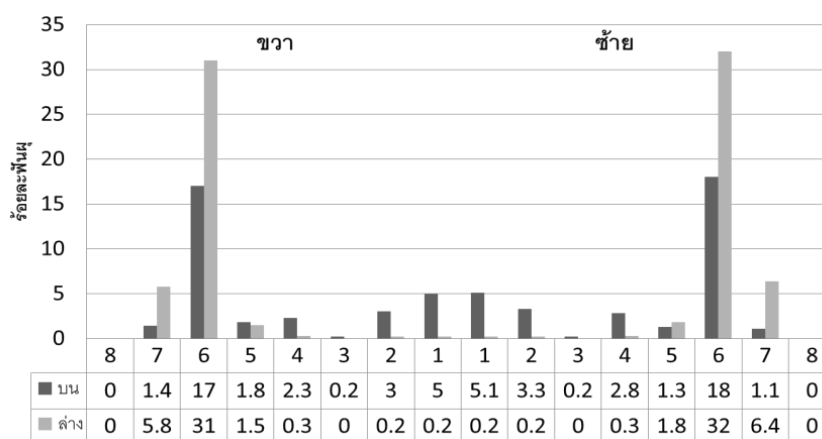
ปริทัศน์วรรณกรรม

ระบาดวิทยา

สถานการณ์โรคฟันผุในเด็กไทย จากการสำรวจสภาวะช่องปากระดับประเทศครั้งที่ 7 พ.ศ. 2551-2555 พบว่าในเด็กกลุ่มอายุ 12 ปี มีอัตราการเกิดฟันผุของฟันถาวรลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับผลการสำรวจครั้งที่ 6 คือจากร้อยละ 56.87 ลดลงเหลือเป็นร้อยละ 52.3 (รูปที่ 1) โดยพบว่าฟันกรามถาวรซี่ที่ 1 เป็นฟันที่ผุมากที่สุด (กระทรวงสาธารณสุข, 2556) (รูปที่ 2)



รูปที่ 1 อัตราการเกิดโรคฟันผุในเด็กอายุ 12 ปี (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)



รูปที่ 2 ร้อยละของการผุในฟันแต่ละซี่ ของกลุ่มเด็กอายุ 12 ปี (กระทรวงสาธารณสุข, 2556)

ฟันผุบริเวณหลุมร่องฟัน

โรคฟันผุเป็นโรคที่เกิดจากปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน ปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดฟันผุมี 3 ประการ ได้แก่ คราบจุลินทรีย์ อาหารที่เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดสลายตัวได้ และโฮสต์/ฟัน (Manton และ Hayes-Cameron, 2013) เมื่อมีการรับประทานอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต แบคทีเรียในคราบจุลินทรีย์บนเคลือบฟันจะทำการย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา ทำให้สภาวะรอบๆ มีความเป็นกรดเกิดขึ้น หากค่าพีเอชลดลงจนต่ำกว่าค่าพีเอชวิกฤต (พีเอชต่ำกว่า 5.5) จะทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟัน (Fejerskov และคณะ, 2008) แต่หากค่าพีเอชมีระดับสูงกว่าค่าพีเอชวิกฤต จะทำให้เกิดกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟัน ทั้งนี้หากมีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับแร่ธาตุ เคลือบฟันจะเกิดรอยผุขึ้น (Clarkson, 1999) จากการศึกษาพบว่าร้อยละ 90 ของฟันผุเกิดขึ้นบริเวณหลุมร่องฟันของฟันกรามด้านบดเคี้ยว (Beauchamp และคณะ, 2008) เนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคด้านบดเคี้ยวของฟันกรามมักมีหลุมร่องฟันที่ลึกและแคบ เป็นแหล่งสะสมของคราบจุลินทรีย์และเศษอาหารซึ่งยากต่อการทำความสะอาด (Condo และคณะ, 2013) การมีหลุมร่องฟันลักษณะดังกล่าวนี้ ส่งผลให้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดฟันผุ (Hicks และ Flaitz, 2005) อีกทั้งฟันซี่ดังกล่าวขึ้นมาในช่วงอายุ 5.5-7 ปี (AAPD, 2014-2015) ซึ่งเป็นช่วงวัยที่เด็กยังไม่สามารถดูแลเองได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงพอ รวมไปถึงผู้ปกครองมักเข้าใจผิดคิดว่าเป็นฟันน้ำนมจึงอาจละเลยการทำความสะอาด ทำให้ฟันกรามถาวรซี่ที่ 1 เป็นฟันที่มีความเสี่ยงต่อการผุสูง

รอยโรคจุดขาว (White spot lesion)

รอยโรคจุดขาว เป็นรอยผุระยะเริ่มแรก (initial caries) ในชั้นเคลือบฟัน ที่สามารถเห็นได้ในทางคลินิก ซึ่งมีทั้งบริเวณที่เป็นผลจากการสูญเสียแร่ธาตุและการคืนกลับแร่ธาตุ โดยเกิดจากกรดละลายเคลือบฟันด้านนอกสุด ทำให้เคลือบฟันมีลักษณะพรุนและนูนขึ้น เปิดทางให้กรดสามารถซึมผ่านเข้าไปสู่ชั้นใต้เคลือบฟัน ส่งผลให้บริเวณใต้เคลือบฟันนั้นเกิดการสูญเสียแร่ธาตุ โดยที่เคลือบฟันด้านนอกไม่เกิดเป็นโพรงฟันผุ แต่พบว่ามีรูพรุนมากกว่าเคลือบฟันปกติ ทำให้การหักเหแสงต่างจากเคลือบฟันปกติ จึงเห็นรอยผุระยะนี้เป็นสีขาวขุ่น (Zero, 1999) ซึ่งหากผิวของรอยโรคจุดขาวมีลักษณะเรียบลื่น มันวาว แสดงว่าการดำเนินของรอยโรคได้หยุดแล้ว (inactive) แต่หากมีผิวขรุขระขาวด้าน แสดงว่ารอยโรคกำลังอยู่ในช่วงลุกลาม (active) (Thylstrup และ Fejerskov, 1994)

กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization) มี 2 ขั้นตอนที่เกิดขึ้น ได้แก่ การละลายแร่ธาตุในฟัน (dissolution) และการซึมผ่าน (diffusion) โดยกระบวนการละลายแร่ธาตุนั้นเกิดจากการที่ค่าพีเอชลดต่ำกว่าค่าพีเอชวิกฤต ทำให้แคลเซียมและฟอสเฟตที่เคลือบฟันมีการละลายตัวออกมาจากกรดที่สัมผัส เมื่อบริเวณชั้นนอกของเคลือบฟันมีปริมาณของแคลเซียมและฟอสเฟตน้อยลง จึงเกิด

กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุแบบซึมผ่านขึ้น โดยเกิดจากความแตกต่างกันของความเข้มข้นแคลเซียมและฟอสเฟตภายในฟันที่มีความเข้มข้นมากกว่าบริเวณชั้นนอกของเคลือบฟันที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุจากชั้นตอนแรก ส่งผลให้กรดซึมผ่านรูพรุนที่บริเวณเคลือบฟัน ทำให้แคลเซียมและฟอสเฟตในฟันเกิดการซึมผ่านออกมายังภายนอก กระบวนการนี้จะดำเนินไปจนกว่าของเหลวในแผ่นคราบจุลินทรีย์จะมีสถานะอิ่มตัว (Patel และคณะ, 1987) และพบว่า การละลายของแร่ธาตุมักเกิดขึ้นบริเวณชั้นใต้ผิวนอกของเคลือบฟันมากกว่า เนื่องจากชั้นนอกของเคลือบฟันเกิดการตกตะกอนของแคลเซียมและฟอสเฟตในรูปแบบที่มีความคงตัวสูง อีกทั้งยังสามารถตกตะกอนร่วมกับแร่ธาตุจากแหล่งอื่นในช่องปาก เช่น ยาสีฟัน อาหาร น้ำลาย ทำให้เกิดรอยโรคที่ชั้นใต้เคลือบฟัน (subsurface lesion) (Arends และ Christoffersen, 1986)

การคืนกลับของแร่ธาตุ (Remineralization) จะเกิดขึ้นเมื่อของเหลวในคราบจุลินทรีย์อิ่มตัวด้วยแคลเซียมและฟอสเฟต อีกทั้งการทำงานของน้ำลายที่ช่วยชะล้างความเป็นกรด จนทำให้ค่ากรดต่างกลับสู่สภาวะปกติ ทำให้การละลายของแร่ธาตุหยุดลงและเริ่มมีการตกตะกอนเกิดขึ้น (reprecipitation) (ten Cate และ van Loveren, 1999)

บทบาทของฟลูออไรด์ต่อการคืนกลับแร่ธาตุ

ฟลูออไรด์มีบทบาทในการส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ โดยฟลูออไรด์ซึมเข้าสู่ผิวผลึกอะพาไทต์ และดึงแคลเซียมฟอสเฟตกลับเข้าสู่เคลือบฟัน ทำให้เกิดการสร้างแร่ธาตุใหม่บริเวณผิวผลึกอะพาไทต์ ฟลูออไรด์สามารถทำปฏิกิริยากับอะพาไทต์ได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ การแลกเปลี่ยนระหว่างฟลูออไรด์ไอออนกับไฮดรอกซีไอออน การสร้างผลึกฟลูออโรอะพาไทต์จากสารละลายที่อิ่มตัว และการละลายอะพาไทต์แล้วสร้างแคลเซียมฟลูออไรด์ การที่จะเกิดปฏิกิริยาในรูปแบบใดนั้นขึ้นกับแหล่งของฟลูออไรด์ไอออน สภาพกรด-ด่าง และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ โดยทั่วไปหากมีฟลูออไรด์ในความเข้มข้นต่ำ 0.01-10 ส่วนในล้านส่วน จะเกิดเป็นปฏิกิริยาในรูปแบบแรกและแบบที่สอง (Hicks และคณะ, 2004)

การศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า ฟลูออไรด์ช่วยเร่งการคืนกลับแร่ธาตุของรอยผุจำลองระยะแรกทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณ โดยพบว่าฟลูออไรด์ในความเข้มข้นต่ำน้อยกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (52.6 ไมโครโมลต่อลิตร) ในสารละลายสามารถทำให้เกิดการเริ่มต้นของการเปลี่ยนไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮดรต (DCPD) เป็นฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งมีความต้านทานจากการถูกรัดทำลายได้มากขึ้น โดยปกติแล้วมักพบว่ารอยโรคจุดขาวมีการคืนกลับแร่ธาตุได้ไม่สมบูรณ์ หากมีความเข้มข้นของแร่ธาตุมาก เมื่อผลึกที่เกิดขึ้นใหม่ใหญ่ขึ้นทำให้ช่องว่างระหว่างผลึกเล็กลง แร่ธาตุจึงซึมเข้าสู่ชั้นในของรอยผุได้ยากขึ้น เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุที่รอยผุได้น้อยลง (ten Cate และ Featherstone, 1991)

การป้องกันฟันผุบริเวณหลุมร่องฟัน

การเคลือบหลุมร่องฟันเป็นการป้องกันฟันผุ และควบคุมการลุกลามของฟันผุระยะแรกด้านบดเคี้ยวอย่างที่มีประสิทธิภาพที่สุด (Beauchamp และคณะ, 2008) โดยใช้วัสดุเคลือบตามหลุมร่องฟันเพื่อทำหน้าที่กีดขวาง ป้องกันการทำลายจากเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดฟันผุ และลดการสะสมคราบจุลินทรีย์ในบริเวณดังกล่าว (National Institutes of Health [NIH], 1984) ซึ่งความสามารถในการป้องกันฟันผุของวัสดุขึ้นกับการยึดติดบนเคลือบฟัน และความครอบคลุมหลุมร่องฟันได้อย่างทั่วถึง (Ahovuo-Saloranta และคณะ, 2004) ประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน แปรผันตามระยะเวลาที่วัสดุคงอยู่บนหลุมร่องฟัน (longevity of retention) และคุณภาพของการคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (degree of retention) (Mejare และคณะ, 2003; Weintraub และคณะ, 2001) การคงอยู่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันลดลงตามระยะเวลาการใช้งาน โดยลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5-10 ต่อปี (Simonsen, 1991) ซึ่งพบว่าวัสดุที่ยังคงมีการยึดติดอย่างสมบูรณ์ (complete retention) มีประสิทธิภาพป้องกันฟันผุร้อยละ 98 หากมีการหลุดไปหลงเหลือเพียงบางส่วนประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุคงเหลือที่ร้อยละ 50 และหากหลุดไปทั้งหมด (complete loss) ประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุมีเพียงร้อยละ 10 (Thylstrup และ Poulsen, 1976) ปัจจัยที่มีผลต่อการยึดติดของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันนั้นขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ตำแหน่งซี่ฟัน เทคนิค การควบคุมความชื้น ความร่วมมือของผู้ป่วย ประเภทของวัสดุ และการเตรียมเคลือบฟัน เป็นต้น (Condo และคณะ, 2013; Horowitz และ McCune, 1974)

วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมี 2 ประเภทหลัก คือ ชนิดเรซิน (resin-base sealant) ซึ่งไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และกลาสไอโอโนเมอร์ (glass ionomer cement) สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ ต่อมา มีการปรับปรุงวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินให้มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ เช่น การเติมโซเดียมฟลูออไรด์ในเรซินแมทริกซ์ การเติมสารประกอบฟลูออไรด์ในรูปแบบของวัสดุอัดแทรกผลึกแบเรียม-อะลูมิเนียม-ฟลูออโรโบโร-ซิลิเกต (barium-alumino-fluoroboro-silicate glass) วัสดุอัดแทรกเอส-พีอาร์จี (S-PRG filler) หรือ การเติมโคโพลีเมอร์ เอ็มเอฟ-เอ็มเอ็มเอ (MF-MMA copolymer) ในเรซินแมทริกซ์ เป็นต้น

วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันประเภทกลาสไอโอโนเมอร์

กลาสไอโอโนเมอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนผงและส่วนของเหลว โดยที่ส่วนผงคือผลึกฟลูออโร-อะลูมิเนียม-ซิลิเกต (fluoro-alumino-silicate glass) มีลักษณะผลึกเป็นพีระมิดฐานสามเหลี่ยม มีโครงสร้างแกน (skeletal structure) เป็นส่วนของอะลูมินาซิลิกา และมีฟลูออไรด์ไอออนล้อมรอบโครงสร้างแกน จึงทำให้ฟลูออไรด์สามารถถูกปลดปล่อยออกมาได้เมื่อเกิดปฏิกิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) ส่วนประกอบของเหลวเป็นสารจำพวกกรด ได้แก่

กรดโพลีคาร์บอกซิลิก (polycarboxylic acid) กรดโพลีอะคีโนอิก (polyakenoic acid) กรดมาลิก (maleic acid) กรดอิทาโคนิก (Itaconic acids) สามารถใช้กรดเหล่านี้ในรูปแบบของเหลว หรือผ่านกระบวนการดองน้ำออกอยู่ในรูปผง (freeze-dried powder) เพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาให้นานยิ่งขึ้น

กลาสไอโอโนเมอร์มีปฏิกิริยาการก่อตัว (setting reaction) ทางเคมีเป็นปฏิกิริยากรด-ด่าง โดยการเข้าทำปฏิกิริยาของไฮโดรเจนไอออนจากกรดที่แตกตัวเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะที่มีน้ำทำให้เกิดการปลดปล่อยไอออนอื่นๆ เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}) และฟลูออไรด์ไอออน (F^-) จากผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกต ซึ่งไอออนเหล่านี้บางส่วนจะรวมกับหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl groups) ของกรด เกิดเป็นโครงสร้างเกลือ (polyacid salts-matrix) และบริเวณพื้นผิวของผลึกมีลักษณะเจล (hydrogel structure) โดยที่แกนกลางของผลึกยังคงสภาพเดิม ปฏิกิริยาดังกล่าวจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งกลาสไอโอโนเมอร์เกิดการก่อตัวที่สมบูรณ์ อาจใช้เวลานานหลายสัปดาห์ ในระหว่างนี้กลาสไอโอโนเมอร์มีความอ่อนไหวต่อการสูญเสียน้ำ (dehydration) จึงต้องเคลือบผิวหน้าของกลาสไอโอโนเมอร์ภายหลังการบ่มเพื่อให้กลาสไอโอโนเมอร์เกิดปฏิกิริยาการก่อตัวที่สมบูรณ์ได้อย่างเต็มที่

กลไกการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของกลาสไอโอโนเมอร์นั้นประกอบด้วย 2 กลไก กลไกที่หนึ่งเป็นการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในช่วงแรกหลังการก่อตัวใน 24 ชั่วโมงแรก พบว่ามีการปลดปล่อยฟลูออไรด์อย่างรวดเร็วเป็นช่วงสั้นๆ เกิดจากการละลายตัวของผิวชั้นนอกของกลาสไอโอโนเมอร์สู่สภาวะแวดล้อมในช่องปาก (short-term reaction; Process I) โดยมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาปริมาณสูงซึ่งได้จากผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกต ในช่วงการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว (initial burst release) หลังจากนั้นจะเข้าสู่กลไกที่สอง มีลักษณะการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาปริมาณต่ำๆ คงที่เป็นเวลานาน เกิดขึ้นภายหลังการก่อตัวที่สมบูรณ์แล้ว (long term reaction; Process II) ซึ่งฟลูออไรด์ที่ได้ มาจากทั้งพื้นผิวและในโครงสร้างแกนของผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกต ขึ้นกับสภาพแวดล้อมในช่องปาก ณ ช่วงเวลานั้นมีความเป็นกรด-ด่างมากน้อยเพียงใด

วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ที่นำมาใช้เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน มีทั้งชนิดที่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ หรือนำเอาวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดที่เป็นวัสดุบ่มหรือวัสดุรองพื้นมาประยุกต์ใช้งาน วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้งานเคลือบหลุมร่องฟันโดยเฉพาะนั้น มีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกลาสไอโอโนเมอร์ทั่วไป แต่ขนาดของอนุภาคส่วนผงที่ละเอียดและเล็กลง ซึ่งมีทั้งที่เป็นกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ที่แข็งตัวด้วยปฏิกิริยาการกรด-ด่างอย่างเดียว แต่ได้ปรับให้มีเวลาในการแข็งตัวเร็วขึ้นที่ 2.5-3 นาที ตัวอย่างของวัสดุนี้ เช่น ฟุจิทรี (Fuji III) นอกจากนี้ยังมีกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (resin modified glass ionomer cement; RMGIC) เช่น ฟุจิทรีแอลซี (Fuji III LC) วัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อเป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งได้รับการพัฒนา

ล่าสุดเป็นวัสดุที่มีการแข็งตัวด้วยปฏิกิริยากรด-ด่าง โดยมีระยะเวลาการแข็งตัวที่ 2.5 นาที และถ้าฉายแสงจะช่วยทำให้แข็งตัวได้เร็วขึ้น คือแข็งตัวภายใน 1 นาทีหลังจากฉายแสงนาน 40 วินาที ตัวอย่างของวัสดุนี้ คือ ฟุจิเซเว่น ซึ่งวัสดุนี้ไม่ใช่ชนิดดัดแปลงเรซิน แต่การฉายแสงช่วยกระตุ้นเม็ดสีที่ใส่อยู่ในวัสดุเร่งปฏิกิริยากรด-ด่างให้เร็วขึ้น

ฟุจิเซเว่นมีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Gandolfi และคณะ, 2006) สามารถรับฟลูออไรด์จากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่วัสดุ และมีประสิทธิภาพในการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟันได้อีกด้วย (Trairatvorakul และคณะ, 2008) จากการศึกษาคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของฟุจิเซเว่นพบว่าในวันแรกสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้สูงสุด จากนั้นค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 7 และปลดปล่อยในระดับต่ำคงที่ และพบว่าฟุจิเซเว่นสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้สูงกว่าฟุจิไนน์ (Fuji IX) อย่างมีนัยสำคัญใน 14 วันแรก (Gandolfi และคณะ, 2006) การศึกษาถึงประสิทธิภาพในการคืนกลับแร่ธาตุของฟุจิเซเว่น พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุสู่ร่องรอยจุลช่องระยะแรกด้านประชิดเมื่อเคลือบด้วย ฟุจิเซเว่น เดลตัน ทีทเมท เอฟ-วัน และฟลูออไรด์วาร์นิช ภายใต้สภาวะจำลองการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในช่องปาก เป็นเวลา 5 วัน พบว่าสารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดพื้นที่ร่องรอยจุลช่องระยะแรกและยับยั้งการเกิดร่องรอยใหม่ในเคลือบฟันด้านประชิด คือ ฟุจิเซเว่น (Trairatvorakul et al., 2008) สอดคล้องกับการศึกษาแบบไขว้ (crossover study) เปรียบเทียบผลระหว่างของฟุจิเซเว่น กับฟลูออไรด์วาร์นิช พบว่าพื้นที่ร่องรอยเฉลี่ยของกลุ่มฟุจิเซเว่นมีขนาดเล็กกว่าฟลูออไรด์วาร์นิช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Triaratvorakul et al., 2009)

วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์

แนวความคิดในการป้องกันฟันผุตามหลุมและร่องฟันนั้นริเริ่มโดย Hyatt (1924) โดยใช้วิธีโพรไฟแลคติก โอดอนโตมี (prophylactic odontomy) เป็นการกรอเตรียมโพรงฟันให้ครอบคลุมส่วนหลุมและร่องฟันที่เสี่ยงต่อการผุเช่นเดียวกับการอุดฟันคลาส I ด้วยอมัลกัม ต่อมา Bodecker (1929) ได้ริเริ่มแนวคิดวิธีที่จะอนุรักษ์เนื้อฟันให้มากขึ้น โดยการทำความสะอาดหลุมร่องฟันด้วยการใช้เครื่องมือตรวจหาฟันผุ และกรอเปิดร่องฟันที่ลึกและแคบให้กว้างออกและนำสารออกซีฟอสเฟตซีเมนต์เคลือบปิดทับหลุมและร่องฟัน Cueto และ Buonocore (1967) ได้นำวัสดุประเภทเรซินมาใช้เป็นวัสดุในการเคลือบหลุมและร่องฟัน พบว่าสามารถลดการเกิดฟันผุด้านบดเคี้ยวได้ร้อยละ 86 นับได้ว่าเป็นการพัฒนาขั้นแรกๆของวัสดุเคลือบหลุมและร่องฟัน ต่อมา Buonocore (1970) ได้นำเรซินเหลวมาผสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการไหลแผ่ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอันเป็นพื้นฐานในการพัฒนาวัสดุเคลือบหลุมมาจวบจนถึงปัจจุบัน

โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาใช้ในการเคลือบหลุมร่องฟัน ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเรซินซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นโมโนเมอร์ประเภทยูรีเทนไดเมทาคริเลต (urethane-dimethacrylate;

UDMA) หรือ บิส-ไกลซิไดลไดเมทาคริเลต (bis-glycidyl dimethacrylate; bis-GMA) ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งสองชนิด ปัจจุบันการนำฟลูออไรด์มาผสมลงในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันจำแนก 4 ลักษณะ ได้แก่ การผสมเกลือฟลูออไรด์ การผสมฟลูออไรด์โคโพลิเมอร์ การเติมวัสดุอัดแทรกที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ และเติมฟลูออไรด์ลงในแมทริกซ์และวัสดุอัดแทรก (Ling และคณะ, 2009) (ตารางที่ 1)

ลักษณะที่ 1 การผสมเกลือฟลูออไรด์ที่ละลายน้ำได้ (soluble fluoride salt) ในแมทริกซ์

Lee และคณะ (1972) คิดค้นนำสารประกอบฟลูออไรด์ผสมกับเรซินโพลีเมอร์ยูรีเทน สารประกอบฟลูออไรด์ที่นำไปใส่ลงไป ได้แก่ โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF) อะซิดูเลตโซเดียมฟลูออไรด์ (acidulate NaF) โซเดียมฟอสเฟตฟลูออไรด์ ($\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$) มีลักษณะการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาปริมาณมากในช่วง 1-2 วันแรกหลังการเคลือบ จากนั้นปริมาณฟลูออไรด์ลดลงอย่างรวดเร็วในวันถัดมา ระยะเวลาคงอยู่ของฟลูออไรด์บริเวณเคลือบฟันพบได้ตั้งแต่ 24 ชั่วโมง-30 วัน วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้หลักการดังกล่าว ได้แก่ นูวาซีล (NuvaSeal[®]) ฟลูออโรชีลด์ (FluoroShield[®])

ลักษณะที่ 2 การผสมสารประกอบฟลูออไรด์ที่มีพันธะเคมี (organic fluoride compound chemically bound) ลงในแมทริกซ์

เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดจากการละลายตัวของสารประกอบเกลือฟลูออไรด์ ที่ผสมในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ซึ่งอาจมีผลต่อโครงสร้างของโพลีเมอร์ในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน จึงทดลองนำสารประกอบฟลูออไรด์โคโพลิเมอร์ เช่น เตตรา-บิวทิลอะมิโน-เอทิลเมทาคริเลต ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (t-butyl-amino-ethylmethacrylatehydrogen fluoride; t-BAEMA-HF) เตตราบิวทิลแอมโมเนียมเตตราฟลูออโรโบเรต (tetrabutylammonium tetrafluoroborate; TBATFB) ประกอบด้วยโคโพลิเมอร์ที่ผ่านการโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) แล้วจับกับฟลูออไรด์ไอออน ด้วยพันธะโควาเลนต์ เมื่อวัสดุสัมผัสกับความชื้นหรือกรด ฟลูออไรด์ไอออนจะถูกปลดปล่อยออกมา โดยที่โครงสร้างของโพลีเมอร์ยังคงสภาพเดิม เนื่องจากโคโพลิเมอร์ที่ผ่านการโพลิเมอไรเซชันไม่ละลายน้ำ (insoluble copolymerized work structure) มีเฉพาะส่วนฟลูออไรด์ไอออนเท่านั้นที่เกิดการแลกเปลี่ยนประจุออกไป (Rawls และ Zimmerman, 1983) มีการทดลองนำเอาฟลูออไรด์-โคโพลิเมอร์ผสมลงวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีขายตามท้องตลาด (เดลดัน) พบว่าระดับการโพลิเมอไรเซชันของวัสดุ (degree of polymerization) ไม่มีความแตกต่างจากเดิม อีกทั้งยังสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในอัตรา 0.03 มิลลิกรัมต่อวันเป็นเวลา 1 ปี โดยที่คุณสมบัติทางกายภาพ (physical property) ยังคงเดิม (Zimmerman และคณะ, 1984) ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมฟลูออไรด์ในลักษณะนี้ เช่น ทีทเมท เอฟ-วัน (Teethmate F-1[®]) คลินโปร (Clinpro[®]) เป็นต้น

ลักษณะที่ 3 การนำสารประกอบฟลูออไรด์เป็นวัสดุอัดแทรก

การใส่วัสดุอัดแทรก (ส่วนใหญ่เป็นผลึกซิลิกา) ลงในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซิน เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ลดการหดตัวและการดูดซึมน้ำลง แต่ขณะเดียวกันจะส่งผลทำให้ความหนืดสูงขึ้น (high viscosity) ซึ่งอาจมีผลให้การแทรกซึมและการไหลแผ่ลดน้อยลง แต่จากการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันระหว่างวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีและไม่มีวัสดุอัดแทรก (Reddy และคณะ, 2015) การใช้วัสดุอัดแทรกที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ เริ่มพัฒนาจากกลุ่มวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิต (Temin และ Csuros, 1988) ต่อมาจึงเริ่มนำมาใช้ในสารบอนด์ติง (bonding agent) พบว่าอัตราการยึดติดไม่แตกต่างจากสารบอนด์ติงดั้งเดิม (Sonis และ Snell, 1989) จึงนำมาพัฒนาในกลุ่มวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน วัสดุอัดแทรกที่มีความสามารถในการปล่อยฟลูออไรด์ ได้แก่ ผลึกแบเรียม-อะลูมิโน-ฟลูออโรซิลิเกต (barium-alumino-fluorosilicate glass) ผลึกฟลูออโรซิลิเกต (fluorosilicate glass) วัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี (S-PRG filler) เป็นต้น

เทคนิคการทำวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี (Surface-prereacted glass-ionomer [S-PRG] filler-technology) คือ การนำวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ส่วนผง คือ ผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกต ทำปฏิกิริยากับส่วนเหลว คือ กรดโพลีคาร์บอกซิลิก จากนั้นจึงนำส่วนผสมที่ทำปฏิกิริยากันสมบูรณ์แล้วไปอบแห้งและบดละเอียดในระดับนาโนโมเลกุล ลักษณะที่ได้คือผิวด้านนอกของวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี มีลักษณะเป็นเจล (hydrogel) ช่วยให้แกนกลางด้านในที่เป็นกลาสไอโอโนเมอร์ (ฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกต) มีความเสถียรภาพ (Ikemura และคณะ, 2008) และเคลือบผิวชั้นนอกสุดด้วยสารไซเลน (Silane coupling agent) เพื่อช่วยเป็นตัวกลางยึดเกาะระหว่างเรซินแมทริกซ์ (Sunico และคณะ, 2005) มีการใช้วัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรมหลายประเภท เช่น สารบอนด์ติง (Han และคณะ, 2006; Ikemura และคณะ, 2003) วัสดุบูรณะคอมโพสิตเรซิน (Gordan และคณะ, 2014) ยาสีฟัน (Iijima และคณะ, 2014) วาร์นิช (Shiyya และคณะ, 2012) ฐานอะคริลิกฟันเทียม (Mukai และคณะ, 2009) รวมทั้งวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน (Shimazu และคณะ, 2011) ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมฟลูออไรด์ลักษณะนี้ เช่น บิวติซีลแลนต์ (BeautiSealant®) เฮลิโอซีลเอฟ (Helioseal F®) เป็นต้น

ลักษณะที่ 4 การเติมฟลูออไรด์ในแมทริกซ์และวัสดุอัดแทรก

การเติมฟลูออไรด์ลงไปทั้งในส่วนของวัสดุอัดแทรกและแมทริกซ์ เช่น เติมวัสดุอัดแทรกแบเรียม-อะลูมิโน-ฟลูออโรโบโร-ซิลิเกต หรือ วัสดุอัดแทรกฟลูออโรซิลิเกต และเติมเกลือโซเดียม เช่น โซเดียมฟลูออไรด์ โซเดียมฟอสเฟตฟลูออไรด์ ในแมทริกซ์ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมฟลูออไรด์ลักษณะนี้ เช่น เดลตัน พลัส (Delton Plus®) เดลตันเอฟเอสพลัส (Delton FS⁺) เป็นต้น

ตารางที่ 1 สารประกอบฟลูออไรด์ที่ใส่ลงในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์

Method	Sealant	Composition		Manufacturer
		Matrix	Filler	
Soluble fluoride salt	FluroShield	5% NaF	30% Barium- alumino-borosilicate glass	Dentsply Caulk, Milford, U.S.A.
	Fissurit-F	5% NaF	25% Silica filler	VOCO, NSW, Australia
Fluoride Co-polymer	Teethmate F-1	MF-MMA	-	Kuraray, Osaka, Japan
	Clinpro	5%TBATFB	Silica filler	3M, St. Paul, USA
Fluoride-releasing filler	Helioseal F	-	40.5% fluorosilicate glass	Ivoclar Vivadent, Auckland, New Zealand
	BeautiSealant	-	30% Surface pre-reacted glass-ionomer filler	Shofu, Kyoto, Japan
Fluoride-releasing filler and matrix	Delton Plus	2% NaF	38% Barium-fluoro-borosilicate glass	Dentsply, York, USA
	Delton FS ⁺	5% NaF	55% Barium-fluoro-borosilicate glass	Dentsply, York, USA
	Fissurit- FX	2.5%NaF	55% inorganic filler	VOCO, NSW, Australia

การศึกษาเกี่ยวกับวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี

Wang และคณะ (2011) เปรียบเทียบการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิด ได้แก่ บิวติซีลแลนต์ (BeatiSealant[®]) เดลตันเอฟเอสพลัส (Delton FS⁺[®]) ทีทเมท เอฟ-วัน (Teethmate F-1[®]) และฟูจิทรี แอลซี (Fuji III LC[®]) พบว่า ฟูจิทรีแอลซี สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้ในปริมาณที่สูงกว่าวัสดุอีกสามชนิดอย่างมีนัยความสำคัญทางสถิติ ส่วนบิวติซีลแลนต์และเดลตันเอฟเอสพลัส มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่า ทีทเมท เอฟ-วัน ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณที่ต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Shimazu, Ogata, และ Karibe (2011) ศึกษาคุณสมบัติกักเก็บฟลูออไรด์จากสภาวะแวดล้อมกลับเข้าสู่วัสดุและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้อีกครั้ง (rechargeable) ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 3 ชนิด ได้แก่ บิวติซีลแลนต์ เดลตันเอฟเอสพลัส และทีทเมท เอฟ-วัน พบว่า บิวติซีลแลนต์มี

ความสามารถในการกักกลับและปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ในปริมาณที่มากกว่า เดลตันเอฟเอสพลัส และทีทเมท เอฟ-วัน อย่างมีนัยความสำคัญทางสถิติ และบิวติซิลแลนต์ สามารถเพิ่มค่าพีเอชของสภาวะแวดล้อมที่มีสภาพความเป็นกรด (ค่าพีเอช 4.0) ได้ดีกว่า ฟุจิทรี แอลซี เดลตันเอฟเอสพลัส และ ทีทเมท เอฟ-วัน ซึ่งการที่บิวติซิลแลนต์มีความสามารถในการลดความเป็นกรดของสภาวะแวดล้อมได้ดีกว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันอีก 3 ชนิด เนื่องจากไอออนที่ถูกปลดปล่อยจากวัสดุอัดแทรกที่เป็นเอส-ฟิอาร์จี นอกจากจะปลดปล่อยฟลูออไรด์แล้ว ยังมีการปลดปล่อยไอออนชนิดอื่น ได้แก่ สตรอนเทียม (strontium) โบรอน (boron) โซเดียม (sodium) ซิลิกอน (silicon) และอะลูมิเนียม (aluminium) ไอออนเหล่านี้ช่วยทำให้ค่าพีเอชสูงขึ้น จึงมีความสามารถในการลดสภาวะกรดของสภาวะแวดล้อมได้ดีกว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันตัวอื่นๆ แต่ทีทเมท เอฟ-วัน นั้นกลับทำให้สภาวะแวดล้อมมีค่าพีเอชต่ำลงเรื่อยๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kaga และคณะ (2014) ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติบัพเฟอร์ระหว่างวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ บิวติซิลแลนต์ ทีทเมท เอฟ-วัน และมีกลุ่มควบคุมเคลือบด้วยวัสดุเรซินที่ผสมผลึกซิลิกา พบว่าบิวติซิลแลนต์สามารถเพิ่มค่าพีเอชได้สูงกว่าค่าพีเอชวิกฤต (ค่าพีเอช 6.1) ในขณะที่ทีทเมท เอฟวัน มีค่าพีเอชต่ำกว่า 4 ตั้งแต่วันแรก และลดลงเรื่อยๆ (ค่าพีเอชสุดท้ายเท่ากับ 3.6) ทั้งนี้เนื่องจากทีทเมท เอฟ-วัน เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินที่มีการเติมฟลูออไรด์โคโพลิเมอร์ (MF-MMA) ลงในส่วนของเรซินเมทริกซ์ เมื่ออยู่ในสภาวะความชื้นจะเกิดการละลายตัวแล้วเปลี่ยนรูปเป็นกรดคาร์บอกซิลิก ที่ส่งผลให้มีความเป็นกรดมากขึ้น

Kawasaki และ Kambara (2014) ศึกษาการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุในเคลือบฟันชั่วคราวที่เคลือบด้วยเรซินที่มีวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี พบว่าเมื่ออยู่ในสภาวะกรดที่ค่าพีเอช 4.0 ไม่พบการละลายของแคลเซียมจากเคลือบฟัน แต่ในกลุ่มควบคุมที่เคลือบด้วยน้ำยาทาเล็บ และอีกกลุ่มที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีซิลิกา พบว่าที่บริเวณเคลือบฟันมีการสูญเสียแร่ธาตุซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Kaga และคณะ (2014) พบว่า บิวติซิลแลนต์มีปริมาณแคลเซียมละลายออกจากเคลือบฟันน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทีทเมท เอฟ-วัน วัสดุเรซินที่มีซิลิกา และฟันที่ไม่ได้เคลือบสารใดๆ Shimazu, Ogata, และ Karibe (2012) พบว่าการที่บิวติซิลแลนต์มีระบบยึดติดแบบเซลล์เอช ไพรเมอร์ (self-etching primer) จึงไม่ทำให้เกิดการสูญเสียชั้นเคลือบฟัน ในทางกลับกัน กลุ่มเดลตันเอฟเอสพลัส และทีทเมท เอฟ-วัน ซึ่งมีระบบยึดติดแบบเอทซ์ แอนด์ รินส์ (etching and rinse) พบว่ามีการสูญเสียชั้นเคลือบฟัน ขณะที่ค่าความแข็งแรงในการยึดติด (bond strength) ไม่แตกต่างจากเดลตันเอฟเอสพลัสและทีทเมท เอฟ-วัน

ตารางที่ 2 การศึกษาเกี่ยวกับการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินที่มี
เอส-ฟิอาร์จีในท้องปฏิบัติการ

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
Fluoride Release and Recharge from Different Materials Used as Fissure Sealants (Bayrak และคณะ, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fissurit F ▪ Fuji VII ▪ Fuji II LC ▪ Ionosit ▪ Aelite Flo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ GIC ▪ RMGI ▪ PMRC ▪ CF 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยพบว่า วันแรก: GIC สูงสุด ตามด้วย RMGI F-RS PMRC และ CF ตามลำดับ
Ion release and buffering capacity of S-PRG filler-containing pit and fissure sealant in lactic acid (Wang และคณะ, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ BeautiSealant (BS) ▪ DeltonFS+ (DF) ▪ Fuji III LC (FJ) ▪ Teethmate F-1 (TM) ▪ Control (silica) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S-PRG ▪ F-RS ▪ RMGI ▪ F-RS ▪ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ไอออนที่ปลดปล่อยใน 24 ชั่วโมง (ppm) BS : สตรอนเทียม (6.4) โบรอน (4.6) โซเดียม (9.2) และฟลูออไรด์ (5.6) ▪ DF : โซเดียม และฟลูออไรด์ ▪ FJ : ซิลิกอน อะลูมิเนียม โซเดียม และฟลูออไรด์ (FJ ปลดปล่อย สตรอนเทียม และโบรอนได้น้อยกว่า BS) ▪ ปริมาณฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อย (ppm): FJ (15.7) > DF (8.1) > BS (5.6) > TM (2.4) ▪ pH: เมื่อแช่ในกรดแลคติก พีเอช 4 พบว่าเมื่อผ่านไป 6 ชม. BS (5.82) > FJ (5.20) > DF (5.15) เมื่อผ่านไป 24 ชม. BS (6.20) > DF (5.84) > FJ (5.39) ขณะที่ TM และ Control ค่าพีเอชลดลงน้อยกว่าพีเอชวิกฤต (3.54 และ 4.13 ตามลำดับ)

หมายเหตุ

- RS (resin sealant) หมายถึง วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซิน
- F-RS (fluoride resin sealant) หมายถึง วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์
- RMGI (resin modified glass ionomer) หมายถึง วัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลง
- PMRC (polyacid modified composite resin) หมายถึง วัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดดัดแปลง
- CF (composite flow) หมายถึง วัสดุบูรณะฟันชนิดคอมโพสิตเรซิน
- GIC (glass ionomer cement) วัสดุชนิดกระจกไอโอโนเมอร์

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
Mechanical properties and ion release of S-PRG filler containing pit and fissure sealant (Kaga และคณะ, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> ■ BeautiSealant (BS) ■ Delton FS⁺ (DF) ■ Teethmate F-1 (TM) ■ Fuji III LC (FJ) ■ Experiment silica sealant (Ex-S) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ S-PRG ■ F-RS ■ F-RS ■ RMGI ■ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ทดสอบความแข็งแรง (tensile strength; TS) พบว่าหลังแช่น้ำไป 4 สัปดาห์ ความแข็งแรงของ BS < DF (p<0.05) แต่ทั้งสองมีความแข็งแรงมากกว่า TM และ FJ ทุกช่วงเวลา (p<0.05) ■ SEM: แสดงถึงบริเวณที่มีการแยกออกหลังทดสอบความแข็งแรง พบว่า ส่วนใหญ่แล้วจะพบมีการแยกออกในบริเวณของ filler และ matrix ในกลุ่มที่เป็นวัสดุเรซิน ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันของอัตราการหดตัวของ filler กับ matrix ส่วนใน FJ นั้นพบว่าผลึกกลาสไอโอโนเมอร์มีการจับกันแน่นกับพื้นผิวของ matrix มากกว่า ■ ปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ระยะเวลา 12 สัปดาห์ : FJ > Ex-S (p<0.05) ในช่วงสัปดาห์ที่ 1: DF > BS (p<0.05) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากนั้น ■ ไอออนที่ปลดปล่อยใน 24 ชม. (ppm): <ul style="list-style-type: none"> — โบรอน: BS (4.3) > DF (1) > FJ (0.7) TM ไม่มี — สตรอนเทียม : FJ (6.4) > BS (2) ไม่พบสตรอนเทียมใน DF — แบริียม : DF (3.9) วัสดุอื่นไม่พบ — ซิลิกอน : FJ (33.4) > BS (0.3) > DF (0.2) = TM (0.2) — ฟลูออไรด์: FJ (15.8) > BS (6.1) > DF (9.2) = TM (2.7)



ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler (Shimazu และคณะ, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> ■ BeautiSealant (BS) ■ Delton FS⁺ (DF) ■ TeethMate F-1 (TM) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ S-PRG ■ F-RS ■ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (ppm±SD): วันที่ 1 DF (45.80±5.46) > BS (12.60±1.19) > TM (4.66±0.82) ■ ปริมาณในการกักเก็บฟลูออไรด์ (ppm): หลัง 18 วัน แช่ใน NaF 1000 ppm BS (1.10) > DF (0.72) > TM (0.65) หลัง 20 วัน แช่ใน NaF 9000 ppm BS (11-15) > DF (3-4) > TM (0.8-0.9), (p<0.05)
Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler containing dental sealant (Kaga และคณะ, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ■ BeautiSealant (BS) ■ Teethmate F-1 (TM) ■ Experiment silica sealant (Ex-S) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ S-PRG ■ F-RS ■ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ไอออนที่ปลดปล่อย (µg/ml±SD): BS : โซเดียม (13.03±0.58) สตรอนเทียม (10.80±0.33) ฟลูออไรด์ (7.53±0.80) โบรอน (5.16±0.32) อะลูมิเนียม (2.06±0.07) และ ซิลิกอน (1.79±0.05) TM: ฟลูออไรด์ (7.85±0.78) Ex-S: ซิลิกอน (0.21± 0.01) ■ แคลเซียมที่ละลายจากเคลือบฟัน (µg/ml±SD): TM (27.9±9.0) > control (6.4±4.3) > Ex-S (5.5±4.5) > BS (2.0±2.5) ■ pH: ภายใน 1 วัน BS สามารถเพิ่มค่าพีเอชให้มากกว่าค่าพีเอชวิกฤต (พีเอช 6.1) Ex-S ต้องใช้เวลาสามวันจึงจะเพิ่มค่าพีเอชได้ 5.5 และ TM พบว่าค่าพีเอชลดลงเรื่อยๆ จากค่าพีเอช 4 ลดลงเป็น 3.6 ในวันแรก และคงที่ที่พีเอชต่ำกว่า 4 ตลอดหกวัน

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
Comparative Evaluation of the Fluoride Release and Recharge through Four Different Types of Pit and Fissure Sealants: An In Vitro Study (Chole และคณะ, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aelite Flo (AF) ■ Fissurit FX (FF) ■ BeautiSealant (BS) ■ Fuji VII (FVII) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ CF ■ F-RS ■ S-PRG ■ GIC 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (ppm±SD) : พบว่ามีการปลดปล่อยมากในวันแรกโดย FVII (15.66±0.68) > BS (5.82±0.53) > FF (2.73±0.38) > AF (0.20±0.002), (p<0.05) ■ ปริมาณในการกักเก็บฟลูออไรด์ (ppm±SD): แซ่ 0.2% NaF FVII (6.32±0.73) > BS (2.58±0.64) > FF (1.098±0.34) > AF (0.19±0.002), (p<0.05)
Fluoride release and recharging ability of new dental sealants (Dionysopoulos และคณะ, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Teethmate F-1 (TM) ■ Fissurit F (FF) ■ BeautiSealant (BS) ■ FX-II (FXII) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ F-RS ■ F-RS ■ S-PRG ■ GIC 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (µg/cm²±SD): 28 วัน FXII (408.6±45.66) > TM (89.45±12.32) > FF (68.62±8.72) > BS (33.32±4.91), (p<0.05). ■ ปริมาณในการกักเก็บฟลูออไรด์ (µg/cm²±SD): หลัง 28 วันแซ่ 0.05% NaF พบว่า FXII (99.53±13.21) > TM (9.76±1.62) > BS (5.69±0.89) > FF (4.76±0.72), (p<0.05)
Comparative study of fluoride released and recharged from conventional pit and fissure sealants versus surface prereacted glass ionomer technology (Salmerón-Valdés และคณะ, 2016)	<ul style="list-style-type: none"> ■ BeautiSealant (BS) ■ Clinipro (CP) ■ Helioseal F (HF) ■ UltraSeal XT plus (US) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ S-PRG ■ F-RS ■ F-RS ■ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (ppm±SD): พบว่ามีการปลดปล่อยมากในวันแรกโดย BS (5.1±1.1) > US (4.8±1.1) > HF (3.0±1.0) > CP (2.7±0.6), (p<0.05) ■ ปริมาณในการกักเก็บฟลูออไรด์: หลัง 60 วัน แซ่ใน NaF 300 ppm 1 นาที พบว่าวัสดุทุกตัวมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์เท่าเดิมคือประมาณ 1.0 ppm

การศึกษาการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุ และ/หรือการคืนกลับแร่ธาตุสู่เคลือบฟันของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน

■ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มวัสดุกลาสไอโอไอโนเมอร์กับวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์

Hicks และ Flaitz (1992) ศึกษาผลของวัสดุที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อรอยผุจำลองด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ พบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (ฟลูออโรซิลด์) และกลาสไอโอไอโนเมอร์ (คีแทคฟิล) มีความลึกของรอยผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับรอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lobo และคณะ (2005) พบว่า รอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุกลาสไอโอไอโนเมอร์ชนิดดัดแปลง (วิทริเมอร์) สูญเสียความแข็งผิวน้อยที่สุด (cross-sectional micro-hardness) เมื่อเทียบกับวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (คลินโปร) และไม่มีฟลูออไรด์ (คอนไซส์) ที่ระดับความลึกที่ 10 และ 20 ไมโครเมตรจากเคลือบฟัน (ระดับเคลือบฟันทั้งสามกลุ่มไม่พบความแตกต่างของความแข็งผิว) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Salar และคณะ (2007) พบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุกลาสไอโอไอโนเมอร์ (ฟูจิ ไทรเอจ) มีความลึกของรอยผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับรอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (โปรซิล) และไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) นอกจากนี้ยังพบว่า กลุ่มวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (โปรซิล) มีความลึกของรอยผุลดลงมากกว่ากลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

■ เปรียบเทียบระหว่างวัสดุเรซินที่มีและไม่มีฟลูออไรด์

Jensen และคณะ (1990) ศึกษาผลของวัสดุเรซินที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อรอยผุจำลองด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ พบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (ฟลูโรซิลด์) มีขนาดเล็กกว่ากลุ่มที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (พริสมาซิลด์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Hicks และคณะ (2000) ศึกษาผลของวัสดุที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อความลึกของรอยผุจำลองด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ พบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (ฟิสสุริท-เอฟ) มีความลึกของรอยผุลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับรอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (ฟิสสุริท) Vatanatham และคณะ (2006) พบว่ารอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุที่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน พลัส และเฮลิโอซิล เอฟ) มีการสูญเสียความแข็งผิวน้อยกว่ากลุ่มวัสดุที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน และเฮลิโอซิล) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 การศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันฟันผุของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันเรซินที่มีฟลูออไรด์ใน
ห้องปฏิบัติการ

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
1. The effect of sealant application and sealant loss on caries-like lesion formation <i>in vitro</i> (Hicks และ Silverstone, 1982)	▪ Delton	▪ RS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ประเมินผลด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ▪ ไม่พบว่ามียรอยเกิดขึ้นบริเวณที่อยู่ใต้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน ▪ เรซินแท้ก็สามารถต้านการลุกลามของรอยผุได้
2. Effects of a fluoride-releasing fissure sealant on artificial enamel caries (Jensen และคณะ, 1990)	▪ FluoroShield ▪ PrismaShield	▪ F-RS ▪ RS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ประเมินผลด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์และวัดขนาดและความลึกของรอยผุด้วย sonic digitalizing pad ▪ ขนาดและความลึกของรอยผุในกลุ่มเรซินฟลูออไรด์เล็กกว่ากลุ่มที่ไม่มีฟลูออไรด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)
3. Caries-like lesion formation around fluoride-releasing sealant and glass ionomer (Hicks และ Flaitz, 1992)	▪ FluoroShield ▪ PrismaShield ▪ Ketac-Fil	▪ F-RS ▪ RS ▪ GIC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ พบว่า F-RS และ GIC มีความลึกของรอยผุลดลงเมื่อเทียบกับ RS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ▪ ฟลูออไรด์ในวัสดุช่วยป้องกันการเกิดฟันผุบริเวณที่บูรณะและบริเวณใกล้เคียง
4. Fluoride-releasing sealant and caries-like enamel lesion formation <i>in vitro</i> (Hicks และคณะ, 2000)	▪ Fissurit-F ▪ Fissurit	▪ F-RS ▪ RS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ กลุ่ม F-RS รอยผุจำลองมีความลึกลดลงกว่ากลุ่ม RS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ▪ การลุกลามของรอยผุกลุ่ม F-RS น้อยกว่า RS แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
5. Fluoride-releasing capacity and cariostatic effect provide by sealants (Lobo และคณะ, 2005)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vitremer ▪ Clinpro ▪ Concise 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RMGI ▪ F-RS ▪ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RMGI ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้สูงสุด ($p < 0.01$) กักเก็บฟลูออไรด์ได้สูงสุด ($P < 0.05$) และการสูญเสียแร่ธาตุต่ำที่สุด ($p < 0.05$) ▪ F-RS และ RS ลดการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีกว่าการไม่เคลือบ ▪ ไม่พบการกักเก็บฟลูออไรด์ในกลุ่ม RS
6. Effect of fluoride- and nonfluoride-containing resin sealants on mineral loss of incipient artificial carious lesion (Vatanatham และคณะ, 2006)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delton ▪ Delton plus ▪ Helioseal ▪ HeliosealF 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RS ▪ F-RS ▪ RS ▪ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ การสูญเสียแร่ธาตุ: เดลตัน > เดลตันพลัส > เฮลิโอซีล > เฮลิโอซีลเอฟ ($p > 0.05$) ▪ การเคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์และไม่มีฟลูออไรด์มีค่าการสูญเสียแร่ธาตุเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$)
7. Potential inhibition of demineralization in vitro by fluoride-releasing sealants (Salar และคณะ, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ProSeal ▪ Delton ▪ FujiTriage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ RS ▪ GIC 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ความลึกของรอยผุใน F-RS ลดลงมากกว่า RS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่น้อยกว่า GIC ($p < 0.05$)
8. Active Management of Incipient Caries and Choice of Materials (Trairatvorakul และคณะ, 2008)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Delton ▪ TeethmateF-1 ▪ Duraphat ▪ Fuji VII 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RS ▪ F-RS ▪ F-varnish ▪ GIC 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการลดการลุกลามของรอยผุจำลองได้ดีที่สุดคือ GIC รองลงมาคือ F-varnish > F-RS > RS ▪ GIC และ F-varnish พบว่าลดขนาดของรอยผุบริเวณใกล้เคียงได้
9. Enamel Remineralization by Fluoride-Releasing Materials: Proposal of a pH-Cycling Model (Rodrigues และคณะ, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FluroShield ▪ Vitremer ▪ Vitremer dilute ▪ Z100 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ RMGI ▪ RMGI-dilute ▪ RC 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ พบว่าค่าความแข็งผิว Vitremer dilute > Vitremer > FluroShield > Z100 ▪ รอยผุที่อยู่ในระยะที่ใกล้กับวัสดุมีปริมาณฟลูออไรด์และความแข็งผิวมากกว่าระยะไกล

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
10. In situ evaluation of the remineralizing capacity of pit and fissure sealants containing amorphous calcium phosphate and/or fluoride (Silva และคณะ, 2010)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ FluroShield ▪ Aegis ▪ Experiment sealant+F (ESF) ▪ Experiment APC+F sealant (ACP-F) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ ACP ▪ F-RS ▪ F+ ACP 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ทั้ง 4 กลุ่มสามารถคืนกลับแร่ธาตุแก่รอยผุได้โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมากกว่ากลุ่มที่เคลือบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ▪ ทั้งนี้การผสม ACP+F ไม่ได้ช่วยเสริมคุณสมบัติในการคืนกลับแร่ธาตุ โดยพบว่า ESF สามารถคืนกลับแร่ธาตุได้สูงสุด
11. Ultrasonic investigation of the effect of S-PRG filler-containing coating material on bovine tooth demineralization (Murayama และคณะ, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S-PRG 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ เคลือบฟันและเนื้อฟันของกลุ่ม S-PRG มีการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุและลักษณะที่น้อยกว่ากลุ่ม (sound tooth group , demineralization group)
12. Evaluation of the remineralization potential of amorphous calcium phosphate and fluoride containing pit and fissure sealants using scanning electron microscopy (Choudhary และคณะ, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aegis (AG) ▪ TeethmateF1 (TM) ▪ Concise (CC) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ACP ▪ F-RS ▪ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AG และ TM พบ white zone (บริเวณที่มีการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุ) ขณะที่ไม่สามารถสังเกตได้ชัดเจนใน CC
13. Caries-Preventive Effect of Fissure Sealant Containing Surface Reaction-Type Pre-reacted Glass Ionomer Filler and Bonded by Self-etching Primer (Shimazu และคณะ, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ BeautiSealant ▪ Delton FS+ ▪ TeethmateF-1 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ F-RS ▪ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ การใช้ S-PRG primer พบว่ายังคงทำให้เคลือบฟันคงอยู่ในสภาพปกติโดยไม่ทำให้ความแข็งแรงในการยึดติดน้อยลง

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
14. Inhibition of enamel mineral loss by fissure sealant: An in situ study (Kantovitz และคณะ, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fluoroshield ▪ Helioseal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fluoroshield สูญเสียความแข็งแรงน้อยกว่า helioseal ▪ วัสดุทั้งสองชนิดมีความแนบไม่แตกต่างกัน
15. Effects of a filled fluoride-releasing enamel sealant versus fluoride varnish on the prevention of enamel demineralization under simulated oral conditions (Abdel-Haffiez และคณะ, 2013)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pro-Seal ▪ Flour Protector 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ F-varnish 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ รอยผุของกลุ่ม F-RS ตื้นกว่า F-varnish และ control (p<0.05) ▪ การใช้ F-RS ช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีกว่า F-varnish ▪ F-RS และ F-varnish สามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีกว่ากลุ่ม control
16. Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler containing dental sealant (Kaga และคณะ, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beautisealant (BS) ▪ Experiment silica sealant (Ex-S) ▪ TeethmateF-1 (TM) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ RS ▪ F-RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ BS มีความสามารถเพิ่มค่าพีเอชได้ดีกว่า Ex-S ▪ S-PRG ในBS ป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุด้วยคุณสมบัติบัฟเฟอร์
17. Effects of Ion-Releasing Tooth-Coating Material on Demineralization of Bovine Tooth Enamel (Kawasaki และ Kambara, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ S-PRG filler ▪ Non-S-PRG filler 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ RS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ค่าการสูญเสียแร่ธาตุพบว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เคลือบวัสดุใด ๆ มีการสูญเสียแร่ธาตุสูงสุด รองลงมาคือกลุ่ม non-S-PRG และ S-PRG-filler sealant ▪ ไม่พบว่ามีการเคลือบไอออนละลายออกมาในกลุ่ม S-PRG group

ชื่อเรื่อง (ผู้แต่ง,ปี)	ผลิตภัณฑ์	ประเภท	ผลการศึกษา
18. Effect of fluoride-releasing fissure sealants on enamel demineralization (Nakamura และคณะ, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teethmate F-1 (TM) ▪ BeatiSealant (BS) ▪ Fuji IIIIC (FJ) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F-RS ▪ F-RS ▪ RMGI 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ การสูญเสียแร่ธาตุ FJ<BS<TM<Control ▪ SEM: เคลือบผิวฟันของ TM และ Control ขรุขระกว่า FJ และ BS ▪ F, S release: FJ>BS>TM ▪ pH: TM มีค่าพีเอชต่ำลงเรื่อยๆ (<5) ขณะที่ BS และ FJ ยังคงค่าพีเอชเดิม (6.3)

หมายเหตุ

- RS (resin sealant) หมายถึง วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซิน
- F-RS (fluoride resin sealant) หมายถึง วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์
- RMGI (resin modified glass ionomer) หมายถึง วัสดุกระจกไอออนเมอร์ชนิดดัดแปลง
- RB (resin bonding) หมายถึง วัสดุยึดติดชนิดเรซิน
- RC (resin composite) หมายถึง วัสดุบูรณะฟันชนิดคอมโพสิตเรซิน
- ACP (amorphous calcium phosphate) หมายถึง วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันชนิดเรซินที่มีอะมอร์ฟัสแคลเซียมฟอสเฟต
- GIC (glass ionomer cement) วัสดุชนิดกระจกไอออนเมอร์

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรเป้าหมาย (Target population)

ฟันกรามน้อย ที่ผิวเคลือบฟันด้านประชิดปกติ

2. ประชากรที่ศึกษา (Study population)

ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่ได้รับการถอนเพื่อเหตุผลทางการแพทย์ ทางทันตกรรมจัดฟัน โดยผิวเคลือบฟันด้านประชิดปราศจากรอยผุ รอยแตก ร้าว รอยอุด หรือลักษณะที่ผิดปกติต่างๆ ได้แก่ รอยโรคจุดขาว ฟันเปลี่ยนสี หรือมีรอยขรุขระเป็นหลุมที่เป็นลักษณะของฟันตกกระ (dental fluorosis)

3. กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (Study sample)

ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่มีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์คัดเข้าในการเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

หลักเกณฑ์ในการเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ฟันที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้จากการรวบรวมโดยผ่านการอนุมัติจากที่ประชุมคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์การคัดเข้า

ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่ปราศจากรอยผุ รอยแตก รอยอุด ไม่มีความผิดปกติในการสร้างฟัน เช่น ฟันตกกระ ไฮโปเพลเซีย (hypoplasia) และมีพื้นที่ด้านประชิดที่ใช้ในการทำวิจัยไม่น้อยกว่า 2x3.5 ตารางมิลลิเมตร (กว้างxยาว) ในแนวระนาบ

เกณฑ์การคัดออก

ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่มีรอยผุ รอยแตก รอยอุด มีความผิดปกติในการสร้างฟัน เช่น ฟันตกกระ ไฮโปเพลเซีย (hypoplasia) หรือมีพื้นที่ด้านประชิดที่ใช้ในการทำวิจัยน้อยกว่า 2x3.5 ตารางมิลลิเมตร (กว้างxยาว) ในแนวระนาบ

ขนาดตัวอย่าง

จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มการศึกษาได้จากการประมาณ เนื่องจากไม่เคยมีการศึกษาถึงผลการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบิวติซีลแลนต์ เดลตันเอฟเอสพลัส และเดลตัน โดยการหาค่าความหนาแน่นด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีมาก่อน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาผลของวัสดุต่อการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรกในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ใช้ตัวอย่าง 10-20 ชิ้นตัวอย่างต่อกลุ่ม (Agnihotri และคณะ, 2011; Iijima และคณะ, 1999; Shen และคณะ, 2001; Shetty และคณะ, 2014; Tantaseti, 2013) การศึกษาคั้งนี้จึงเลือกใช้จำนวนตัวอย่างต่อกลุ่มเท่ากับ 15 ชิ้นตัวอย่างต่อกลุ่ม

กลุ่มศึกษา

1. รอยผุจำลองระยะแรกที่เกิดด้วยวัสดุชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิวอาร์จี (บิวติซีลแลนต์)
2. รอยผุจำลองระยะแรกที่เกิดด้วยวัสดุชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิเซเวน)
3. รอยผุจำลองระยะแรกที่เกิดด้วยวัสดุชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอฟเอสพลัส)
4. รอยผุจำลองระยะแรกที่เกิดด้วยวัสดุชนิดเรซินดั้งเดิม (เดลตัน)
5. รอยผุจำลองระยะแรก

องค์ประกอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ใช้ในงานวิจัยแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษานี้

ชื่อ	องค์ประกอบหลักทางเคมี		บริษัทผู้ผลิต
	แมทริกซ์	วัสดุอัดแทรก	
FujiVII	Liquid: polyacrylic acid, polybasic carboxylic acid	Powder : Fluoroaluminium silicate glass	GC Corp. Tokyo, Japan
BeautiSealant	UDMA, TEGDMA	30% S-PRG filler	Shofu Kyoto, Japan
Delton FS+	Bis GMA, TEGDMA, 5% Sodium Fluoride	55% Barium alumino fluoroboro silicate glass filler	Dentsply York, USA
Delton	Dimethacrylates, Titanium dioxide, Ethyl 4 dimethylaminobenzoate	1-10% Dichlorodimethyl Silane-, reaction products with silica	Dentsply York, USA

วัสดุอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชร ชนิดความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine, ISOMET 1000, Buehler, USA)
2. เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, DPS 3200, IMPTECH)
3. กระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท
4. เทปโฟมกาวสองหน้า (Scotch, USA)
5. หลอดฉีดยาพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง (plastic syringe) ขนาด 25 มิลลิเมตร
6. แบบหล่อซิลิโคน
7. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereomicroscopy, TERUMO, Japan)
8. หลอดไมโครเซนทริฟิวจ์ (Micro centrifuge tube) ขนาด 1.5 มิลลิลิตร
9. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH meter, 420, ORION)
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก (Balance, BP1105, SARTORIUS)
11. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พร้อมเครื่องเขย่า (Orbital Shaker, IKA LABORATECHNIK, STAUFEN, Germany)
12. เครื่องเขย่าศูนย์กลาง (Orbital Shaker, IKA LABORATECHNIK, STAUFEN, Germany)
13. เครื่องกวนแบบแตกตัว (Homogeniser, Ultra-Turrax T8, IKA LABORATECHNIK, STAUFEN, Germany)
14. นาฬิกาจับเวลา
15. เครื่องฉายแสง ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร (Curing Light LED, 3M ESPE, USA)
16. ปีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร
17. กระบอกตวง ขนาด 10 มิลลิลิตร
18. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Micro-computed tomography, μ CT 35, Scanco, Swizerland)
19. โปรแกรมคอมพิวเตอร์: อิมเมจ (Image 1.32, Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, USA)
20. โปรแกรมคอมพิวเตอร์: เอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 17 (SPSS version 17.0, SPSS Inc., USA)

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. ชุดเคลือบหลุมร่องฟันบิวติซีลแลนต์ (BeautiSelant; Shofu Kyoto, Japan)
2. ชุดเคลือบหลุมร่องฟันเดลตันเอฟเอสพลัส (Delton FS⁺; Densply York, USA)
3. ชุดฟูจิเซเว่น (Fuji VII; GC Corporation, Tokyo, Japan)
4. ชุดเคลือบหลุมร่องฟันเดลตัน (Delton; Densply York, USA)
5. สารละลายที่ใช้ทำรอยจุลกล้อง (ภาคผนวก ง)
6. สารละลายทำให้สูญเสียแร่ธาตุ (Demineralization solution) (ภาคผนวก ง)
7. สารละลายทำให้คืนกลับแร่ธาตุ (Remineralization solution) (ภาคผนวก ง)
8. สารละลายยาสีฟัน (ภาคผนวก ง)
9. น้ำลายเทียม (ภาคผนวก ง)
10. น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.9
11. น้ำปราศจากไอออน
12. น้ำกลั่น
13. อีพ็อกซีเรซินใส
14. น้ำยาทาเล็บสีแดง (Revlon, USA)

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมชิ้นฟันตัวอย่าง

1. ทำความสะอาดฟัน

นำฟันมาล้างคราบเลือดและน้ำลาย ขัดด้วยหัวขัดยาง (rubber cup) ร่วมกับผงขัดปราศจากฟลูออไรด์ (pumice) แล้วเก็บในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.9

2. การเลือกชิ้นฟันตัวอย่าง

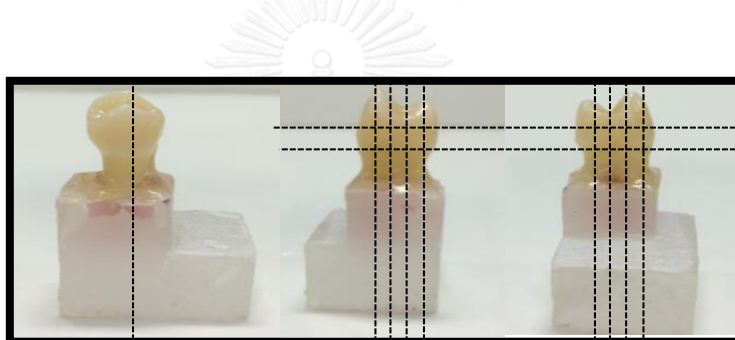
นำฟันมาตรวจดูด้วยกล้องสเตอริโอกำลังขยาย 40 เท่า เพื่อคัดเลือกตัวอย่างฟันที่ไม่มีรอยผุ รอยอุด รอยแตกร้าว หรือรอยความผิดปกติอื่นๆ ของเคลือบฟัน

3. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

คัดฟันกรามน้อยมาทั้งหมด 30 ซี่ ขัดผิวเคลือบฟันบริเวณกึ่งกลางขึ้นฟันด้านใกล้กลาง (mesial) และไกลกลาง (distal) ด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 600 กริท (grit) ร่วมกับเครื่องขัดฟันความเร็ว 100 รอบต่อวินาที 15 วินาที เพื่อให้เกิดพื้นผิวมีลักษณะ

ราบเรียบเสมอกัน (Trairatvorakul, Kladkaew, and Songsiripradabboon, 2008) ทำการตัดแบ่งฟันในแนวแก้ม-ลิ้น (bucco-lingual) ด้วยเครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ ได้ชิ้นส่วนฝั่งใกล้กลาง (mesial half) และฝั่งไกลกลาง (distal half) 2 ส่วนเท่าๆ กัน (รูปที่ 3) จากนั้นทำการตัดแบ่งแต่ละด้านเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ขนาด 1X2x3 ตารางมิลลิเมตร (กว้างxยาวxหนา) และอยู่ระดับเดียวกัน คือกึ่งกลางฟัน (middle 1/3) (รูปที่ 3)

จากนั้นนำชิ้นฟันฝังในแท่นเรซิน ซึ่งสร้างรอยบากที่ด้านซ้ายของแท่นเรซินขนานกับผิวเคลือบฟันด้านที่เป็นช่องหน้าต่างต่างต่ำลงมา 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นเส้นอ้างอิงในขั้นตอนวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เอกซเรย์ทอมोगราฟี ทาน้ำยาทาเล็บด้านอื่นๆ ยกเว้นช่องหน้าต่างเคลือบฟัน (window area)



ก. มุมด้านใกล้แก้ม ข. มุมด้านใกล้กลาง ค. มุมด้านไกลกลาง

รูปที่ 3 การแสดงแนวการตัดแบ่งชิ้นฟัน (ก. ข. และค.)

4. การสร้างรอยฟุ่จำลอง

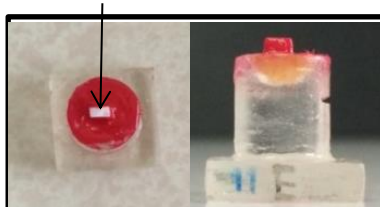
การสร้างรอยฟุ่จำลองระยะแรก (รอยโรครจุดขาวจำลอง) โดยแช่ชิ้นฟันในสารละลายที่ใช้ทำรอยฟุ่จำลองค่าพีเอช 4.8 (ภาคผนวก ง) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร/ชิ้นบรรจุในภาชนะที่มีฝาปิด ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส และเขย่าด้วยจำนวน 100 รอบ/นาที เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกวันเป็นเวลา 14 วัน เพื่อสร้างรอยฟุ่จำลองที่มีความลึกประมาณ 150 - 200 ไมโครเมตร (White, 1987)

การจัดกลุ่มศึกษา

นำชิ้นฟันที่สร้างรอยฟุ่จำลองแล้ว จับฉลากสุ่มเลือกชิ้นฟันตัวอย่าง 5 ชิ้นจากฟันซี่เดียวกัน เข้ากลุ่มศึกษา 5 กลุ่ม โดยกลุ่ม A คือ บิวติซิลแลนต์ กลุ่ม B คือ ฟุ่จิเซเว่น กลุ่ม C คือ เดลตันเอฟเอสพลัส กลุ่ม D คือ เดลตัน และกลุ่ม E คือ กลุ่มควบคุมที่รอยฟุ่จำลองไม่ได้เคลือบด้วยวัสดุใด

โดยกำหนดให้อักษรอังกฤษ A ถึง E แสดงกลุ่มศึกษาตามลำดับ และเลข 1-15 แสดงถึงซี่ฟัน เช่น 11E หมายถึง ซี่ฟันในกลุ่มควบคุมที่รอยฟุจจำลองไม่ได้เคลือบด้วยวัสดุใดและมาจากฟันซี่ที่ 11 (รูปที่ 4 และตารางที่ 5)

ช่องหน้าต่าง 1x2 ตารางมิลลิเมตร



ก. มุมด้านบน

ข. มุมด้านหน้า

รูปที่ 4 ลักษณะของซี่ฟันตัวอย่างที่ยึดกับแท่นเรซิน พร้อมเคลือบด้วยน้ำยาทาเล็บโดยรอบ เว้นส่วนหน้าต่างนำไปผ่านการทำรอยฟุจจำลอง (ก. และข.)

ตารางที่ 5 แสดงรหัสซี่ฟัน

ฟันซี่ที่ กลุ่ม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A
B	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B
C	1C	2C	3C	4C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	12C	13C	14C	15C
D	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	11D	12D	13D	14D	15D
E	1E	2E	3E	4E	5E	6E	7E	8E	9E	10E	11E	12E	13E	14E	15E

วิธีการเคลือบวัสดุบนรอยฟุจจำลอง

ทำการพินิวัสดุบนรอยฟุจจำลองตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต (ตารางที่ 6) ดังนี้

กลุ่ม A: บิวติซีลแลนต์ ทำการเคลือบด้วยบิวติซีลแลนต์ ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ดังนี้ เตรียมเคลือบฟันด้วยการทาบิวติซีลแลนต์ ไพร์เมอร์ (BeautiSealant Primer) โดยใช้พู่กันเล็ก (microbrush fine) เป็นตัวนำวัสดุปริมาณ 1 มิลลิกรัม ทาลงฟันเคลือบฟัน เป็นเวลานาน 5 วินาที จากนั้นเป่าลมแห้งเบาๆ 5 วินาที ฉีดวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันบิวติซีลแลนต์ปริมาณ 1 มิลลิกรัม (หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร) บนเคลือบฟันบริเวณช่องหน้าต่าง ฉายแสง 20 วินาทีด้วยเครื่องฉายแสง ซึ่งมีความยาวคลื่น 450-470 นาโนเมตร (Curing Light LED, 3M ESPE, USA) โดยให้ปลายของหลอดนำแสงอยู่ใกล้วัสดุมากที่สุด ระยะประมาณ 1- 2 มิลลิเมตร ซึ่งก่อนใช้งานได้มีการตรวจเทียบค่าความเข้มแสงให้อยู่ในช่วง 450-470 นาโนเมตร

กลุ่ม B: พูจิ เซเว่น ทำการเคลือบด้วยพูจิ เซเว่น ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ดังนี้ เตรียมเคลือบพื้นด้วยการทาคอนดิชันเนอร์ 20 วินาที เป่าลมเบาๆ โดยยังคงความชื้นอยู่บ้างเล็กน้อย ผสมพูจิชนิดแคปซูลด้วยเครื่องปั่นอะมัลกัมเป็นเวลา 7 วินาที จากนั้นฉีดวัสดุปริมาณ 1 มิลลิกรัมลงบนเคลือบพื้นให้ทั่วบริเวณช่องหน้าต่าง ใช้ฟู่กันเกลี่ยให้เรียบ ฉายแสง 40 วินาที ตามด้วยการเคลือบผิววัสดุด้วยจีซีวานิช

กลุ่ม C: เดลตันเอฟเอสพลัส และ กลุ่ม D: เดลตัน ทำการเคลือบด้วยเดลตันเอฟเอสพลัส และ ทำการเคลือบด้วยเดลตัน ทั้งนี้ในการเคลือบพื้นด้วยเดลตันเอฟเอสพลัสและเดลตัน มีวิธีการเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ดังนี้ เตรียมเคลือบพื้นด้วยการรดตามคำแนะนำของผู้ผลิต โดยทากรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ชนิดเจล ความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลานาน 30 วินาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำปราศจากไอออน เป็นเวลา 30 วินาที และเป่าพื้นให้แห้งจนมีลักษณะด้าน ขาวขุ่น (dull frosty-white appearance) ใช้ฟู่กันขนาดเล็กเป็นตัวนำวัสดุปริมาณ 1 มิลลิกรัมเคลือบให้ทั่วบริเวณช่องหน้าต่างที่เตรียมไว้ ทาซ้ำๆ ไม่ขยับปิดไปมาเพื่อลดการเกิดฟองอากาศ จากนั้นฉายแสง 20 วินาที

กลุ่ม E คือ กลุ่มควบคุม รอยฝูจำลองระยะแรกที่ไม่มีการเคลือบด้วยวัสดุใดๆ

ตารางที่ 6 สรุปวิธีการเคลือบวัสดุทั้ง 4 กลุ่มตามคำแนะนำของบริษัท

วัสดุ	ขั้นตอนการเคลือบวัสดุบนรอยฝูจำลองระยะแรก
บิวติซิลแลนต์	ทาบิวติซิลแลนต์ ไพเรเมอร์ 5 วินาที → เป่าลม 5 วินาที → เคลือบวัสดุ → ฉายแสง 20 วินาที
พูจิ เซเว่น	ทาคอนดิชันเนอร์ 20 วินาที → เป่าลม → ผสมวัสดุด้วยเครื่องปั่นอะมัลกัม 7 วินาที → เคลือบวัสดุ → ฉายแสง 40 วินาที → เคลือบผิววัสดุด้วยจีซีวานิช
เดลตันเอฟเอสพลัส	ทาเอชซิง 30 วินาที → ล้าง 30 วินาที → เป่าแห้ง → เคลือบวัสดุ → ฉายแสง 20 วินาที
เดลตัน	ทาเอชซิง 30 วินาที → ล้าง 30 วินาที → เป่าแห้ง → เคลือบวัสดุ → ฉายแสง 20 วินาที

กระบวนการจำลองสลับสภาวะร้อน-เย็น (Thermo-cycling)

นำชิ้นพื้นทั้ง 5 กลุ่มผ่านกระบวนการจำลองสลับสภาวะร้อน-เย็น (thermo-cycling) ด้วยการแช่ในน้ำลายเทียมสลับระหว่างอุณหภูมิ 5 และ 55 องศาเซลเซียส อัตราความเร็ว 1 นาทีต่อรอบ จำนวน 500 รอบ

กระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง (pH-cycling)

กระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ 6 ชั่วโมงต่อวัน และช่วงที่ทำให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุ 16.45 ชั่วโมงต่อวัน (Featherstone และคณะ, 1986) โดยระหว่าง 2 กระบวนการมีการล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและแช่สารละลายยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ ความเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน 2 ครั้งต่อวันเป็นระยะเวลาทั้งหมด 5 วัน (Trairatvorakul และคณะ, 2010) (รูปที่ 5)

เวลา	กระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง	ระยะเวลา
12.15 น.	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	แช่ฟันในสารละลายยาสีฟัน	5 นาที
	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	แช่ฟันในน้ำลายเทียม	30 นาที
12.53 -18.53 น.	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	สารละลายทำให้สูญเสียแร่ธาตุ ค่าพีเอช 4.3	6 ชั่วโมง
	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	แช่ฟันในสารละลายยาสีฟัน	5 นาที
	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	แช่ฟันในน้ำลายเทียม	30 นาที
19.30-12.15 น. (วันถัดไป)	ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนและซับแห้ง	1 นาที
	สารละลายทำให้คืนกลับแร่ธาตุ ค่าพีเอช 7.0	16.45 ชั่วโมง

ทำซ้ำ 5

รูปที่ 5 แสดงกระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง
ดัดแปลงจาก Featherstone (Featherstone และคณะ, 1986)

การวัดค่าความหนาแน่นแร่ธาตุ

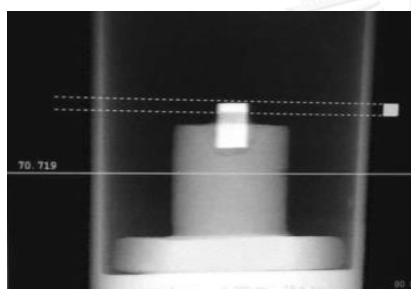
วัดค่าความหนาแน่นแร่ธาตุ (mineral density: MD) ของชิ้นฟันตัวอย่าง ด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (μ CT 35, Scanco, Switzerland) เทียบกับไฮดรอกซีอะพาไทต์บริสุทธิ์ 1,200 มิลลิกรัมไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยตั้งค่าเครื่องที่ 70 kVp 114 μ A ค่าความละเอียดระดับปานกลาง (2048x2048 พิกเซล) ค่าที่วัดได้มีหน่วยเป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยมีการกำหนดเส้นอ้างอิง 3 จุด ที่ชิ้นฟันและบนแท่นเรซิน (รูปที่ 6) เพื่อให้สามารถสแกนชิ้นฟันได้ในตำแหน่งเดิมทั้งก่อนและหลังการทดลอง นำค่าความหนาแน่นแร่ธาตุมาสร้างกราฟเพื่อหาพื้นที่ใต้กราฟ (area under curve; AUC) ก่อนและหลังการทดลองในแต่ละกลุ่ม

พื้นที่ใต้กราฟหาได้จาก ผลรวมของค่าความหนาแน่นแร่อัตุของชั้นนั้นๆ คูณกับความหนาของแต่ละชั้น จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่อัตุจากสูตรการคำนวณค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่อัตุ (Walker และคณะ, 2009)

สูตรการคำนวณค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่อัตุ

$$\%MD \text{ change} = \frac{(\Delta Z_d - \Delta Z_r)}{\Delta Z_d} \times 100$$

โดย ΔZ_d = ความต่างระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของรอยผูกกับเคลือบฟันปกติก่อนการทดลอง
 ΔZ_r = ความต่างระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของรอยผูกกับเคลือบฟันปกติหลังการทดลอง
 $\Delta Z_d - \Delta Z_r$ = ปริมาณการคืนกลับแร่อัตุ



- เส้นอ้างอิงที่ 1: ระยะที่ผิวฟัน
- เส้นอ้างอิงที่ 2: ระยะ 1 มิลลิเมตร จากผิวฟัน
- เส้นอ้างอิงที่ 3: ระยะที่รอยบากบนแท่นเรซิน

รูปที่ 6 ภาพแสดงการกำหนดเส้นอ้างอิงทั้งสามตำแหน่งที่ขึ้นฟันและบนแท่นเรซิน ก่อนการสแกนด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 17.0 (SPSS version 17.0, SPSS Inc., USA) ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ดังนี้

วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นแร่อัตุเฉลี่ยของรอยผูกจำลองก่อนและหลังการทดลองแบบ 2 กลุ่มสัมพันธ์กันด้วยสถิติชนิด ที เทสต์ (paired t test) หรือสถิติชนิดวิลคอกซัน ซายน์ แรงค์ (Wilcoxon Signed Ranks Test) ตามลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วิเคราะห์เปรียบเทียบร้อยละการคืนกลับแร่อัตุระหว่างกลุ่มใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) หรือสถิติชนิดคริสคัล-วัลลิส เทสต์ (Kruskal-Wallis Test) และแมน-วิทนี เทสต์ (Mann-Whitney test) ตามลักษณะการกระจายของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การควบคุมอดีต

1. ทุกกลุ่มของชิ้นฟันตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามาจากฟันซี่เดียวกัน
2. ผู้วิจัยจะไม่ทราบว่าเป็นฟันอยู่ในกลุ่มศึกษาใด เนื่องจากทำการปิดฉลากของแต่ละกลุ่มก่อนการทดลอง และมีการนำวัสดุที่เคลือบออกก่อนการวัดค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลอง รหัสชิ้นฟันจะถูกเปิดออกหลังการวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุเสร็จสิ้น



บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ใช้ชิ้นฟันทั้งหมด 75 ชิ้น ที่สร้างรอยผุจำลองลึกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 150-200 ไมโครเมตร มีค่าความหนาแน่นแร่ธาตุอยู่ในช่วง 1,555.25 - 1,595.36 มิลลิกรัมไฮดรอกซีอะพาไทต์ ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สุ่มชิ้นฟันที่มีรอยผุเข้ากลุ่ม 5 กลุ่มกลุ่มละ 15 ชิ้น ได้แก่ กลุ่มวัสดุเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนต์) กลุ่มกลาสไอโอไอโนเมอร์ (ฟูจิเซเว่น) กลุ่มวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน เอฟเอสพลัส) กลุ่มวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) และกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองพบว่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยของทั้ง 5 กลุ่มนี้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.478$) จึงสามารถเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยระหว่างกลุ่มภายหลังการทดลองได้

ตารางที่ 7 ระดับความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยของรอยผุจำลองก่อน-หลังการทดลอง และค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ย (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

Group	Mean mineral density (mg HA/cm ³)		Percent MD change
	Pre-test	Post-test	
S-PRG sealant	1,555.25±70.66 ¹	1,654.19±54.36 ²	29.52±42.99 ^{a, b}
GIC	1,595.36±58.38 ¹	1,719.27±34.53 ²	49.28±21.15 ^a
F-sealant	1,561.01±55.59 ¹	1,669.15±33.89 ²	42.44±14.16 ^a
Conventional Sealant	1,556.22±73.22 ¹	1,655.90±52.02 ²	16.66±23.31 ^b
Control	1,566.59±58.13 ¹	1,554.599±61.45 ²	-38.73±44.92 ^c

1, 2 different numbers in **each row** showed statistical significant difference pre- and post-test Mean MD within group (Wilcoxon Signed Ranks Test, $p<0.05$)

a, b, c different superscript letters in **column** indicate statistical significant difference percent MD change among groups (Kruskal-Wallis Test, $p<0.05$ and Mann-Whitney Test, $p<0.05$)

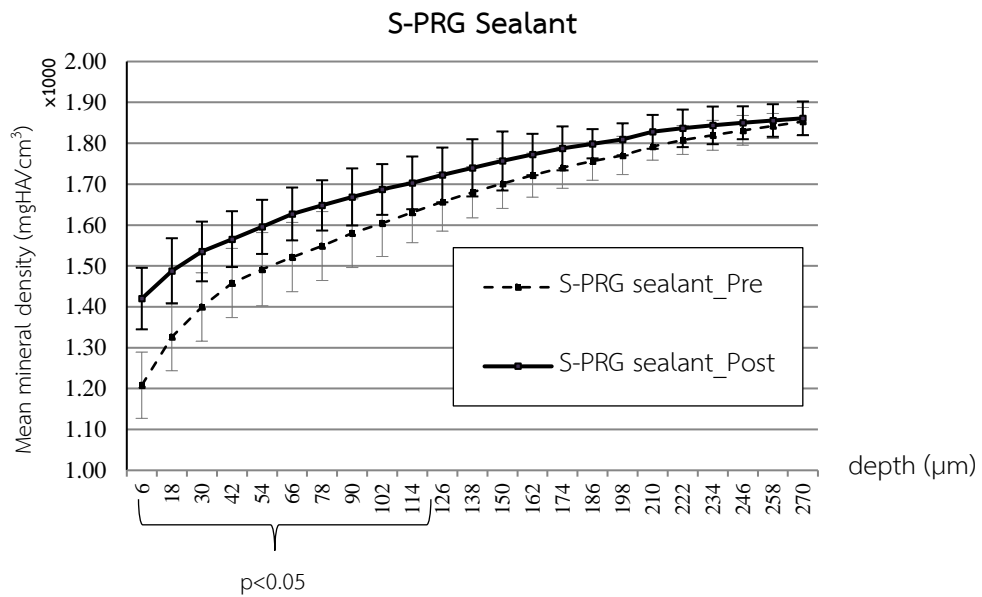
หลังการทดลองพบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุทั้งสี่ชนิด ได้แก่ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี กลาสไอโอไอโนเมอร์ เรซินที่มีฟลูออไรด์ และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่รอยผุจำลองในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเคลือบวัสดุใดๆ พบว่าค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการทดลองพบว่ากลุ่มที่เคลือบวัสดุทั้งสี่กลุ่ม คือ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี กลาสไอโอโนเมอร์ เรซินที่มีฟลูออไรด์ และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยกลาสไอโอโนเมอร์ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มมากที่สุด ตามด้วยเรซินที่มีฟลูออไรด์ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ ตามลำดับ ($49.28\% \pm 21.15$, $42.44\% \pm 14.16$, $29.52\% \pm 42.99$ และ $16.66\% \pm 23.31$ ตามลำดับ) ขณะที่กลุ่มควบคุมกลับมีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (-38.73 ± 44.92) (ตารางที่ 7)

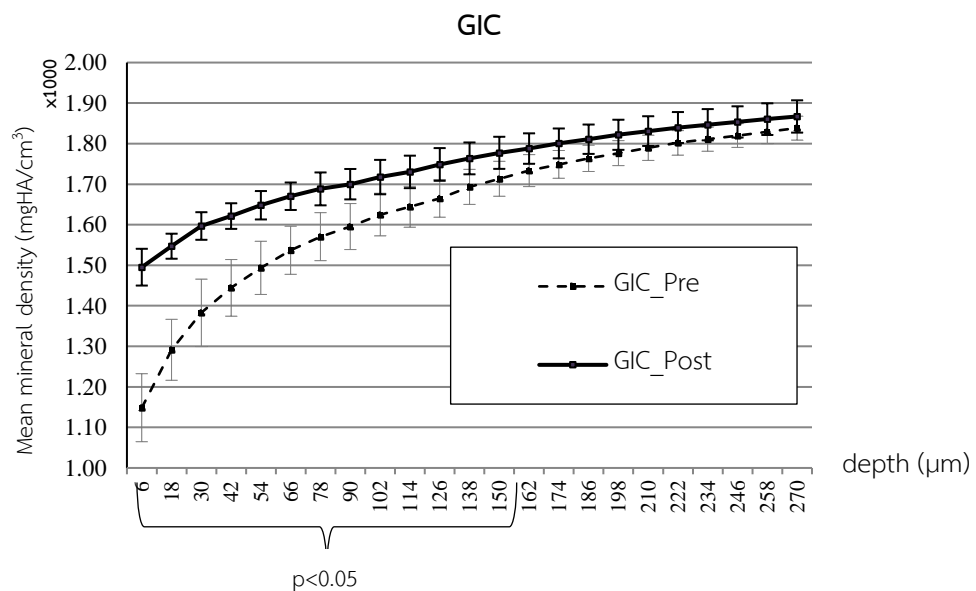
เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเฉลี่ยระหว่างกลุ่มวัสดุทั้งสี่กลุ่ม พบว่ากลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$, $p = 0.003$ ตามลำดับ) แต่ระหว่างวัสดุที่มีฟลูออไรด์ทั้งสามกลุ่ม คือ กลาสไอโอโนเมอร์ เรซินที่มีฟลูออไรด์ และเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7)

เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยในแต่ละช่วงความลึก 0-156 ไมโครเมตร

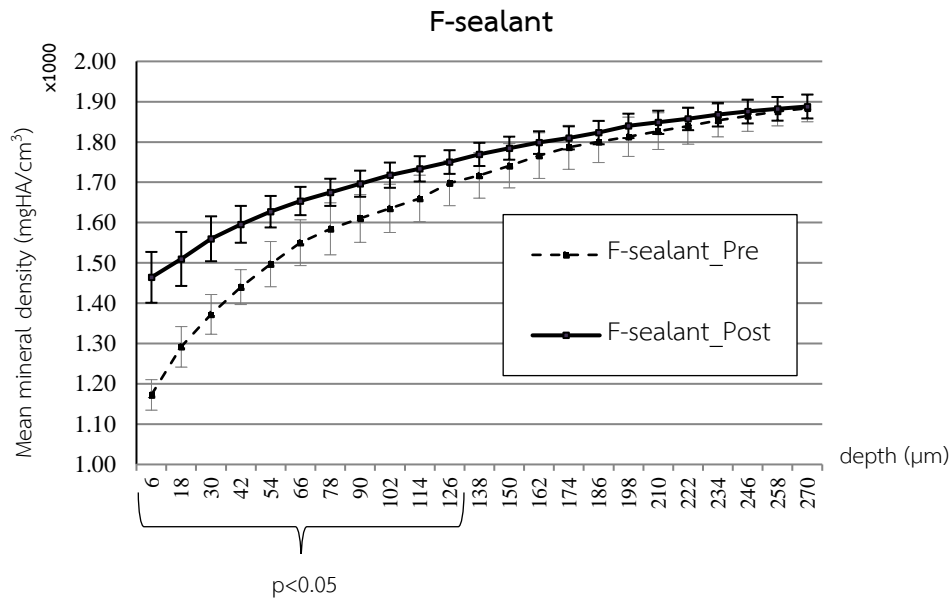
เมื่อพิจารณาความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลอง ในแต่ละระดับความลึก พบว่า กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ มีความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดความลึกของรอยจุลกล้อง รองลงมาคือ กลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ กลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี และกลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ ตามลำดับ (0-156 ไมโครเมตร 0-132 ไมโครเมตร 0-120 ไมโครเมตร และ 0-36 ไมโครเมตร ตามลำดับ) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงตลอดความลึกของรอยจุลกล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0-156 ไมโครเมตร) (รูปที่ 7-11)



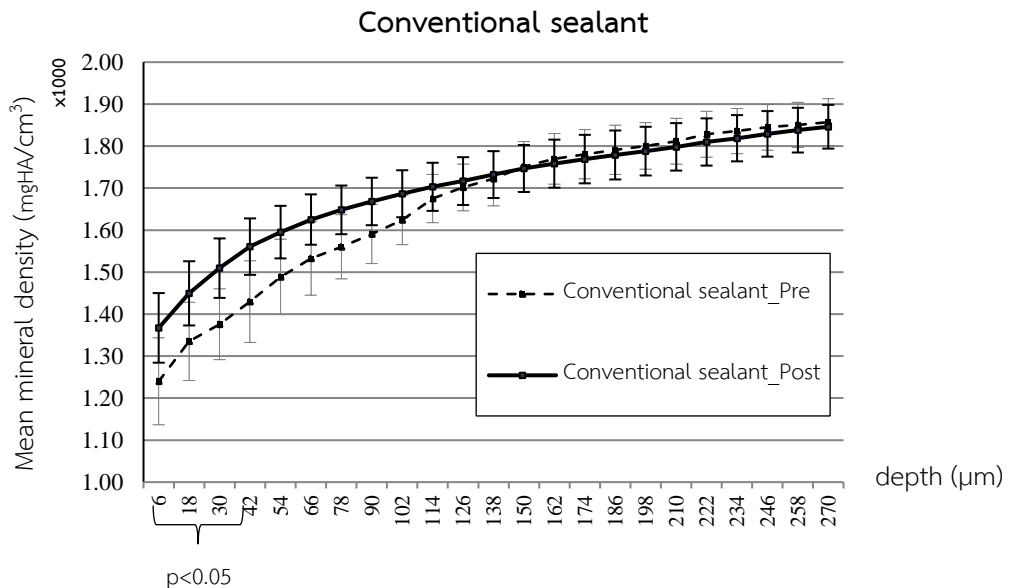
รูปที่ 7 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่มีเอส-ฟอรัจ มีความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 0-120 ไมโครเมตร



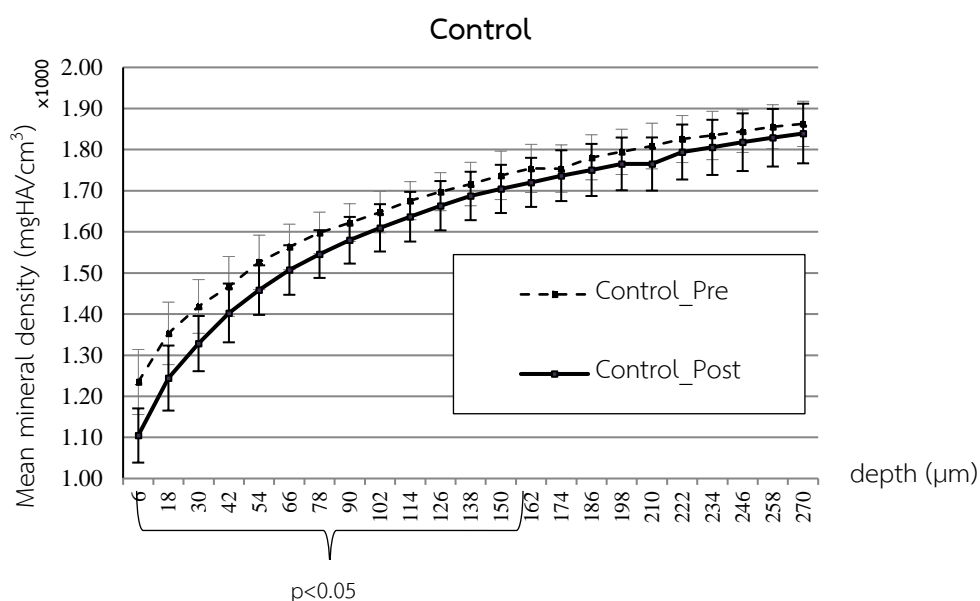
รูปที่ 8 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ มีความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 0-156 ไมโครเมตร



รูปที่ 9 ความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์มีความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 0-132 ไมโครเมตร



รูปที่ 10 ความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีความหนาแน่นแร่ธาตุแคลเซียมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความลึก 0-36 ไมโครเมตร



รูปที่ 11 ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองที่ระดับความลึกต่างๆ ของกลุ่มควบคุม มีความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0-156 ไมโครเมตร

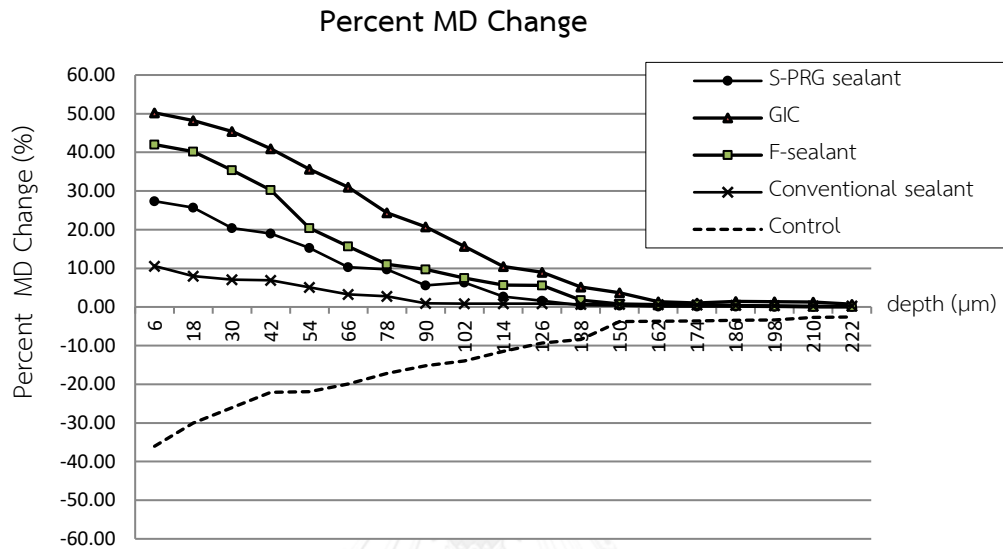
เปรียบเทียบร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยในแต่ละช่วงความลึก 0-156 ไมโครเมตร (รูปที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยในแต่ละระดับความลึกของรอยผ่าลองระหว่างกลุ่ม 5 กลุ่ม คือ กลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ กลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ กลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ และกลุ่มควบคุม พบว่ารอยผ่าลองที่เคลือบด้วยวัสดุทั้ง 4 ชนิด มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุก ระดับความลึกของรอยผ่าลองเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0-156 ไมโครเมตร)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุที่มีองค์ประกอบฟลูออไรด์ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ พบว่า กลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ที่ระดับความลึก 0-96 ไมโครเมตร และแตกต่างกับกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ที่ระดับความลึก 0-48 ไมโครเมตร ขณะที่กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงความลึก 48-96 ไมโครเมตร

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์กับวัสดุที่มีฟลูออไรด์ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเรซินที่มีเอสฟิอาร์จี กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ พบว่า กลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ ที่ระดับความลึก 0-36 ไมโครเมตร และแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ที่ระดับความลึก 0-108 ไมโครเมตร



รูปที่ 12 ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่ระดับความลึกต่างๆ ของทั้ง 5 กลุ่ม



บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการคืนกลับแร่ธาตุสู่อุรุษผู้จำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิด คือ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนต์) กลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิเซเวน) เรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอฟเอสพลัส) และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) โดยวัดค่าความหนาแน่นแร่ธาตุของอุรุษผู้จำลองระยะแรก ด้วยเครื่องเอกซเรย์ไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี ซึ่งมีข้อดี คือ ไม่ทำลายชิ้นฟันตัวอย่างขณะทำการวัดค่า ทำให้สามารถวัดค่าซ้ำก่อนและหลังการทดลองได้ในบริเวณเดิม อีกทั้งเป็นการวัดค่าความหนาแน่นแร่ธาตุในบริเวณที่ต้องการศึกษาได้โดยตรง การศึกษานี้จึงเลือกใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี

การเลือกวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันในการศึกษานี้ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของลักษณะของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีใช้ในทางทันตกรรม โดยเดลตันเป็นตัวแทนของวัสดุเรซินชนิดดั้งเดิมที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เดลตันเอฟเอสพลัส เป็นตัวแทนของกลุ่มวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ โดยการเติมโซเดียมฟลูออไรด์ในเมทริกซ์และวัสดุอัดแทรกเป็นแบบเรียม-อะลูมิเนียม-ฟลูออโรโบโร-ซิลิเกต ซึ่งพบว่ามี การปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในปริมาณที่สูงสุดในกลุ่มเรซินฟลูออไรด์ (Shimazu และคณะ, 2011) บิวติซิลแลนต์เป็นวัสดุเรซินที่มีการผสมความเป็นกลาสไอโอโนเมอร์มาในรูปแบบของวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี หรือเรียกว่า ไซโอเมอร์ซิลแลนต์ และฟูจิเซเวนเป็นตัวแทนของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ที่มีการดัดแปลงโดยการเติมเม็ดสี ทำให้เมื่อฉายแสงเม็ดสีจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการแข็งตัวได้เร็วขึ้น โดยยังคงคุณสมบัติในการปลดปล่อยและการกักกลับฟลูออไรด์สูงไว้เช่นเดิม

ผลการศึกษาพบว่าวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันทั้งสี่ชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ วัสดุเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี วัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ และวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยของอุรุษผู้จำลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นแร่ธาตุอุรุษผู้จำลองก่อนการทดลอง ขณะที่อุรุษของกลุ่มควบคุมกลับพบว่ามีความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงของอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ เรซินที่มีฟลูออไรด์ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ โดยพบว่ากลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์มีค่าร้อยละสูงกว่ากลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง

สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา เมื่อวัดรอยผุจำลองด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ พบว่ารอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์มีความลึกและขนาดที่ลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเรซินที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์และชนิดเรซินดั้งเดิม (Hicks และ Flaitz, 1992; Lobo และคณะ, 2005; Salar และคณะ, 2007) ทั้งนี้อาจสัมพันธ์กับปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์ เนื่องจากกลาสไอโอโนเมอร์ สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้ในปริมาณที่สูงที่สุด อีกทั้งยังมีคุณสมบัติการกักเก็บฟลูออไรด์จากสิ่งแวดล้อมได้มากกว่า บิวติซิลแลนต์ เดลตันเอฟเอสพลัส (Wang และคณะ, 2011b)

บิวติซิลแลนต์ เป็นวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีการผสมองค์ประกอบของกลาสไอโอโนเมอร์ในรูปแบบของวัสดุอัดแทรก ด้วยเทคนิคการทำวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี (Surface pre-reacted glass-ionomer [S-PRG] filler-technology) คือ การนำผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน ซิลิเกตมาทำปฏิกิริยากับกรดโพลีคาร์บอกซิลิกก่อน จากนั้นจึงอบแห้งและบดละเอียดในระดับนาโนเมิลเลกุล ลักษณะที่ได้คือ ผิวด้านนอกของวัสดุอัดแทรกเอส-ฟิอาร์จี ที่ทำปฏิกิริยาแล้วมีลักษณะเป็นเจล (hydrogel) ซึ่งช่วยให้แกนกลางด้านในยังอยู่ในรูปของผลึกฟลูออโร-อะลูมิโน-ซิลิเกตกลาส ได้อย่างมีเสถียรภาพและเคลือบผิวชั้นนอกสุดด้วยสารไซเลน (Silane coupling agent) เพื่อช่วยเป็นตัวกลางให้เกิดการยึดเกาะกันระหว่างเรซินแมทริกซ์ได้ดีขึ้น (Ikemura และคณะ, 2008; Sunico และคณะ, 2005) ในการศึกษาี้แม้ว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยของวัสดุที่มีองค์ประกอบฟลูออไรด์ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละระดับความลึก พบว่ารอยผุที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินเอส-ฟิอาร์จี มีร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุน้อยกว่า กลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงความลึก 0-96 และ 0-48 ไมโครเมตร ตามลำดับ อาจอธิบายได้ใน 2 ประเด็นตามการศึกษาที่ผ่านมา ประเด็นที่หนึ่ง เนื่องจากองค์ประกอบที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ในเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี มีเฉพาะในส่วนของผิวชั้นนอกของวัสดุอัดแทรกเท่านั้น ขณะที่กลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ มีองค์ประกอบที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่า กล่าวคือ มีไซเดียมฟลูออไรด์ผสมในแมทริกซ์ และมีวัสดุอัดแทรกเป็นแบเรียม-อะลูมิโน-ฟลูออโรโบโร-ซิลิเกต ทำให้มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในปริมาณมากกว่ากลุ่มเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี โดยพบว่าช่วงวันแรกมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ถึง 45 ส่วนในล้านส่วน ขณะที่เรซินชนิดเอส-ฟิอาร์จินั้นพบว่าปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ประมาณ 12 ส่วนในล้านส่วน (Shimazu และคณะ, 2011) ประเด็นที่สอง คือ การที่วัสดุประเภทกลาสไอโอโนเมอร์จะเกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้นั้นจะต้องอยู่ในสภาวะกลาสไอโอโนเมอร์ เฟส (glass ionomer phase; hydrogel) ซึ่งในส่วนนี้ของวัสดุเรซินเอส-ฟิอาร์จินั้น พบว่ามีปริมาณการเกิดกลาสไอโอโนเมอร์แมทริกซ์ เฟส มีที่น้อยกว่ากลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ คือมีเฉพาะส่วนผิวด้านนอกของผลึกเอส-ฟิอาร์จีที่เป็นไฮโดรเจลเท่านั้นที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ ทำให้มีการ

ปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาได้น้อย แต่มีความเสถียรในการปลดปล่อยฟลูออไรด์และการกักเก็บฟลูออไรด์ได้ดีกว่ากลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ และกลาสไอโอโนเมอร์ เนื่องจากโครงสร้างไฮโดรเจลที่ห่อหุ้มผลึกของกลาสไอโอโนเมอร์ไว้ (S-PRG core) (Chole และคณะ, 2015; Shimazu และคณะ, 2011) วัสดุเรซินเอส-ฟิอาร์จี จึงมีลักษณะการปลดปล่อยและกักเก็บฟลูออไรด์ที่คล้ายกับกลาสไอโอโนเมอร์ (Shimazu และคณะ, 2011) และมีคุณสมบัติบัพเฟอร์ (Wang และคณะ., 2011c) แต่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์น้อยกว่ากลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ และกลุ่มเรซินที่มีฟลูออไรด์ หากทำการทดลองในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นอาจพบการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุของกลุ่มเรซินชนิดเอส-ฟิอาร์จีที่เพิ่มขึ้นจากคุณสมบัติที่สามารถกักเก็บฟลูออไรด์

เดลดันเอฟเอสพลัส ที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นวัสดุเรซินที่มีแบเรียม-อะลูมิโน-ฟลูออโรโบโรซิลิเกตและโซเดียมฟลูออไรด์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ารอยผุจำลองที่เคลือบด้วยวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ มีการสูญเสียแร่ธาตุที่น้อยกว่ากลุ่มเคลือบด้วยวัสดุที่ไม่มีฟลูออไรด์และกลุ่มที่ไม่เคลือบวัสดุใดๆ (Kantovitz และคณะ, 2013; Rodrigues และคณะ, 2010; Vatanatham และคณะ, 2006) ทั้งนี้เนื่องจากเดลดันเอฟเอสพลัส มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์มากกว่าบิวติซิลแลนต์ แต่มีคุณสมบัติกักเก็บฟลูออไรด์จากสิ่งแวดล้อมได้แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังมีปริมาณของโซเดียมที่ปลดปล่อยออกมาจำนวนมากซึ่งแปรผันตรงกับปริมาณของฟลูออไรด์ และมีอะลูมิเนียมที่ปลดปล่อยออกมามีส่วนช่วยส่งเสริมการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากโครงสร้างอะลูมิโนฟลูออโร (aluminofluoro complex) (Shimazu และคณะ, 2011) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเดลดันเอฟเอสพลัส มีการปลดปล่อย โซเดียมและฟลูออไรด์ ออกมาเป็นจำนวนมาก และพบแร่ธาตุ ซิลิกอน โบรอน และอะลูมิเนียม ได้อีกในปริมาณเล็กน้อย ซึ่งพบว่าแร่ธาตุเหล่านี้มีส่วนช่วยเพิ่มค่าพีเอช เดลดันเอฟเอสพลัสจึงมีคุณสมบัติช่วยลดสภาวะกรด และป้องกันการสลายของแร่ธาตุนบนเคลือบฟันได้ (Wang และคณะ, 2011) จากการศึกษาที่เดลดันเอฟเอสพลัสมีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่มากกว่าบิวติซิลแลนต์ แต่มีความสามารถในการบัพเฟอร์และกักเก็บแร่ธาตุน้อยกว่า ทำให้ในการศึกษานี้จึงพบว่ากลุ่มที่รอยผุจำลองเคลือบด้วยเดลดันเอฟเอสพลัส มีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมากกว่าบิวติซิลแลนต์แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เดลดัน เป็นวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ในการศึกษานี้ พบว่ามีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การเคลือบรอยผุจำลองด้วยเดลดันสามารถในการยับยั้งการลุกลามของการเกิดรอยผุจำลองได้ ด้วยการทำหน้าที่ป้องกันการสัมผัสโดยตรงกับสารละลาย จากการศึกษาของเรซินแท้ก็ ช่วยให้มีความต้านทานต่อสารละลายกรด-ด่าง

(Hicks และ Silverstone, 1982) เมื่อมีการบริโภคของร้อน-เย็นหรือมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะเกิดการหด-ขยายตัวบริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและวัสดุ ทำให้เกิดรอยรั่วระดับจุลภาค (micro-leakage) บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน (Powers และคณะ, 1979; Souder, 1925) และวัสดุเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์มีการเกิดรอยรั่วระดับจุลภาคได้ใกล้เคียงกับวัสดุเรซินที่มีฟลูออไรด์ (FluoroShield) และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์แต่มีวัสดุอัดแทรก (PrismaShield) (Park และคณะ, 1993) ทำให้สารละลายที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์จากสิ่งแวดล้อม สามารถเข้าไปสู่รอยผุจำลองได้ (Cooley และคณะ, 1990) ทั้งนี้เนื่องจากในเนื้อวัสดุของเคลือบฟัน ไม่มีสารประกอบที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ ในการศึกษาจึงพบว่าเคลือบฟันมีค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยที่น้อยกว่าทั้งสามกลุ่มวัสดุที่มีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับฟลูออไรด์และเคลือบฟันเพอเอสพลัส

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการด้วยการจำลองสภาวะให้คล้ายกับการใช้งานในช่องปาก โดยผ่านกระบวนการจำลองสลับสภาวะร้อน-เย็น ต่อด้วยการผ่านกระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง เป็นเวลา 5 วัน และเพิ่มการแช่ขึ้นฟันในสารละลายยาสีฟัน 1000 ส่วนในล้านส่วน ในกระบวนการสลับสภาวะกรด-ด่าง เพื่อเทียบกับการแปรงฟันวันละ 2 ครั้ง/วัน ซึ่งพบว่าในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีวัสดุใดปกป้องรอยผุจำลอง ทำให้สัมผัสกับสารละลายกรด-ด่างโดยตรง (remineralize solution, pH 7, demineralize solution, pH 4.3) เมื่อผ่านกระบวนการสลับกรด-ด่าง แม้ว่าเวลาในการสัมผัสกับสารละลายกรด (พีเอช 4.3; 6 ชม.) สั้นกว่าการสัมผัสสารละลายด่าง (พีเอช 7.0; 16.45 ชม.) และมีการแช่ในสารละลายยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ 1000 ส่วนในล้านส่วนวันละ 2 ครั้ง แต่ยังไม่ส่งผลให้ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มวัสดุทั้งสี่ สะท้อนให้เห็นถึงกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงของการเกิดฟันผุหากเริ่มมีรอยผุระยะแรกแล้ว และยังคงสัมผัสกับสภาวะที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุอย่างต่อเนื่อง ซึ่งพบได้ในกลุ่มผู้ป่วยที่บริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูง ๆ การใช้ยาสีฟันที่มีฟลูออไรด์ 1000 ส่วนในล้านส่วน วันละ 2 ครั้ง อาจไม่เพียงพอที่จะหยุดยั้งการลุกลามของรอยผุ จึงจำเป็นต้องมีการเคลือบรอยผุระยะแรก และหากเลือกใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีฟลูออไรด์ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุระยะแรกได้เด่นชัดกว่าชนิดไม่ผสมฟลูออไรด์

อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงการจำลองสภาพแวดล้อมให้คล้ายสภาวะในช่องปากเท่านั้น จึงไม่สามารถนำผลมาสรุปเป็นการคืนกลับแร่ธาตุที่เกิดขึ้นในช่องปากในระยะยาวได้

สรุปผลการวิจัย

การเคลือบรอยผุจำลองระยะแรกด้วยวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิด คือ เรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนด) กลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิเซเว่น) เรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอฟเอสพลัส) และเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) มีผลในการเพิ่มค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยของรอยผุได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่รอยผุไม่ได้รับการเคลือบวัสดุใดๆ โดยกลาสไอโอโนเมอร์และเรซินที่มีฟลูออไรด์ มีค่าร้อยละที่มากกว่าและมีระดับการคืนกลับแร่ธาตุที่ลึกกว่ากลุ่มเรซินที่ไม่มีฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสามวัสดุที่มีฟลูออไรด์คือ กลาสไอโอโนเมอร์ เรซินที่มีฟลูออไรด์และเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี ขณะที่กลุ่มควบคุมมีค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยลดลงตลอดความลึกของรอยผุ แสดงให้เห็นว่าการเคลือบหลุมร่องฟันสามารถยับยั้งการลุกลามและช่วยคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรกได้ โดยที่ฟลูออไรด์ในวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันมีส่วนช่วยให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพได้มากกว่าชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์



รายการอ้างอิง

- Abdel-Haffiez, S. H., Zaher, A. R., and Elharouny, N. M. (2013). Effects of a filled fluoride-releasing enamel sealant versus fluoride varnish on the prevention of enamel demineralization under simulated oral conditions. J World Fed Ortho, 2(3): 133-136.
- Agnihotri, Y., Pragada, N. L., Patri, G., and Thajuraj, P. (2011). The Effect of CPP-ACP on Remineralization of Artificial Caries like lesions: An Invitro study. Indian J Multidisciplin Dent, 2(1).
- Ahovuo-Saloranta, A., Hiiri, A., Nordblad, A., Worthington, H., and Makela, M. (2004). Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. Cochrane Database Syst Rev(3): 1-49.
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2014 -2015). Resource section : Dental Growth and Development. Pediatr Dent 2014, 36(6): 371.
- American Academy of Pediatric Dentistry Council on Clinical Affairs. (2016-2017). Clinical Practice Guidelines: Guideline on Restorative Dentistry. AAPD, 38(6): 250-262.
- Arends, J., and Christoffersen, J. (1986). The nature of early caries lesions in enamel. J Dent Res, 65(1): 2-11.
- Bayrak, S., Tunc, E. S., Aksoy, A., Ertas, E., Guvenc, D., and Ozer, S. (2010). Fluoride Release and Recharge from Different Materials Used as Fissure Sealants. Eur J Dent, 4(3): 245-250.
- Beauchamp, J., Caufield, P. W., Crall, J. J., Donly, K., Feigal, R., Gooch, B., et al. Simonsen, R. (2008). Evidence-based clinical recommendations for the use of pit-and-fissure sealants: a report of the American Dental Association Council on Scientific Affairs. J Am Dent Assoc, 139(3): 257-268.
- Bodecker, C. F. (1929). The eradication of enamel fissures. Dent Items Interest, 51: 859-866.
- Buonocore, M. (1970). Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention, with use of ultraviolet light. J Am Dent Assoc, 80(2): 324-330.

- Buzalaf, M. A., Pessan, J. P., Honorio, H. M., and ten Cate, J. M. (2011). Mechanisms of action of fluoride for caries control. Monogr Oral Sci, 22: 97-114.
- Chole, D., Lokhande, P., Shashank, K., Bakle, S., Devagirkar, A., and Dhore, P. (2015). Comparative Evaluation of the Fluoride Release and Recharge through Four Different Types of Pit and Fissure Sealants: An In Vitro Study. Int J Adv Health Sci, 2(6): 1-6.
- Choudhary, P., Tandon, S., Ganesh, M., and Mehra, A. (2012). Evaluation of the remineralization potential of amorphous calcium phosphate and fluoride containing pit and fissure sealants using scanning electron microscopy. Indian J Dent Res, 23(2): 157-163.
- Clarkson, B. H. (1999). Introduction to cariology. Dent Clin North Am, 43(4): 569-578.
- Cochrane, N. J., Cai, F., Huq, N. L., Burrow, M. F., and Reynolds, E. C. (2010). New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. J Dent Res, 89(11): 1187-1197.
- Condo, R., Cioffi, A., Riccio, A., Totino, M., Condo, S. G., and Cerroni, L. (2013). Sealants in dentistry: a systematic review of the literature. Oral Implantol (Rome), 6(3): 67-74.
- Cooley, R. L., McCourt, J. W., Huddleston, A. M., and Casmedes, H. P. (1990). Evaluation of a fluoride-containing sealant by SEM, microleakage, and fluoride release. Pediatr Dent, 12(1): 38-42.
- Cueto, E. I., and Buonocore, M. G. (1967). Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. J Am Dent Assoc, 75(1): 121-128.
- Dionysopoulos, D., Sfeikos, T., and Tolidis, K. (2016). Fluoride release and recharging ability of new dental sealants. Eur Arch Paediatr Dent, 17(1): 45-51.
- Featherstone, J. D. B., O'Reilly, M. M., Shariat, M., and Brugler, S. (1986). Enhancement of remineralization in vitro and in vivo. In: Factors relating to remineralization and to demineralization of the teeth. Oxford; IRL Press: 23-34.
- Fejerskov, O., Nyvad, B., and Baelum, V. (2008). Defining the disease: an introduction. In: Dental caries the disease and its management. (2 nd ed.) Copenhagen; Blackwell Munksgaard Ltd.: 49-68.

- Gandolfi, M. G., Chersoni, S., Acquaviva, G. L., Piana, G., Prati, C., and Mongiorgi, R. (2006). Fluoride release and absorption at different pH from glass-ionomer cements. Dent Mater, 22(5): 441-449.
- Gordan, V. V., Blaser, P. K., Watson, R. E., Mjör, I. A., McEdward, D. L., Sensi, L. G., and Riley Iij, J. L. (2014). A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: Results from a 13-year recall examination. Am Dent Assoc, 145(10): 1036-1043.
- Han, L., Okamoto, A., Fukushima, M., and Okiji, T. (2006). Evaluation of a new fluoride-releasing one-step adhesive. Dent Mater J, 25(3): 509-515.
- Hicks, J., Garcia-Godoy, F., and Flaitz, C. (2004). Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). J Clin Pediatr Dent, 28(3): 203-214.
- Hicks, M. J., and Flaitz, C. M. (1992). Caries-like lesion formation around fluoride-releasing sealant and glass ionomer. Am J Dent, 5(6): 329-334.
- Hicks, M. J., and Flaitz, C. M. (2005). Pit and Fissure Sealants and Conservative Adhesive Restoration: Scientific and Clinical rationale. . In: Pediatric Dentistry, infancy through adolescence. (4th ed.) St. Louis Missouri; Wb Saunders: 531-532.
- Hicks, M. J., Flaitz, C. M., and Garcia-Godoy, F. (2000). Fluoride-releasing sealant and caries-like enamel lesion formation in vitro. J Clin Pediatr Dent, 24(3): 215-219.
- Hicks, M. J., and Silverstone, L. M. (1982). The effect of sealant application and sealant loss on caries-like lesion formation in vitro. Pediatr Dent, 4(2): 111-114.
- Horowitz HS, H. S., McCune RJ. (1974). the effectiveness of adhesive sealant in preventing occlusion caries:finding after two years in Kalispell,Motana. J Am Dent Assoc, 89(4): 885-890.
- Hyatt., T. P. (1924). Occulusal fissures: Their frequency and danger. How shall they be treated? Dent Items Interest, 46: 493.
- Iijima, M., Ito, S., Nakagaki, S., Kohda, N., Mugeruma, T., Saito, T., and Mizoguchi, I. (2014). Effects of immersion in solution of an experimental toothpaste containing S-PRG filler on like-remineralizing ability of etched enamel. Dent Mater J, 33(3): 430-436.

- Iijima, Y., Takagi, O., Ruben, J., and Arends, J. (1999). In vitro remineralization of in vivo and in vitro formed enamel lesions. Caries Res, 33(3): 206-213.
- Ikemura, K., Tay, F. R., Endo, T., and Pashley, D. H. (2008). A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. Dent Mater J, 27(3): 315-339.
- Ikemura, K., Tay, F. R., Kouro, Y., Endo, T., Yoshiyama, M., Miyai, K., and Pashley, D. H. (2003). Optimizing filler content in an adhesive system containing pre-reacted glass-ionomer fillers. Dent Mater, 19(2): 137-146.
- Jensen, M. E., Wefel, J. S., Triolo, P. T., and Hammesfahr, P. D. (1990). Effects of a fluoride-releasing fissure sealant on artificial enamel caries. Am J Dent, 3(2): 75-78.
- Kaga, M., Kakuda, S., Ida, Y., Toshima, H., Hashimoto, M., Endo, K., and Sano, H. (2014). Inhibition of enamel demineralization by buffering effect of S-PRG filler-containing dental sealant. Eur J Oral Sci, 122(1): 78-83.
- Kaga, M., Masuta, J., Hoshino, M., Genchou, M., Minamikawa, H., Hashimoto, M., and Yawaka, Y. (2011). Mechanical Properties and Ions Release of S-PRG Filler-containing Pit and Fissure Sealant. Nano BioMed, 3(1): 191-199.
- Kantovitz, K. R., Pascon, F. M., Nociti, F. H., Jr., Tabchoury, C. P., and Puppini-Rontani, R. M. (2013). Inhibition of enamel mineral loss by fissure sealant: an in situ study. J Dent, 41(1): 42-50.
- Kawasaki, K., and Kambara, M. (2014). Effects of Ion-Releasing Tooth-Coating Material on Demineralization of Bovine Tooth Enamel. Int J Dent, 2014: 1-7.
- Lee, H., Ocumpaugh, D. E., and Swartz, M. L. (1972). Sealing of developmental pits and fissures. II. Fluoride release from flexible fissure sealers. J Dent Res, 51(1): 183-190.
- Levy, S. M. (2012). Pit-and-fissure sealants are more effective than fluoride varnish in caries prevention on occlusal surfaces. J Evid Based Dent Pract, 12(2): 74-76.
- Ling, L., Xu, X., Choi, G. Y., Billodeaux, D., Guo, G., and Diwan, R. M. (2009). Novel F-releasing Composite with Improved Mechanical Properties. J Dent Res, 88(1): 83-88.

- Lobo, M. M., Pecharki, G. D., Tengan, C., da Silva, D. D., da Tagliaferro, E. P., and Napimoga, M. H. (2005). Fluoride-releasing capacity and cariostatic effect provided by sealants. J Oral Sci, 47(1): 35-41.
- Manton, D. J., and Hayes-Cameron, L. (2013). Chapter 4 - Dental caries. In: Handbook of Pediatric Dentistry (4 th ed.); Mosby: 47-62.
- Mejare, I., Lingstrom, P., Petersson, L. G., Holm, A. K., Twetman, S., Kallestal, C., Dahlgren, H. (2003). Caries-preventive effect of fissure sealants: a systematic review. Acta Odontol Scand, 61(6): 321-330.
- Mohammed, N. R., Lynch, R. J. M., and Anderson, P. (2014). Effects of fluoride concentration on enamel demineralization kinetics in vitro. J Dent, 42(5): 613-618.
- Mukai, Y., Kamijo, K., Fujino, F., Hirata, Y., Teranaka, T., and ten Cate, J. M. (2009). Effect of denture base-resin with prereacted glass-ionomer filler on dentin demineralization. Eur J Oral Sci, 117(6): 750-754.
- Murayama, R., Furuichi, T., Yokokawa, M., Takahashi, F., Kawamoto, R., Takamizawa, T., et al. Miyazaki, M. (2012). Ultrasonic investigation of the effect of S-PRG filler-containing coating material on bovine tooth demineralization. Dent Mater J, 31(6): 954-959.
- Nakamura, K., Abe, S., Minamikawa, H., and Yawaka, Y. (2017). Effect of fluoride-releasing fissure sealants on enamel demineralization. Pediatr Dent, 27(1): 56-64.
- National Institutes of Health. (1984). Consensus Development Conference Statement. Dental sealants in the prevention of tooth decay. J Dent Educ, 48(2 Suppl): 126-131.
- Park, K., Georgescu, M., Scherer, W., and Schulman, A. (1993). Comparison of shear strength, fracture patterns, and microleakage among unfilled, filled, and fluoride-releasing sealants. Pediatr Dent, 15(6): 418-421.
- Patel, M. V., Fox, J. L., and Higuchi, W. I. (1987). Effect of acid type on kinetics and mechanism of dental enamel demineralization. J Dent Res, 66(9): 1425-1430.
- Powers, J. M., Hostetler, R. W., and Dennison, J. B. (1979). Thermal expansion of composite resins and sealants. J Dent Res, 58(2): 584-587.

- Rawls, H. R., and Zimmerman, B. F. (1983). Fluoride-exchanging resins for caries protection. Caries Res, 17(1): 32-43.
- Reddy, V. R., Chowdhary, N., Mukunda, K. S., Kiran, N. K., Kavyarani, B. S., and Pradeep, M. C. (2015). Retention of resin-based filled and unfilled pit and fissure sealants: A comparative clinical study. Contemp Clin Dent, 6(Suppl 1): 18-23.
- Rodrigues, E., Delbem, A. C., Pedrini, D., and Cavassan, L. (2010). Enamel remineralization by fluoride-releasing materials: proposal of a pH-cycling model. Braz Dent J, 21(5): 446-451.
- Salar, D. V., Garcia-Godoy, F., Flaitz, C. M., and Hicks, M. J. (2007). Potential inhibition of demineralization in vitro by fluoride-releasing sealants. J Am Dent Assoc, 138(4): 502-506.
- Salmerón-Valdés, E. N., Scougall-Vilchis, R. J., Alanis-Tavira, J., and Morales-Luckie, R. A. (2016). Comparative study of fluoride released and recharged from conventional pit and fissure sealants versus surface prereacted glass ionomer technology. J Conserv Dent, 19(1): 41-45.
- Shen, P., Cai, F., Nowicki, A., Vincent, J., and Reynolds, E. C. (2001). Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. J Dent Res, 80(12): 2066-2070.
- Shetty, S., Hegde, M. N., and Bopanna, T. P. (2014). Enamel remineralization assessment after treatment with three different remineralizing agents using surface microhardness: An in vitro study. J Conserv Dent, 17(1): 49-52.
- Shiyya, T., Mukai, Y., Tomiyama, K., and Teranaka, T. (2012). Anti-demineralization effect of a novel fluoride-releasing varnish on dentin. Am J Dent, 25(6): 347-350.
- Shimazu, K., Ogata, K., and Karibe, H. (2011). Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. Dent Mater J, 30(6): 923-927.
- Shimazu, K., Ogata, K., and Karibe, H. (2012). Caries-preventive effect of fissure sealant containing surface reaction-type pre-reacted glass ionomer filler and bonded by self-etching primer. J Clin Pediatr Dent, 36(4): 343-347.
- Silva, K. G., Pedrini, D., Delbem, A. C., Ferreira, L., and Cannon, M. (2010). In situ evaluation of the remineralizing capacity of pit and fissure sealants containing

- amorphous calcium phosphate and/or fluoride. Acta Odontol Scand, 68(1): 11-18.
- Simonsen, R. J. (1991). Retention and effectiveness of dental sealant after 15 years. J Am Dent Assoc, 122(10): 34-42.
- Sonis, A. L., and Snell, W. (1989). An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 95(4): 306-311.
- Souder, W. (1925). Physical Properties of Dental Materials**. Am Dent Assoc, 12(5): 509-518.
- Sunico, M., Shinkai, K., and Katoh, Y. (2005). Giomer restoration. Dent Mater, 50(6): 355.
- Tantasethi, K. (2013). Effect of xylital-containing dentifrices on remineralization of artificial in primary teeth : in vitro study. (Master of science program in pediatric dentistry), Chulalongkorn university.
- Temin, S. C., and Csuros, Z. (1988). Long-term fluoride release from a composite restorative. Dent Mater, 4(4): 184-186.
- ten Cate, J. M., and Featherstone, J. D. (1991). Mechanistic aspects of the interactions between fluoride and dental enamel. Crit Rev Oral Biol Med, 2(3): 283-296.
- ten Cate, J. M., and van Loveren, C. (1999). Fluoride mechanisms. Dent Clin North Am, 43(4): 713-742, vii.
- Thylstrup, A., and Fejerskov, O. (1994). clinical and pathological feature of dental caries. In: Textbook of clinical cariology. (2 nd ed.) Copenhagen; Munksgaard: 111-157.
- Thylstrup, A., and Poulsen, S. (1976). Retention and effectiveness of a chemically polymerized pit and fissure sealant after 12 months. Community Dent Oral Epidemiol, 4(5): 200-204.
- Traitatvorakul, C., Kangvansurakit, N., and Pathomburi, J. (2010). In vitro comparison of self versus professionally applied remineralizing materials. J Clin Pediatr Dent, 34(4): 323-328.
- Traitatvorakul, C., Kladkaew, S., and Songsiripradaboon, S. (2008). Active management of incipient caries and choice of materials. J Dent Res, 87(3): 228-232.

- Trairatvorakul, C., Techalertpaisarn, P., Siwawut, S., and Ingprapankorn, A. (2009). Effect of glass ionomer cement and fluoride varnish on the remineralization of artificial proximal caries in situ. J Clin Pediatr Dent, 34(2): 131-134.
- Vatanatham, K., Trairatvorakul, C., and Tantbirojn, D. (2006). Effect of fluoride- and nonfluoride-containing resin sealants on mineral loss of incipient artificial carious lesion. J Clin Pediatr Dent, 30(4): 320-324.
- Walker, G. D., Cai, F., Shen, P., Bailey, D. L., Yuan, Y., Cochrane, N. J., et al. Reynolds, E. C. (2009). Consumption of milk with added casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate remineralizes enamel subsurface lesions in situ. Aust Dent J, 54(3): 245-249.
- Wang, Y., Kaga, M., and Kajiwara, D. (2011). Ion release and buffering capacity of S-PRG filler- containing pit and fissure sealant in lactic acid. Nano BioMed, 3(2): 275-281.
- Weintraub, J. A., Stearns, S. C., Rozier, R. G., and Huang, C. C. (2001). Treatment outcomes and costs of dental sealants among children enrolled in Medicaid. Am J Public Health, 91(11): 1877-1881.
- White, D. J. (1987). Use of Synthetic Polymer Gels for Artificial Carious Lesion Preparation. Caries Res, 21(3): 228-242.
- Zero, D. T. (1999). Dental caries process. Dent Clin North Am, 43(4): 635-664.
- Zimmerman, B. F., Rawls, H. R., and Querens, A. E. (1984). Prevention of in vitro secondary caries with an experimental fluoride-exchanging restorative resin. J Dent Res, 63(5): 689-692.
- กระทรวงสาธารณสุข. (2556). รายงานผลการสำรวจสถานะทันตสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 7 ประเทศไทย พ.ศ.2551-2555 กรุงเทพมหานคร: บริษัทสามเจริญพาณิชย์ (กรุงเทพ)จำกัด.



ภาคผนวก ก

เอกสารผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



No.036/2015

Study Protocol and Consent Form Approval Certificate of Exemption

The Human Research Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand has approved the following study to be carried out according to the protocol and patient/participant information sheet dated and/or amended as follows in compliance with the ICH/GCP with exemption

Study Title : Remineralization effect on artificial initial caries of fluoride-releasing sealants: in vitro

Study Code : HREC-DCU 2015-035

Study Center : Chulalongkorn University

Principle Investigator : Dr. Anyarath Mahasaro

Protocol Date : April 10, 2015

Date of Approval : May 12, 2015

Date of Expiration : May 11, 2017

(Associate Professor Dr. Veera Lertchirakarn)
Chairman of Ethics Committee

(Assistant Professor Dr. Kanokporn Bhalang)
Associate Dean for Research

*A list of the Ethics Committee members (names and positions) present at the Ethics Committee meeting on the date of approval of this study has been attached (upon requested). This Study Protocol Approval Form will be forwarded to the Principal Investigator.

Approval is granted subject to the following conditions: (see back of the approval)

ภาคผนวก ข

เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับขอพิน เพื่อใช้ในการทำวิจัย (Inform consent)

เรียน รศสมชาย เศรษฐศิริสมบัติ หัวหน้าภาควิชาศัลยศาสตร์.นพ.ทพ.

ข้าพเจ้านางสาวอัญรัตน์ มหาสระโร จะทำการวิจัยเรื่อง ผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ต่อการคืนกลับแร่ธาตุของรอยผุจำลองระยะแรก ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเปรียบเทียบผลต่อการคืนกลับแร่ธาตุสู่รอยผุจำลองระยะแรกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟัน 4 ชนิด คือ ชนิดลาสไอโอโนเมอร์ (ฟูจิเซเว่น) ชนิดเรซินที่มี เอส-ฟิอาร์จี (บิวติซิลแลนต์) ชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์ (เดลตันเอฟเอสพลัส) และชนิดเรซินไม่มีฟลูออไรด์ (เดลตัน) ภายใต้สภาวะจำลองช่องปาก

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะนำไปสู่เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเลือกใช้วัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่มีคุณสมบัติในการคืนกลับแร่ธาตุ เพื่อป้องกันการเกิดฟันผุในเด็กและใช้วางแผนการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติม

ทั้งนี้ การวิจัยนี้จะต้องใช้ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่ถอนจากอาสาสมัครตามแผนการรักษา จำนวน 30 ซี่ โดยผู้วิจัยจะไม่เก็บข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัคร และไม่ต้องการเชื่อมโยงถึงข้อมูลต่างๆ ของอาสาสมัคร

จึงเรียนมาเพื่อขอใช้ฟันกรามน้อยบนหรือล่าง ซี่ที่หนึ่งหรือสอง ที่ถอนจากอาสาสมัครตามแผนการรักษา ซึ่งอยู่ในการดูแล/ครอบครองของท่าน และข้าพเจ้าจะจัดการกับสิ่งที่ขอใช้ดังกล่าวเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยดังนี้ จะทิ้งชิ้นฟันตัวอย่างกำจัดรวมพร้อมกับขยะติดเชื้อของโรงพยาบาลคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอแสดงความนับถือ

.....
(นางสาวอัญรัตน์ มหาสระโร)

ผู้วิจัยหลัก

หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 061-995-0541

.....
(รศ.ทพญ.ดร. ทิพวรรณ ธราวิพัฒนานนท์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ภาคผนวก ค

เอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent Form)

การวิจัยเรื่อง ผลของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อการคืนกลับแร่ธาตุของรอยผุ
จำลองระยะแรก ในห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหลัก ทันตแพทย์หญิง อัญรัตน์ มหาสระโร

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารยินยอมนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย
วิธีการวิจัย รวมถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว

ข้าพเจ้าขอมอบ

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

จำนวนเท่าที่ผู้วิจัยขอมา ที่อยู่ในความดูแล/ครอบครองของข้าพเจ้า เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยดังกล่าว
 ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสร้างความรู้และความรู้ ที่เป็นประโยชน์แก่ส่วนรวม โดยการวิจัยจะไม่มี การ/
 เกี่ยวข้อง เชื่อมโยง หรือมีผลกระทบต่ออาสาสมัคร/ผู้ป่วย ซึ่งเป็นเจ้าของสิ่งที่ข้าพเจ้าได้มอบให้แก่
 ผู้วิจัยแต่อย่างใด

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(.....)

ตำแหน่ง.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

ภาควิชาศัลยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

ภาคผนวก ง

แสดงส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการศึกษา

สารละลาย	ค่าพีเอช	ส่วนประกอบ
สารละลายที่ใช้ทำรอยผุจำลอง (White, 1987)	4.8	- กรดโพลีอะคริลิก (20%) 16 มิลลิลิตร - กรดแลกติก (85%) 1.76 มิลลิลิตร - ไฮดรอกซีอะพาไทต์อิมิตัว 100 มิลลิลิตร - น้ำปราศจากไอออน 184 มิลลิลิตร
สารละลายทำให้สูญเสียแร่ธาตุ (Featherstone และคณะ, 1986)	4.3	- แคลเซียม 2 มิลลิโมลาร์ - ฟอสเฟต 0.9 มิลลิโมลาร์ - กรดอะซีเตตบัฟเฟอร์ 0.075 โมลาร์
สารละลายทำให้คืนกลับแร่ธาตุ (Featherstone และคณะ, 1986)	7	- แคลเซียม 1.5 มิลลิโมลาร์ - ฟอสเฟต 0.9 มิลลิโมลาร์ - โปแทสเซียมคลอไรด์ 150 มิลลิโมลาร์ - ทริสบัฟเฟอร์ 0.1 มิลลิโมลาร์
สารละลายยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (Trairatvorakul และคณะ, 2010)	7	- ผสมยาสีฟันฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน โดยใช้อัตราส่วนยาสีฟันต่อน้ำปราศจากไอออน 1:3 โมลาร์ต่อปริมาตร โดยเข้าเครื่องกวนแบบแตกตัวที่ปรับความแรงระดับ 5 เป็นเวลา 30 วินาที
น้ำลายเทียม (ตามสูตรของภาควิชาเภสัชวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)	7	- แมกนีเซียมคลอไรด์ 0.07 กรัม - แคลเซียมคลอไรด์ 0.199 กรัม - โปแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.439 กรัม - โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส 6.0 กรัม - โซเดียมฟลูออไรด์ 0.005 กรัม - ซอร์บิทอล(70%) 36 กรัม - โซเดียมเบนโซเอต 2.4 กรัม - น้ำปราศจากไอออน 1,200 มิลลิลิตร

ภาคผนวก จ

รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวย่อและความหมาย

BeutiSealant_MD_Pre:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุก่อนการทดลองชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี
BeutiSealant_MD_Post:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลองชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี
FujiVII_MD_Pre:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุก่อนการทดลองชนิดกลาสไอโอโนเมอร์
FujiVII_MD_Post:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลองชนิดกลาสไอโอโนเมอร์
DeltonFS_MD_Pre:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุก่อนการทดลองชนิดชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์
DeltonFS_MD_Post:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลองชนิดชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์
Delton_MD_Pre:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุก่อนการทดลองชนิดชนิดเรซินดั้งเดิม
Delton_MD_Post:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลองชนิดชนิดเรซินดั้งเดิม
Control_MD_Pre:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุก่อนการทดลองกลุ่มควบคุม
Control_MD_Post:	ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุหลังการทดลองกลุ่มควบคุม
BeutiSealant_PercentR:	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุชนิดเรซินที่มีเอส-ฟิอาร์จี
FujiVII_PercentR:	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุชนิดกลาสไอโอโนเมอร์
DeltonFS_PercentR:	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุชนิดเรซินที่มีฟลูออไรด์
Delton_PercentR:	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุชนิดเรซินดั้งเดิม
Control_PercentR:	ค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุกลุ่มควบคุม

ค่าความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยและพื้นที่ใต้กราฟของรอยผุจำลองระยะแรก
ก่อนและหลังการทดลอง (Mean)

Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
MD_Pre * Sealant	75	100.0%	0	0.0%	75	100.0%
MD_Post * Sealant	75	100.0%	0	0.0%	75	100.0%
PercentR * Sealant	75	100.0%	0	0.0%	75	100.0%

Report

Sealant		MD_Pre	MD_Post	PercentR
BeautiSealant	Mean	1563.6547	1646.3033	19.2327
	N	15	15	15
	Std. Deviation	75.46680	60.64332	57.47813
Fuji Vii	Mean	1595.3587	1719.2740	49.2780
	N	15	15	15
	Std. Deviation	58.38427	34.53536	21.15452
Delton FS+	Mean	1561.0047	1669.1473	42.4367
	N	15	15	15
	Std. Deviation	55.59090	33.88548	14.15657
Delton	Mean	1556.2220	1655.9027	16.6587
	N	15	15	15
	Std. Deviation	73.21768	52.02085	23.31014
Control	Mean	1566.5947	1554.5933	-38.7333
	N	15	15	15
	Std. Deviation	58.12701	61.45298	44.91807
Total	Mean	1568.5669	1649.0441	17.7745
	N	75	75	75
	Std. Deviation	64.45252	72.56819	46.95241

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BeutiSealant_MD_Pre	.157	15	.200 [*]	.961	15	.711
BeutiSealant_MD_Post	.253	15	.011	.825	15	.008
FujiVII_MD_Pre	.187	15	.169	.939	15	.371
FujiVII_MD_Post	.152	15	.200 [*]	.938	15	.357
DeltonFS_MD_Pre	.166	15	.200 [*]	.967	15	.815
DeltonFS_MD_Post	.339	15	.000	.784	15	.002
Delton_MD_Pre	.106	15	.200 [*]	.973	15	.896
Delton_MD_Post	.118	15	.200 [*]	.967	15	.816
Control_MD_Pre	.264	15	.060	.803	15	.400
Control_MD_Post	.259	15	.008	.851	15	.018

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BeutiSealant_PercentR	.342	15	.000	.716	15	.000
FujiVII_PercentR	.195	15	.128	.956	15	.622
DeltonFS_PercentR	.117	15	.200 [*]	.963	15	.741
Delton_PercentR	.126	15	.200 [*]	.971	15	.867
Control_PercentR	.206	15	.086	.945	15	.453

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของความหนาแน่นแร่ธาตุรอยผุก่อนทดลอง

(one-way ANOVA: MD pre-test 5 กลุ่ม)

Descriptives

MD_Pre

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
BeautiSealant	15	1563.6547	75.46680	19.48544	1521.8625	1605.4468	1400.40	1681.33
Fuji Vii	15	1595.3587	58.38427	15.07475	1563.0265	1627.6908	1459.22	1678.58
Delton FS+	15	1561.0047	55.59090	14.35351	1530.2195	1591.7899	1437.73	1665.15
Delton	15	1556.2220	73.21768	18.90472	1515.6754	1596.7686	1439.85	1689.32
Control	15	1566.5947	58.12701	15.00833	1534.4050	1598.7843	1427.20	1627.28
Total	75	1568.5669	64.45252	7.44234	1553.7378	1583.3961	1400.40	1689.32

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

MD_Pre

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.884	4	70	.478

ANOVA

MD_Pre

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14331.036	4	3582.759	.856	.495
Within Groups	293074.420	70	4186.777		
Total	307405.456	74			

การวิเคราะห์สถิติค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ก่อนและภายหลังการทดลอง ด้วยสถิติชนิดวิลคอกซ์ซัน ซายน์ แรงค์ (Wilcoxon Signed Ranks Test)

	BeautiSealan t_MD_Post - BeautiSealan t_MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.329 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-3.351 ^b	-1.647 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.020	.001	.001	.001	.040

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

การทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นแร่ธาตุ สถิติชนิดครัสคัล-วัลลิส เทสต์ (Kruskal-Wallis Test) และ แมน-วิทนีย์ (Mann-Whitney)

NPar Tests

Kruskal-Wallis Test

	Sealant	N	Mean Rank
PercentR	BeautiSealant	15	40.27
	Fuji Vii	15	55.33
	Delton FS+	15	50.53
	Delton	15	31.53
	Control	15	12.33
	Total	75	

	PercentR
Chi-Square	36.735
df	4
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Sealant

Mann-Whitney Test: BeautiSealant vs Fuji VII

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	BeautiSealant	15	12.60	189.00
	Fuji Vii	15	18.40	276.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	69.000
Wilcoxon W	189.000
Z	-1.804
Asymp. Sig. (2-tailed)	.071
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.074 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test : BeautiSealant vs Delton FS+

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	BeautiSealant	15	13.07	196.00
	Delton FS+	15	17.93	269.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	76.000
Wilcoxon W	196.000
Z	-1.514
Asymp. Sig. (2-tailed)	.130
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.137 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: BeautiSealant vs Delton

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	BeautiSealant	15	17.93	269.00
	Delton	15	13.07	196.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	76.000
Wilcoxon W	196.000
Z	-1.514
Asymp. Sig. (2-tailed)	.130
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.137 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: BeautiSealant Vs Control

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	BeautiSealant	15	20.67	310.00
	Control	15	10.33	155.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	35.000
Wilcoxon W	155.000
Z	-3.215
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.001 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test : Fuji Vii vs. Delton FS+

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Fuji Vii	15	17.47	262.00
	Delton FS+	15	13.53	203.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	83.000
Wilcoxon W	203.000
Z	-1.224
Asymp. Sig. (2-tailed)	.221
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.233 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: Fuji Vii vs Delton

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Fuji Vii	15	20.67	310.00
	Delton	15	10.33	155.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	35.000
Wilcoxon W	155.000
Z	-3.215
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.001 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: Fuji VII vs Control

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Fuji VII	15	22.80	342.00
	Control	15	8.20	123.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	123.000
Z	-4.542
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: Delton FS+ vs Delton

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Delton FS+	15	20.33	305.00
	Delton	15	10.67	160.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	40.000
Wilcoxon W	160.000
Z	-3.007
Asymp. Sig. (2-tailed)	.003
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.002 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: Delton FS+ vs Control

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Delton FS+	15	22.73	341.00
	Control	15	8.27	124.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	4.000
Wilcoxon W	124.000
Z	-4.500
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

Mann-Whitney Test: Delton vs Control

Ranks				
	Sealant	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentR	Delton	15	21.47	322.00
	Control	15	9.53	143.00
	Total	30		

Test Statistics ^a	
	PercentR
Mann-Whitney U	23.000
Wilcoxon W	143.000
Z	-3.712
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 ^b

a. Grouping Variable: Sealant

b. Not corrected for ties.

การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยระดับความลึกต่างๆ

ระดับความลึกที่ 0-12 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 0-12 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-2.215 ^b	-2.726 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001	.001	.001	.027	.006

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

ระดับความลึกที่ 12-24 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 12-24 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeautiSealant _MD_Post - BeautiSealant _MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS _MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-2.329 ^b	-3.124 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001	.001	.001	.020	.002

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 24-36 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 24-36 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeutiSealant_ MD_Post - BeutiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-3.124 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-3.067 ^b	-3.408 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.002	.001	.001	.002	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 36-48 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 36-48 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeutiSealant_ MD_Post - BeutiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ _MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ _MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.613 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-1.617 ^b	-3.237 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.009	.001	.001	.059	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 48-60 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 48-60 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.499 ^b	-3.408 ^b	-3.351 ^b	-2.897 ^b	-3.351 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.012	.001	.001	.004	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 60-72 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 60-72 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.385 ^b	-3.408 ^b	-3.294 ^b	-1.874 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.017	.001	.001	.061	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 72-84 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 72-84 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeautiSealant _MD_Post - BeautiSealant _MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.101 ^b	-3.408 ^b	-3.408 ^b	-1.617 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.036	.001	.001	.059	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 84-96 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 84-96 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics ^a					
	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control _MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-2.158 ^b	-3.351 ^b	-3.408 ^b	-1.815 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.031	.001	.001	.067	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 96-108 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 96-108 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeutiSealant _MD_Post - BeutiSealant _MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS _MD_Post - DeltonFS_MD Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-3.237 ^b	-2.442 ^b	-3.408 ^b	-1.817 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001	.015	.001	.069	.001

.041

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 108-120 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 108-120 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeutiSealant _MD_Post - BeutiSealant _MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS _MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ _MD_Pre
Z	-2.272 ^b	-3.351 ^b	-3.351 ^b	-1.874 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.023	.001	.001	.061	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 120-132 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 120-132 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-1.874 ^b	-3.408 ^b	-2.953 ^b	-1.817 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.061	.001	.003	.069	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 132-144 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 132-144 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeautiSealant_ MD_Post - BeautiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-1.874 ^b	-3.067 ^b	-3.124 ^b	-1.420 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.061	.002	.002	.156	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 144-156 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 144-156 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeutiSealant_ MD_Post - BeutiSealant_ MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-1.761 ^b	-3.351 ^b	-2.840 ^b	-.454 ^b	-3.296 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.078	.001	.005	.650	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

 ระดับความลึกที่ 156-168 μm

- การวิเคราะห์ความหนาแน่นแร่ธาตุเฉลี่ยก่อน-หลังการทดลอง
ที่ระดับ 156-168 ไมโครเมตร (Wilcoxon Signed Ranks Test)

Test Statistics^a

	BeutiSealant_ _MD_Post - BeutiSealant_ _MD_Pre	FujiVII_ MD_Post - FujiVII_ MD_Pre	DeltonFS_ MD_Post - DeltonFS_ MD_Pre	Delton_ MD_Post - Delton_ MD_Pre	Control_ MD_Post - Control_ MD_Pre
Z	-1.761 ^b	-2.783 ^b	-1.874 ^b	-.114 ^c	-3.351 ^c
Asymp. Sig. (2-tailed)	.078	.005	.061	.910	.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

c. Based on positive ranks.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัญรัตน์ มหาสะโร เกิดเมื่อวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดมหาสารคาม สำเร็จการศึกษาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2554 ได้รับข้าราชการตำแหน่งทันตแพทย์ปฏิบัติการที่โรงพยาบาลวาปีปทุม อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างปี 2554 -2556 ปัจจุบันศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

