

ผลของวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิวในรอยผุระยะ  
เริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียง : การทดลองในห้องปฏิบัติการ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก  
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

THE EFFECTS OF FLUORIDE-RELEASING MATERIALS ON SURFACE MICROHARDNESS OF  
ADJACENT INITIAL INTERPROXIMAL CARIES: IN VITRO STUDY



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

Department of Pediatric Dentistry

FACULTY OF DENTISTRY

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อความ แข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิวในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ ข้างเคียง : การทดลองในห้องปฏิบัติการ
โดย	น.ส.ทิพย์ธิดา ธีรรัฐ
สาขาวิชา	ทันตกรรมสำหรับเด็ก
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.วรรณกร ศรีอาจ

---

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะทันตแพทยศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.พรชัย จันศิษย์ยานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์(พิเศษ) ทันตแพทย์หญิงชุตินา ไตรรัตน์วรกุล)

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

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธราภิวัฒนานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.อ้อยทิพย์ ชาญการคำ)



# # 6175819932 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY

KEYWORD: Remineralization, Initial caries, Surface Microhardness, Glass ionomer cement, EQUIA Forte, Alkasite, Cention N

Thipthida Theerarath : THE EFFECTS OF FLUORIDE-RELEASING MATERIALS ON SURFACE MICROHARDNESS OF ADJACENT INITIAL INTERPROXIMAL CARIES: IN VITRO STUDY. Advisor: Asst. Prof. WANNAKORN SRIARJ, D.D.S. , Ph.D.

*Objective:* To compare surface microhardness of Alkasite , Glass ionomer cement, and Resin composite of incipient artificial interproximal caries. *Methods:* Human enamel specimens were randomly assigned to 3 groups: Alkasite (Cention N®) (n = 10) Glass ionomer cement (EQUIA Forte®) (n = 10) and Composite resin (Filtek Z350) (n = 10). The baseline hardness was determined using Knoop microhardness. Artificial caries was formed in the specimen and put in contact with proximal restorative materials then submitted to 7 days of pH-cycling. Knoop microhardness test was determined after artificial caries formation and pH-cycling. The differences in the percentage of surface hardness recovery among the groups were compared by Kruskal-Wallis Test. Mann-Whitney Test with Bonferroni multiple testing correction was used for between-groups comparisons. *Results:* There was a significant difference in the percentage of surface hardness recovery between the three groups ( $p < 0.017$ ). The percentage of surface hardness recovery of the Alkasite group was increased significantly compared to other materials. *Conclusion:* Alkasite restorations can affect remineralization of incipient artificial interproximal caries to a much greater extent than do glass ionomer cement and resin composite restorations. Alkasite could be an alternative restoration to arrest initial enamel lesions in approximal adjacent surfaces.

Field of Study: Pediatric Dentistry

Student's Signature .....

Academic Year: 2020

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.วรรณกร ศรีอาจ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ ผู้สละเวลาให้การดูแลช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและคำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ  
ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ให้  
คำแนะนำ ชี้แนะข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไขในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบุคลากรศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์และภาควิชา  
ชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ ตลอดจน  
ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัว และเพื่อนพี่น้องที่คอยสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการ  
เรียนและทำวิจัยเสมอมา ประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยนี้ ขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนทำให้  
งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทิพย์ธิดา ธีร์รัฐ

## สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	1
คำถามการวิจัย .....	4
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	4
ขอบเขตการวิจัย.....	4
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
ปัญหาทางจริยธรรม.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
ข้อจำกัดของการวิจัย .....	5
คำสำคัญ.....	5
รูปแบบการวิจัย .....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	5



บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
โรคฟันผุ.....	6
แนวทางการบูรณะรอยโรคฟันผุ.....	7
วัสดุประเภทคอมโพสิตเรซิน .....	8
วัสดุประเภทแก้วไอโอโนเมอร์ .....	10
วัสดุประเภทอัลคาไซด์ (Alkaside) .....	14
การคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะ .....	22
การวัดผลการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุ.....	29
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย .....	34
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	35
ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย .....	37
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย.....	45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ .....	48
บรรณานุกรม.....	52
ภาคผนวก.....	61
ภาคผนวก ก เอกสารผลพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ .....	62
ภาคผนวก ข เอกสารผลการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพ .....	63
ภาคผนวก ค เอกสารสำหรับขอฟันเพื่อใช้ในการวิจัย .....	64
ภาคผนวก ง เอกสารยินยอมมอบฟันเพื่อใช้ในการทำวิจัย .....	65
ภาคผนวก จ รายละเอียดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ .....	66
ประวัติผู้เขียน.....	78



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## สารบัญตาราง

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมและวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน .....	11
ตาราง 2 แสดงคุณสมบัติของอนุภาคในส่วนผงของอัลคาไซด์ .....	14
ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติโมโนเมอร์ในส่วนน้ำของอัลคาไซด์ .....	15
ตาราง 4 แสดงการศึกษาการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ .....	24
ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยผุจำลอง หลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาค .....	46
ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยอันดับ (mean rank) และค่ามัธยฐาน (median) ของความแข็งผิวระดับจุลภาค หลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาค .....	46

## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ 1 แสดงสมดุของการเกิดกระบวนการเสี่ยแร่ธาตุ และกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุ.....	6
รูปภาพ 2 แสดงปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ .....	10
รูปภาพ 3 แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมในสภาวะเป็นกรดและเป็นกลางโดยแบ่งตามลักษณะการบ่ม .....	18
รูปภาพ 4 แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ในสภาวะเป็นกรดของวัสดุเซนต์ิน เอ็นเทียบกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอื่น ๆ.....	18
รูปภาพ 5 แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุแคลเซียมในสภาวะเป็นกรดของวัสดุเซนต์ิน เอ็นเทียบกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอื่น ๆ.....	18
รูปภาพ 6 แสดงความสามารถปรับสภาวะความเป็นกรดให้เป็นกลางของวัสดุเซนต์ิน เอ็น .....	19
รูปภาพ 7 แสดงผลการประเมินทางคลินิกของวัสดุบูรณะเซนต์ิน เอ็นตามเกณฑ์ FDI ในรูปแบบร้อยละ .....	20
รูปภาพ 8 แสดงภาพพื้นที่บูรณะด้วยวัสดุเซนต์ิน เอ็น วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูจิโนนและชนิดคิแทคโมลาร์.....	22
รูปภาพ 9 แสดงภาพกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์และหลักการทำงาน.....	30
รูปภาพ 10 แสดงหัวควิกเกอร์ส (Vickers).....	32
รูปภาพ 11 แสดงหัวคดนูบ (Knoop).....	32
รูปภาพ 12 กราฟค่าเฉลี่ยของอันดับร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคในรอยผุจำลองเมื่อสัมผัสกับวัสดุ.....	47

## บทที่ 1 บทนำ

### ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรคฟันผุเป็นโรคไม่ติดต่อที่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพกับประชากรทั่วโลกมาอย่างยาวนาน(1) จากรายงานสถานการณ์ภาระโรค (Global burden diseases) ที่สำรวจจากประชากรทั่วโลกในปี 2016 พบว่าโรคในช่องปากส่งผลกระทบต่อประชากรกว่า 3.58 ล้านล้านคนหรือประมาณครึ่งหนึ่งของประชากรทั่วโลก โดยพบว่าเด็กจากทั่วโลกมากถึง 486 ล้านคนที่ได้รับความเจ็บปวดจากการมีฟันน้ำนมผุ(2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจสถานะสุขภาพช่องปากแห่งชาติครั้งที่ 8 ของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2560 ที่พบว่าฟันผุถือเป็นสาเหตุหลักของอาการเจ็บปวดและสูญเสียฟันน้ำนมในเด็กก่อนวัยเรียน ผลการสำรวจพบว่าความชุกของโรคฟันผุในฟันน้ำนมในเด็กอายุ 3 ปีมีมากถึงร้อยละ 52.9 และเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 75.6 เมื่อเด็กอายุ 5 ปี(3) หากฟันผุเหล่านั้นไม่ได้รับการรักษาย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของเด็ก เพราะเมื่อฟันผุลุกลาม มักจะเกิดอาการปวดหรือติดเชื้อจนไม่สามารถรับประทานอาหารหรือนอนหลับได้ตามปกติ และอาจรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล และต้องขาดเรียนทำให้เกิดผลเสียต่อประสิทธิภาพในการเรียน รวมถึงต้องเสียเงินจำนวนมากเป็นค่ารักษา(4)

ด้านประชิดเป็นบริเวณที่มีความชุกในการเกิดฟันผุสูงทั้งในฟันกรามน้ำนมและฟันกรามแท้(5) เนื่องจากมีลักษณะเป็นจุดสัมผัสเอื้อต่อการสะสมของคราบจุลินทรีย์ และเป็นบริเวณที่ทำความสะอาดยาก แต่เนื่องจากด้านประชิดไม่ได้รับแรงจากการบดเคี้ยวโดยตรงเมื่อเกิดรอยผุระยะเริ่มแรก แม้จะมีการสูญเสียแร่ธาตุในชั้นเนื้อฟันก็อาจไม่เกิดรอยผุเป็นโพรง(6, 7) ดังนั้นหากตรวจพบฟันผุด้านประชิดและให้การวินิจฉัยได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรกที่รอยผุยังไม่เป็นโพรง จะสามารถใช้วิธีการรักษาแบบไม่ลุกล้ำ (Noninvasive) ซึ่งไม่ต้องทำการกรอและบูรณะให้สูญเสียเนื้อฟันที่จะนำไปสู่วงจรอุปาทร์แห่งการบูรณะฟันในอนาคต (Repeat restoration cycle)(8, 9)

ฟลูออไรด์มีบทบาทสำคัญในการป้องกันและยับยั้งการลุกลามของฟันผุ(10) เนื่องจากมีกลไกสำคัญในการป้องกันฟันผุเฉพาะที่ 3 กลไก นั่นคือ ยับยั้งการสูญเสียการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization) ส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุ (remineralization) และยับยั้งกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ของแบคทีเรีย(11) ต่อมาได้มีการนำฟลูออไรด์มาใช้ในการพัฒนาวัสดุบูรณะให้มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์เพื่อหวังผลเพิ่มคุณสมบัติต้านทานการผุ(12)

หนึ่งในวัสดุบูรณะที่นิยมใช้ในการส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุของรอยผุเริ่มต้นคือ แก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

แก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุบูรณะที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถปลดปล่อยและสะสมฟลูออไรด์จึงมีประสิทธิภาพในการต้านทานฟันผุ รวมถึงให้การยึดติดที่ดีทั้งกับเคลือบฟันและเนื้อฟันด้วยพันธะเคมี มีความแนบสนิทบริเวณขอบรอยวัสดุบูรณะ ช่วยลดการรั่วซึมบริเวณขอบ อีกทั้งมีความเข้ากันทางชีวภาพที่ดี และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน แต่แก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ก็ยังมีข้อดีอย่างว่าเรซินคอมโพสิตในเรื่องความไวต่อความชื้นโดยเฉพาะช่วงแรกที่ทำกรบูรณะ คุณสมบัติทางกายภาพที่ไม่แข็งแรงและต้านทานต่อการสึกดำ รวมถึงวัสดุมีสีขุ่นทึบไม่สวยงาม(13-15) เนื่องจากคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์จึงมีการศึกษาคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะบริเวณด้านประชิด(คลาสซู)ด้วยวัสดุบูรณะแก้ว ไอโอโนเมอร์ทั้งในท้องปฏิบัติการและในทางคลินิกพบว่าผลการศึกษาร่วมใหญ่ตรงกันว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ทั้งชนิดดั้งเดิมและชนิดดัดแปลงมีความสามารถในการคืนกลับของแร่ธาตุและช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันที่ข้างเคียงที่มีการบูรณะด้วยแก้วไอโอโนเมอร์(12, 16-23)

เซนต์น เอ็น (Cention N<sup>®</sup>) เป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟันที่จัดอยู่ในกลุ่มอัลคาไซด์ (Alkasilite) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยประเภทใหม่ของวัสดุบูรณะ มีวัสดุอัดแทรก (filler) เป็นอัลคาไลน์จึงทำให้มีความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ ประจุแคลเซียมและประจุไฮดรอกไซด์ได้ สามารถใช้งานแบบบัลค์ฟิลล์ (bulk fill) และมีความแข็งแรงทนทานเมื่อทำการการบ่มตัวสองแบบ (dual-curing) อีกทั้งยังมีสวยงามทั้งสีและความโปร่งใสที่เหมือนฟัน(24) การศึกษาวิจัยในวัสดุบูรณะเซนต์น เอ็นส่วนมากเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ สำหรับการศึกษาที่ติดตามผลทางคลินิกของวัสดุเซนต์น เอ็นยังมีไม่มากนักและส่วนมากเป็นการศึกษาโดยบริษัทผู้ผลิต การศึกษาในห้องปฏิบัติการที่มีในปัจจุบัน ได้แก่ การศึกษาคุณสมบัติวัสดุบูรณะในเรื่องความแข็งแรงโดยศึกษาจากความแข็งแรงแรงดัด(25, 26) ความแข็งแรงทางแรงกด(25, 27) ความสามารถในการต้านทานการแตกของวัสดุที่ใช้บูรณะด้านประชิดของฟันหลังแบบคลาสซู(28) ความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ ประจุแคลเซียมและประจุไฮดรอกไซด์(24, 29) ส่วนความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุมีการศึกษาของบริษัทผู้ผลิตโดยพิจารณาจากความแข็งผิวฟันในเคลือบฟันจากบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุ เซนต์น เอ็นเทียบกับวัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่มีการปลดปล่อยประจุใด ๆ ซึ่งพบว่าความแข็งผิวฟันในเคลือบฟันบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุเซนต์น เอ็นมากกว่าวัสดุคอมโพสิตเรซินอย่างมี



นัยสำคัญจึงสรุปว่าวัสดุเซนต์ทิน เอ็นมีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ(24) ส่วนการศึกษาของ Donly และคณะ(19) ที่ทำการศึกษาศักยภาพในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันที่บูรณะบริเวณคอฟันด้วยวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ วัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์, วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ และวัสดุเซนต์ทิน เอ็นพบว่า การสูญเสียแร่ธาตุในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดวิทริเมอร์ (Vitremar) มีขนาดเล็กที่สุด รองลงมาเป็นวัสดุเซนต์ทิน เอ็นและวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดแซต 100 (Z100) ตามลำดับ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษามากกว่าวัสดุเซนต์ทิน เอ็นมีความแข็งแกร่งทนทานในการบูรณะ สามารถใช้บูรณะด้านประชิดในฟันกรามได้ รวมถึงความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ ประจุแคลเซียมและประจุไฮดรอกไซด์ซึ่งนำไปสู่ความสามารถในการส่งเสริมคืนกลับแร่ธาตุและยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ แต่จะเห็นได้ว่ายังไม่มีการศึกษาการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้านประชิดด้วยวัสดุบูรณะเซนต์ทิน เอ็น ดังนั้นในการศึกษานี้จึงต้องการเปรียบเทียบการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะเซนต์ทิน เอ็น แก้วไอโอโนเมอร์และคอมโพสิตเรซิน

### คำถามการวิจัย

การบูรณะด้วยแก้วไอโอโนเมอร์ อัลคาไซด์ และคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์สามารถส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะได้แตกต่างกันหรือไม่

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันที่ติดกับวัสดุบูรณะแก้วไอโอโนเมอร์ อัลคาไซด์ และคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ โดยประเมินจากความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิว

### สมมติฐานการวิจัย

ความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิวในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะแก้วไอโอโนเมอร์ อัลคาไซด์ และคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์จะแตกต่างกัน

### ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิวในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ อัลคาไซด์ และคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ในภาวะจำลองในช่องปากโดยใช้ชั้นฟันจากฟันกรามน้อยแท็บนซี่ที่ 1 หรือ 2 ที่ถอนแล้ว

### คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. ชั้นฟันตัวอย่าง คือ ชั้นฟันที่ถูกตัดในขนาดที่กำหนด (กว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร) จากด้านประชิดของฟันกรามน้อยแท็บนซี่ที่ 1 หรือ 2 ที่ปราศจากรอยร้าว รอยผุ วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน
2. รอยโรคผุระยะเริ่มต้น (Initial caries) คือ รอยผุในชั้นเคลือบฟันที่เกิดจากการสูญเสียแร่ธาตุ แต่ยังไม่มีการทำลายโครงสร้างของชั้นเคลือบฟันจนเป็นโพรงฟัน ในทางคลินิกพบลักษณะเคลือบฟันเป็นสีขาวขุ่น(30)
3. แก้วไอโอโนเมอร์ หมายถึง แก้วไอโอโนเมอร์ ที่มีชื่อทางการค้าว่า EQUIA Forte®
4. อัลคาไซด์ หมายถึง อัลคาไซด์ที่มีชื่อทางการค้าว่า Cention N®
5. คอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ หมายถึง คอมโพสิตเรซินที่มีชื่อทางการค้าว่า Filtek™ Z350

### ปัญหาทางจริยธรรม

ไม่มี

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้ต้องการเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นในชั้นเคลือบฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะแก้วไอโอโนเมอร์ อัลคาไซต์ และคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ในสภาวะจำลองในช่องปาก ซึ่งผลจากการศึกษาจะนำไปสู่การวิจัยทางคลินิก และเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุบูรณะให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุระดับสูงต่อไป

### ข้อจำกัดของการวิจัย

1. เนื่องจากระยะเวลาในการศึกษาจำกัด จึงไม่อาจบอกผลการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะยาวได้
2. การศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันกรามน้อยแท้ในการศึกษา ผลการศึกษาที่ได้จึงไม่อาจนำมาสรุปในฟันน้ำนมได้

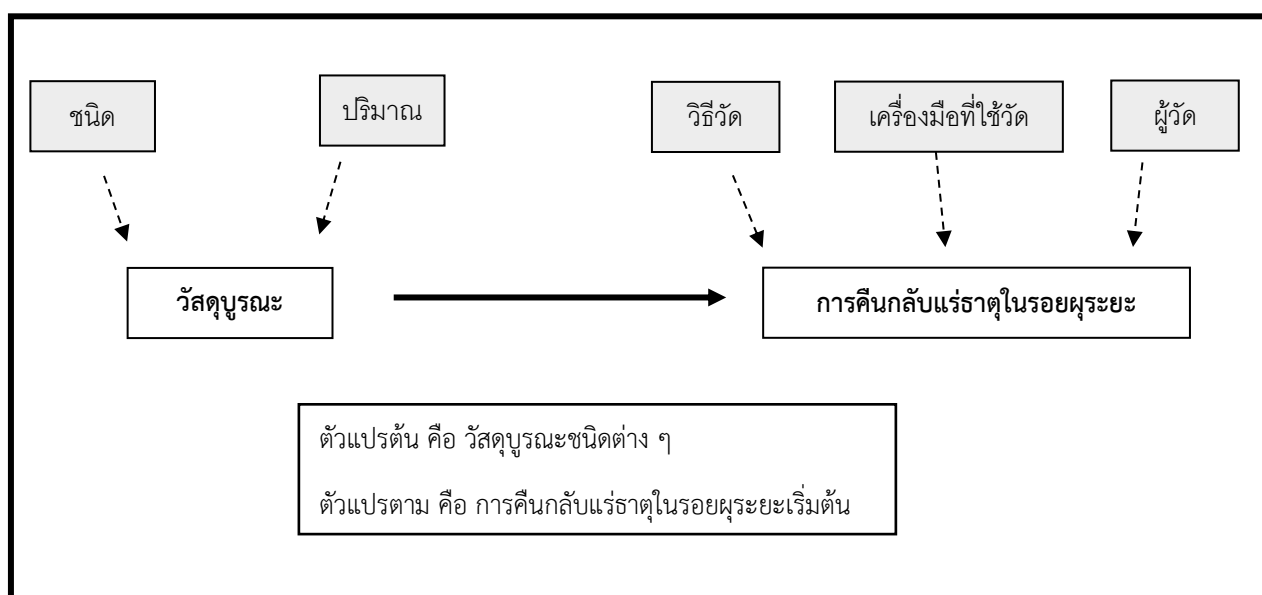
### คำสำคัญ

1. การคืนกลับกลับของแร่ธาตุ (Remineralization)
2. รอยโรคผุระยะเริ่มต้น (Initial caries)
3. ความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิว (Surface Microhardness)
4. อัลคาไซต์ (Alkaside : Cention N<sup>®</sup>)
5. แก้วไอโอโนเมอร์ (Glass Ionomer Cement : EQUIA Forte<sup>®</sup>)

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

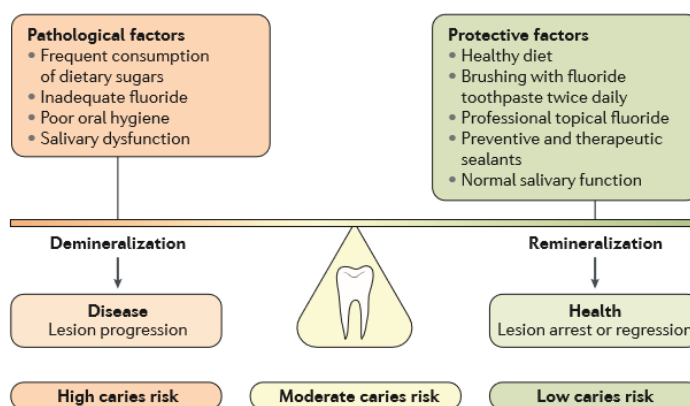


## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### โรคฟันผุ

จากรายงานสถานการณ์ภาวะโรคของทั่วโลกในปี 2016 พบว่าโรคในช่องปากส่งผลกระทบต่อประชากรกว่า 3.58 ล้านล้านคน หรือประมาณครึ่งหนึ่งของประชากรทั่วโลกโดยพบว่าปัญหาส่วนมากเกิดจากฟันผุในชุดฟันถาวร(2) ในเด็กพบว่าอาการปวดฟันส่วนมากเกิดมาจากฟันผุ ซึ่งปัญหาฟันผุและอาการปวดฟันนี้ถือเป็นปัญหาสุขภาพช่องปากที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต(31)

ฟันผุเป็นปฏิกิริยาระหว่างฟัน คราบจุลินทรีย์และน้ำตาล โดยมีน้ำลายและอิทธิพลจากพันธุกรรมเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยกระบวนการเกิดฟันผุเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยประกอบด้วยกระบวนการเสียแร่ธาตุ และกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุเพื่อรักษาสมดุลการเกิดและการป้องกันฟันผุซึ่งหากเกิดการเสียสมดุลจะเกิดการผลิตรกรดจากแบคทีเรียที่จะทำให้เคลือบฟันและเนื้อฟันสูญเสียแร่ธาตุและนำไปสู่การเกิดฟันผุในที่สุด กระบวนการเกิดฟันผุเป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพแวดล้อมโดยจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือปัจจัยก่อโรคฟันผุ และปัจจัยส่งเสริมป้องกันโรคฟันผุ ปัจจัยก่อโรคฟันผุ ได้แก่ การบริโภคน้ำตาลหลายครั้งในหนึ่งวัน การได้รับฟลูออไรด์ไม่เพียงพอ ขาดการดูแลทำความสะอาดช่องปาก และการมีน้ำลายน้อยกว่าปกติ ส่วนปัจจัยส่งเสริมป้องกันโรคฟันผุ ได้แก่ การรับประทานอาหารที่ก่อให้เกิดฟันผุต่ำ การแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ การได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่จากผู้เชี่ยวชาญ การเคลือบหลุมร่องฟัน และการทำงานของต่อมน้ำลายปกติ ซึ่งหากเราสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในช่องปากและพฤติกรรมให้เหมาะสมก็จะมีผลลดโอกาสการเกิดฟันผุลงได้(31)



รูปภาพ 1 แสดงสมดุลของการเกิดกระบวนการเสียแร่ธาตุ และกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยก่อโรคและปัจจัยป้องกันฟันผุ(31)

ในกรณีที่กระบวนการเกิดฟันผุเสียสมดุล ปัจจัยก่อโรคฟันผุมีอิทธิพลมากกว่าจึงเกิดการสร้างกรดจากแบคทีเรียทำให้ฟันที่สัมผัสกรดเกิดการละลายแร่ธาตุแล้วเกิดเป็นรอยผุระยะเริ่มต้นซึ่งจะมีลักษณะขาวขุ่น เรียกว่า “ White spot lesion ” รอยโรคในระยะนี้หากได้รับการส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุจะยังสามารถฟื้นกลับหรือหยุดยั้งกระบวนการผุได้(11) ดังนั้นการตรวจพบฟันผุตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้วส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุ รวมถึงให้การป้องกันที่เหมาะสมโดยอาศัยการประเมินความเสี่ยงร่วมด้วยจะช่วยหยุดหรือชะลอฟันผุไม่ให้ลุ่ต่อนจนเกิดการแตกออกของฟันจนเป็นโพรงซึ่งจะรักษาได้ด้วยการบูรณะเท่านั้น(32) ในกรณีที่กระบวนการเกิดฟันผุเสียสมดุล ปัจจัยก่อโรคฟันผุมีอิทธิพลมากกว่าจึงเกิดการสร้างกรดจากแบคทีเรียทำให้ฟันที่สัมผัสกรดเกิดการละลายแร่ธาตุแล้วเกิดเป็นรอยผุระยะเริ่มต้นซึ่งจะมีลักษณะขาวขุ่น เรียกว่า “ White spot lesion ” รอยโรคในระยะนี้หากได้รับการส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุจะยังสามารถฟื้นกลับหรือหยุดยั้งกระบวนการผุได้(11) ดังนั้นการตรวจพบฟันผุตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้วส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุ รวมถึงให้การป้องกันที่เหมาะสมโดยอาศัยการประเมินความเสี่ยงร่วมด้วยจะช่วยหยุดหรือชะลอฟันผุไม่ให้ลุ่ต่อนจนเกิดการแตกออกของฟันจนเป็นโพรงซึ่งจะรักษาได้ด้วยการบูรณะเท่านั้น(32)

### แนวทางการบูรณะรอยโรคฟันผุ

ในอดีตการบูรณะจะยึดตามแนวคิดการขยายเพื่อการป้องกัน (extension for prevention) ของ G.V. Black นั่นคือกำจัดรอยผุทั้งหมดออก และขยายขอบเขตของโพรงฟันให้เพียงพอต่อการยึดอยู่ของวัสดุอุดและจุดสิ้นสุดขอบเขตอยู่ในบริเวณที่สามารถทำความสะอาดได้(9) ต่อมาเมื่อองค์ความรู้ในเรื่องฟันผุเปลี่ยนแปลงไป ความรุนแรงของโรคฟันผุในบางประเทศลดลง และมีการพัฒนาของวัสดุบูรณะที่สามารถยึดอยู่ได้ (adhesive material) ส่งผลให้แนวทางการจัดการโรคฟันผุในปัจจุบันอาศัยแนวคิดทางทันตกรรมอนุรักษ์ (Minimum intervention Dentistry) ซึ่งประกอบด้วยหลักการสำคัญ 5 ข้อ ได้แก่(32, 33)

1. การตรวจพบฟันผุตั้งแต่ระยะตั้งแต่เริ่มต้นและการประเมินความเสี่ยงในการเกิดโรคฟันผุ
2. การคืนกลับแร่ธาตุให้กับเคลือบฟันและเนื้อฟันที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ
3. การได้รับทันตกรรมป้องกันด้วยวิธีที่เหมาะสม

4. การบูรณะรอยผุด้วยหลักการการรักษาแบบรุกรานน้อย (Minimal invasive) ได้แก่ กำจัดรอยผุเฉพาะตำแหน่งที่ผุโดยกำจัดเฉพาะส่วนของเนื้อฟันที่ติดเชื้อ ไม่จำเป็นต้องขยายขอบเขตเพื่อให้เกิดการยึดติดเนื่องจากบูรณะด้วยวัสดุบูรณะที่สามารถยึดอยู่ได้

5. หากพบวัสดุบูรณะเสียหายให้ทำการซ่อมแซมแทนการรื้อบูรณะใหม่

วัสดุบูรณะที่สามารถยึดอยู่ได้นับเป็นปัจจัยสำคัญส่วนหนึ่งในการจัดการรอยผุตามแนวคิดทางทันตกรรมอนุรักษ์ โดยวัสดุบูรณะที่สามารถยึดอยู่ได้ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ วัสดุประเภทคอมโพสิตเรซิน และวัสดุประเภทแก้วไอโอโนเมอร์

### วัสดุประเภทคอมโพสิตเรซิน

วัสดุคอมโพสิตเรซินเริ่มมีการคิดค้นตั้งแต่ช่วงค.ศ. 1960 และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนทานและมีสีสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ โดยคอมโพสิตเรซินมีองค์ประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ สารแมทริกซ์ (organic polymer matrix) วัสดุอัดแทรกอนินทรีย์ (inorganic filler particles) สารเชื่อมติด (coupling agent) และสารเริ่มกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยา (initiator-accelerator system) วัสดุอัดแทรกจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ความโปร่งใสและสวยงาม การหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ ดังนั้นขนาดของวัสดุอัดแทรกจึงมีผลต่อการจำแนกชนิดของวัสดุคอมโพสิตเรซิน(34) ซึ่งสามารถแบ่งได้ 5 กลุ่ม ได้แก่ แมคโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต (Macrofill resin composite) , ไมโครฟิลล์เรซินคอมโพสิต (Microfill resin composite) ไมโครไฮบริดเรซินคอมโพสิต (Microhybrid resin composite) , ไฮบริดเรซินคอมโพสิต (Hybrid resin composite) นาโนคอมโพสิต (Nanocomposite)(35)

ปัจจุบันนาโนคอมโพสิต จัดเป็นคอมโพสิตเรซินชนิดยูนิเวอร์แซลดีที่สุดในที่นี้เหมาะสำหรับการบูรณะทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นพื้นหน้าและพื้นหลัง นาโนคอมโพสิตประกอบด้วยวัสดุอัดแทรกขนาด 25-75 นาโนเมตรที่จัดเรียงตัวอย่างเป็นระบบจึงทำให้คอมโพสิตเรซินในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี แข็งแรง ทนต่อแรงบดเคี้ยวและการสึก สามารถบูรณะและขัดแต่งวัสดุให้สวยงามเหมือนฟันธรรมชาติ และลดโอกาสเกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization shrinkage)(35) โดยฟิลเทก แซด 350 เอ็กซ์ที (Filtek Z350 XT) ซึ่งเป็นวัสดุที่เลือกใช้ในการศึกษานี้ก็จัดอยู่ในกลุ่มนาโนคอมโพสิตด้วยเช่นกัน

สำหรับการนำคอมโพสิตเรซินมาใช้ในงานในทางคลินิกพบว่าจากการรวบรวมข้อมูลการศึกษาในทางคลินิกจำนวน 59 การศึกษาพบว่าการบูรณะคลาสทู (Class II) ด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินมีอัตราความสำเร็จถึงร้อยละ 90 เมื่อติดตามผลหลังบูรณะไป 10 ปี(36) ซึ่งทางสมาคมทันตแพทย์สำหรับเด็กแห่งสหรัฐอเมริกาได้ออกคำแนะนำการใช้คอมโพสิตเรซินในการบูรณะโดยในฟันแท้พบว่ามีหลักฐานการศึกษาที่น่าเชื่อถือสูงที่บ่งชี้ว่าการใช้คอมโพสิตเรซินบูรณะฟันคลาสทูมีอัตราความสำเร็จสูง(37) ส่วนในฟันน้ำนมพบว่าในการบูรณะในคลาสทูก็มีการศึกษาทางคลินิกที่สนับสนุนถึงผลความสำเร็จในการบูรณะเมื่อติดตามผลหลังบูรณะไป 2 ปี(38)

แต่ปัญหาที่สำคัญของวัสดุคอมโพสิตเรซิน คือ การหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ซึ่งเกิดจากสารเมทริกซ์ชนิดอินทรีย์ที่เมื่อเกิดการสร้างเป็นโพลิเมอร์ (Polymer)แล้วจะหดตัวจนเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจนส่งผลกระทบต่อโครงสร้างฟันและรอยต่อระหว่างวัสดุอุดกับฟันจนการยึดติดล้มเหลวแล้วเกิดการรั่วซึมระดับอนุภาค(Microleakage) และนำไปสู่การเกิดฟันผุซ้ำในอนาคตซึ่งถือเป็นปัญหาหลักที่ทำให้การบูรณะฟันด้วยคอมโพสิตเรซินล้มเหลว(39, 40) รวมถึงทำให้เกิดอาการเสียวฟันหลังจากที่บูรณะอีกด้วย ดังนั้นหากเราต้องการลดการหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์สามารถทำได้โดยคำนึงถึงปัจจัยในเรื่องของวัสดุ และ ปัจจัยเรื่องค่าซีแฟคเตอร์ (C-factor) วัสดุคอมโพสิตเรซินยังมีวัสดุอัดแทรกมากจะช่วยลดโอกาสการหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์และมีความแข็งแรงเชิงกล อย่างเช่นวัสดุคอมโพสิตเรซินในกลุ่มนาโนคอมโพสิตที่มีอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโนเมตรจึงมีปริมาณวัสดุอัดแทรกจำนวนมากทำให้โอกาสเกิดการหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ค่อนข้างต่ำ สำหรับปัจจัยเรื่องค่าซีแฟคเตอร์แก้ไขได้ด้วยการอุดทีละชั้น (Incremental techniques) ข้อจำกัดอีกประการของคอมโพสิตเรซินคือเทคนิคในการบูรณะมีความไวสูง โดยเฉพาะเรื่องการควบคุมความชื้น(35) และในแง่การป้องกันฟันผุพบว่าวัสดุคอมโพสิตเรซินทั้งแบบไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์และแบบที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ก็มีคุณสมบัติในการป้องกันฟันผุที่น้อยกว่าวัสดุบูรณะประเภทแก้วไอโอโนเมอร์ (41)

ดังนั้นแม้คอมโพสิตเรซินจะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน มีอัตราความสำเร็จในการบูรณะฟันคลาสทู สูงแต่ก็ยังมีข้อด้อยในเรื่องการหดตัวจากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ เทคนิคในการบูรณะมีความไวสูง และความสามารถในการป้องกันฟันผุที่ต่ำกว่าวัสดุประเภทแก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เพราะฉะนั้นหากจะเลือกใช้วัสดุคอมโพสิตเรซินในการบูรณะฟันคลาสทูที่ฟันซี่ข้างเคียงมีรอยผุเริ่มต้น อาจไม่ใช่ทางเลือกการรักษาที่เหมาะสม

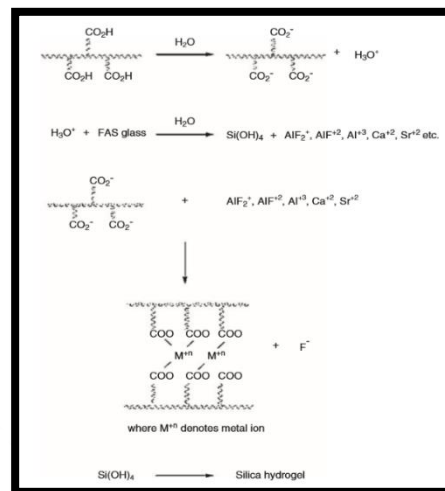
## วัสดุประเภทแก้วไอโอโนเมอร์

วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์เริ่มมีการพัฒนาและใช้มาตั้งแต่ปีค.ศ.1960 โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนผงแก้วฟลูออโรซิลิเกตและส่วนน้ำที่เป็นโพลิเมอร์ของกรดอะคริลิก โดยมีการเติมกรดทาร์ทาลิกเพื่อเพิ่มระยะเวลาการทำงาน เมื่อผสมส่วนผงและน้ำแล้วจะเกิดการทำปฏิกิริยาแบบกรด-ด่าง (acid-base reaction) ซึ่งจะมีการแข็งตัวในระยะแรกตั้งแต่ 3-4 นาทีหลังจากผสม แต่จะแข็งตัวได้สมบูรณ์ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะมีฟลูออไรด์เป็นผลิตภัณฑ์ตามสมการในภาพที่ 2 จึงทำให้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์

ได้ซึ่งถือเป็นหนึ่งในคุณสมบัติเด่นของวัสดุประเภทนี้(34) การปลดปล่อยฟลูออไรด์ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกจะสูงแล้วค่อยๆลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรก(42) และจะยังคงปลดปล่อยฟลูออไรด์ในระดับต่ำต่อไป โดยจากการศึกษาการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ในระยะยาวพบว่า การปลดปล่อยฟลูออไรด์ในระดับต่ำๆ จะเกิดขึ้นเป็นเวลาหลายเดือนไปจนถึงหนึ่งปี(43) นอกจากนี้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ยังสามารถสะสมฟลูออไรด์จากการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ ทั้งจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ เช่น ยาสีฟันและน้ำยาบ้วนปากที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ หรือฟลูออไรด์ที่ได้รับจากทันตแพทย์(34)

คุณสมบัติเด่นอื่น ๆ ของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ได้แก่ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์มีความสามารถในการยึดติดกับเคลือบฟันและเนื้อฟันได้ด้วยปฏิกิริยาเคมี มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน และมีคุณสมบัติความเข้ากันได้ทางชีวภาพ นอกจากนี้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์มีความไวต่อความชื้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทคอมโพสิตเรซิน ส่วนข้อจำกัดของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ได้แก่ ข้อด้อยในเรื่องความแข็งแรงและความสวยงาม รวมถึงการใช้งานบูรณะที่ทำได้ยากและมีความไวต่อความชื้นในช่วงแรกที่วัสดุเริ่มแข็งตัว การบูรณะด้วยแก้วไอโอโนเมอร์จึงมีโอกาสเปราะแตกได้ง่าย ไม่ทนต่อการสีกรร รวมถึงสีและความโปร่งใสไม่เหมือนฟันธรรมชาติ(34, 37, 44)

วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์แบ่งได้ 2 ประเภทหลัก ได้แก่ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม และวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (Resin modified glass ionomer cements-RMGIC) ซึ่ง



รูปภาพ 2 แสดงปฏิกิริยาการแข็งตัวของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์



พัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการแข็งตัวและเวลาทำงานโดยมีการเติมสารประกอบเมทาคริเลท (methacrylate) ที่เป็นสารริเริ่มการเกิดปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ สำหรับส่วนประกอบอื่น ๆ จะไม่แตกต่างจากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม การแข็งตัวของวัสดุประเภทนี้จึงสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาเกิดพอลิเมอร์ ในรูปแบบการฉายแสงหรือการบ่มตัวเองตามแต่ประเภทของสารริเริ่มในช่วงแรก แล้วจึงแข็งตัวจากปฏิกิริยาแบบกรด-ด่างตามมาในภายหลัง(34) วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินจึงมีข้อดี ได้แก่ มีระยะเวลาการแข็งที่น้อยกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม สามารถทำให้แข็งตัวเมื่อต้องการได้ด้วยการฉายแสงในชนิดที่บ่มตัวด้วยแสงจึงสะดวกและใช้บูรณะได้สะดวกมากขึ้น(45) รวมถึงได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ ความแข็งแรง ความสามารถในการทนต่อการสึกและการคงสภาพให้ดีกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม(34)

บริษัทผู้ผลิตพยายามพัฒนาคุณสมบัติทางกลของวัสดุชนิดดั้งเดิมอย่างต่อเนื่องเพื่อแก้ไขข้อด้อยของแก้ว ไอโอโนเมอร์ที่เปราะและสึกง่าย ไม่ว่าจะเป็นการเติมผงอะมัลกัมอัลลอย หรือผงโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น เงิน ทอง ไททาเนียมและพลาตาเดียม เป็นต้น แต่การปรับปรุงนี้ทำให้วัสดุนี้ขัดแต่งให้สวยงามได้ยาก รวมถึงผงโลหะบางชนิดทำให้วัสดุมีสีเทา ไม่สวยงาม ต่อมาได้มีความพยายามในการเติมผงไฮดรอกซีอะปาไทต์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ให้ความแข็งแรงในฟันธรรมชาติในส่วนผงของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ หรือการใช้ผงแก้วขนาดเล็กและขนาดใหญ่ร่วมกัน รวมถึงมีการปรับสัดส่วนของส่วนผงและน้ำทำให้เกิดเป็นวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์แบบดั้งเดิมที่มีความหนืดสูง ในปัจจุบันวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมจึงมีความแข็งแรง ทนต่อการรับแรงและสามารถใช้ในการบูรณะฟันหลังในบริเวณซอกฟันได้ รวมถึงมีเฉดสีให้เลือกใช้บูรณะได้(44, 46, 47)

## CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมและ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน

วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม	วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fuji II®</li> <li>● Fuji VII®</li> <li>● Fuji IX GP®, Fuji IX GP® EXTRA</li> <li>● EQUIA Forte®</li> <li>● Ketac Fil Plus®</li> <li>● Ketac molar®</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fuji II LC®</li> <li>● Vitremer®</li> <li>● Ketac Nano®</li> </ul>

ในเรื่องการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดต่าง ๆ จากการศึกษาของ Mousavinasab และคณะพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูจิเซเวน (Fuji VII®) มีระดับการปลดปล่อยฟลูออไรด์สะสมในช่วงเวลา 7 วันมากที่สุดรองลงมาเป็นวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูจิไนน์ จีพี เอกตรา (Fuji IX GP® EXTRA) ฟูจิทู แอลซี (Fuji II LC®) และฟูจิไนน์ จีพี (Fuji IX GP®) ตามลำดับ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูจิไนน์ จีพี มีระดับการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่น้อยกว่าชนิดฟูจิเซเวน เนื่องจากการปรับปรุงผงแก้วเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทำให้ฟูจิไนน์ จีพี มีความแน่นของสายโพลีเมอร์จึงทำให้น้ำผ่านได้ยาก จึงทำให้ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้น้อยซึ่งนำมาสู่การปรับปรุงโดยการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในฟูจิไนน์ จีพี เอกตราทำให้ระดับการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดนี้มากกว่าฟูจิไนน์ จีพีแบบเดิม สำหรับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินส่วนมากสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ไม่ต่างจากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม แต่ในบางครั้งพบว่าชนิดของเรซินที่ใช้และผลจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ทำให้เกิดอนุพันธ์ของฟลูออไรด์ที่ซับซ้อนจึงส่งผลให้การปลดปล่อยฟลูออไรด์ลดลงได้(48) ส่วนจากการศึกษาของ Mitra และคณะ เรื่องการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในระยะยาวเป็นเวลา 360 วันพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่มากกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมอย่างแตกต่างทางสถิติ โดยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ชนิดดัดแปลงด้วย เรซินที่ศึกษา ได้แก่ ฟูจิทู แอลซี วิทรีเมอร์ และคีแทคนาโน (Ketac Nano®) ส่วนวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ได้แก่ ฟูจิไนน์ จีพี โดยพบว่า การปลดปล่อยฟลูออไรด์มากในช่วงแรกตามปรากฏการณ์ “Burt effect” แล้วลดระดับการปลดปล่อยลง แต่จะคงความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์อย่างต่อเนื่องมากกว่า 1 ปี(49)

ส่วนการศึกษาของ Dasgupta และคณะในปี 2018 ได้ทำการศึกษาการปลดปล่อยฟลูออไรด์และการสะสมฟลูออไรด์ใหม่ในวัสดุบูรณะ 5 ชนิด ได้แก่ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูจิไนน์ จีพี เอกตรา วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอีควีย ฟอर्ट์ ฟิลล์ (EQUIA® FORTE Fil) วัสดุบูรณะประเภทคอมโพสิตชนิดดัดแปลงผิวด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (S-PRG) ชนิดบิวติฟิลล์ บัลค์ (Beautifill Bulk) วัสดุบูรณะคอมโพเมอร์ชนิดไดแรค เอกซ์พี (Dyract® XP) และวัสดุบูรณะคอมโพสิตปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ชนิดเททริก เอ็น ซีแรม (Tetric N-Ceram®) ในช่วงเวลา 1 3 7 14 21 และ 28 วันพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอีควีย ฟอर्ट์ ฟิลล์ มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์สูงที่สุดโดยมีความแตกต่างจากวัสดุอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาโดยลักษณะการปลดปล่อยฟลูออไรด์จะสูงในช่วงแรกแล้วลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อสิ้นสุดวันที่ 3 แล้วค่อยๆลดระดับการปลดปล่อยฟลูออไรด์ลงอย่างคงที่ต่อไปจนครบเวลา 28 วัน ส่วนการสะสมฟลูออไรด์ใหม่เมื่อได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ชนิดแอซิดดูเรตฟอสเฟต

ฟลูออไรด์เจลที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.23 หลังจาก 28 วันพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิด อีเคียวี พอร์เต้ ฟิลล์มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์สูงที่สุดโดยมีความแตกต่างจากวัสดุอีก 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน(50)

ในเรื่องการใช้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ในการบูรณะฟันน้ำนมพบว่าในปี 2019 สมาคมทันตแพทย์สำหรับเด็กแห่งสหรัฐอเมริกาได้แนะนำว่าการบูรณะฟันน้ำนมที่ผู้ด้านประชิดแบบคลาสสิกนั้นไม่แนะนำให้ใช้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ส่วนวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินนั้นแม้จะมีอัตราความสำเร็จทางคลินิกสูงกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม แต่การศึกษายังมีจำนวนน้อย จึงไม่สามารถให้ข้อสรุปที่แน่นอนได้ ดังนั้นการใช้วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซินในการบูรณะคลาสสิกจึงเป็นเพียงคำแนะนำตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในกรณีที่รอยผุขนาดเล็ก(37, 51) อย่างไรก็ตามเนื่องจากการศึกษาที่สมาคมทันตแพทย์สำหรับเด็กแห่งสหรัฐอเมริกาได้ใช้อ้างอิงส่วนมากนั้นทำการศึกษาในวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ในสมัยที่ยังไม่ได้ปรับปรุงและพัฒนาเรื่องความแข็งแรง รวมถึงมีเพียงงานวิจัยบางส่วนเท่านั้นที่สามารถผ่านเกณฑ์การคัดเข้าของการศึกษาอย่างเป็นระบบจึงทำให้ข้อมูลที่ได้อ่อนแอจำกัด ในปัจจุบันพบว่าอัตราความสำเร็จทางคลินิกในการบูรณะฟันด้านประชิดคลาสสิกด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ค่อนข้างสูง เช่นการศึกษาของ Menezes-Silva และคณะในปี 2018 พบว่าจากการทดลองทางคลินิกแบบสุ่มเพื่อศึกษาอัตราความสำเร็จของการบูรณะฟันด้านประชิดคลาสสิกในฟันแท้ด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่มีความหนืดสูงอีเคียวี ฟิลล์ ชนิดแคปซูลด้วยวิธีการรักษาเชิงการบูรณะแบบไม่บาดเจ็บ หรือเออาร์ที (Atraumatic Restorative Treatment, ART) เทียบกับการบูรณะด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินฟิลเทก แซด 350 เอ็กซ์ที โดยอัตราความสำเร็จที่เวลา 12 เดือนของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์คิดเป็นร้อยละ 95.8 ส่วนของวัสดุคอมโพสิตเรซินคิดเป็นร้อยละ 98.7 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ(52) สำหรับอัตราความสำเร็จของการบูรณะฟันด้านประชิดคลาสสิกในฟันน้ำนมด้วยวิธีเออาร์ทีจากการศึกษาของ Medeiros Serpa และคณะพบว่าการบูรณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิด คีแทคโมลาร์มีอัตราความสำเร็จที่เวลา 12 เดือนเท่ากับร้อยละ 88 ส่วนวัสดุคอมโพสิตเรซินฟิลเทก แซด 250 (Filtek Z250) มีอัตราสำเร็จเท่ากับร้อยละ 84.4 ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ(53)

วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอีเคียวี พอร์เต้ ฟิลล์ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้จัดอยู่ในกลุ่มวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ชนิดดั้งเดิมที่มีการปรับปรุงให้ส่วนผงมีลักษณะเป็นแก้วไฮบริดโดยใช้ร่วมกับสารเคลือบเพื่อเพิ่มความแข็งแรง จากเอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์และการใช้งานของผู้ผลิตระบุคุณสมบัติของวัสดุอีเคียวี พอร์เต้ ฟิลล์ ไว้ได้แก่ วัสดุอีเคียวี พอร์เต้ ฟิลล์มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนต่อแรง จึง

สามารถใช้บูรณะฟันหลัง และสามารถใช้ในรูบบแบบบัลค์ฟิลล์ได้โดยไม่เกิดปัญหาการหดตัว ทนต่อการกัดและการสึก วัสดุปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ชนิดก่อนๆ โดยสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ใน 1 วันได้มากถึง 115.3 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีการพัฒนาให้มีความใสมากขึ้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากขึ้น รวมถึงมีเฉดสีให้เลือกถึง 8 สี วัสดุใช้บูรณะได้ง่ายในรูปแบบแคปซูล วัสดุบูรณะจะแข็งตัวในเวลา 2 นาทีแล้วจึงใช้สารเคลือบทาทับบแล้วฉายแสงให้สารเคลือบแข็งตัว สำหรับข้อบ่งใช้ของวัสดุอิกเวีย พอร์เต้ ฟิลล์ ได้แก่ การใช้สำหรับการบูรณะฟันคลาสิวัน ทู ไฟว์และใช้ในการก่อแกนฟัน(54)

### วัสดุประเภทอัลคาไซด์ (Alkasite)

วัสดุอัลคาไซด์ เป็นวัสดุบูรณะประเภทใหม่ที่มีอัลคาไลน์เป็นส่วนประกอบในวัสดุอัดแทรก ซึ่งอัลคาไลน์นี้สามารถปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ ประจุแคลเซียมและประจุไฮดรอกไซด์ได้ ในปัจจุบันวัสดุบูรณะในกลุ่มอัลคาไซด์ที่ผลิตออกมาจำหน่าย ได้แก่ วัสดุเซนต์ิน เอ็น

วัสดุเซนต์ิน เอ็น เป็นวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน โดยประกอบด้วยส่วนผง และส่วนน้ำ ในส่วนผงจะประกอบด้วยผงแก้วหลายชนิด สารริเริ่มการก่อตัวและสารสี ดังแสดงในตารางที่ 2 ขนาดอนุภาคมีขนาดตั้งแต่ 0.1-35 ไมโครเมตร ส่วนน้ำประกอบด้วยสารโมโนเมอร์ สารริเริ่มการก่อตัวและสารเร่ง โดยชนิดของโมโนเมอร์แสดงตามตารางที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2 แสดงคุณสมบัติของอนุภาคในส่วนผงของอัลคาไซด์

ชนิดอนุภาค	คุณสมบัติ
ผงแก้วแบเรียมอลูมิเนียม	ทำให้วัสดุแข็งแรง
ผงอิทเทอร์เบียมไตรฟลูออไรด์	ทำให้วัสดุทึบแสงเมื่อถ่ายภาพรังสี
ผงแคลเซียมแบเรียมอลูมิเนียมฟลูออโรซิลิเกต	ทำให้แข็งแรงและปลดปล่อยฟลูออไรด์
ผงแก้วแคลเซียมฟลูออโรซิลิเกตหรือผงอัลคาไลน์	ปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ แคลเซียมและไฮดรอกไซด์
ผงไอโซฟิลเลอร์	ลดแรงเค้นจากการหดตัว

ตาราง 3 แสดงคุณสมบัติโมโนเมอร์ในส่วนน้ำของอัลคาไซด์

ชนิดโมโนเมอร์	คุณสมบัติ
ยูริเทนไดเมทาคริเลท	เป็นโมโนเมอร์หลัก มีความหนืดปานกลาง ช่วยทำให้วัสดุแข็งแรงและมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ
ไตรไซโคโรติเคน-ไดเมทานอล-ไดเมทาคริเลท	มีความหนืดต่ำ ช่วยทำให้วัสดุสามารถผสมได้ด้วยมือ และช่วยทำให้วัสดุแข็งแรง
อะโรมาติก-อะลิฟาติก-ยูริเทนไดเมทาคริเลท	มีความหนืดสูงและมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ จึงช่วยลดการติดสีและทำให้วัสดุแข็งแรง(stiffness)
โพลีเอทิลีนไกลคอล-400-ไดเมทาคริเลท	มีคุณสมบัติชอบน้ำ จึงทำให้สามารถใช้กับเคลือบฟันหรือเนื้อฟันที่มีความชื้นและชั้นเสมียร์ได้ รวมถึงยังมีคุณสมบัติทำให้วัสดุสามารถไหลแผ่

วัสดุเซนต์ิน เอ็น มีคุณสมบัติที่สำคัญในเรื่องความแข็งแรง และความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ แคลเซียมและไฮดรอกไซด์รวมถึงป้องกันการรั่วซึมระดับอนุภาคได้ดี และแง่ความสวยงาม วัสดุเซนต์ิน เอ็น เป็นวัสดุสีเหมือนฟันที่มีความโปร่งใสจึงมีความสวยงามคล้ายคลึงกับฟันธรรมชาติ(24)

#### ความแข็งแรง

คำแนะนำการใช้งานจากผู้ผลิตได้กล่าวว่าวัสดุเซนต์ิน เอ็น มีความแข็งแรงและทนทานสามารถใช้แทนวัสดุอะมัลกัมในการบูรณะฟันหลัง สามารถบูรณะได้ทั้งฟันน้ำนมและฟันถาวรในด้านบดเคี้ยวแบบคลาสสิค บูรณะด้านประชิดฟันหลังแบบคลาสสิค และบูรณะบริเวณคอฟันแบบคลาสสิคไฟว์ เมื่อพิจารณาการศึกษาเรื่องความแข็งแรงของวัสดุเซนต์ิน เอ็น พบว่ามีการศึกษาหลายงานที่ทำในห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาค่าความแข็งแรงงัด (Flexural strength) และความแข็งแรงทางแรงกด (Compressive strength) จากการศึกษาของ Sadananda และคณะที่ได้ทำการวัดค่าความแข็งแรงงัดและความแข็งแรงทางแรงกดในวัสดุเซนต์ิน เอ็น และวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม 3 ชนิด ได้แก่ ฟุจิไนน์ (Fuji IX<sup>®</sup>) , คีแทค โมลาร์ (Ketac molar<sup>®</sup>) และเซอร์โคโนเมอร์ (Zirconomer<sup>®</sup>) ผลการศึกษาพบว่าเซนต์ิน เอ็นมีค่าความแข็งแรงงัด และความแข็งแรงทางแรงกดสูงที่สุด สำหรับค่าความแข็งแรงงัดของเซนต์ิน เอ็นพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงถึง 107.21 เมกะ-พาสคาล รองลงมาเป็นวัสดุคีแทค โมลาร์ , เซอร์โคโนเมอร์ และฟุจิไนน์ด้วยค่า 49.80 , 45.61 และ 40.80 ตามลำดับ ส่วนความแข็งแรงทางแรงกดของเซนต์ิน เอ็นพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงถึง 321.92 เมกะ-พาสคาล รองลงมาเป็นวัสดุเซอร์โคโนเมอร์, คีแทค โมลาร์ และฟุจิไนน์ด้วยค่า 294.96 , 261.53 และ 210.56 ตามลำดับ(25) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chole และคณะซึ่งได้ทำการศึกษา

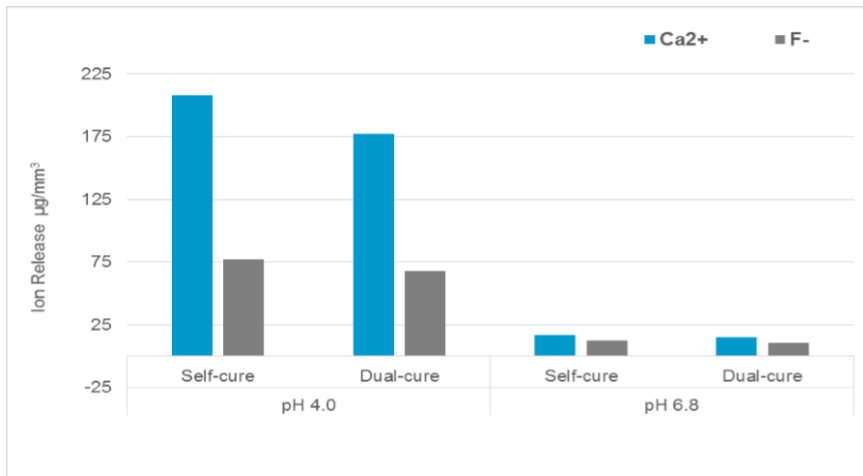
ความแข็งแรงแรงดัดในวัสดุเซนต์ทิน เอ็น ,วัสดุคอมโพสิตเรซิน 2 แบบ ได้แก่ แบบนาโนคอมโพสิตกับแบบบิลค์ฟิลล์ และวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลง ผลการศึกษาพบว่าเซนต์ทิน เอ็น มีค่าความแข็งแรงแรงดัดสูงที่สุด รองลงมาเป็นวัสดุคอมโพสิตเรซินแบบบูรณะทั้งก้อน , วัสดุคอมโพสิตเรซินแบบนาโนคอมโพสิต และวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงตามลำดับ(26) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kaur และคณะที่ศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงทางแรงกดระหว่างวัสดุเซนต์ทิน เอ็น และวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูลิโนนพบว่าความแข็งแรงทางแรงกดของเซนต์ทิน เอ็นมีค่าสูงกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม(27) และมีการศึกษาความสามารถในการต้านทานการแตกของวัสดุที่ใช้บูรณะด้านประชิดของฟันหลังแบบคลาสสิก โดยเปรียบเทียบระหว่างวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ วัสดุอะมัลกัม วัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดฟิลเทก แซด 350 และวัสดุเซนต์ทิน เอ็น ผลการศึกษาของ Chowdhury และคณะพบว่าวัสดุเซนต์ทิน เอ็นมีความสามารถในการต้านทานการแตกของวัสดุที่ใช้บูรณะคลาสสิกสูงสุดโดยสามารถต้านทานแรงได้ 172.62 กิโลกรัมแรง (Kgf) ก่อนที่วัสดุจะแตกใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้มีการกรอฟันใด ๆ ที่สามารถต้านทานแรงได้ 176.42 กิโลกรัมแรง รองลงมาคือวัสดุคอมโพสิต เรซินที่สามารถต้านทานแรงได้ 123.52 กิโลกรัมแรง ส่วนวัสดุอะมัลกัมสามารถต้านทานการแตกได้น้อยที่สุดเพียง 85.45 กิโลกรัมแรง(28)

#### การปล่อยแร่ธาตุ

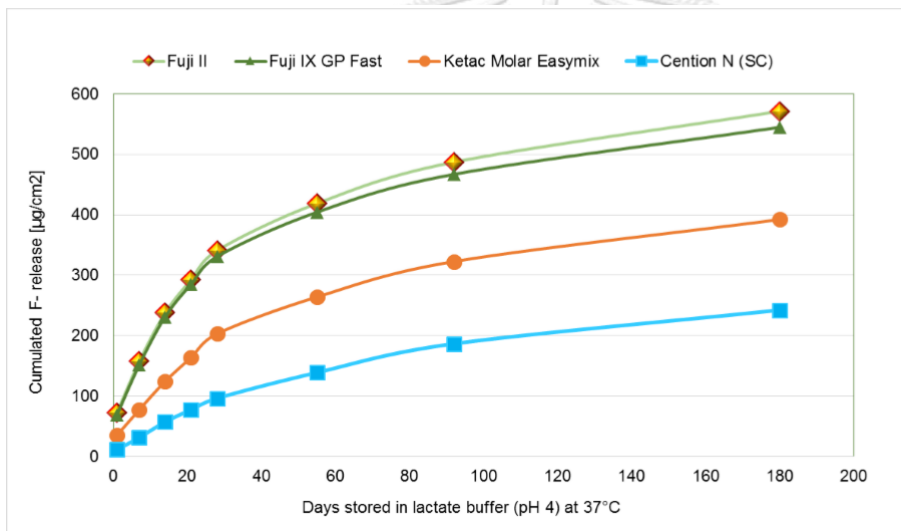
วัสดุเซนต์ทิน เอ็น มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยประจุ 3 ชนิด ได้แก่ ประจุฟลูออไรด์ ประจุแคลเซียม และประจุไฮดรอกไซด์(24) โดยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลระหว่างกระบวนการละลายและคืนกลับของแร่ธาตุในฟัน(55) เมื่อเกิดการละลายแร่ธาตุของฟัน ประจุฟลูออไรด์จะเข้าแทนที่ประจุไฮดรอกซิลในไฮดรอกซีอะพาไทต์ซึ่งเป็นแร่ธาตุหลักในฟันแล้วสร้างเป็นผลึกฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งผลึกฟลูออโรอะพาไทต์นี้มีข้อดีที่เหนือกว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์เดิม 2 ประการคือ ผลึกฟลูออโรอะพาไทต์สามารถต้านทานการละลายของกรดได้ดีกว่า จึงเกิดกระบวนการละลายแร่ธาตุลดลง ประการต่อมาคือ ฟลูออไรด์จะกระตุ้นการคืนกลับแร่ธาตุโดยฟลูออไรด์ที่อยู่บริเวณผิวผลึกจะดึงดูดประจุแคลเซียมและฟอสเฟตเข้ามาสร้างเป็นชั้นผิวผลึกใหม่เกิดการคืนแร่ธาตุทดแทน(11, 55) แม้ตามปกติในน้ำลายจะมีประจุแคลเซียมและฟอสเฟตอยู่ในระดับอิมิตัวเพียงพอให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุ(56) แต่จากการศึกษาของ Mattousch และคณะพบว่ากระบวนการคืนกลับจะเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของประจุแคลเซียมและฟอสเฟตในน้ำลายที่ต่ำ ผลการศึกษาจึงพบว่ารอยบุ๋มจากการผุระยะเริ่มต้นจะคงที่ ไม่ลุ่ต่อแต่ไม่เกิดหายไปหรือขนาดเล็กลง(57) ดังนั้นการให้ประจุแคลเซียมและฟอสเฟตเพิ่มเติมจากแหล่งอื่น ๆ จึงช่วยเพิ่มการคืนกลับ

แร่ธาตุให้มากขึ้นทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพที่จะเกิดการคืนกลับได้ในชั้นที่ลึกมากขึ้น(58, 59) จากรายงานของผู้ผลิตพบว่าวัสดุเซนต์อิน เอ็นสามารถปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมในสภาวะกรด (pH 4.0) ได้ดีกว่าในสภาวะเป็นกลาง (pH 6.8) และเมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมในวัสดุเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเอง (self-cure) กับการแข็งตัวด้วยการฉายแสงร่วมกับบ่มตัวเอง (dual-cure) พบว่าวัสดุเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเองสามารถปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมได้มากกว่า ดังแผนภาพในภาพที่ 3 ส่วนเมื่อศึกษาการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์สะสม และประจุแคลเซียมสะสมเป็นเวลา 180 วันในวัสดุเซนต์อิน เอ็นแบบบ่มตัวเองเทียบกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ ฟุจิฟู (Fuji II®) , ฟุจิโนนจีฟิฟาส (Fuji IX GP Fast®) และ คีแทคโมลาร์ ในสภาวะกรดพบว่าวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ชนิด ฟุจิฟู ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากที่สุด รองลงมาเป็นฟุจิโนนจีฟิฟาส , คีแทคโมลาร์และ เซนต์อิน เอ็นตามลำดับซึ่งแสดงในภาพที่ 4 ส่วนปลดปล่อยประจุแคลเซียมในสภาวะกรดพบว่าวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ชนิดคีแทคโมลาร์ จะปลดปล่อยประจุแคลเซียมได้มากกว่า เซนต์อิน เอ็นในช่วง 60 วันแรกแล้วหลังจากนั้นเซนต์อิน เอ็นจะปลดปล่อยประจุแคลเซียมสะสมได้มากกว่าตามแผนภาพในภาพที่ 5 แต่จากการศึกษาของ Gupta และคณะเรื่องการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุบูรณะเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเองกับการแข็งตัวด้วยการฉายแสง เทียบกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ที่ไม่มีการระบุชนิดในเวลา 7 14 และ 21 วันพบว่าในสภาวะเป็นกลางแก้วไอโอเมอร์มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์สูงกว่าวัสดุเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเองและแข็งตัวด้วยการฉายแสงในทุกช่วงเวลา ยกเว้นที่เวลา 21 วันที่พบว่าวัสดุแก้วไอโอเมอร์ ปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้เท่ากับวัสดุเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเอง ส่วนในสภาวะเป็นกรด วัสดุทั้งสองชนิดจะปลดปล่อยฟลูออไรด์มากขึ้นโดยพบว่าวัสดุเซนต์อิน เอ็นที่แข็งตัวด้วยการบ่มตัวเองสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้สูงที่สุดในทุกช่วงเวลา(29)

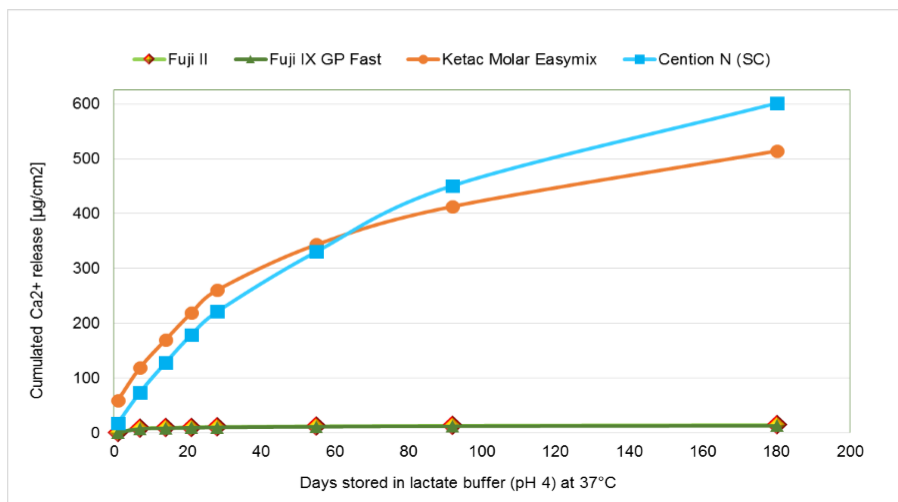
ส่วนประจุไฮดรอกไซด์จะมีบทบาทในเรื่องสภาวะกรดต่าง โดยประจุไฮดรอกไซด์จะช่วยลดความเป็นกรด เพิ่มค่าพีเอช (pH) และปรับสภาวะที่เป็นกรดให้เป็นกลางในที่สุด ได้มีการทดสอบความสามารถนี้ของเซนต์อิน เอ็นด้วยการใช้กรดแลคติกปริมาณ 0.04 มิลลิลิตรหยดลงในสารละลายที่เป็นกลาง (pH 6.8) ซึ่งมีสารละลายส่วนผสมของวัสดุเซนต์อิน เอ็น พบว่าเมื่อหยดกรดแลคติกจะเกิดความเป็นกรด พีเอชลดลงต่ำจนอยู่ในช่วงวิกฤตที่พีเอช 5.7 แล้วค่าพีเอชจึงค่อยๆเพิ่มขึ้นแล้วกลับสู่ความเป็นกลางที่พีเอช 7 ซึ่งเมื่อหยดกรด แลคติกอีกพบว่าเกิดการปรับเข้าสู่สมดุลได้ทั้ง 12 ครั้ง ที่ทดลองดังภาพที่ 6 (24)



รูปภาพ 3  
แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียมในสภาวะเป็นกรดและเป็นกลางโดยแบ่งตามลักษณะการบ่ม

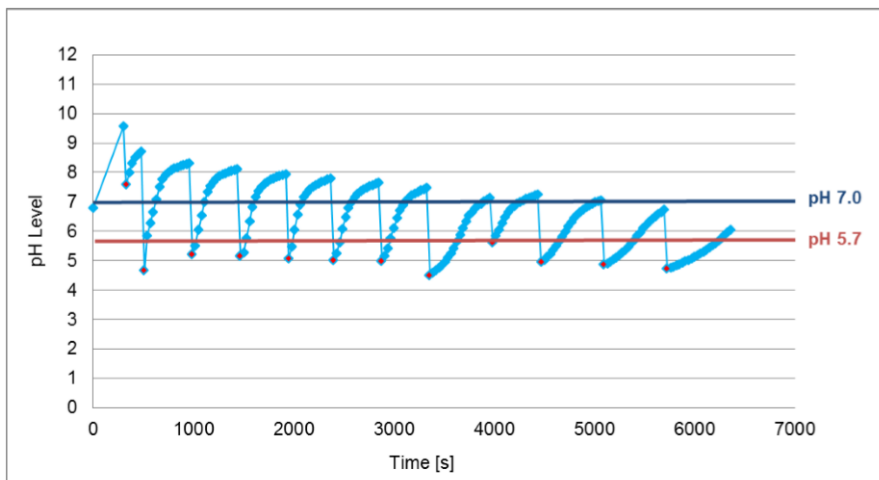


รูปภาพ 4  
แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์ในสภาวะเป็นกรดของวัสดุเซนต์ิน เ็นเทียบกัวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอื่น



รูปภาพ 5  
แสดงความสามารถในการปลดปล่อยประจุแคลเซียมในสภาวะเป็นกรดของวัสดุเซนต์ิน เ็นเทียบกัวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอื่น ๆ

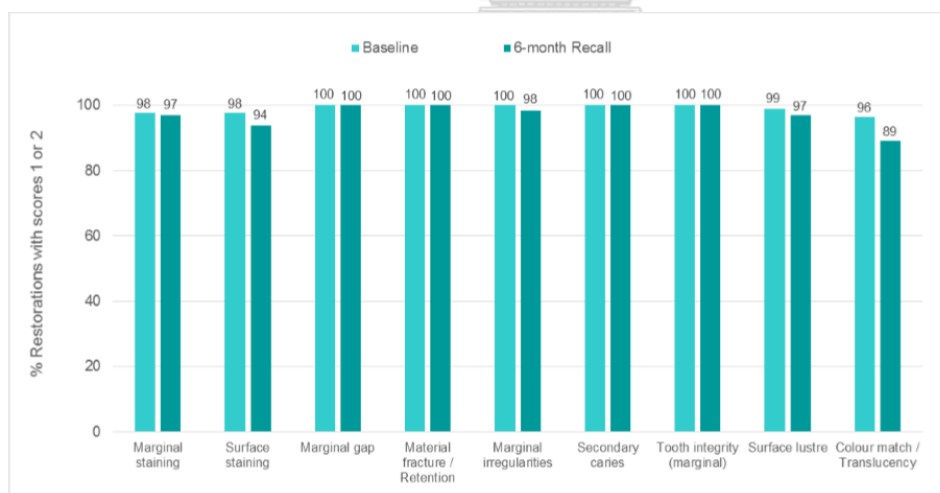




รูปภาพ 6  
แสดงความสามารถ  
ปรับสถานะความเป็น  
กรดให้เป็นกลางของ  
วัสดุเซนต์ทิน เอ็น

จากความสามารถในการปลดปล่อยประจุทั้ง 3 ชนิด จึงนำไปสู่ความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและเกิดฟืนผุ ตามเอกสารข้อมูลผลิตภัณฑ์ได้ระบุว่าผู้ผลิตได้ศึกษาความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของวัสดุเซนต์ทิน เอ็นในรอยผุจำลองโดยการวัดความแข็งผิวฟันเปรียบเทียบกับวัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่มีการปลดปล่อยประจุใด ๆ ชนิดเททริก เอ็น ซีแรมโดยมีกลุ่มควบคุมเป็นวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดฟูลิโนนพบว่าเคลือบฟันในบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุเซนต์ทิน เอ็น มีความแข็งแรงมากกว่าเคลือบฟันในบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุเททริก เอ็น ซีแรม เช่นเดียวกับในกลุ่มควบคุมที่เคลือบฟันในบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุฟูลิโนนมีความแข็งแรงมากกว่าเคลือบฟันในบริเวณที่อยู่ติดกับวัสดุเททริก เอ็น ซีแรม จึงสรุปว่าทั้งวัสดุเซนต์ทิน เอ็นและฟูลิโนนมีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ(24) สอดคล้องกับการศึกษาของ Donly และคณะที่ทำการศึกษาความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของเคลือบฟันที่บูรณะบริเวณคอฟันด้วยวัสดุ 3 ชนิดได้แก่ วัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ชนิดแฮต 100 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดวีทริเมอร์และวัสดุเซนต์ทิน เอ็น แล้วนำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์ (Polarized light microscope) พบว่าขนาดพื้นที่ซึ่งเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดวีทริเมอร์มีขนาดเล็กที่สุดและพบว่าแตกต่างกับขนาดพื้นที่การสูญเสียแร่ธาตุในวัสดุเซนต์ทิน เอ็นและวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดแฮต 100 อย่างมีนัยทางสถิติ และรองลงมาจึงเป็นขนาดพื้นที่ซึ่งเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในฟันที่บูรณะด้วยวัสดุเซนต์ทิน เอ็น ซึ่งก็มีความแตกต่างกับขนาดพื้นที่การสูญเสียแร่ธาตุในวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดแฮต 100 อย่างมีนัยทางสถิติเช่นกัน(60)

สำหรับการศึกษาที่ติดตามผลทางคลินิกของวัสดุเซนต์ เอ็นยังมีไม่มากนัก และพบว่าเป็นการศึกษาที่ทำโดยบริษัทผู้ผลิต ในปี 2016 Özcan M และคณะได้ทำการประเมินผลทางคลินิกของวัสดุเซนต์ เอ็นในการบูรณะฟันคลาสวันและคลาสทู ในระยะเวลา 6 เดือนพบว่าจากคนไข้จำนวน 50 คนในช่วงอายุตั้งแต่ 18-70 ปี ทำการประเมินทางคลินิกโดยใช้เกณฑ์ FDI คะแนน 1-5 ทำการประเมินเพื่อเก็บข้อมูลตั้งต้นหลังทำการบูรณะ 2 อาทิตย์แล้วติดตามผลที่เวลา 6 เดือน ผลพบว่าจากผู้เข้าร่วมทั้งหมด 50 คน มีการบูรณะทั้งหมดจำนวน 88 แควิตี้ที่รวมทั้งคลาสวันและคลาสทูที่ฟันกรามน้อยและฟันกราม การบูรณะทำแบบไม่ใช้สารยึดติด ในการตรวจเก็บข้อมูลตั้งต้นพบว่าผู้มาจำนวน 48 คนและมีจำนวนแควิตี้ที่บูรณะไปจำนวน 84 แควิตี้ ส่วนเมื่อติดตามผลที่ 6 เดือนสามารถติดตามผลการบูรณะได้เพียง 64 แควิตี้ คิดเป็นร้อยละ 76 ของการบูรณะทั้งหมดที่ได้ทำไปจากการตรวจไม่พบการหลุด แตก การผุต่อหรือมีอาการจนต้องได้รับการรักษาราก เมื่อประเมินตามเกณฑ์ FDI ในเรื่องการติดสีบริเวณขอบและพื้นผิว ช่องว่างบริเวณขอบ การแตกหักของวัสดุ การยึดอยู่ การผุต่อ ความแนบของวัสดุ ความขรุขระพื้นผิววัสดุ และความสวยงามเหมือนฟันธรรมชาติทั้งในแง่สีและความใส พบว่าส่วนมากจะอยู่ในเกณฑ์คะแนน 1 หรือ 2 ซึ่งหมายถึง การมีลักษณะทางคลินิกที่ดีเยี่ยม หรือ ดี ทั้งในการประเมินตั้งต้นและที่ 6 เดือนโดยมีรายละเอียดตามแผนภาพที่ 7



รูปภาพ 7  
แสดงผลการประเมินทางคลินิกของวัสดุบูรณะเซนต์ เอ็นที่ได้รับคะแนน 1 หรือ 2 ตามเกณฑ์ FDI ในรูปแบบร้อยละ

ในปีเดียวกัน Burgess และ Lawson ได้ทำการศึกษาผลทางคลินิกเปรียบเทียบเมื่อบูรณะด้วยวัสดุ เซนต์ เอ็นแบบใช้สารยึดติด , ไม่ใช้สารยึดติด และอะมัลกัมในคนไข้ 41 คน การบูรณะมีทั้งคลาสวันร้อยละ 29 และคลาสทูร้อยละ 71 ใช้เกณฑ์ FDI คะแนน 1-5 และทดสอบด้วยความเย็น (Cold test) โดยทำการประเมินเพื่อเก็บข้อมูลตั้งต้นหลังทำการบูรณะ 2 อาทิตย์แล้วติดตามผลที่

เวลา 6 เดือน ในการตรวจเก็บข้อมูลตั้งต้นพบว่า มีผู้มาจำนวน 41 คน และมีจำนวนแควิตี้ที่บูรณะไปจำนวน 126 แควิตี้ ส่วนเมื่อติดตามผลที่ 6 เดือน สามารถติดตามผลการบูรณะได้ 38 คน และมีวัสดุบูรณะที่ยังคงอยู่ 115 แควิตี้ พบว่าการบูรณะด้วยวัสดุเซนต์อิน เอ็น ลัมเหลวจำนวน 2 แควิตี้ ได้แก่ การหลุดของวัสดุในแควิตี้ที่บูรณะด้วยวัสดุเซนต์อิน เอ็น แบบไม่ใช้สารยึดติด และอาการเสียวฟันหลังการบูรณะ ในกรณีที่มีการหลุดของวัสดุบูรณะเมื่อตรวจและซักประวัติพบว่าคนไข้รายนี้มีประวัตินอนกัดฟัน และมีการเตรียมแควิตี้ไม่เหมาะสมจึงน่าจะมีผลต่อการยึดอยู่ของวัสดุ ส่วนการทดสอบด้วยความเย็นพบว่าฟันที่บูรณะด้วยวัสดุอะมัลกัมมีโอกาสเสียวฟันมากกว่า วัสดุเซนต์อิน เอ็น และเมื่อประเมินตามเกณฑ์ FDI พบว่าวัสดุเซนต์อิน เอ็นมากกว่าร้อยละ 90 อยู่ในเกณฑ์คะแนน 1 หรือ 2 ซึ่งหมายถึง การมีลักษณะทางคลินิกที่ตีแย้ม หรือ ดี ทั้งในการประเมินตั้งต้นและที่ 6 เดือนใกล้เคียงกับวัสดุ อะมัลกัม ยกเว้นในเรื่องความซรุขระของพื้นผิววัสดุที่วัสดุเซนต์อิน เอ็นจะต่ำกว่าอะมัลกัม(24)

จากที่กล่าวมาวัสดุเซนต์อิน เอ็นอยู่ในรูปแบบผงและน้ำ เมื่อใช้งานจึงนำส่วนผงและน้ำมาผสมด้วยมือในสัดส่วนผง 1 ช้อน : น้ำ 1 หยด ในเวลา 45-60 วินาทีโดยมีเวลาทำงาน (Working time) ประมาณ 2 นาที 30 วินาทีแล้ววัสดุสามารถแข็งตัวด้วยการบ่มตัวเองในเวลา 4 นาที (รวมเวลาในการผสมและเวลาทำงาน) หรือหากต้องการให้แข็งตัวทันทีสามารถฉายแสงเพื่อให้เกิดการบ่มตัวด้วยแสงแล้วจึงเกิดการบ่มตัวด้วยตัวเองได้เช่นกัน โดยแนะนำให้ใช้เครื่องฉายแสงในช่วงคลื่นแสงสีฟ้าความยาว 400-500 นาโนเมตร ในการบูรณะสามารถใช้บูรณะแบบทั้งก้อนได้เนื่องจากวัสดุมีการแข็งตัวด้วยการบ่มตัวเอง ความหนาของวัสดุจึงไม่เป็นข้อจำกัด รวมถึงได้มีการใส่ผงไอโซฟิลเลอร์ (Isosfiller) เพื่อลดแรงเค้นจากการหดตัวของปฏิกิริยาโพลีเมอร์ การเตรียมแควิตี้สำหรับวัสดุเซนต์อิน เอ็น ในกรณีที่ใช้สารยึดติด (Adhesive Universal) ให้ทำตามหลักการ รักษาแบบบูรณาน้อย โดยระบบสารยึดติดสามารถทำได้ทั้งระบบโททอลเอทซ์ และระบบเซลฟ์ เอทซ์ โดยให้ผลการยึดติดและปิดผนึกไม่แตกต่างกัน และในกรณีที่ไม่ต้องการใช้สารยึดติดในการบูรณะก็สามารถทำได้โดยการเตรียมแควิตี้ให้มีรูปร่างและส่วนคอด (Undercut) ที่วัสดุสามารถยึดติดได้เหมือนการเตรียมแควิตี้สำหรับการบูรณะด้วยวัสดุอะมัลกัม ส่วนลักษณะทางคลินิกของวัสดุเซนต์อิน เอ็นจะมีสีเหมือนฟันอยู่ในเฉดสี เอ 2 (A2) ความโปร่งใสจะมากกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์โดยมีระดับความโปร่งแสงร้อยละ 11 ในขณะที่วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ส่วนมากจะมีความโปร่งแสงประมาณร้อยละ 4 เท่านั้น ลักษณะทางคลินิกของวัสดุเซนต์อิน เอ็นแสดงในภาพที่ 8(24)



รูปภาพ 8 (ซ้าย)แสดงภาพฟันที่บรูณะด้วยวัสดุเซนต์ิน เอ็น, (กลาง) แสดงภาพฟันที่บรูณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ชนิดฟูลิโนน์ สีเอ 2 , (ขวา) แสดงภาพฟันที่บรูณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ชนิดคิแทคโมลาร์ สีเอ 3

### การคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบรูณะ

ด้านประชิดหรือบริเวณซอกฟันเป็นบริเวณที่มีการสะสมของคราบจุลินทรีย์ได้ง่ายเนื่องจากลักษณะทางกายวิภาคที่เป็นจุดสัมผัสระหว่างซี่ฟัน อีกทั้งยังเข้าทำความสะอาดยาก บริเวณนี้จึงมีโอกาสเกิดรอยโรคฟันผุได้ง่าย รอยผุเริ่มต้นด้านประชิดแม้จะมีการสูญเสียแร่ธาตุแต่อาจยังไม่เป็นโพรงรอยผุโดยจากการศึกษา Pitts และ Rimmer ที่ทำการศึกษารอยโรคฟันผุที่ปรากฏในภาพถ่ายรังสีแบบกัตปิกเปรียบเทียบกับรอยโรคฟันผุในทางคลินิกที่ใช้ยางแยกฟันไว้เป็นเวลา 1 อาทิตย์พบว่าในฟันแท้ เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งนอกของชั้นเคลือบฟันในทางคลินิกจะไม่พบว่าฟันเป็นโพรงเลย เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งในของชั้นเคลือบฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 10.5 ที่มีฟันผุเป็นโพรง เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งนอกของชั้นเนื้อฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 40.9 ที่มีฟันผุเป็นโพรง และรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งในของชั้นเนื้อฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 100 ที่มีฟันผุเป็นโพรง ส่วนในฟันน้ำมนั้น เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งนอกของชั้นเคลือบฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 2.0 ที่มีฟันผุเป็นโพรง เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งในของชั้นเคลือบฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 2.9 ที่มีฟันผุเป็นโพรง เมื่อพบรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งนอกของชั้นเนื้อฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 28.3 ที่มีฟันผุเป็นโพรง และรอยโรคฟันผุภาพรังสีอยู่ในครั้งในของชั้นเนื้อฟันในทางคลินิกจะพบว่ามีฟันร้อยละ 95.5 ที่มีฟันผุเป็นโพรง(61) จะเห็นได้ว่ารอยผุด้านประชิดระยะเริ่มต้นส่วนมากจะยังไม่ผุจนเป็นโพรง หากเกิดการคืนกลับแร่ธาตุจะทำให้การผุชะลอการดำเนินของโรคหรือหยุดลุกลาม(62) แต่หากปล่อยให้การผุนั้นดำเนินต่อไปจนผุลุกลามเป็นโพรงไม่สามารถทำการคืนกลับแร่ธาตุ การจัดการที่ทำได้คือการกรอและอุดเพื่อบรูณะรอยผุนั้น อย่างไรก็ตามมีโอกาสพบด้าน

ประชิดของฟันซี่ข้างเคียงที่ติดกับรอยผุที่ต้องบูรณะเกิดการผุระยะเริ่มต้น(63) รอยผุระยะเริ่มต้นที่ไม่เป็นโพรงในฟันซี่ข้างเคียงยังสามารถเกิดการคืนกลับแร่ธาตุได้หากได้รับฟลูออไรด์ที่เหมาะสม

จากการทบทวนการศึกษาการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ สามารถสรุปรายละเอียดได้ตามตารางหมายเลข 4 โดยการศึกษาส่วนมากจะเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ(12, 16-18, 20, 21, 23) ส่วนการศึกษาทางคลินิกพบเพียงการศึกษาของ Donly(19) ในปี 1999 และ Qvist(22) ในปี 2010 เท่านั้น วิธีการศึกษาการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุที่นิยมใช้ในการศึกษาได้แก่ การส่องรอยผุด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์เทียบก่อนและหลังการทดลอง แต่ในการศึกษาหลังปี 2000 เริ่มมีการวัดผลด้วยวิธีการใหม่ๆ เช่น การวัดความหนาแน่นรอยผุด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร, การส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคบริเวณรอยผุเทียบก่อนและหลังทดลอง

ผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้จะสามารถทำให้ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียง รวมถึงเกิดการคืนกลับของแร่ธาตุได้ วัสดุบูรณะที่พบในการศึกษา ได้แก่ วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ทั้งชนิดดั้งเดิมและดัดแปลง, วัสดุคอมโพสิตเรซินทั้งแบบปลดปล่อยและไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์, วัสดุคอมโพเมอร์ และวัสดุ อะมัลกัม โดยพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์มีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงได้ดีกว่าวัสดุในกลุ่มอื่น ส่วนอะมัลกัมและคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์เป็นวัสดุที่ไม่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้จึงเป็นกลุ่มที่พบการสูญเสียแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาใดที่นำวัสดุบูรณะในกลุ่มอัลคาาไซด์ซึ่งถือเป็นวัสดุในกลุ่มที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ รวมถึงประจุอื่น ๆ ได้แก่ แคลเซียมและไฮดรอกไซด์มาทำการบูรณะรอยผุด้านประชิดแล้วดูการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุของฟันซี่ข้างเคียง

ตาราง 4 แสดงการศึกษาค้นคว้าการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์

ผู้แต่ง,ปี	ขนาดประชากร ช่วงอายุ	ชุดฟัน ซี่ฟัน	ระยะเวลา	การศึกษา	ผลการศึกษา
Segura และคณะ 1997 <sup>(16)</sup>	60 ซี่	ฟันถาวร ฟันกราม	14 วัน	-บูรณะเคลือบ 3 กลุ่มแล้วนำมาแยกติดกับฟันที่ด้านประชิดมีรอยผุจำลองแล้วนำไปแช่ใน น้ำลายเทียม กลุ่ม 1 อุดด้วยแก้วไอโอโนเมอร์ (Ketac-Bond) สูงถึงจุดสัมผัสแล้วบิดด้านบนด้วย คอมโพสิที (Visio-Molar) เรียงแบบเทคนิคการอุดแบบแซนวิช 10 ซี่ กลุ่ม 2 แก้วไอโอโนเมอร์ซีลเลอร์ (Ketac-Silver <sup>®</sup> ) 10 ซี่ กลุ่ม 3 อะมัลกัม (Tytin <sup>®</sup> ) 10 ซี่ -วัดผลด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์บริเวณรอยผุจำลองเทียบก่อน-หลัง	วัสดุบูรณะกลุ่ม 1 นั้นคือการใช้แก้ว ไอโอโน เมอร์และคอมโพสิทีตามเทคนิค แซนวิช สามารถ ลดขนาดรอยผุในซี่ฟันที่ติดกันได้มากที่สุด รองลงมา จึงเป็นวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ซีลเลอร์ เซอร์เมต และอะมัลกัมตามลำดับ
Marinelli และคณะ 1997 <sup>(17)</sup>	80 ซี่	ฟันถาวร ฟันกราม	30 วัน	นำฟันกรามมาสร้างรอยผุจำลองที่ด้านใกล้กลางแล้วนำมาแยกติดกับฟันอีกซี่โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ทุกกลุ่มถูกแช่ในน้ำลายเทียม 30 วัน กลุ่ม 1 นำฟันที่มีรอยผุมาติดกับฟันที่มีการบูรณะเคลือบ 2 ที่ด้านใกล้กลางด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Vitremer <sup>®</sup> ) 10 คู่ กลุ่ม 2 นำฟันที่มีรอยผุมาติดกับฟันที่ด้านใกล้กลางปราศจากการบูรณะมีการนำฟันออกมาแช่น้ำยาบ้วน ปากฟลูออไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.05 เป็นเวลา 1 นาที 2 ครั้งต่อวัน (Fluorogard) 10 คู่ กลุ่ม 3 นำฟันที่มีรอยผุมาติดกับฟันที่ด้านใกล้กลางปราศจากการบูรณะมีการนำฟันออกมาแช่ด้วยยา สีฟันฟลูออไรด์เป็นเวลา 2 นาที 2 ครั้งต่อวัน (Crest) 10 คู่ กลุ่ม 4 (กลุ่มควบคุม) นำฟันที่มีรอยผุมาติดกับฟันที่ด้านใกล้กลางปราศจากการบูรณะ 10 คู่ -วัดผลด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์บริเวณรอยผุจำลองก่อนเทียบกับหลังทดลองครบ 30 วัน	การคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ กลุ่มที่ 2 นำยาบ้วนปากฟลูออไรด์ > กลุ่มที่ 1 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ > กลุ่มที่ 3 ยาสีฟันฟลูออไรด์

ผู้แต่ง,ปี	ขนาดประชากร ช่วงอายุ	ชุดพื้นที่ ซีพี	ระยะเวลา	การศึกษา	ผลการศึกษา
Bynumและ Donly 1999 <sup>(18)</sup>	60 ซี ช่วงอายุ	พื้นที่ พื้นที่	14 วัน	<p>-บูรณะคสาตุด้วยวัสดุ 3 กลุ่ม แล้วนำมายึดติดกับพื้นที่ด้านประชิดมีรอยเย็บแล้วนำไปแช่ในน้ำลายเทียมสลับกับการแช่สารละลายเป็นเวลา 30 นาทีทุก 8 ชั่วโมงเพื่อจำลองสภาวะช่องปากเมื่อกินอาหาร</p> <p>กลุ่ม 1 อะมัลกัม (Tytin<sup>®</sup>) 10 ซี</p> <p>กลุ่ม 2 แก้วไอโอโนเมอร์ (Ketac-Fill<sup>®</sup>) 10 ซี</p> <p>กลุ่ม 3 คอมโพสิตเรซินที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Heliomolar<sup>®</sup>) 10 ซี</p> <p>-วัดผลด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้แสงโพลาไรซ์บริเวณรอยจำลองก่อนเทียบกับหลังทดลองครบ 14 วัน</p>	<p>กลุ่มที่ไม่ได้แปรปรด้วยวัสดุฟันฟลูออไรด์พบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ทำให้รอยมีขนาดเล็กลงแสดงถึงการคืนกลับแร่ธาตุ ต่างจากวัสดุอะมัลกัมและคอมโพสิตเรซินที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ส่วนในกลุ่มที่แปรปรด้วยวัสดุฟันฟลูออไรด์พบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์และคอมโพสิตเรซินทำให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุที่รอยผุ ต่างจากวัสดุอะมัลกัมที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ</p>
Donly และคณะ 1999 <sup>(19)</sup>	21 คน หญิง 8 คน (อายุเฉลี่ย 38.7 ปี) ชาย 13 คน (อายุเฉลี่ย 42.11 ปี)	พื้นที่ พื้นที่	6 ช่วง ช่วงละ 30 วัน	<p>ผู้เข้าร่วมทดลองมีพื้นที่ต้องบูรณะด้วยการครอบฟันที่ยึดติดกับฟันผู้ด้านประชิดซึ่งจะบูรณะด้วยการทำอินเลย์โดยจะแบ่งช่วงทดลองเป็น 6 ช่วง ในแต่ละช่วงจะทำการติดครอบฟันที่มีซีพีพื้นที่ที่มีรอยผุจำลองไว้แบบชั่วคราว และทำการติดขึ้นอินเลย์ด้วยวัสดุต่างชนิดกันในแต่ละช่วงแบบชั่วคราว เมื่อครบ 30 วันจะถอดครอบฟัน ขึ้นฟันและอินเลย์ออกแล้วเริ่มช่วงต่อไป</p> <p>ช่วง 1 อินเลย์คสาตุ ทำด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และแปรปรพื้นที่ด้วยยาซีพีที่ไม่มีฟลูออไรด์ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p> <p>ช่วง 2 อินเลย์คสาตุ ทำด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และแปรปรพื้นที่ด้วยยาซีพีฟลูออไรด์ (Crest) วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p>	<p>พบว่ารอยผุในกลุ่มวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ชนิดที่แปรปรด้วยเรซินมีการสูญเสียแร่ธาตุน้อยที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มวัสดุคอมโพสิต เรซินชนิดปลดปล่อยฟลูออไรด์และไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ ตามลำดับไม่ว่าจะแปรปรด้วยยาซีพีที่มีหรือไม่มีฟลูออไรด์ จึงสรุปว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดที่แปรปรด้วยเรซินสามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของพื้นที่ข้างเคียงได้</p>

ผู้แต่ง,ปี	ขนาด ประชากร ช่วงอายุ	ชุดพื้นที่ ชี้พื้นที่	ระยะเวลา	การศึกษา	ผลการศึกษา
Donly และคณะ 1999 <sup>(19)</sup> (ต่อ)				<p>ช่วง 3 อินเลย์คัลลาสทู ทำด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (Vitremer<sup>®</sup>) และแปรงฟันด้วยยาสีฟันไม่มีฟลูออไรด์ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p> <p>ช่วง 4 อินเลย์คัลลาสทู ทำด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (Vitremer<sup>®</sup>) และแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ (Crest) วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p> <p>ช่วง 5 อินเลย์คัลลาสทู ทำด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Heliomolar<sup>®</sup>) และแปรงฟันด้วยยาสีฟันไม่มีฟลูออไรด์ วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p> <p>ช่วง 6 อินเลย์คัลลาสทู ทำด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Heliomolar<sup>®</sup>) และแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ (Crest) วันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 นาที</p> <p>-หลังครบ 6 ชั่วโมงทำการตรวจคราบและอินเลย์วัสดุคอมโพสิตเรซินที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์อย่างถาวร</p> <p>-นำชิ้นพื้นที่มีรอยจุลช่องแก้วดัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์ก่อนเทียบกับหลังทดลองครบ 30 วัน</p>	
Jang และคณะ 2001 <sup>(20)</sup>	128 ซี่	พื้นถาวร พื้นกรรม	30 วัน	<p>-บูรณะคัลลาสทูด้วยวัสดุ 4 กลุ่มแล้วนำมาบดติดกับพื้นที่ด้านประชิดมีรอยเย็บแฉกนำไปแช่ในน้ำลายเทียม</p> <p>กลุ่ม 1 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Fuji IX GP<sup>®</sup>) 16 ซี่</p> <p>กลุ่ม 2 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Ketac-Molar<sup>®</sup>) 16 ซี่</p> <p>กลุ่ม 3 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Vitremer<sup>®</sup>) 16 ซี่</p> <p>กลุ่ม 4 วัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Z250) 16 ซี่</p> <p>-วัดผลด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงโพลาไรซ์บริเวณรอยจุลช่องก่อนเทียบกับหลังทดลองครบ 30 วัน</p>	<p>รอยเย็บแฉกวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ทุกชนิดมีขนาดเล็กลงเมื่อเทียบกับวัสดุคอมโพสิต เรซินที่ไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ซึ่งพบความแตกต่างทางสถิติ รอยเย็บแฉกวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ประเภท Ketac-Molar<sup>®</sup> มีขนาดรอยเย็บแฉกมากที่สุด รองลงมาเป็นประเภท Vitremer<sup>®</sup> และ Fuji IX GP<sup>®</sup> ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ</p>



ผู้แต่ง,ปี	ขนาดประชากร ช่วงอายุ	ชุดฟัน ซี่ฟัน	ระยะเวลา	การศึกษา	ผลการศึกษา
Lee และคณะ 2008 <sup>(21)</sup>	20 ซี่ (ฟันฟัน 64 ซี่)	ฟันถาวร ฟันกราม น้อย	30 วัน	เตรียมฟันฟันโดยใช้ตามประชิดของฟันกรามนำมาสกรายรอยผูกกลางแล้วนำฟันขึ้นมาติดบนบดออะคริลิก แล้วจึงเตรียมบดออะคริลิกที่มีช่องสำหรับวัสดุบูรณะ 4 กลุ่ม นำบดออะคริลิกที่มีขึ้นนำมาติดกับบล็อกที่มีวัสดุแล้วแช่น้ำลายเทียม 30 วัน กลุ่ม 1 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Fuji IX GP <sup>®</sup> ) 16 คู่ กลุ่ม 2 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (Vitremer <sup>®</sup> ) 16 คู่ กลุ่ม 3 วัสดุคอมโพสิทเรซินที่ไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Z250) 16 คู่ วัดผลด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตรก่อนการทดลอง หลังทดลอง 3, 6 และ 9 เดือน	เมื่อเทียบความหนาแน่นของผิวฟันบริเวณรอยฟันที่เปลี่ยนไปหลังทดลองในกลุ่มวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์และคอมโพสิท (กลุ่ม 1 2 และ 3) มีความแตกต่างจากรีซคอมโพสิท เรซินที่ไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์อย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลา ที่วัด โดยความหนาแน่นของผิวฟันบริเวณรอยฟันจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปในทุกกลุ่ม และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม 1 2 และ 3
Qvist และคณะ 2010 <sup>(22)</sup>	1459 คน 2.6-15.3 ปี	-ฟันกราม -ฟันกราม น้อยถาวร	8 ปี	ด้านประชิดของฟันที่อยู่ติดกับฟันที่มีการบูรณะคลาสิก ด้วยวัสดุบูรณะ 4 กลุ่ม โดยที่ด้านประชิดนี้มีทั้งจากฟันกรามน้ำนมและฟันกรามน้อยรวมได้ 1341 ด้าน กลุ่ม 1 ด้านประชิดที่ติดกับวัสดุอะมัลกัม (Dispersalloy <sup>®</sup> ) 220 ด้าน กลุ่ม 2 ด้านประชิดที่ติดกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Ketac-Bond <sup>®</sup> ) 226 ด้าน กลุ่ม 3 ด้านประชิดที่ติดกับวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดดัดแปลงด้วยเรซิน (Fuji II LC <sup>®</sup> , PhotacFil <sup>®</sup> Vitremer <sup>®</sup> ) 522 ด้าน กลุ่ม 4 ด้านประชิดที่ติดกับวัสดุคอมโพสิท (Dyract <sup>®</sup> , Dyract AP <sup>®</sup> , Compoglass <sup>®</sup> ) 373 ด้าน วัดผลด้วยการตรวจประเมินทางคลินิก ร่วมกับภาพถ่ายรังสีในกรณีที่สามารถถ่ายได้ โดยมีระยะเตรียมกัติดตาม 4-16 เดือนตามระดับความเสี่ยงของผู้ทดลอง	พบว่าร้อยละ 28 ของด้านประชิดที่มีการผูกกลามจนต้องบูรณะ โดยเป็นด้านประชิดที่ติดกับวัสดุอะมัลกัมมากที่สุดจนมีนัยทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น จึงสรุปได้ว่าวัสดุในกลุ่มที่มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (กลุ่ม 2 3 4) ช่วยหยุดยั้งการผูกกลามของด้านประชิดที่อยู่ติดกันได้

ผู้แต่ง,ปี	ขนาดประชากร ช่วงอายุ	ชุดฟัน ซี่ฟัน	ระยะเวลา	การศึกษา	ผลการศึกษา
Baliga และ Bhat 2010 <sup>(12)</sup>	90 ซี่	ฟันถาวร ฟันปริกรม	28 วัน	<p>-บูรณะคัลลาด้วยวัสดุ 3 กลุ่มแล้วนำมาบดติดกับฟันที่ด้านประชิดมีรอยผู้จำลองแล้วนำไปผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่องปาก 500 รอบแล้วใช้ในน้ำลายเทียม 28 วัน</p> <p>กลุ่ม 1 อะมัลกัม(Fusion Alloy<sup>®</sup>) 15 ซี่</p> <p>กลุ่ม 2 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ (Ketac-Bond<sup>®</sup>) 15 ซี่</p> <p>กลุ่ม 3 วัสดุคอมโพสิตเรซินที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Heliomolar<sup>®</sup>) 15 ซี่</p> <p>-วัดผลด้วยการนำร่องผู้มาติดเป็นชิ้นฟันในแนวใกล้-ไกลกลางด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด</p>	<p>ผลจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าขนาดพื้นที่รอยุ่ที่มีการคืนกลับแร่ธาตุของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์มีขนาดเล็กลงที่สุด รองลงมาเป็นวัสดุคอมโพสิตที่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ และอะมัลกัมตามลำดับ เมื่อเทียบแล้วพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทุกกลุ่ม จึงสรุปได้ว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ช่วยส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุของรอยุ่ด้านประชิดของฟันข้างเคียงได้ดีที่สุด</p>
Guglielmi และคณะ 2015 <sup>(23)</sup>	-ชิ้นฟัน 240 ซี่น -ผู้ทดลอง 10 คน	ฟันน้ำนม ฟันเขี้ยว	7 วัน 14 วัน	<p>-เตรียมชิ้นฟันจากด้านแก้มของฟันเขี้ยว 6 ชิ้น นำมาสร้างรอยผู้จำลอง</p> <p>-เตรียมชิ้นวัสดุทรงกระบอก โดยแบ่งเป็น 6 กลุ่ม</p> <p>กลุ่ม 1 วัสดุคอมโพสิตเรซิน (Z350)</p> <p>กลุ่ม 2 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ความเหนียวสูง (Ketac Molar<sup>®</sup>)</p> <p>กลุ่ม 3 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ความเหนียวสูงแบบแคปซูล (RivasSelf Cure<sup>®</sup>)</p> <p>กลุ่ม 4 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดตัดแต่งด้วยเรซิน (Vitremer<sup>®</sup>)</p> <p>กลุ่ม 5 วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดตัดแต่งด้วยเรซินอนุภาคนาโน (Ketac Nano<sup>®</sup>)</p> <p>กลุ่ม 6 วัสดุคอมโพสิเมอร์ (Dyract<sup>®</sup>)</p> <p>ทดลองในห้องปฏิบัติการ : นำชิ้นฟันมาติดกับวัสดุบูรณะแต่ละกลุ่ม แล้วจึงไปเข้ากระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเข้มการตกต่างในช่องปาก 7 และ 14 วัน</p> <p>ทดลอง In Situ : : นำชิ้นฟันมาติดกับวัสดุบูรณะแต่ละกลุ่มไปติดในช่องปากด้วยเครื่องมือบริเวณเพดานปากเป็นเวลา 7 และ 14 วัน</p> <p>-วัดผลด้วยการวัดความแข็งผิวแนวตัดขวางระดับคุณภาพของรอยผู้จำลองที่เวลา 7 และ 14 วัน</p>	<p>ผลทดลองในห้องปฏิบัติการและ In Situ ให้ผลคล้ายกันนั้นคือรอยผู้จากชิ้นฟันที่ติดกับวัสดุคอมโพสิตเรซินมีการสูญเสียแร่ธาตุมากที่สุด ส่วนวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ความเหนียวสูงสามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุบริเวณรอยผู้ได้ดีที่สุดทั้งที่เวลา 7 และ 14 วัน โดยวัสดุในกลุ่ม 4,5 และ 6 แม้จะยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุแต่ไม่มากเท่าแก้วไอโอโนเมอร์ความเหนียวสูง แต่ก็ไม่น้อยเช่นวัสดุคอมโพสิเมอร์</p>

## การวัดผลการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุ

ฟันผุเกิดจากการเสียสมดุลของกระบวนการละลายและคืนกลับแร่ธาตุนำไปสู่การสูญเสียแร่ธาตุที่ส่งผลให้ปริมาณแร่ธาตุสุทธิของฟันมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพต่อไป เช่น ความแข็งผิวฟัน ความสามารถในการหักเหแสง เป็นต้น ดังนั้นการศึกษาปริมาณแร่ธาตุที่เปลี่ยนแปลงจึงถือเป็นวิธีการวัดผลการศึกษากระบวนการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุอย่างตรงไปตรงมา(64) ซึ่งวิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟี (Transverse microradiography :TMR) เป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมใช้ในการศึกษา ส่วนการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่เปลี่ยนไปอื่น ๆ ถือเป็นวิธีการศึกษากระบวนการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุในทางอ้อม เช่น ความแข็งผิวฟัน ความสามารถในการหักเหแสงของฟัน เป็นต้น ซึ่งวิธีการศึกษาแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสียและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ผู้ศึกษาจึงต้องพิจารณาและเลือกวิธีที่เหมาะสมกับงานวิจัย(65)

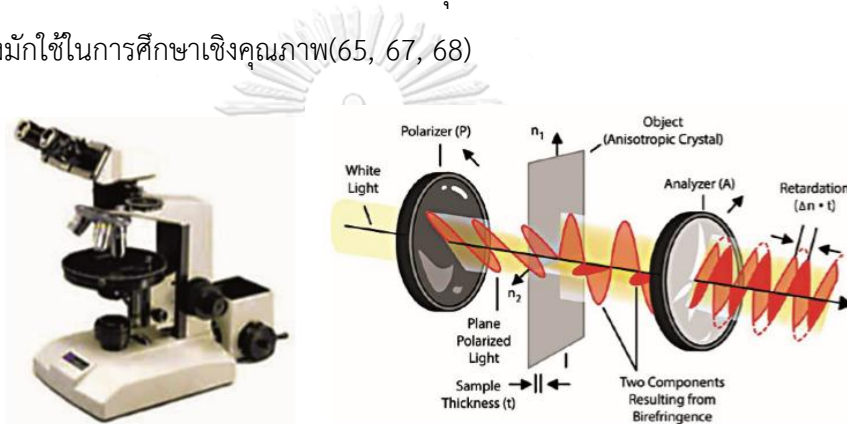
### การวัดด้วยวิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟี

วิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟีเป็นวิธีการวัดปริมาณ องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในฟันที่สามารถวัดผลเชิงปริมาณและเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) ในการศึกษาการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุในรอยโรคฟันผุ(64, 66) วิธีนี้อาศัยการวัดการดูดกลืนรังสีเอกซ์ความยาวคลื่นค่าเดียวของชั้นฟันเทียบกับค่าการดูดกลืนมาตรฐานโดยมีการใช้ไมโครสโคปเดนสิโตมิเตอร์ (Microscope densitometer) ช่วยคำนวณปริมาณแร่ธาตุในฟัน(67) แต่วิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟีมีข้อจำกัดและข้อด้อยที่สำคัญคือการวัดด้วยวิธีนี้จะทำลายชั้นฟันจึงไม่สามารถวัดซ้ำได้ และมีขั้นตอนการเตรียมชั้นฟันที่ยุ่งยาก ใช้เวลาในการทำงานเนื่องจากชั้นฟันที่เตรียมจะต้องมีพื้นผิวเรียบและหนาไม่เกิน 100 ไมโครเมตรเพื่อความแม่นยำในการวัด รวมถึงต้องระมัดระวังหากชั้นฟันที่จะวัดมีส่วนของเนื้อฟัน (dentin) เนื่องจากเนื้อฟันอาจหดตัวเมื่ออากาศแห้งเกินไปทำให้ผลคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นวิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟีจึงอาจไม่ใช่ทางเลือกแรกๆ ในการวัดการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุ(66, 68)

### การวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (Polarized light microscope)

วิธีการวัดการสูญเสียและคืนกลับของแร่ธาตุด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในรอยผุ(68) หลักการทำงานคือกล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้จะใช้กับวัตถุที่มีผลึกทำให้เมื่อเกิดการหักเหแสงได้ 2 ทิศทางหรือที่เรียกว่าคุณสมบัติไบรีฟรินเจนซ์

(birefringence) เช่น เคลือบฟัน โดยกล้องจะมีแผ่นกรอง 2 ชั้นเพื่อกกรองคลื่นแสงแล้วสร้างออกมาเป็นภาพที่มีความเปรียบต่าง (contrast) ที่ดีจนสามารถแสดงองค์ประกอบวัตถุได้ละเอียด กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์สามารถใช้ตรวจสอบการสูญเสียแร่ธาตุในฟันได้เนื่องจากฟันปกติกับฟันที่สูญเสียแร่ธาตุจะมีการหักเหแสงที่มีเปลี่ยนแปลงจึงเกิดให้ภาพที่แตกต่างกัน(69) แม้วิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ถูก แต่ข้อจำกัดที่สำคัญของกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ได้แก่ การเตรียมชิ้นฟันที่มีหลายชั้นตอนทั้งการตัดชิ้นฟันให้มีความหนา 50-100 ไมโครเมตร และการจุ่มชิ้นฟันในสารละลายที่มีค่าดัชนีหักเหต่าง ๆ จึงมีขั้นตอนและใช้เวลาทำมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟี อีกทั้งผลที่จะสามารถบอกได้เฉพาะความลึกของรอยผุ แต่ไม่สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณแร่ธาตุได้ วิธีนี้จึงมักใช้ในการศึกษาเชิงคุณภาพ(65, 67, 68)



รูปภาพ 9 แสดงภาพกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์และหลักการทำงาน

### การวัดด้วยไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Micro-computed tomography)

เทคนิคคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีถูกพัฒนาขึ้นในช่วงต้นของ ค.ศ. 1970 เป็นการรวบรวมภาพรังสีของวัตถุหลายมุมเข้าด้วยกันแล้วใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์และสร้างออกมาเป็นแผนภาพสามมิติ โดยภาพสามมิติที่สร้างจากไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีจะมีความละเอียดสูงเพราะวอกเซลหรือปริมาตรที่เล็กที่สุดที่รวมตัวกันเป็นภาพจะมีขนาดเพียง 5-50 ไมโครเมตรซึ่งเล็กกว่าคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีทั่วไปถึง 1,000,000 เท่า ปัจจุบันนิยมนำเทคนิคไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีมาใช้ในการศึกษาทางทันตกรรมหลายด้าน เช่น วิเคราะห์โครงสร้าง ความหนาและแร่ธาตุของฟัน ,วิเคราะห์ลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟัน, ศึกษาโครงสร้างกะโหลกศีรษะและขากรรไกร และการทำรากฟันเทียม เป็นต้น สำหรับการวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุด้วยเทคนิคไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีมีข้อดีคือวิธีศึกษานี้ไม่ทำลายชิ้นฟัน ไม่จำเป็นต้องตัดชิ้นตัวอย่าง ดังนั้นหลังการวัดชิ้นฟันนี้ยังสามารถนำไปศึกษาต่อได้ รวมถึงสามารถทำการวัดซ้ำได้(70, 71) แต่เทคนิคไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีก็

มีข้อจำกัด ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการทดสอบสูงเนื่องจากต้องมีอุปกรณ์และระบบซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์โดยเฉพาะ และใช้เวลาในการถ่ายภาพรังสีและวิเคราะห์ห่อออกมาเป็นภาพสามมิตินาน(72)

### การวัดค่าความแข็งผิวระดับจุลภาค (Microhardness measurement)

การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคเป็นการใช้หัวกดเพชรกดลงบนชิ้นพื้นด้วยแรงและเวลาดwell time) จะเกิดรอยกดบนผิวพื้นโดยความยาวของรอยกดสามารถใช้บอกการเปลี่ยนแปลงปริมาณแร่ธาตุในทางอ้อมได้ หากรอยกดมีความยาวเพิ่มขึ้นหมายถึงชิ้นพื้นมีการสูญเสียแร่ธาตุ แต่หากความยาวรอยกดลดลงหมายถึงชิ้นพื้นมีการคืนกลับของแร่ธาตุ การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคมี 2 ประเภท ได้แก่(65)

#### 1.การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิว (Surface Microhardness)

ใช้หัวกดเพชรกดตั้งฉากลงบนชิ้นพื้นที่ขัดเรียบเพื่อให้ได้ความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิว ข้อดีของการวัดด้วยวิธีนี้คือสามารถทำซ้ำได้จึงเหมาะกับการศึกษาที่ต้องวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวต่อเนื่อง และการวัดทำงานง่าย ใช้เวลาน้อยเมื่อเทียบกับการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคชนิดตัดขวาง แต่วิธีนี้จะวัดได้เฉพาะความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวที่จำกัด ไม่สามารถติดตามความแข็งผิวในระดับลึกได้(65, 67)

#### 2.การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคชนิดตัดขวาง (Cross-sectional Microhardness)

ใช้หัวกดเพชรกดลงบนชิ้นพื้นเตรียมด้วยการตัดชิ้นพื้นในแนวขวางจึงทำให้สามารถวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคได้ทั้งที่ระดับพื้นผิวและลึกลงไป ผลที่ได้จากวิธีนี้มีความสัมพันธ์กับการวัดด้วยวิธีมาตรฐานอย่าง ทรานเวิร์สไมโครเรดิโอกราฟ(65, 73) แต่ข้อจำกัดคือความแข็งผิวระดับจุลภาคที่วัดจากวิธีนี้จะไม่รวมพื้นผิว 25 ไมโครเมตรที่อยู่ด้านนอกสุดของชิ้นงาน และเป็นวิธีที่ทำลายชิ้นตัวอย่างมากจึงไม่ที่จะทำซ้ำ(67)

หัวกดเพชรที่ใช้ในการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่นิยมมี 2 ชนิด(65) ได้แก่ หัวกดวิกเกอร์ส (Vickers) และหัวกดนูป (Knoop)

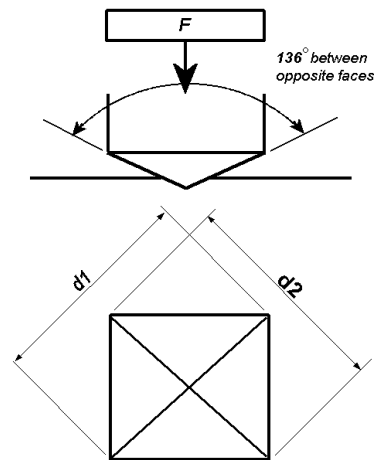
### 1. หัวกดวิกเกอร์ส

เป็นหัวกดเพชรรูปทรงพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยยอดแหลมทำมุมกว้าง 136 องศา โดยความแข็งผิว วิกเกอร์ส (Vickers Hardness,  $H_v$ ) จะคำนวณจากแรงที่ใช้กด และความยาวเส้นทแยงมุมของรอยกดตามสูตร

$$H_v = 1.854F / d^2$$

$$d = [d_1^2 + d_2^2] / 2$$

รอยกดที่ได้จะลึกประมาณ 1 ใน 7 ของความยาวเส้นทแยงมุม (66, 74)

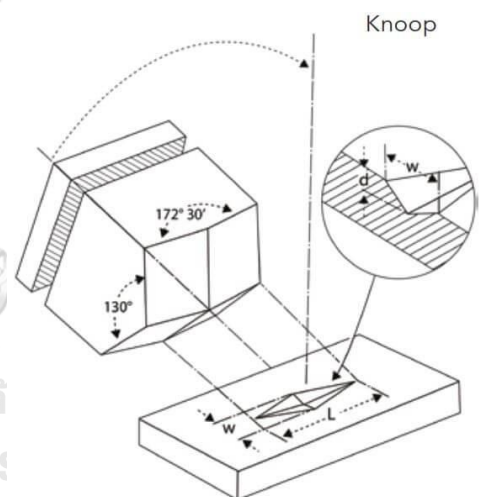


รูปภาพ 10 แสดงหัวกดวิกเกอร์ส (Vickers)

### 2. หัวกดนูป

เป็นหัวกดเพชรรูปทรงพีระมิดขนมเปียกปูนที่ทำมุม 130 องศาและ 172 องศา 30 ลิปดา รอยกดจะมีเส้นทแยงมุม 2 เส้น โดยเส้นยาว (L) จะยาวเป็น 7 เท่าของเส้นสั้น (W) ซึ่งรอยกดในแนวเส้นทแยงมุมสั้น (W) จะมีการคืนตัว ดังนั้น ความแข็งผิวนูป (Knoop Hardness,  $H_k$ ) จะคำนวณจากแรงที่ใช้กดและความยาวเส้นทแยงมุมเส้นยาว (L) ตามสูตร

$$H_k = 14.23F / L^2$$



รูปภาพ 11 แสดงหัวกดนูป (Knoop)

รอยกดที่ได้จะลึกประมาณ 1 ใน 30 ของความยาวเส้นทแยงมุม หัวกดนูปสามารถใช้กับชิ้นงานที่มีความเปราะและบางเนื่องจากหัวกดนูปมีรอยกดที่ตื้นกว่าหัวกดวิกเกอร์สจึงเสี่ยงต่อการที่ชิ้นงานจะแตกหักน้อยกว่า (66, 74)

จากการทบทวนการศึกษาการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวัสดุที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์พบว่าการศึกษาในช่วงส่วนมากใช้วิธีการวัดการสูญเสียและคืนกลับของแร่ธาตุด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ผลการศึกษาที่ได้จึงเป็นในเชิงคุณภาพ (16-18, 20) ในการศึกษาี้เลือกใช้การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิว

ด้วยหัวกดรูป เนื่องจากสามารถวัดผลการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุได้มากกว่าการใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ สามารถทำการวัดต่อเนื่องเพื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุก่อนและหลังการเข้ากระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิในช่องปากได้ รวมถึงขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยาก และเลือกใช้หัวกดรูป เพราะหัวกดรูปจะมีรอยกดที่ตื้นกว่าหัวกดวิกเกอร์ หากรอยกดยาว 100 ไมโครเมตร หัวกดรูปจะกดลึก 3.5 ไมโครเมตร ส่วนหัวกดวิกเกอร์จะกดลึก 14 ไมโครเมตร(65) ดังนั้นหัวกดรูปจึงเหมาะกับชิ้นงานที่เปราะแตกง่ายอย่างชิ้นฟันมากกว่าหัวกดวิกเกอร์



### บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

#### ประชากรเป้าหมาย

พื้นที่มีรอยผุระยะเริ่มต้น

#### ประชากรตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่ 1 หรือ 2 ของมนุษย์ที่ถูกถอนโดยปราศจากรอยผุ รอยร้าว วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน

#### กลุ่มตัวอย่าง

ขึ้นฟันตัวอย่างที่เตรียมจากด้านประชิดของฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่ 1 หรือ 2 ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าในการเลือกตัวอย่างเข้าศึกษา

#### หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกประชากรตัวอย่างของการวิจัยที่ใช้ในการศึกษา (eligible criteria)

##### หลักเกณฑ์ในการคัดตัวอย่างเข้างานวิจัย

ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่ 1 หรือ 2 ของมนุษย์ที่เคลือบฟันด้านประชิดปราศจากรอยผุ รอยร้าว วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน

#### การคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G\*Power 3.1.9.4 สูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) โดยอ้างอิงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งระดับจุลภาคที่พื้นผิวฟันที่อยู่ติดกับวัสดุบูรณะชนิดต่าง ๆ จากการศึกษาของ Samuel และ Rubinstein (75) พบว่ามีค่าขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.781 ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $1-\alpha$ ) ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 2 ( $\beta$ ) ที่ 0.2 แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม เมื่อคำนวณออกมาจะได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 7

จากการศึกษาที่คล้ายคลึงกันในอดีตพบว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จะมีขนาดประมาณ 10-16 ต่อกลุ่ม เมื่อพิจารณาจากความเป็นไปได้ในการเก็บขึ้นฟันตัวอย่างและความน่าเชื่อถือของการวิจัยจึงพิจารณาใช้ตัวอย่างจำนวนกลุ่มละ 10



## วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

### อุปกรณ์

1. เครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed cutting machine ISOMET1000™, Buehler, USA)
2. เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing Machine MINITECH 233, PRESI, France)
3. เครื่องวัดความแข็งผิว (Microhardness tester machine FM-810, FUTURE-TECH, Japan)
4. กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereo Microscope OLYMPUS, SZ61, Japan)
6. เครื่องฉายแสง (Light curing unit EliparTrilight ,3M,USA)
7. เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง (pH meter, Clean : PH200 & PH500)
8. เครื่องวัดขนาดแบบดิจิทัล (Digital Caliper, Micrometer, Mitutoyo, Japan)
9. แปรงสีฟันและอุปกรณ์ขัดทำความสะอาดฟัน
10. ด้ามกรอความเร็วสูง (High Speed Handpiece)
11. ด้ามกรอความเร็วต่ำ และข้อต่อสำหรับหัวขัด (Low Speed Handpiece and Propy head)
12. หัวกรอเพชรความเร็วสูง เบอร์ 204 (Length 4 mm , ISO Ø 1/10 mm : 014)
14. หัวขัดยาง (Rubber cup)
15. กระดาษทราย เบอร์ 600,800,1000 และ 1200
16. กระดาษกำมะหยี่
17. โพรบสำหรับวัดร่องลึกปริทันต์
18. เครื่องซั่งดิจิทัล (SBA 51, Scaltec, Germany)
19. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
20. กล่องพลาสติก

## วัสดุ

1. ขวดสำหรับบรรจุฟัน
2. สารละลายไทมอลความเข้มข้น 0.1%
3. น้ำยาทาเล็บ (Revlon, New York)
4. ผงขัดฟิวิมิสแบบไม่ผสมฟลูออไรด์
5. ผงขัดอะลูมินา
6. สารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralized solution : 2.2 mM  $\text{CaCl}_2$ , 2.2 mM  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 0.05 M acetic acid, pH 4.6 ใช้ 1M KOH ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่าง ภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
7. เจลสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (Demineralized gel : ไฮดรอกซีเอทิล เซลลูโลส (hydroxyethylcellulose) ร้อยละ 1 ตามน้ำหนักและ 0.1 mol/L กรดแลคติก (lactic acid) แล้วใช้ 1.0 mol/L โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่างให้ได้ pH 5.1 ภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
8. สารละลายสำหรับทำให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุ (Remineralized solution: 1.5 mM  $\text{CaCl}_2$ , 0.9 mM  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , 0.15 M KCl, pH 7 ใช้ 1M KOH ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่าง ภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
9. น้ำลายเทียม (Methyl-p-hydroxybenzoate 2.0 g, sodium carboxymethyl cellulose 10.0 g, KCl 0.625 g,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0.059 g,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.166 g,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0.804 g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.326 g ในน้ำ 1000 มิลลิลิตร, pH 7 ภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
10. น้ำปราศจากไอออน (ฝ่ายวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
11. วัสดุบูรณะแก้วไอโอโนเมอร์ (EQUIA Forte<sup>®</sup>)
12. วัสดุบูรณะอัลคาไซด์ (Cention N<sup>®</sup>)
13. วัสดุบูรณะคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ (Filtek<sup>™</sup> Z350)

14. อะคริลิกเรซินแบบบ่มตัวเองและแบบหล่อ(mold)

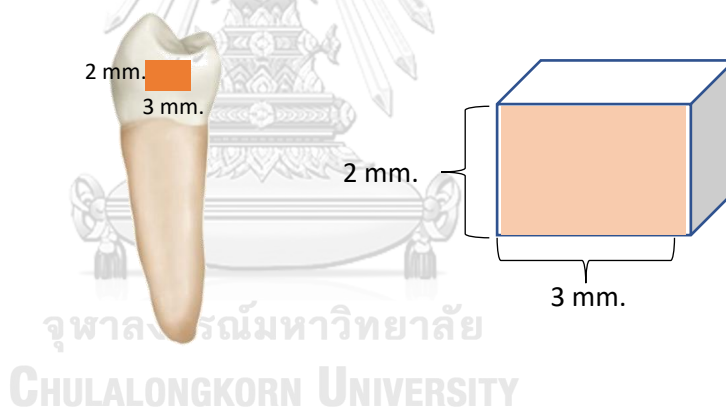
15. ซิลิโคนสำหรับทำแม่พิมพ์เพื่อหล่ออะคริลิก

### ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

#### เตรียมชั้นฟัน

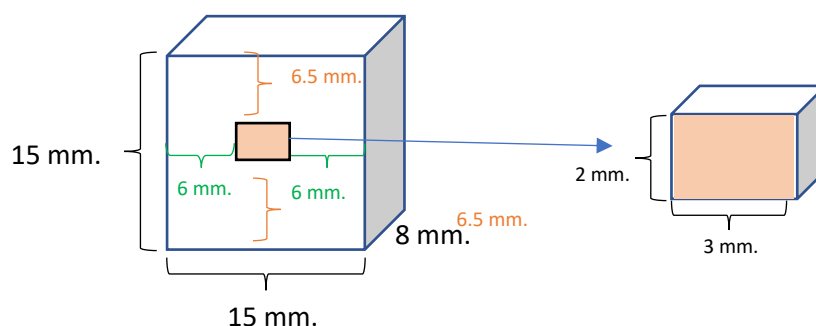
นำฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่ 1 หรือ 2 ที่แช่ในสารละลายไทมอล ความเข้มข้น 0.1% มาทำความสะอาดแล้วมาส่องเคลือบฟันด้านประชิดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า เพื่อตัดฟันที่มีรอยผุ มีรอยขุ่นขาว มีการสะสมแร่ธาตุผิดปกติ มีรอยร้าวหรือความผิดปกติของเคลือบฟัน

จากนั้นนำฟันตัดแล้วไปขัดผิวฟันด้านประชิดให้เรียบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 แล้วนำไปตัดเป็นชั้นฟันให้มีขนาด กว้าง 2 มิลลิเมตร ยาว 3 มิลลิเมตร ความหนาไม่เกิน 8 มิลลิเมตร



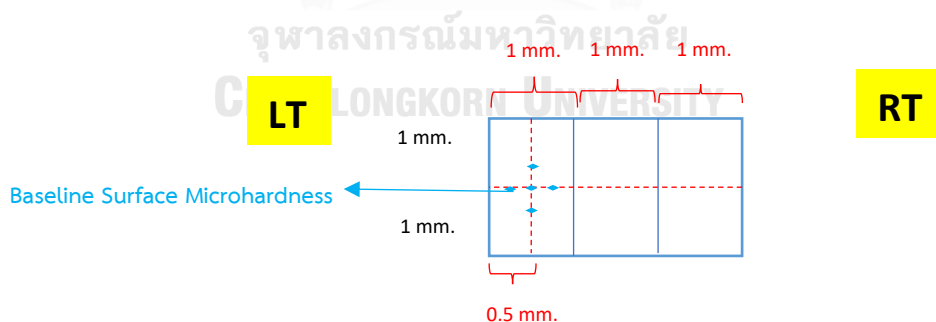
#### เตรียมชั้นฟันและฐานอะคริลิก

เตรียมฐานอะคริลิกด้วยอะคริลิกแบบบ่มตัวเอง ขนาดกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร หนา 8 มิลลิเมตร จำนวน 30 ชิ้นโดยฝังชั้นฟันลงในอะคริลิกในตำแหน่งกึ่งกลาง โดยเว้นจากขอบด้านบนและล่าง 6.5 มิลลิเมตร และเว้นจากขอบด้านข้างฝั่งละ 6 มิลลิเมตร



นำชิ้นฟันและฐานอะคริลิกมาขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 800 1000 และ 1200 ตามลำดับแล้วจึงขัดด้วยกระดาษกำมะหยี่และผงอะลูมินา แล้วนำไปใส่เครื่องล้างความถี่สูง นำออกมาล้างน้ำและซับแห้ง

นำชิ้นฟันในอะคริลิกไปวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวด้วยหัวกดรูป ใช้แรงกด 50 กรัม กดค้างไว้ 10 วินาที แบ่งชิ้นฟันเป็น 3 ส่วนแต่ละส่วนกว้าง 1 มิลลิเมตรตามภาพ โดยกดทั้งหมด 5 รอยกดที่กึ่งกลางช่องด้านซ้ายโดยให้รอยกดตรงกลางอยู่ที่กึ่งกลางของชิ้นฟัน เว้นขอบบน 1 มิลลิเมตรหรือ 1000 ไมโครเมตรและเว้นจากขอบด้านซ้ายเข้ามา 0.5 มิลลิเมตรและส่วนรอยกดอีก 4 จุดแต่ละจุดห่างกันอย่างน้อย 100 ไมโครเมตร ชิ้นฟันที่จะเข้าเกณฑ์เพื่อนำไปศึกษาต่อจะต้องมีความแข็งผิวทุกรอยกดมากกว่า 270 Knoop hardness number (KHN) (76, 77) โดยจะต้องมีชิ้นฟันที่ผ่านเข้าไปศึกษาทั้งหมด 30 ชิ้น ก่อนวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวด้วยหัวกดรูป ผู้วิจัยต้องฝึกความแม่นยำในการวัดจากการฝึกวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวจากรอยกดในแนวเดียวกันและทำการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวซ้ำจากรอยกดเดิมและกำหนดให้ผู้วิจัยทำการวัดได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยแบ่งเป็นช่วงเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 2 ชั่วโมง มีระยะพัก 30 นาที เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากความอ่อนล้าของผู้วัด รวมถึงทำการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (intra-examination reliability) ด้วยการสุ่มข้อมูลอย่างน้อยร้อยละ 15 มาอ่านค่าความแข็งระดับจุลภาคชนิดตัดขวาง โดยทำการวัดสองครั้ง ห่างกัน 7 วัน เพื่อป้องกันอคติ แล้วนำค่าที่ได้มาทดสอบด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC)

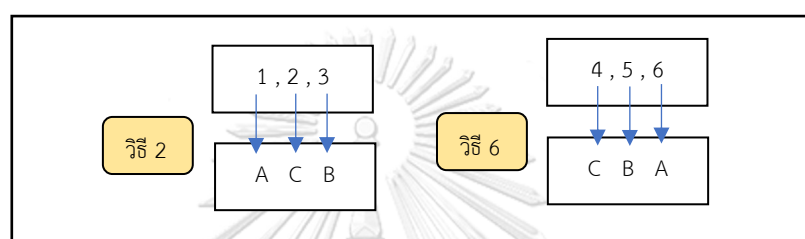


จากนั้นนำชิ้นอะคริลิกพร้อมฟันที่ผ่านเกณฑ์มาเรียงลำดับความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวจากมากไปน้อยและแบ่งเป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 3 ชิ้นตามลำดับแล้วกำหนดหมายเลขลงที่ฐานอะคริลิก ตั้งแต่เลข 1-30 เพื่อทำการจัดเข้ากลุ่มทดลองด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มย่อยที่มีการเรียงลำดับ (permuted block randomization) โดยกำหนดให้เป็นวัสดุ A แทนแก้วไอโอโนเมอร์ วัสดุ B แทน

วัสดุอัลคาไซด์ และวัสดุ C แทนวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ ดังนั้นจะมีวิธีการจัดชั้นอะคริลิกพร้อมฟันเข้ากลุ่มได้ 6 วิธี ดังนี้

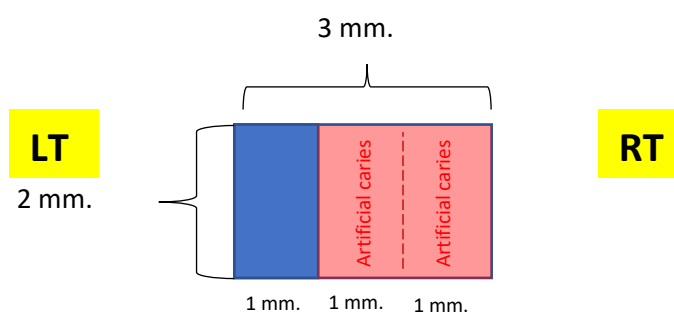
- |        |       |       |
|--------|-------|-------|
| 1. ABC | 2.ACB | 3.BAC |
| 4.BCA  | 5.CAB | 6.CBA |

แล้วจึงใช้โปรแกรมสุ่ม (sequence generator) เพื่อสุ่มหาวิธีการจัดเข้ากลุ่มของฟันแต่ละชุดจนครบทุกชั้น และทำการบันทึกหมายเลขของชั้นอะคริลิกและกลุ่มวัสดุที่ใช้



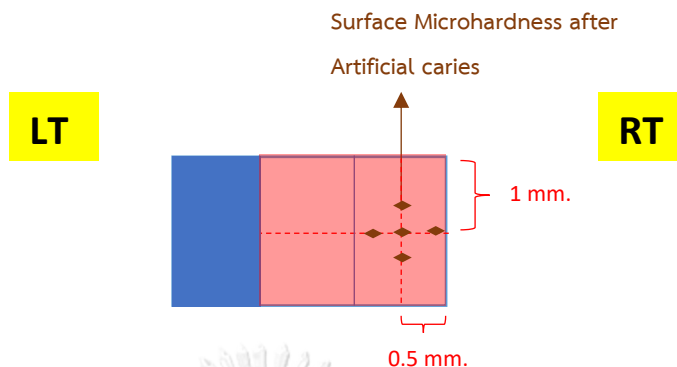
ตัวอย่างวิธีการสุ่ม

เมื่อจัดกลุ่มแล้วนำชิ้นฟันที่ฝังในอะคริลิกไปสร้างรอยจุลจำลอง (100 ไมโครเมตร)(78) โดยนำชิ้นฟันที่แบ่งเป็น 3 ส่วนแต่ละส่วนกว้าง 1 มิลลิเมตรตามภาพ โดยทาเคลือบด้วยน้ำยาทาเล็บที่ช่องซ้ายแล้วเว้นช่องกลางและช่องขวาไว้เพื่อทำรอยจุลจำลอง รอให้แห้งอย่างน้อย 8 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นฟันไปแช่ในเจลสำหรับกระบวนการเสียแร่ธาตุปริมาณ 20 มิลลิตรที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วันโดยไม่เขย่า เจลนี้ดัดแปลงจากสูตร Alsaffar และคณะ(79) โดยประกอบด้วยไฮดรอกซี เอทิล เซลลูโลส (hydroxyethylcellulose) ร้อยละ 1 ตามน้ำหนักและ 0.1 mol/L กรดแลคติก (lactic acid) แล้วใช้ 1.0 mol/L โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่างให้ได้พีเอช 5.1



เมื่อครบ 2 วันนำชิ้นฟันมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนเป็นเวลา 20 วินาทีเช็ดให้แห้งแล้วนำไปแช่น้ำลายเทียมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นฟันไปวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวด้วยหัวกดรูป 5 รอยกดที่ตำแหน่งช่องขวาที่ผ่านการทำให้ผุ กำหนดให้รอยกดตรงกลางอยู่ที่กึ่งกลางของ

ชั้นฟันนั้นคือเว้าจากขอบด้านขวาเข้ามา 0.5 มิลลิเมตร เว้าจากขอบบน 1 มิลลิเมตรและรอยกตแต่  
 ละจุดห่างกันอย่างน้อย 100 ไมโครเมตร และบันทึกแล้วนำเก็บโดยแช่ไว้ในน้ำลายเทียม

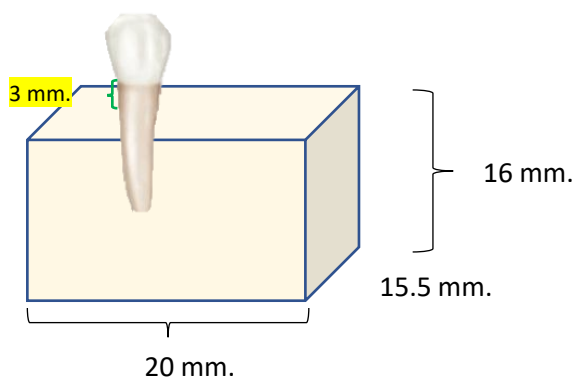


### เตรียมฟันสำหรับวัสดุบูรณะ

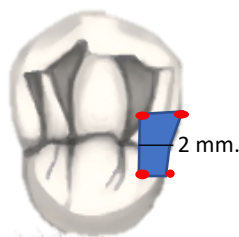
นำฟันกรามน้อยแท่นซี่ที่ 2 ที่แช่ในสารละลายไทมอล ความเข้มข้น 0.1% มาทำความสะอาดและขัดด้านบดเคี้ยวให้แบนราบแล้วกรอเพื่อเตรียมแควิตี้ด้านประชิดไกลกลางขนาดกว้าง 4 มิลลิเมตร สูง 4 มิลลิเมตร ลึก 2 มิลลิเมตรโดยใช้ไฟรบวัดความลึกปริทันต์วัดขนาดแควิตี้ 4 ตำแหน่งตามภาพ



จากนั้นนำฟันกรามน้อยแท่นซี่ที่ 2 มาลงฐานด้วยการเทพูนลงในแม่พิมพ์ขนาดกว้าง 15.5 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร สูง 16 มิลลิเมตร กำหนดตำแหน่งยึดฟันโดยวัดลงมาจากรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction : CEJ) ประมาณ 3 มิลลิเมตร แล้วนำฟันที่กรอแล้วพร้อมฐานปูนไปทำแม่พิมพ์จากซิลิโคนใช้สำหรับเทอะคริลิกเพื่อเป็นบล็อกฟันสำหรับการบูรณะ



เทบล็อกอะคริลิกจำนวน 30 ชิ้นโดยทำการระบุชนิดของวัสดุบูรณะ โดย A แทนวัสดุแก้ว ไอโอโนเมอร์ B แทนวัสดุอัลคาไซด์ และ C แทนวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่ฐานบล็อกอะคริลิก ทำการวัดความกว้าง ยาวและลึกของแควิตี้ด้วยโพรบวัดความลึกปริทันต์วัดขนาดแควิตี้ 4 ตำแหน่งตามภาพและเครื่องวัดขนาดแบบดิจิทัล จดบันทึก



จากนั้นทำการบูรณะแต่ละกลุ่มตามชนิดวัสดุโดยก่อนเริ่มบูรณะทำการซึ้มน้ำหนักบล็อกอะคริลิกแต่ละชิ้นแล้วบันทึกค่าแล้วจึงใส่แมทริกซ์โลหะโดยใช้ทอฟเฟิลมายรีเทนเนอร์ (Tofflemire retainer)

- กลุ่ม A : แก้วไอโอโนเมอร์

1. ทาGC คอนดิชันเนอร์นาน 10 วินาที
2. ล้างและเป่าลม (เป่าพอมมาต ไม่ให้แห้งสนิท)

เนื่องจากบล็อกฟันที่ใช้ทดลองเป็นเรซินอะคริลิกจึงไม่ทำขั้นตอนที่ 1-2

3. นำแคปซูลมาเขย่าและกดปุ่มแล้วจึงนำไปใส่ปืนฉีด โดยกดปืน 1 ครั้งเพื่อแอกติเวท
4. นำแคปซูลออกจากปืนฉีดแล้วนำไปปั่นเป็นเวลา 10 วินาทีแล้วจึงใส่ปืนฉีดเพื่อทำการบูรณะ

รอวัสดุแข็งเป็นเวลา 2 นาที 30 วินาที

5. ซึ้มน้ำหนักบล็อกอะคริลิกหลังบูรณะแล้วคำนวณปริมาณวัสดุบูรณะสุทธิเพื่อตรวจสอบว่าใส่วัสดุบูรณะได้เต็มแควิตี้ ไม่มีช่องว่างภายใน

- กลุ่ม B : อัลคาไซด์

1. เตรียมส่วนผงและน้ำในอัตราส่วนผง: น้ำ 1:1 ในกระดาษผสม ส่วนน้ำให้เขย่าขวดก่อนแล้วจึงวางขวดตั้งฉากเพื่อหยด
2. ใช้พายผสมแบบพลาสติกเริ่มผสม โดยให้แบ่งส่วนผงเข้าผสมทีละครึ่ง ใช้เวลาผสม 45-60 วินาที แล้วจึงนำวัสดุมาทำการบูรณะ

3. ชั่งน้ำหนักบล็อกอะคริลิกหลังบ่มแล้วคำนวณปริมาณวัสดุบ่มสุทธิเพื่อตรวจสอบว่าใส่วัสดุบ่มได้เต็มแควิตี ไม่มีช่องว่างภายใน

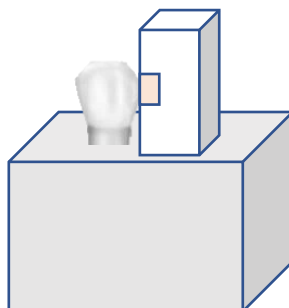
- กลุ่ม C : คอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์
  1. ปรับสภาพผิวด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลา 15 วินาที
  2. ล้างน้ำเป็นเวลา 10 วินาที เป่าลมให้หมาด ไม่แห้งสนิท
  3. ทาสารยึดติด (Adper™ 3M ESPE) ให้ทั่วนาน 15 วินาทีแล้วจึงเป่าลมเป็นเวลา 5 วินาทีให้แห้งสนิทแล้วจึงทำการฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที

เนื่องจากบล็อกฟันที่ใช้ทดลองเป็นเรซินอะคริลิกจึงสามารถยึดอยู่กับวัสดุคอมโพสิตเรซินได้ อยู่แล้วจึงไม่ทำขั้นตอนที่ 1-3

4. นำวัสดุคอมโพสิตมาบ่มโดยอุณหภูมิตั้งแต่เป็นชั้นแต่ละชั้นไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ทำการฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาทีในแต่ละชั้น
5. ถอดแมทริกซ์โลหะออกแล้วฉายอีก 40 วินาที
6. ชั่งน้ำหนักบล็อกอะคริลิกหลังบ่มแล้วคำนวณปริมาณวัสดุบ่มสุทธิเพื่อตรวจสอบว่าใส่วัสดุบ่มได้เต็มแควิตี ไม่มีช่องว่างภายใน

### กระบวนการจำลองสภาวะในช่องปาก

นำชิ้นฟันในฐานอะคริลิกมาติดกับบล็อกฟันอะคริลิกตามกลุ่มที่สุ่มไว้ด้วยกาวแท่งซิลิโคนให้บริเวณรอยฟุ่จำลองที่เตรียมไว้แนบกับวัสดุบ่ม จะได้ 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 บล็อก



จากนั้นนำมาเข้ากระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling) เป็นเวลา 7 วัน ในแต่ละรอบจะแบ่งเป็นช่วงละลายแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับสลับกันโดยเริ่มจากช่วงสูญเสียแร่ธาตุ 8 ชั่วโมง แล้วจึงเป็นช่วงส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ 16



ชั่วโมง(23) สารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ประกอบด้วย 2.2 mM CaCl<sub>2</sub>, 2.2 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.05 M acetic acid, พีเอช 4.6 ใช้ 1M KOH ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่าง และ สารละลายสำหรับทำให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุ ประกอบด้วย 1.5 mM CaCl<sub>2</sub>, 0.9 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0.15 M KCl, พีเอช 7 ใช้ 1M KOH ปรับแต่งค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณ 2 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิห้อง ในกระบวนการนี้ภาชนะสำหรับการแช่สารละลายแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับจะใช้ภาชนะที่มีการแยกช่องสำหรับชิ้นงานแต่ละชิ้น ไม่ให้สารละลายแต่ละช่องปะปนกันได้

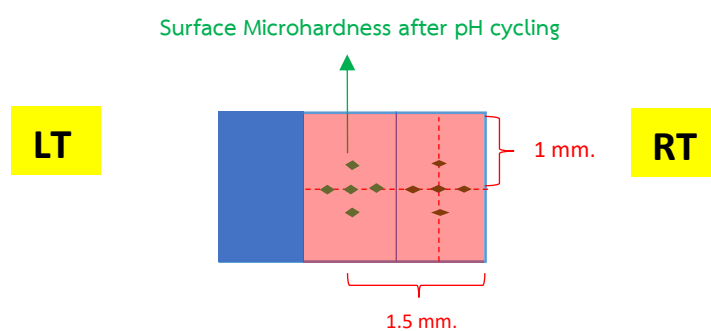
### การวัดความแข็งผิว

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจำลองสภาวะในช่องปากทำการล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซักแห้งแล้วเก็บในน้ำลายเทียมเป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วจึงนำชิ้นฟันมาวัดความแข็งผิวโดยให้รอยกด ตรงกลางอยู่ที่กึ่งกลางของชิ้นฟันโดยเว้นขอบด้านขวา 1.5 มิลลิเมตรหรือ 1500 ไมโครเมตรและเว้น จากขอบด้านบน 1 มิลลิเมตรและส่วนรอยกดอีก 4 จุดแต่ละจุดห่างกันอย่างน้อย 100 ไมโครเมตร บันทึกเป็นค่าความแข็งผิว และคำนวณค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาค (The percentage surface hardness recovery)(80)

The percentage surface hardness recovery

= (Hardness after pH cycling - Hardness after artificial caries) X 100

Baseline hardness - Hardness after artificial caries



### การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมเอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 22.0 (SPSS version 22.0, SPSS Inc., USA) ในการประมวลผล

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของความแข็งแรงระดับจุลภาคตั้งต้น ความแข็งแรงระดับจุลภาคเมื่อทำรอยผุจำลอง ความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค , ค่ามัธยฐาน (median) ของความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค
2. ทดสอบการกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โดยพบว่าความแข็งแรงระดับจุลภาคตั้งต้นและความแข็งแรงระดับจุลภาคเมื่อทำรอยผุจำลองมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติและมีความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน (equal variance) จึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง และหากพบความแตกต่างกันจึง ใช้ Tukey's Test เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05
3. เนื่องจากความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาคในแต่ละกลุ่มมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่ปกติ จึงแสดงค่าเฉลี่ยของอันดับ (Mean rank) และวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่าง 3 กลุ่มด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกชนิด Kruskal-Wallis Test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และทดสอบความแตกต่างในแต่ละคู่ด้วยสถิติ Mann-Whitney Test โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.017 (ได้มาจากระดับนัยสำคัญ 0.05 หารด้วยจำนวนครั้งของการทดสอบคือ  $0.05/3$ ) ซึ่งเป็นระดับนัยสำคัญที่ผ่านการทดสอบ Bonferroni multiple testing correction เพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (81, 82)
4. ใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) ในการทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (intra-rater reliability)

## บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย

ชิ้นฟันตัวอย่างจำนวน 30 ชิ้น แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 10 ชิ้น ได้แก่ วัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ : Filtek™ Z350 , วัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ : EQUIA Forte® และวัสดุอัลคาไลด์ : Cention N® ในการศึกษานี้ทำการวัดผลด้วยการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวซึ่งวัดผลโดยผู้ประเมินคนเดียวที่ได้ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินแล้วพบว่าค่าสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชิ้นมีค่า 0.86 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องในการวัดผลในระดับดี (83)

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้นและเมื่อทำรอยฝูจำลองของแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 5 โดยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้นของแต่ละกลุ่มเป็นไปตามที่กำหนดให้ชิ้นฟันทุกชิ้นที่เข้าเกณฑ์ที่นำมาศึกษาจะต้องมีความแข็งผิวทุกรอยกดมากกว่า 270 KHN และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้นระหว่าง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p = 0.97$ ) สำหรับค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคเมื่อทำรอยฝูจำลองพบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 3 กลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติด้วยเช่นกัน ( $p = 0.662$ )

หลังเสร็จสิ้นกระบวนการจำลองสภาวะในช่องปากพบว่าค่าเฉลี่ยอันดับความแข็งผิวระดับจุลภาคของกลุ่มวัสดุอัลคาไลด์เป็น 25.5 ส่วนกลุ่มแก้วไอโอโนเมอร์และกลุ่มคอมโพสิตเรซินเป็น 15.4 และ 5.6 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าง 3 กลุ่มพบว่าทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.017$ ) เมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคพบว่ากลุ่มวัสดุอัลคาไลด์มีค่าเฉลี่ยอันดับของกลุ่มวัสดุอัลคาไลด์เป็น 25.5 ส่วนกลุ่มแก้วไอโอโนเมอร์และกลุ่มคอมโพสิตเรซินเป็น 15.5 และ 5.5 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคระหว่าง 3 กลุ่มพบว่าทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.017$ ) สำหรับค่ามัธยฐานของความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับแสดงในตารางที่ 6

ตาราง 5 ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความแข็งแรงระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยผุจำลอง หลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค

กลุ่มทดลอง	จำนวน	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงระดับจุลภาคตั้งต้น ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (KHN)	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงระดับจุลภาคเมื่อทำรอยผุจำลอง ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (KHN)	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (KHN)	ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ร้อยละ)
กลุ่มคอมโพสิตเรซิน (Filtek™Z350)	10	323.076±25.540 <sup>*,a</sup>	16.030±4.986 <sup>*,a</sup>	11.991±5.949	(-1.34)±1.405
วัสดุแก้วไอออนเมอร์ (EQUIA Forte®)	10	321.239±15.065 <sup>*,a</sup>	16.153±3.819 <sup>*,a</sup>	28.886±4.008	4.175±0.773
วัสดุอัลคาไซด์ (Cention N®)	10	321.239±15.065 <sup>*,a</sup>	17.619±4.066 <sup>*,a</sup>	56.931±25.975	12.975±8.381

**หมายเหตุ**

\* ทำการทดสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) เมื่อเทียบระหว่างกลุ่ม

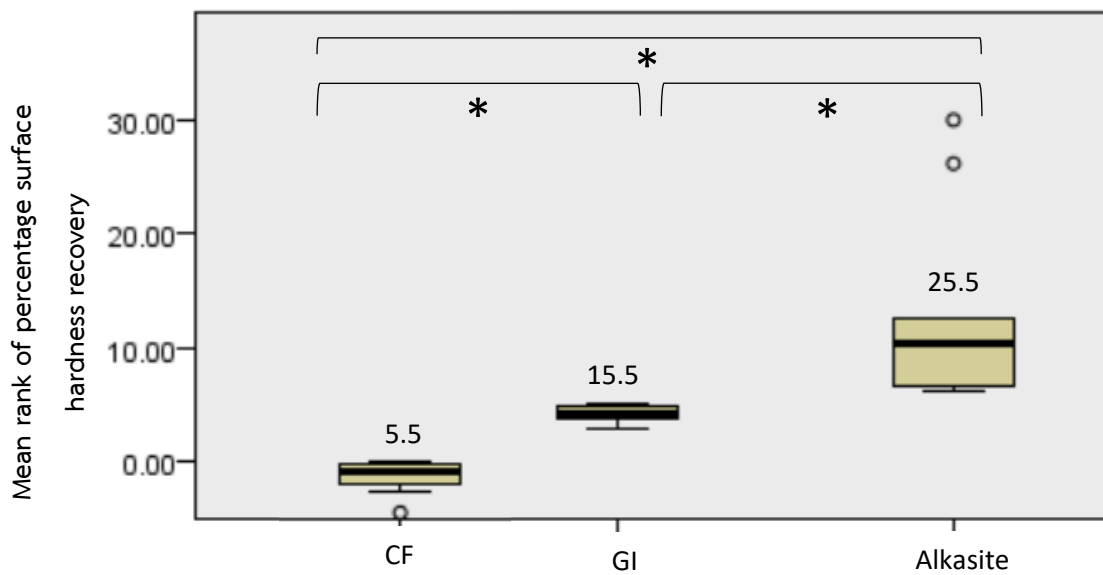
ตาราง 6 ค่าเฉลี่ยอันดับ (mean rank) และค่ามัธยฐาน (median) ของความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค

กลุ่มทดลอง	จำนวน	ค่าเฉลี่ยอันดับของความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก (KHN)	ค่าเฉลี่ยอันดับของร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค (ร้อยละ)	ค่ามัธยฐานของความแข็งแรงระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก (KHN)	ค่ามัธยฐานของร้อยละการคืนกลับความแข็งแรงระดับจุลภาค (ร้อยละ)
กลุ่มคอมโพสิตเรซิน (Filtek™Z350)	10	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	10.701	(-0.868)
วัสดุแก้วไอออนเมอร์ (EQUIA Forte®)	10	15.4 <sup>b</sup>	15.5 <sup>b</sup>	29.766	4.175
วัสดุอัลคาไซด์ (Cention N®)	10	25.5 <sup>c</sup>	25.5 <sup>c</sup>	46.337	10.354

**หมายเหตุ**

ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.017) เมื่อเทียบระหว่างกลุ่ม

ทดลองด้วยสถิติ Mann-Whitney Test



รูปภาพ 12 กราฟค่าเฉลี่ยของอันดับร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคในรอยผ่าจำลองเมื่อสัมผัสกับวัสดุ  
 CF แทนกลุ่มคอมโพสิตเรซิน , GI แทนกลุ่มแก้วไอโอโนเมอร์ , Alkaside แทนกลุ่มอัลคาไซด์  
 \* แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.017$ ) เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มทดลองด้วยสถิติ Mann-Whitney Test

## บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกในการแสดงถึงการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของฟันข้างเคียงที่สัมผัสกับฟันที่ได้รับการบูรณะด้านประชิดด้วยวัสดุอัลคาไรต์ โดยเปรียบเทียบกับวัสดุบูรณะแก้ว ไอโอโนเมอร์ที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ไปยังฟันข้างเคียง(12, 18, 20, 21, 23) และให้คอมโพสิตเรซินเป็นกลุ่มควบคุม โดยใช้การจำลองรอยผุเริ่มต้นในชั้นเคลือบฟัน และใช้กระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling) ตามการศึกษาของ Guglielmi และคณะ(23) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุ 8 ชั่วโมงและช่วงส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ 16 ชั่วโมงซึ่งมีความคล้ายคลึงกับสภาวะในช่องปากของผู้ป่วย ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่ารอยผุระยะเริ่มต้นของฟันซี่ข้างเคียงที่บูรณะด้วยวัสดุอัลคาไรต์มีการคืนกลับแร่ธาตุมากกว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์และวัสดุคอมโพสิตเรซินที่ระดับนัยสำคัญ 0.017 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Donly และคณะที่ศึกษาความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุโดยวัดผลด้วยระยะเวลาการสูญเสียแร่ธาตุในภาพจากกล้องแสงโพลาไรซ์ พบว่าวัสดุกลุ่มอัลคาไรต์มีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุได้มากกว่าวัสดุคอมโพสิตเรซินที่ไม่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ชนิดแซต 100 อย่างมีนัยสำคัญ(60) แต่การศึกษาของ Donly และคณะพบว่าวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดวีทริเมอร์ มีความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุได้มากกว่าวัสดุเซรามิก เ็นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(60) ซึ่งต่างจากการศึกษานี้ โดยเมื่อพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุอัลคาไรต์ในการต้านทานการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุพบว่าอัลคาไรต์จะปลดปล่อยประจุฟลูออไรด์และแคลเซียมได้ดีในภาวะเป็นกรดและเมื่อแข็งตัวแบบบ่มตัวเอง(24, 29) ซึ่งการศึกษาของ Donly และคณะใช้การจำลองสภาวะในช่องปากโดยแช่น้ำลายเทียมแล้วนำไปแช่ในสารละลายสำหรับกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่มีค่าความเป็นกรดต่าง pH 4.5 เป็นเวลา 1 ชั่วโมงวันละ 2 ครั้งและไม่มีการระบุว่าทำให้วัสดุอัลคาไรต์แข็งตัวแบบใด(60) ส่วนการศึกษานี้ใช้การจำลองสภาวะในช่องปากให้คล้ายคลึงกับผู้ที่มีความเสี่ยงในการเกิดฟันผุระดับสูงโดยการแช่ในสารละลายแร่ธาตุ 8 ชั่วโมง แล้วแช่ในสารละลายสำหรับส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ 16 ชั่วโมงและใช้การบ่มตัวเองทำให้วัสดุอัลคาไรต์แข็งตัว จึงน่าจะเป็นเหตุผลที่ทำให้วัสดุอัลคาไรต์จากการศึกษานี้สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์และแคลเซียมได้ดีและเกิดการคืนกลับแร่ธาตุได้มากกว่า

การจำลองลักษณะด้านประชิดให้ใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติถือเป็นข้อดีของการศึกษานี้ โดยเลือกใช้ชิ้นฟันที่ขัดเรียบเพื่อให้สามารถนำชิ้นฟันไปวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคที่พื้นผิวได้ มาติดกับ

วัสดุบูรณะคลาสทูที่มีรูปร่าง ความปองนูนใกล้เคียงกับพื้นธรรมชาติ เมื่อพิจารณาการศึกษาอื่นๆ พบว่ามีการจำลองการติดกันของรอยผุและวัสดุบูรณะหลายลักษณะ ได้แก่ การนำขึ้นฟันที่ตัดและขัดผิวให้เรียบฝังในอะคริลิกแล้วนำมาติดกับขึ้นวัสดุบูรณะพื้นผิวเรียบ(21) ซึ่งวิธีการนี้วัสดุบูรณะจะสัมผัสและแนบกับขึ้นฟันทำให้เกิดการคืนกลับแร่ธาตุได้มาก แต่ไม่ได้เป็นการจำลองลักษณะด้านประชิดของฟันตามธรรมชาติ ส่วนการนำฟันทั้งซี่ที่มีการทำรอยผุที่ด้านประชิดมาติดกับฟันที่กรอและบูรณะคลาสทู(12, 16, 17, 20) แม้จะสามารถจำลองลักษณะด้านประชิดได้ใกล้เคียงกับพื้นธรรมชาติ แต่ไม่สามารถใช้กับการวัดผลที่ต้องการพื้นผิวรอยผุที่เรียบเช่นการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคได้

นอกจากนี้ การทดลองเพื่อจำลองรอยผุด้วยเจลสำหรับละลายแร่ธาตุของการศึกษานี้มีความแตกต่างจากการศึกษาของ Alsaffar และคณะ(79) ในเรื่องของปริมาณไฮดรอกซี เอทิล เซลลูโลสและระยะเวลาที่แช่ เนื่องจากการศึกษานำร่องพบว่าหากใช้ไฮดรอกซี เอทิล เซลลูโลสร้อยละ 6 ตามน้ำหนัก เจลที่ได้มีความหนืดและแข็งตัวมากเกินไปจึงได้ทำการปรับปริมาณไฮดรอกซี เอทิล เซลลูโลสเป็นร้อยละ 1 ตามน้ำหนัก และในระยะเวลาการแช่ที่การศึกษานี้ใช้เวลา 2 วันซึ่งแตกต่างจากงานของ Alsaffar และคณะ(79) ที่ใช้เวลา 20 วัน เนื่องจากการศึกษาของ Alsaffar และคณะ(79) ใช้เจลสำหรับละลายแร่ธาตุเพื่อจำลองการผุหลังจากบูรณะ ต่างจากการศึกษาของเราที่ต้องการสร้างรอยผุระยะเริ่มต้นและขณะทำการศึกษานำร่องพบว่าเมื่อใช้เวลาแช่ในเจลสำหรับละลายแร่ธาตุเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ความแข็งผิวระดับจุลภาคลดลงซึ่งหากค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคต่ำมากเกินไปจะมีผลต่อการวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังจากผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเปราะต่างในช่องปาก การศึกษานี้จึงปรับลดวันในการแช่เจลสำหรับละลายแร่ธาตุเพื่อสร้างรอยผุจำลองให้น้อยที่สุดที่ทำให้เกิดรอยผุระยะเริ่มต้นที่มีลักษณะเคลือบฟันเป็นสีขาวขุ่นและมีความลึกรอยผุ 100 ไมโครเมตร ตามที่กำหนด

การวัดความแข็งผิวระดับจุลภาคเป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินผลการคืนกลับแร่ธาตุ สามารถวัดผลในเชิงปริมาณ และวัดต่อเนื่องเพื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุก่อนและหลังเข้ากระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเปราะต่างในช่องปากได้โดยวิธีการไม่ยุ่งยาก(84) ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการสร้างรอยผุจำลองแล้วนำมาวัดค่าความแข็งผิวระดับจุลภาคพบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของทุกกลุ่มเท่ากับ  $16.6 \pm 4.232$  KHN ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาอื่นที่มีการสร้างรอยผุจำลองซึ่งวัดค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคได้ในช่วง 53-131 KHN(85, 86) โดยความแตกต่างนี้อาจจะมาจากซี่ฟันที่ใช้แตกต่างกัน โดยการศึกษาของ Jardim และคณะ(85) กับ Carvalho และคณะ(86) เลือกใช้ฟันกรามถาวรต่างจากการศึกษานี้ที่เลือกใช้ฟันกรามน้อย ซึ่งจาก

การศึกษาของ Healy พบว่าความแข็งผิวระดับจุลภาคโดยเฉลี่ยของเคลือบฟันฟันกรามถาวรจะมีค่ามากกว่าฟันกรามน้อยโดยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเคลือบฟันฟันกรามถาวรมีค่า 385 KHN ส่วนฟันกรามน้อยมีค่า 327 KHN(87) นอกจากนี้กระบวนการทำรอยผุจำลองจากสองการศึกษาข้างต้นมีความแตกต่างจากการศึกษานี้ โดยการศึกษาของ Jardim และคณะ(85) ใช้เชื้อ S.mutan ในคราบจุลินทรีย์สร้างรอยผุจำลองเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยคราบจุลินทรีย์มีค่าพีเอช 7.0 สลับกับค่าพีเอช 5.5 เมื่อได้รับน้ำตาล ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอชในคราบจุลินทรีย์มีความเป็นกรดน้อยกว่าเจลสำหรับละลายแร่ธาตุของการศึกษานี้ ส่วนการศึกษาของ Carvalho และคณะ(86) ใช้การแช่สารละลายสำหรับละลายแร่ธาตุ ค่าพีเอช 4.7 เป็นเวลา 6 ชั่วโมงสลับกับการแช่ละลายลายส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ ค่าพีเอช 7.0 เป็นเวลา 18 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าพีเอชของสารละลายสำหรับละลายแร่ธาตุจากการศึกษาของ Carvalho และคณะมีความเป็นกรดน้อยกว่าเจลสำหรับละลายแร่ธาตุของการศึกษานี้ และมีช่วงเวลาในการแช่สารละลายสำหรับละลายแร่ธาตุที่น้อยกว่าการศึกษานี้

การศึกษานี้พบว่าวัสดุอัลคาไลไซม์มีร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคมากกว่าการบูรณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ ซึ่งอาจจะเป็นผลจากความสามารถในการปลดปล่อยแร่ธาตุทั้งประจุฟลูออไรด์ และประจุแคลเซียม ซึ่งต่างจากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ที่สามารถปลดปล่อยได้เฉพาะประจุฟลูออไรด์ ซึ่งในกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุพบว่าฟลูออไรด์จะกระตุ้นการคืนกลับแร่ธาตุโดยฟลูออไรด์ที่อยู่บริเวณผิวผลึกจะดึงดูดประจุแคลเซียมและฟอสเฟตมาสร้างเป็นชั้นผิวผลึกใหม่เพื่อคืนกลับแร่ธาตุทดแทน(11, 55) ดังนั้นการมีประจุแคลเซียมจึงช่วยเพิ่มการคืนกลับแร่ธาตุให้มากขึ้น โดยจากการศึกษาของ Ruengrungsom และคณะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยแคลเซียมของวัสดุบูรณะเซนต์อิน เอ็นพบว่ามีการปลดปล่อยแคลเซียมสะสม 2,453.6 นาโนโมลต่อตารางเซนติเมตรที่เวลา 7 วันและยังสามารถสะสมแคลเซียมเมื่อได้รับ MI vanish แล้วเกิดการปลดปล่อยซ้ำได้อีกด้วย (88) ซึ่งหากต้องการยืนยันว่าผลจากการศึกษานี้เป็นไปตามแนวคิดนี้หรือไม่ อาจทำวิเคราะห์ธาตุที่รอยผุระยะเริ่มต้นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray fluorescence analysis: SEM-EDX) เพิ่มเติมในการศึกษาต่อไป

นอกจากนี้วัสดุอัลคาไลไซต์ประกอบด้วยส่วนผง และส่วนน้ำ ในส่วนผงจะประกอบด้วยผงแก้วหลายชนิด สำหรับส่วนน้ำประกอบด้วยสารโมโนเมอร์ สารริเริ่มการก่อตัวและสารเร่ง เมื่อใช้งานต้องนำส่วนผงและส่วนน้ำมาผสมกันโดยใช้ช้อนตวงและการหยดจากขวดซึ่งอาจทำให้อัตราส่วนระหว่างผงและน้ำแปรปรวนจากผู้ปฏิบัติการ เช่น การตวงส่วนผง ปริมาณที่ได้จะขึ้นกับความหนาแน่นของผง



ขณะตวง และปริมาตรของส่วนน้ำจะขึ้นอยู่กับมุมในการถือตอนบีบขวดและแรงที่ใช้ในการบีบ(89) แตกต่างจากวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดอิกเวีย พอร์เต้ ฟิลล์ที่อยู่ในรูปแบบแคปซูลซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างส่วนผงและน้ำแน่นอนและถูกต้องตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต(90) จากการศึกษาผลของอัตราส่วนผงต่อน้ำของวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ต่อคุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์พบว่าอัตราส่วนผงที่เพิ่มขึ้นภายในแก้วไอโอโนเมอร์จะลดปริมาณการปลดปล่อยฟลูออไรด์(91) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่อัตราส่วนระหว่างส่วนผงและส่วนน้ำที่เปลี่ยนไปอาจมีผลต่อคุณสมบัติการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุอัลคาไลต์เช่นกัน

โดยสรุป ผลจากการศึกษานี้พบว่าการบูรณะด้วยวัสดุอัลคาไลต์ให้ผลการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันได้มากกว่าวัสดุบูรณะแก้วไอโอโนเมอร์และคอมโพสิเทรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในห้องปฏิบัติการ วัสดุอัลคาไลต์จึงถือเป็นวัสดุหนึ่งที่สามารถเลือกใช้ในกรณีที่ต้องบูรณะบูรณะฟันคลาสทู ในกรณีที่ฟันซี่ข้างเคียงมีรอยผุระยะเริ่มต้นเพื่อยับยั้งการลุกลาม

อย่างไรก็ดีการศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบการคืนกลับแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มต้นของชั้นฟันในระยะสั้น ในอนาคตจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเพื่อดูผลในระยะยาว รวมถึงการศึกษาครั้งนี้ใช้ฟันกรามน้อยแท้ในการศึกษา ผลการศึกษาที่ได้จึงไม่อาจนำมาสรุปในฟันน้ำนมได้

## บรรณานุกรม

1. Sugars and dental caries 2017 [Internet]. Available from: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259413/WHO-NMH-NHD-17.12-eng.pdf;jsessionid=524211B35F11000E8FADD1D7C6CC634A?sequence=1>.
2. Oral health , Fact sheet [Internet]. 2018. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/oral-health>.
3. สำนักทันตสาธารณสุข. รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากแห่งชาติ ครั้งที่ 8 ประเทศไทย พ.ศ. 2560. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2561.
4. Petersen PE, Estupinan-Day S, Ndiaye C. WHO's action for continuous improvement in oral health. Bulletin of the World Health Organization. 2005;83(9):642.
5. Mejare I, Kallestal C, Stenlund H, Johansson H. Caries Development from 11 to 22 Years of Age: A Prospective Radiographic Study Prevalence and Distribution. Caries Research. 1998;32(1):10-6.
6. ชูติมา ไตรรัตน์วรกุล. ฟันผุในเด็กปฐมวัย. In: ชูติมา ไตรรัตน์วรกุล, editor. ทันตกรรมป้องกันในเด็กและวัยรุ่น. 2 ed. กรุงเทพฯ: เบทบุ๊คส์ออนไลน์; 2551. p. 43-122.
7. Mount GJ, Ngo H. Minimal intervention: Early lesions. Quintessence International. 2000;31(8):535-46.
8. Eden E. Evidence-Based Caries Prevention. Cham, SWITZERLAND: Springer; 2016.
9. Meyer-Lueckel H, Paris S. When and How to Intervene in the Caries Process. Operative Dentistry. 2016;41(S7):S35-S47.
10. Buzalaf M.A.R. PJP, Honório H.M., ten Cate J.M. Mechanisms of Action of Fluoride for Caries Control. In: Buzalaf MAR, editor. Fluoride and the Oral Environment. 22. Basel: Karger; 2011. p. 97-114.
11. Featherstone JDB. THE SCIENCE AND PRACTICE OF CARIES PREVENTION. The Journal of the American Dental Association. 2000;131(7):887-99.
12. Baliga MS, Bhat SS. Effect of fluorides from various restorative materials on remineralization of adjacent tooth: an in vitro study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2010;28(2):84-90.
13. Yaman SD, Er O, Yetmez M, Karabay GA. In vitro inhibition of caries-like lesions

with fluoride-releasing materials. *J Oral Sci.* 2004;46(1):45-50.

14. Dionysopoulos D, Koliniotou-Koumpia E, Helvatzoglou-Antoniades M, Kotsanos N. Fluoride release and recharge abilities of contemporary fluoride-containing restorative materials and dental adhesives. *Dental materials journal.* 2013;32(2):296-304.
15. Burke FM, Ray NJ, McConnell RJ. Fluoride-containing restorative materials. *Int Dent J.* 2006;56(1):33-43.
16. Segura A, Donly KJ, Stratmann RG. Enamel remineralization on teeth adjacent to Class II glass ionomer restorations. *Am J Dent.* 1997;10(5):247-50.
17. Marinelli CB, Donly KJ, Wefel JS, Jakobsen JR, Denehy GE. An in vitro comparison of three fluoride regimens on enamel remineralization. *Caries Res.* 1997;31(6):418-22.
18. Bynum AM, Donly KJ. Enamel de/remineralization on teeth adjacent to fluoride releasing materials without dentifrice exposure. *ASDC J Dent Child.* 1999;66(2):89-92, 84.
19. Donly KJ, Segura A, Wefel JS, Hogan MM. Evaluating the effects of fluoride-releasing dental materials on adjacent interproximal caries. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(6):817-25.
20. Jang KT, Garcia-Godoy F, Donly KJ, Segura A. Remineralizing effects of glass ionomer restorations on adjacent interproximal caries. *ASDC J Dent Child.* 2001;68(2):125-8, 42.
21. Lee HS, Berg JH, Garcia-Godoy F, Jang KT. Long-term evaluation of the remineralization of interproximal caries-like lesions adjacent to glass-ionomer restorations: a micro-CT study. *Am J Dent.* 2008;21(2):129-32.
22. Qvist V, Poulsen A, Teglers PT, Mjor IA. Fluorides leaching from restorative materials and the effect on adjacent teeth. *Int Dent J.* 2010;60(3):156-60.
23. Guglielmi , Calvo , Tedesco , Mendes , Raggio Contact with Fluoride-Releasing Restorative Materials Can Arrest Simulated Approximal Caries Lesion. *Journal of Nanomaterials.* 2015.
24. Ivoclar Vivadent AG Research&Development Scieintific Service. Scientific Documentation: Cention N Liechtenstein2016 [Available from: <https://www.ivoclarvivadent.in/p/all/cention-n>.
25. Sadananda V, Shetty C, Hegde M, S. Bhat G. Alkasite restorative material: flexural and compressive strength evaluation. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological*

and Chemical Sciences. 2018;9:2179.

26. Chole D, Khushal Shah H, Kundoor S, Bakle S, Gandhi N, Hatte N. In Vitro Comparison of Flexural Strength of Cention-N, BulkFill Composites, Light-Cure Nanocomposites And Resin-Modified Glass Ionomer Cement. IOSR Journal of Dental and Medical Sciences 2018;17(10):79-82.

27. Kaur M, Singh MN, Jhamb A, Batra D. A comparative evaluation of compressive strength of Cention N with glass ionomer cement: An in-vitro study International Journal of Applied Dental Sciences 2019:5-9.

28. Chowdhury D, Guha C, Desai P. Comparative Evaluation of Fracture Resistance of Dental Amalgam, Z350 Composite Resin and Cention-N Restoration In Class II Cavity. 2019.

29. Gupta N, Jaiswal S, Nikhil V, Gupta S, Jha P, Bansal P. Comparison of fluoride ion release and alkalizing potential of a new bulk-fill alkasite. J Conserv Dent. 2019;22(3):296-9.

30. Roopa K, Pathak S, Poornima P, Neena I. White spot lesions: A literature review. Journal of Pediatric Dentistry. 2015;3(1):1-7.

31. Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, Ekstrand K, Weintraub JA, Ramos-Gomez F, et al. Dental caries. Nature reviews Disease primers. 2017;3:17030.

32. Frencken JE, Peters MC, Manton DJ, Leal SC, Gordan VV, Eden E. Minimal intervention dentistry for managing dental caries - a review: report of a FDI task group. Int Dent J. 2012;62(5):223-43.

33. Staehle HJ. Minimally invasive restorative treatment. The journal of adhesive dentistry. 1999;1(3):267-84.

34. Sakaguchi RL, Ferracane J, Powers JM. Craig's Restorative Dental Materials - E-Book. Philadelphia, UNITED STATES: Mosby; 2018.

35. Jiyao L. Clinical Management of Dental Caries. 2016. In: Dental caries : principles and management [Internet]. Springer; [107-28]. Available from: <http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4068769>.

36. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. The journal of adhesive dentistry. 2012;14(5):407-31.

37. American Academy of Pediatric Dentistry. Pediatric Restorative Dentistry.

2019;371-83.

38. Fuks AB, Araujo FB, Osorio LB, Hadani PE, Pinto AS. Clinical and radiographic assessment of Class II esthetic restorations in primary molars. *Pediatr Dent*. 2000;22(6):479-85.

39. Soncini JA, Maserejian NN, Trachtenberg F, Tavares M, Hayes C. The longevity of amalgam versus compomer/composite restorations in posterior primary and permanent teeth: findings From the New England Children's Amalgam Trial. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(6):763-72.

40. Alves dos Santos MP, Luiz RR, Maia LC. Randomised trial of resin-based restorations in Class I and Class II beveled preparations in primary molars: 48-month results. *J Dent*. 2010;38(6):451-9.

41. Yengopal V, Mickenautsch S. Caries-preventive effect of resin-modified glass-ionomer cement (RM-GIC) versus composite resin: a quantitative systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011;12(1):5-14.

42. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *Journal of oral rehabilitation*. 2001;28(1):26-32.

43. Swartz ML, Phillips RW, Clark HE. Long-term F release from glass ionomer cements. *J Dent Res*. 1984;63(2):158-60.

44. Moshaverinia M, Navas A, Jahedmanesh N, Shah KC, Moshaverinia A, Ansari S. Comparative evaluation of the physical properties of a reinforced glass ionomer dental restorative material. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;122(2):154-9.

45. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent*. 2002;24(5):423-9.

46. Moshaverinia A, Roohpour N, W L Chee W, Schricker S. A review of powder modifications in conventional glass-ionomer dental cements. *Journal of Materials Chemistry*. 2010;21:1319-28.

47. Salinovic I, Stunja M, Schauperl Z, Verzak Z, Ivanisevic Malcic A, Brzovic Rajic V. Mechanical Properties of High Viscosity Glass Ionomer and Glass Hybrid Restorative Materials. *Acta Stomatol Croat*. 2019;53(2):125-31.

48. Mousavinasab SM, Meyers I. Fluoride release by glass ionomer cements,

compomer and giomer. *Dental research journal*. 2009;6(2):75-81.

49. Mitra SB, Oxman JD, Falsafi A, Ton TT. Fluoride release and recharge behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer compared with that of other fluoride releasing materials. *Am J Dent*. 2011;24(6):372-8.

50. Dasgupta S, Saraswathi MV, Somayaji K, Pentapati KC, Shetty P. Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. *Journal of conservative dentistry : JCD*. 2018;21(6):622-6.

51. Toh SL, Messer LB. Evidence-based assessment of tooth-colored restorations in proximal lesions of primary molars. *Pediatr Dent*. 2007;29(1):8-15.

52. Menezes-Silva R, Velasco SRM, Bastos RS, Molina G, Honorio HM, Frencken JE, et al. Randomized clinical trial of class II restoration in permanent teeth comparing ART with composite resin after 12 months. *Clinical oral investigations*. 2019;23(9):3623-35.

53. de Medeiros Serpa EB, Clementino MA, Granville-Garcia AF, Rosenblatt A. The effect of atraumatic restorative treatment on adhesive restorations for dental caries in deciduous molars. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2017;35(2):167-73.

54. GC America. EQUIA Forte® Bulk Fill, Fluoride Releasing, Glass Hybrid Restorative System [Available from:

[http://www.gcamerica.com/products/operator/EQUIA\\_Forte/index.php](http://www.gcamerica.com/products/operator/EQUIA_Forte/index.php).

55. Abou Neel EA, Aljabo A, Strange A, Ibrahim S, Coathup M, Young AM, et al. Demineralization-remineralization dynamics in teeth and bone. *Int J Nanomedicine*. 2016;11:4743-63.

56. Silverstone LM. Remineralization of human enamel in vitro. *Proc R Soc Med*. 1972;65(10):906-8.

57. Mattousch T, van der Veen M, Zentner A. Caries lesions after orthodontic treatment followed by quantitative light-induced fluorescence: A 2-year follow-up. *European journal of orthodontics*. 2007;29:294-8.

58. Philip N. State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management. *Caries Research*. 2019;53(3):284-95.

59. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res*. 2010;89(11):1187-97.

60. Donly KJ, Liu JA. Dentin and enamel demineralization inhibition at restoration margins of Vitremer, Z 100 and Cention N. *Am J Dent.* 2018;31(3):166-8.
61. Pitts NB, Rimmer PA. An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. *Caries Res.* 1992;26(2):146-52.
62. Mount GJ, Ngo H. Minimal intervention: a new concept for operative dentistry. *Quintessence Int.* 2000;31(8):527-33.
63. Cagetti MG, Campus G, Sale S, Cocco F, Strohmenger L, Lingstrom P. Association between interdental plaque acidogenicity and caries risk at surface level: a cross sectional study in primary dentition. *Int J Paediatr Dent.* 2011;21(2):119-25.
64. Huysmans MC, Longbottom C. The challenges of validating diagnostic methods and selecting appropriate gold standards. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C48-52.
65. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and Remineralization Evaluation Techniques. *Journal of Dental Research.* 1992;71(3\_suppl):924-8.
66. Lippert F, Lynch RJ. Comparison of Knoop and Vickers surface microhardness and transverse microradiography for the study of early caries lesion formation in human and bovine enamel. *Arch Oral Biol.* 2014;59(7):704-10.
67. Ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B. A review of quantitative methods for studies of mineral content of intra-oral caries lesions. *J Dent Res.* 1991;70(1):2-14.
68. Lo EC, Zhi QH, Itthagarun A. Comparing two quantitative methods for studying remineralization of artificial caries. *J Dent.* 2010;38(4):352-9.
69. ชารินทร์ เพียงสุข, กษาปณ์ พิเชฐโชติ, ชุตติกุล เขื่อนแก้ว, ณีรนุช กิตติวินชนันท, ปานไพลิน แสงอุทัย, ทวีศักดิ์ ประสานสุทธิพร, et al. เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะพื้นผิวและรูปร่างของวัสดุสำหรับงานวิจัยทางทันตกรรม. *เชียงใหม่ทันตแพทยสาร.* 2560;38(1):13-28.
70. Sun J, Eidelman N, Lin-Gibson S. 3D mapping of polymerization shrinkage using X-ray micro-computed tomography to predict microleakage. *Dent Mater.* 2009;25(3):314-20.
71. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci.* 2009;1(4):177-88.
72. Domark JD, Hatton JF, Benison RP, Hildebolt CF. An ex vivo comparison of digital radiography and cone-beam and micro computed tomography in the detection of the

- number of canals in the mesiobuccal roots of maxillary molars. *J Endod.* 2013;39(7):901-5.
73. Featherstone JD, ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res.* 1983;17(5):385-91.
74. Darvell BW. Chapter 1 - Mechanical Testing. In: Darvell BW, editor. *Materials Science for Dentistry (Tenth Edition)*: Woodhead Publishing; 2018. p. 1-39.
75. Samuel SM, Rubinstein C. Microhardness of enamel restored with fluoride and non-fluoride releasing dental materials. *Braz Dent J.* 2001;12(1):35-8.
76. Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, Swanson SAV. Measurement of the microhardness and young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique. *Archives of Oral Biology.* 1996;41(6):539-45.
77. Gutiérrez-Salazar MdP, Reyes-Gasga J. Microhardness and chemical composition of human tooth. *Materials Research.* 2003;6:367-73.
78. Jones RS, Fried D. Remineralization of enamel caries can decrease optical reflectivity. *Journal of dental research.* 2006;85(9):804-8.
79. Alsaffar A, Tantbirojn D, Versluis A, Beiraghi S. Protective effect of pit and fissure sealants on demineralization of adjacent enamel. *Pediatric dentistry.* 2011;33(7):491-5.
80. Maia LC, de Souza IP, Cury JA. Effect of a combination of fluoride dentifrice and varnish on enamel surface rehardening and fluoride uptake in vitro. *European journal of oral sciences.* 2003;111(1):68-72.
81. Zeitouny M, Cuisinier F, Tassery H, Fayyad-Kazan H. The Efficacy of Soprolife(®) in Detecting in Vitro Remineralization of Early Caries Lesions. *J Oral Maxillofac Res.* 2020;11(2):e6-e.
82. Manosubsak N, Sukarawan W, Sriarj W. The Remineralization Quality by Fluoridated Dentifrice on Artificial Incipient Caries Lesion. . *Mahidol Dental Journal* 2019.
83. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-63.
84. Zhang YR, Du W, Zhou XD, Yu HY. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci.* 2014;6(2):61-9.
85. Jardim RN, Rocha AA, Rossi AM, de Almeida Neves A, Portela MB, Lopes RT, et



al. Fabrication and characterization of remineralizing dental composites containing hydroxyapatite nanoparticles. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2020;109:103817.

86. de Carvalho FG, Vieira BR, Santos RL, Carlo HL, Lopes PQ, de Lima BA. In vitro effects of nano-hydroxyapatite paste on initial enamel carious lesions. *Pediatr Dent*. 2014;36(3):85-9.

87. Healy KE. Dentin and enamel. In: Black J, Hastings G, editors. *Handbook of Biomaterial Properties*. Boston, MA: Springer US; 1998. p. 24-39.

88. Ruengrungsom C, Burrow MF, Parashos P, Palamara JEA. Evaluation of F, Ca, and P release and microhardness of eleven ion-leaching restorative materials and the recharge efficacy using a new Ca/P containing fluoride varnish. *Journal of Dentistry*. 2020;102:103474.

89. Fleming GJ, Marquis PM, Shortall AC. The influence of clinically induced variability on the distribution of compressive fracture strengths of a hand-mixed zinc phosphate dental cement. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 1999;15(2):87-97.

90. Ferreira Fde M, do Vale MP, Jansen WC, Paiva SM, Pordeus IA. Effect of mixing process on microleakage of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment on primary molars. *J Clin Pediatr Dent*. 2007;31(4):251-6.

91. Panpisut P, Monmaturapoj N, Srion A, Angkananuwat C, Krajangta N, Panthumvanit P. The effect of powder to liquid ratio on physical properties and fluoride release of glass ionomer cements containing pre-reacted spherical glass fillers. *Dental materials journal*. 2020;39(4):563-70.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก เอกสารผลพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



No. 012/2020

**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**

**Study Title** : The effects of fluoride-releasing materials on surface microhardness of adjacent initial interproximal caries: *in vitro* study

**Study Code** : HREC-DCU 2020-014

**Study Center** : Chulalongkorn University

**Principle Investigator** : Ms. Thiphida Theerarath

**Protocol Date** : February 24, 2020

**Date of Approval** : March 11, 2020

**Date of Expiration** : March 10, 2022

*K. Bhalang*

(Associate Professor Dr. Kanokporn Bhalang)  
**Chairman of Ethics Committee**  
**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 เอกสารผลการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพ

CU-IBC09



Faculty of Dentistry  
Chulalongkorn University  
Institutional Biosafety Committee

### Certificate of Notification

Notification No. : DENT CU-IBC 018/2020  
 Project title : THE EFFECTS OF FLUORIDE-RELEASING MATERIALS ON SURFACE MICROHARDNESS OF ADJACENT INITIAL INTERPROXIMAL CARIES: IN VITRO STUDY  
 Subproject title : -  
 Principal investigator of the project : Assistant Professor Wannakorn Sriarj, DDS, Ph.D.  
 Principal investigator of the subproject : -  
 Affiliation : Department of Pediatric dentistry  
 Risk group :  
 Pathogen  Risk group 1  Risk group 2  Risk group 3  Risk group 4  
 Animal toxin  Risk group 1  Risk group 2  Risk group 3  
 Other..... Risk group/LD<sub>50</sub>.....  
 Biocontainment level :  
 Biosafety level 1  Biosafety level 2  Biosafety level 2 enhanced  Biosafety level 3  Biosafety level 4

This project has been reviewed and notified by CU-IBC in accordance with the levels of risk in pathogens and animal toxins list in the Risk Group of Pathogen (2018) and Animal Toxin (2019) published by Department of Medical Sciences (Ministry of Public Health), the Pathogen and Animal Toxin Act (2015) and Biosafety Guidelines for Modern Biotechnology BIOTEC (2016).

The official signing to certify that the information provided on this form is correct. The institution assumes that investigators will take responsibility, and follow the levels of risk in pathogens and animal toxins list in the Risk Group of Pathogen (2018) and Animal Toxin (2019) published by Department of Medical Sciences (Ministry of Public Health), the Pathogen and Animal Toxin Act (2015) and Biosafety Guidelines for Modern Biotechnology BIOTEC (2016).

The notification is subjected to assurance given in the levels of risk in pathogens and animal toxins list in the Risk Group of Pathogen (2018) and Animal Toxin (2019) published by Department of Medical Sciences (Ministry of Public Health), the Pathogen and Animal Toxin Act (2015) and Biosafety Guidelines for Modern Biotechnology BIOTEC (2016) and may be required for future investigations and reviews.

If there are any changes in information, please notify CU-IBC.

Effective date: June 15, 2020

Expiration date: June 30, 2021

Signature   
 (Assistant Professor Kanokporn Bhalang, DDS, Ph.D.)  
 DENT CU-IBC Chair

## ภาคผนวก ค เอกสารสำหรับขอพินเพื่อใช้ในการวิจัย



จธ.2.7

### เอกสารสำหรับขอ พิน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/อื่นๆ เพื่อใช้ในการทำวิจัย

#### เรียน ทนตแพทย์เจ้าของคลินิก

ข้าพเจ้า ทนตแพทย์หญิงทิพย์ธิดา อีร์รัฐ จะทำการวิจัยเรื่องผลของวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ ต่อความแข็งแรงระดับจุลภาคที่พื้นผิวในรอยต่อของฟันซี่ข้างเคียง : การทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการคืนกลับแร่ธาตุในรอยต่อของฟันซี่ข้างเคียงกับฟันที่มีการบูรณะด้วยวัสดุชนิด ต่าง ๆ โดยประเมินจากความแข็งแรงระดับจุลภาคที่พื้นผิว ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้คือ ผลจากการศึกษา จะนำไปสู่การวิจัยทางคลินิก และเป็นแนวทางในการเลือกวัสดุบูรณะให้เหมาะสมกับผู้ป่วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุระดับสูงต่อไป ทั้งนี้ การวิจัยนี้จะต้องใช้พินกรมน้อยแท็บเล็ตที่ 1 และ 2 ของมนุษย์ซึ่งถูกถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรม จำนวน 30 ซี่ โดยผู้วิจัยจะไม่เก็บข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัคร และไม่ต้องการเชื่อมโยงถึงข้อมูลต่างๆ ของอาสาสมัคร

จึงเรียนมาเพื่อขอใช้พินกรมน้อยแท็บเล็ตที่ 1 และ 2 ของมนุษย์ ซึ่งอยู่ในการดูแล/ครอบครองของท่าน และข้าพเจ้าจะจัดการกับสิ่งที่ขอใช้ดังกล่าวเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยโดยการกำจัดเป็นขยะติดเชื้อ

ขอแสดงความนับถือ

ลงนาม..... ทิพย์ธิดา

( ทนตแพทย์หญิงทิพย์ธิดา อีร์รัฐ )

ผู้วิจัยหลัก

หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 0830460915

ลงนาม..... อวยงภา อีร์รัฐ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทนตแพทย์หญิง ดร. วรณกร ศรีอาจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

วันที่ 19 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563

## ภาคผนวก ง เอกสารยินยอมมอบฟันเพื่อใช้ในการทำวิจัย



จธ.2.8

### เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการทำวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของวัสดุบูรณะที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ต่อความแข็งแรงระดับจุลภาคที่ฟันผิวในรอยรุณะระยะเริ่มต้นของ  
ฟันซี่ข้างเคียง : การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยหลัก ทันตแพทย์หญิง ทิพย์ธิดา อีร์รัฐ

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารยินยอมนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย รวมถึง  
ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าขอมอบ

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

จำนวนเท่าที่ผู้วิจัยขอมา ที่อยู่ในความดูแล/ครอบครองของข้าพเจ้า เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยดังกล่าว

ลงนาม.....  .....ผู้ยินยอม  
(ทพ.วิม เกษสาร)

ตำแหน่ง ทันตแพทย์เจ้าของริมทันตแพทย์คลินิก

วันที่ 19 เดือน 11 พ.ศ. 2563

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้

51 ถนนสามเสน วัดสามพระยา

เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200

เริ่มใช้ พฤศจิกายน 2559

เอกสารถูกจัดทำครั้งที่ 1 วันที่จัดทำ 19 / 11 / 2563

### ภาคผนวก จ รายละเอียดข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

BaselineKHN	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น
CariesKHN	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังทำรอยผ่าจำลอง
AfterKHN	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปาก
PercentRe	ค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาค

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยผ่าจำลอง หลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคของแต่ละชิ้นฟันตัวอย่างในกลุ่มที่บูรณะด้วยวัสดุแก้วไอโอโนเมอร์ : EQUIA Forte®

Sample No.	BaselineKHN (KHN)	CariesKHN (KHN)	AfterKHN (KHN)	PercentRe (%)
4	346.642	18.306	32.662	4.372
13	335.04	13.5	29.846	5.084
18	329.876	13.794	26.366	3.977
23	322.64	14.672	26.374	3.799
25	321.14	13.966	29.686	5.118
32	315.034	23.062	32.738	3.314
35	312.514	9.676	21.066	3.761
46	328.048	16.384	25.184	2.824
49	308.722	18.88	33.074	4.897
57	292.732	19.29	31.868	4.600
<b>Total</b>	<b>321.239±15.065</b>	<b>16.153±3.819</b>	<b>28.886±4.008</b>	<b>4.175±0.773</b>



ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยฝูจำลอง หลังผ่านการจำลอง สภาวะช่องปากและค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคของแต่ละชิ้นฟันตัวอย่างใน กลุ่มที่บูรณะด้วยวัสดุอัลคาไซด์ : Cention N<sup>®</sup>

Sample No.	BaselineKHN (KHN)	CariesKHN (KHN)	AfterKHN (KHN)	PercentRe (%)
9	342.02	20.386	40.426	6.231
11	338.944	13.64	111.414	30.056
14	334.754	14.112	54.502	12.597
20	328.696	13.406	33.994	6.529
29	319.44	21.702	45.77	8.084
33	314.798	23.574	60.23	12.587
37	306.106	16.384	35.852	6.719
43	333.638	15.334	46.904	9.918
51	298.912	22.918	95.328	26.2360776
55	294.244	14.734	44.894	10.790
<b>Total</b>	<b>321.155±17.121</b>	<b>17.619±4.066</b>	<b>56.931±25.975</b>	<b>12.975±8.381</b>

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยฟันจำลอง หลังผ่านการจำลอง สภาวะช่องปากและค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคของแต่ละชิ้นฟันตัวอย่างในกลุ่มที่บูรณะด้วยวัสดุคอมโพสิตเรซินชนิดไม่ปลดปล่อยฟลูออไรด์ : Filtek™ Z350

Sample No.	BaselineKHN (KHN)	CariesKHN (KHN)	AfterKHN (KHN)	PercentRe (%)
1	369.342	10.82	3.884	-1.935
3	359.692	27.548	23.954	-1.082
17	331.898	16.078	14.016	-0.653
21	328.086	15.42	10.71	-1.506
26	321.034	11.27	10.692	-0.187
40	299.328	10.646	9.782	-0.299
41	297.428	16.278	8.588	-2.735
48	322.84	18.618	18.472	-0.048
50	305.358	15.408	14.1	-0.451
52	295.752	18.218	5.716	-4.505
<b>Total</b>	<b>323.076±25.540</b>	<b>16.030±4.986</b>	<b>11.991±5.949</b>	<b>(-1.34) ±1.405</b>

การวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้น เมื่อทำรอยผุจำลอง หลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาค ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test

Tests of Normality							
	Group	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
BaselineKHN	GI	.103	10	.200 <sup>*</sup>	.990	10	.997
	CentionN	.170	10	.200 <sup>*</sup>	.925	10	.402
	Composite	.165	10	.200 <sup>*</sup>	.896	10	.200
CariesKHN	GI	.151	10	.200 <sup>*</sup>	.969	10	.881
	CentionN	.219	10	.189	.850	10	.058
	Composite	.202	10	.200 <sup>*</sup>	.862	10	.080
AfterKHN	GI	.179	10	.200 <sup>*</sup>	.899	10	.216
	CentionN	.250	10	.076	.794	10	.012
	Composite	.185	10	.200 <sup>*</sup>	.952	10	.690
PercentRe	GI	.125	10	.200 <sup>*</sup>	.947	10	.633
	CentionN	.318	10	.005	.766	10	.006
	Composite	.188	10	.200 <sup>*</sup>	.853	10	.064

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

a. Lilliefors Significance Correction

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคตั้งต้นและค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคเมื่อทำรอยผุจำลองระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ one-way ANOVA

**Test of Homogeneity of Variances**

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
BaselineKHN	1.306	2	27	.287
CariesKHN	.137	2	27	.872

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
BaselineKHN	Between Groups	23.568	2	11.784	.030	.970
	Within Groups	10551.608	27	390.800		
	Total	10575.175	29			
CariesKHN	Between Groups	15.626	2	7.813	.419	.662
	Within Groups	503.812	27	18.660		
	Total	519.438	29			



การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากและค่าเฉลี่ยร้อยละการคืนกลับความแข็งผิวระดับจุลภาคระหว่างกลุ่มด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกชนิด Kruskal-Wallis Test

### Kruskal-Wallis Test

Ranks			
	Group	N	Mean Rank
AfterKHN	GI	10	15.40
	CentionN	10	25.50
	Composite	10	5.60
	Total	30	
PercentRe	GI	10	15.50
	CentionN	10	25.50
	Composite	10	5.50
	Total	30	

Test Statistics <sup>a,b</sup>		
	After	PercentRe
Chi-Square	25.551	25.806
df	2	2
Asymp. Sig.	.000	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Group

การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคหลังผ่านการจำลองสภาวะช่องปากระหว่างคู่ด้วยสถิติแบบนอนพารามตริกชนิด Mann-Whitney Test

### Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
AfterKHN	GI	10	5.50	55.00
	CentionN	10	15.50	155.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	AfterKHN
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	55.000
Z	-3.780
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
AfterKHN	GI	10	15.40	154.00
	Composite	10	5.60	56.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	AfterKHN
Mann-Whitney U	1.000
Wilcoxon W	56.000
Z	-3.704
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

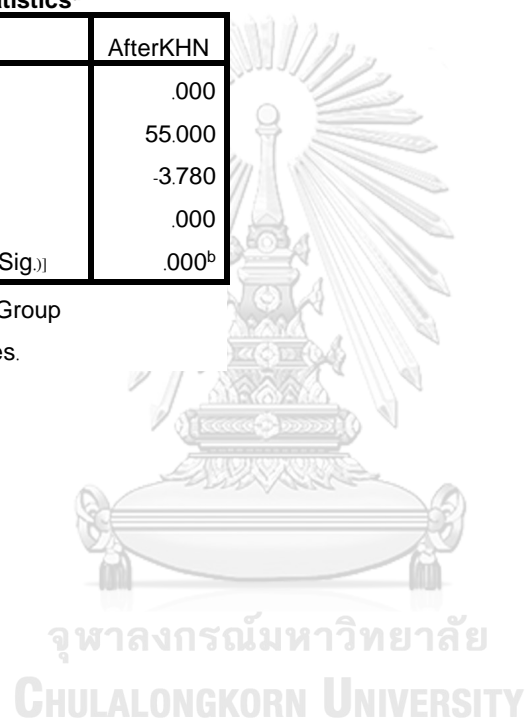
## Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
AfterKHN	CentionN	10	15.50	155.00
	Composite	10	5.50	55.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	AfterKHN
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	55.000
Z	-3.780
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.



การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละของการคืนกลับความแข็งแกร่งระดับจุลภาคระหว่างคู่ด้วยสถิติแบบนอนพาราเมตริกชนิด Mann-Whitney Test

### Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentRe	GI	10	5.50	55.00
	CentionN	10	15.50	155.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	PercentRe
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	55.000
Z	-3.780
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. (2*(1-tailed Sig.))	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentRe	GI	10	15.50	155.00
	Composite	10	5.50	55.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	PercentRe
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	55.000
Z	-3.780
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. (2*(1-tailed Sig.))	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.



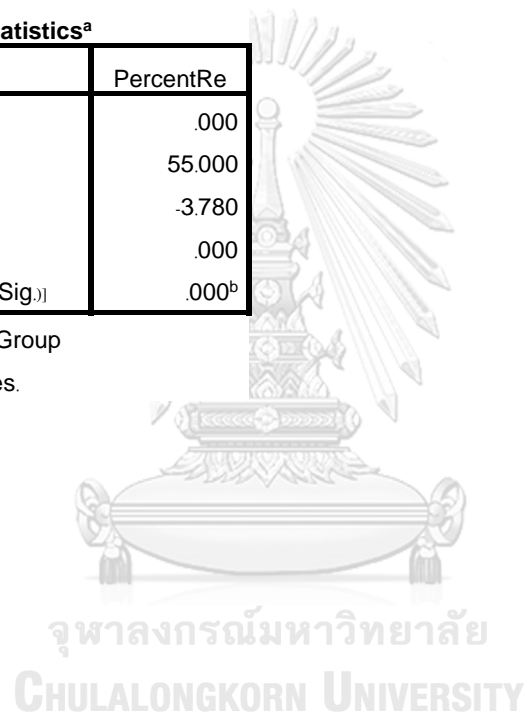
## Mann-Whitney Test

Ranks				
	Group	N	Mean Rank	Sum of Ranks
PercentRe	CentionN	10	15.50	155.00
	Composite	10	5.50	55.00
	Total	20		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	PercentRe
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	55.000
Z	-3.780
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. (2*(1-tailed Sig.))	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: Group

b. Not corrected for ties.



สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) ในการทดสอบ  
ความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (intra-rater reliability)

#### Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	10	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	10	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.



#### Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation <sup>b</sup>	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.860 <sup>a</sup>	.182	.970	26.798	9	9	.000
Average Measures	.925 <sup>c</sup>	.308	.985	26.798	9	9	.000

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.
- This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ทิพย์ธิดา ธีรรัฐ
วัน เดือน ปี เกิด	23 กรกฎาคม 2534
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
วุฒิการศึกษา	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปี 2559)
ที่อยู่ปัจจุบัน	99 ซอยลาดพร้าว 71 วังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY