

# แบบรายงานการวิจัย

## ทุนพัฒนาอาจารย์ใหม่/นักวิจัยใหม่

เรื่อง

การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณชิดแถบรัดฟัน

หลังจากยึดด้วยซีเมนต์ 2 ชนิด

Enamel demineralization adjacent to cemented bands after banding  
with two different cements

โดย

อาจารย์ ทันตแพทย์ สมกมล วณิชวัฒน์

อาจารย์อาวุโสที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ทิพวรรณ ธราภีวัฒนานนท์

ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับความอนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่จากศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก ศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัทไลอ้อน (ประเทศไทย) จำกัด และขอขอบพระคุณบุคลากรภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก และคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การสนับสนุน และให้คำแนะนำสำหรับการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย

## สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ .....	ก
สารบัญ.....	๗
สารบัญภาพ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
กรอบแนวคิดการวิจัย .....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
โรคฟันผุ.....	3
กระบวนการเกิดโรคฟันผุ.....	3
รอยโรคขุนขาว (white spot lesion).....	4
ลักษณะรอยโรคทางจุลกายวิภาค .....	4
ฟลูออไรด์และการป้องกันฟันผุ.....	5
การยับยั้งการสลายแร่ธาตุ.....	5
การส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ.....	6
ความต้านทานต่อการสลายแร่ธาตุ.....	6
ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย .....	6
ซีเมนต์ยึดแถบรัดจัดฟัน.....	7
1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement).....	7
2. โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin).....	8
การวัดผลในการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนกลับแร่ธาตุของฟัน ด้วยเทคนิค QLF.....	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	11
หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกฟันตัวอย่าง .....	11
การคำนวณขนาดตัวอย่าง .....	11

วิธีดำเนินงานวิจัย .....	12
การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	14
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	15
บทที่ 5 บทวิจารณ์ และสรุป .....	16
เอกสารอ้างอิง .....	19

## สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	2
ภาพที่ 2 หลักการสมดุลของโรคฟันผุ.....	4
ภาพที่ 3 (ก) แสดงผิวฟันด้านไกลกลางหลังจากขัดด้วยเครื่องขัดฟันแล้ว (ข) แสดงผิวเคลือบฟันที่ไม่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังขัดด้วยเครื่องควิลแอลเอฟ-ดี และ (ค) แสดงผิวเคลือบฟันที่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังขัดด้วยเครื่องควิลแอลเอฟ-ดี.....	11
ภาพที่ 4 ทำแถบรัดจัดฟันชนิดทำเอง.....	12
ภาพที่ 5 (ก) แสดงการสร้างช่องหน้าต่างโดยใช้กล่องจุลทรรศน์สเตอริโอในการวัดขนาดพื้นที่ก่อนทาน้ำยาทาเล็บ และ (ข) แสดงการสร้างจุดอ้างอิง 4 จุด โดยรอบช่องหน้าต่างทดลองโดยใช้กล่องจุลทรรศน์สเตอริโอ.....	12
ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการเตรียมขึ้นฟันตัวอย่าง.....	13
ภาพที่ 11 สัญลักษณ์วงกลมแสดงตำแหน่งที่มีค่าความแข็งระดับจุลภาคชนิดตัดขวางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.....	15

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทางของร้อยละการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งระดับจุลภาคชนิดตัดขวาง .....	15
--	----

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาทางทันตกรรมและมีเครื่องมือชนิดติดแน่นอยู่ในช่องปาก มักเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุเพิ่มมากขึ้น เช่น การใช้แถบรัดฟัน (band) เพื่อยึดกับฟันหลักสำหรับเครื่องมือกั้นที่ฟันในผู้ป่วยเด็ก หรือการติดเครื่องมือจำพวกแบร็กเกตในผู้ป่วยจัดฟัน เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฟันที่ติดเครื่องมือดังกล่าวมักมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันและเกิดฟันผุได้ง่าย (1, 2) โดยเฉพาะในฟันหลังซึ่งเป็นบริเวณที่ทำความสะอาดได้ยาก ก่อให้เกิดการสะสมของเศษอาหาร และคราบจุลินทรีย์ได้มากขึ้น (3)

การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในผู้ป่วยที่ติดเครื่องมือในช่องปาก สามารถทำได้ โดยการให้ความรู้ร่วมกับการแนะนำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลสุขภาพช่องปากของตนเองได้ ร่วมกับการแปรงฟันด้วยยาสีฟันฟลูออไรด์ (4) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้ด้วย แต่วิธีดังกล่าวต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเด็ก หรือผู้ป่วยที่มีความต้องการพิเศษซึ่งมีข้อจำกัดในการดูแลสุขภาพช่องปาก จึงมีการพัฒนาซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ขึ้น เพื่อช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุที่ผิวฟัน

ปัจจุบันมีการนำซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์มาใช้ยึดแถบรัดฟันหลายชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (conventional glass ionomer cement) ซึ่งมีการศึกษาว่าสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ (5, 6) และสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในฟันที่ใส่เครื่องมือจัดฟันได้ (7) แต่พบว่ามีกรายึดเกาะที่ต่ำกว่าวัสดุจำพวกเรซิน (7) ส่งผลให้มีการละลายของซีเมนต์ออกบางส่วน ทำให้แถบรัดฟันไม่แนบกับฟัน และเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์บริเวณดังกล่าวได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้นได้

โพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin) เป็นวัสดุอีกรุ่นที่มีการนำมาใช้เป็นซีเมนต์สำหรับการยึดเครื่องมือจัดฟัน โดยมีส่วนผสมหลักเป็นวัสดุอัดแทรกชนิดแก้วแคลเซียมฟลูออโรโรลูมิโนซิลิเกต เพื่อหวังผลให้เกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และมีโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรด ซึ่งสามารถสนับสนุนให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ (8) จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซินสามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ (9) และให้ค่าการยึดติดที่ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (10, 11) นอกจากนี้ยังพบว่ามีคุณสมบัติที่พึงประสงค์อีกหลายประการ เช่น มีการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ไม่แตกต่างจากซีเมนต์จำพวกเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมที่ใช้ยึดแถบรัดฟัน (12) เป็นต้น

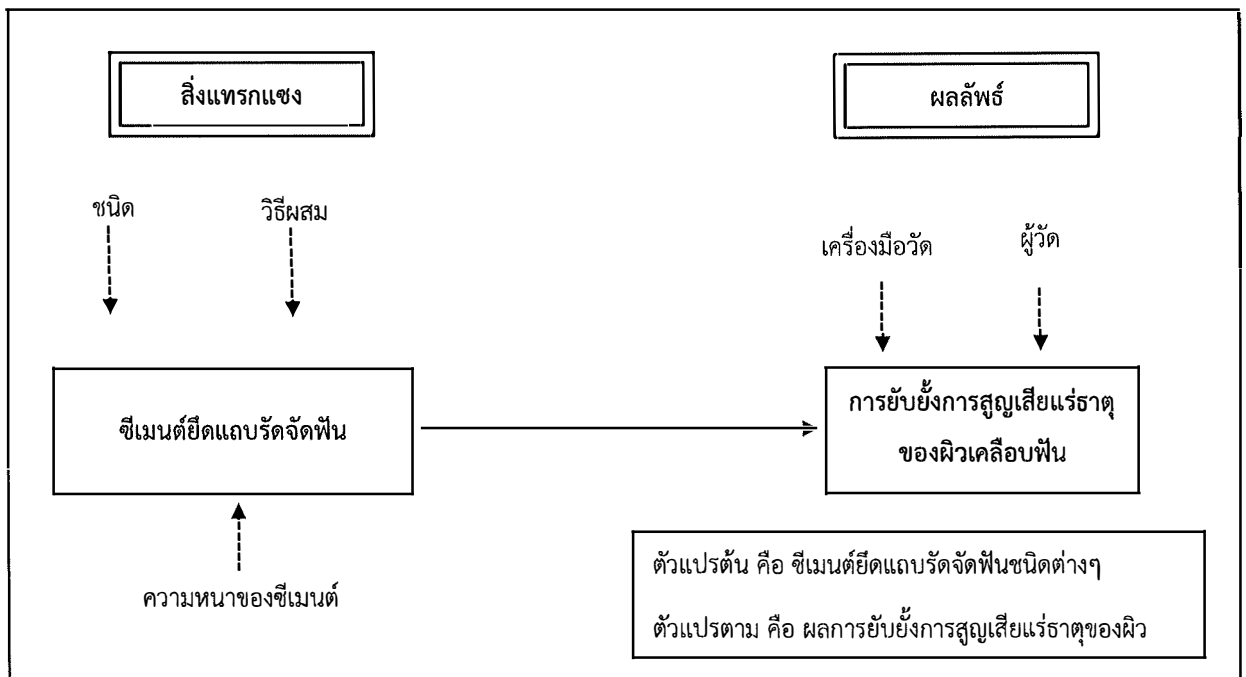
อย่างไรก็ตามการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันยังมีจำกัด การศึกษานี้จึงต้องการศึกษาคุณสมบัติดังกล่าวของโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซินเปรียบเทียบกับกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม โดยใช้เทคนิควิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณ

ด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล (quantitative light-induced fluorescence-digital; QLF-D) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ได้รับการรายงานว่ามีควมไวสูง คือสามารถตรวจพบรอยโรคในระยะเริ่มแรกได้โดยไม่ต้องทำลายชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ (13) สามารถบอกร้อยละของการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันจากการเปรียบเทียบแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ลดลงในบริเวณรอยโรค กับแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ (14, 15) และสามารถนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์การสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในช่องปากผู้ป่วยได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันทั้งสองชนิดต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน

### กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการพิจารณาเลือกซีเมนต์ในการยึดแถบรัดจัดฟัน เพื่อใช้ในการป้องกันและยับยั้งรอยผุในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปได้



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### โรคฟันผุ

โรคฟันผุเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของประชากรไทย จากการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปาก ระดับประเทศ ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2555 (16) พบว่า โรคฟันผุพบได้ในทุกช่วงอายุ โดยในเด็กอายุ 3 ปี มีความชุกของฟันผุ ร้อยละ 51.8 แม้ว่าจะเป็นช่วงอายุที่มีฟันน้ำนมขึ้นครบได้ไม่นาน แต่พบว่า ร้อยละ 3.2 ของเด็กมีประสบการณ์การสูญเสียในช่องปากแล้ว อัตราการเกิดโรคฟันผุเพิ่มชัดเจนขึ้นในเด็กอายุ 5 ปี โดยมีความชุกของฟันผุถึงร้อยละ 78.5 และมีประสบการณ์สูญเสียฟันเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 8.2

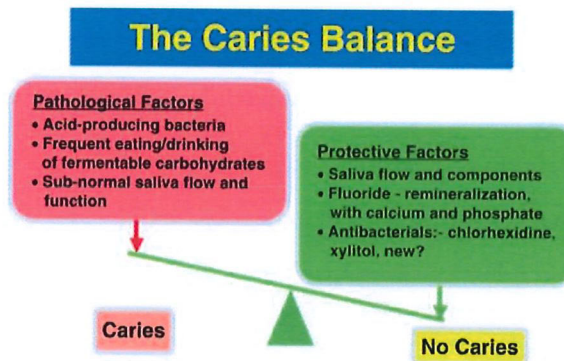
การสูญเสียฟันน้ำนมไปก่อนกำหนดนอกจากจะมีผลต่อความสวยงาม การออกเสียง และการบดเคี้ยวอาหารแล้ว ยังส่งผลต่อการคงพื้นที่สำหรับการขึ้นของฟันแท้ในอนาคต อาจทำให้ฟันแท้ขึ้นผิดตำแหน่ง เกิดเป็นฟันคุด หรือฟันฝังได้ ซึ่งสามารถป้องกันโดยการใส่เครื่องมือกันที่ฟัน ที่เป็นเครื่องมือชนิดติดแน่น และมักต้องใส่แถบรัดจัดฟันในซีที่ใช้เป็นหลักยึดของเครื่องมือด้วย ซึ่งทำให้คราบจุลินทรีย์มีการสะสมได้ง่ายในบริเวณขอบเหงือก และใต้ต่อแถบรัดจัดฟันที่ซีเมนต์ละลายตัวไป เกิดเป็นรอยขุนขาวที่ผิวเคลือบฟัน (white spot lesion) ขึ้นได้ (17) มีรายงานว่าพบการเกิดรอยขุนขาวที่ผิวเคลือบฟันได้ถึงร้อยละ 50 ของผู้ป่วยที่ใส่เครื่องมือจัดฟัน (1) โดยพบมากบริเวณผิวฟันด้านขอบเหงือก (cervical 1/3) และกึ่งกลางฟัน (middle 1/3) ด้านข้างแก้มหรือข้างริมฝีปาก (buccal and labial) ของฟันที่ยึดด้วยแถบรัดจัดฟัน (17) ดังนั้น โรคฟันผุจึงเป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่ติดเครื่องมือกันที่ฟัน และเครื่องมือจัดฟัน

#### กระบวนการเกิดโรคฟันผุ

โรคฟันผุเป็นโรคที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของหลายสาเหตุปัจจัย (multifactorial disease) ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้ อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ปัจจัยเกี่ยวกับฟัน น้ำลาย และระยะเวลาที่ฟันสัมผัสกรดที่เกิดขึ้น โดยในภาวะปกติ ในแผ่นคราบจุลินทรีย์ (dental plaque) จะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างกรดได้ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะผลิตกรดเมื่อมีการหมัก (fermentation) ของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต กรดที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดต่ำลงกว่าระดับวิกฤติ (critical pH) เกิดการละลายของแคลเซียม ฟอสเฟต และคาร์บอนเนต ออกจากผิวฟัน เรียกว่ากระบวนการสูญเสียแร่ธาตุของผิวฟัน (demineralization) (18)

โดยทั่วไปน้ำลายในช่องปากจะทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ (buffer) ทำให้มีระดับความเป็นกรดต่างสูงกว่าระดับวิกฤติ และส่งเสริมให้เกิดการสะสมแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ กลับเข้าสู่ผิวเคลือบฟัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ (remineralization) (18) กระบวนการทั้งสองจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าหากมีการสูญเสียสมดุลระหว่างกระบวนการทั้งสองไป คือ ในสภาวะช่องปากมีปัจจัย

ก่อเกิดโรค มากกว่าปัจจัยในการป้องกันโรค จะส่งผลให้มีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับของแร่ธาตุ และมีรอยโรคฟันผุเกิดขึ้น (19)



ภาพที่ 2 หลักการสมดุลของโรคฟันผุ

### รอยโรคขุ่นขาว (white spot lesion)

โรคฟันผุ เกิดจากการทำลายเนื้อเยื่อแข็งของฟันจากกรดของแบคทีเรีย โดยจะเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของชั้นเคลือบฟัน ลักษณะของรอยโรคฟันผุระยะแรกจะเห็นเป็นรอยโรคขุ่นขาวที่ผิวเคลือบฟัน เมื่อเป่าลมที่ฟันให้แห้ง รอยโรคขุ่นขาวที่เกิดขึ้นเห็นได้จากการหักเหของแสงที่เปลี่ยนไปจากบริเวณฟันโดยรอบ ทำให้เห็นเป็นลักษณะขุ่นขาว รอยโรคขุ่นขาวในระยะเริ่มต้นจะสังเกตเห็นได้ยาก บางครั้งจำเป็นต้องทำความสะอาดฟันก่อนเพื่อไม่ให้มีน้ำมารบกวนดัชนีหักเห ถ้าหากมีการสูญเสียแร่ธาตุมากขึ้นจะเห็นรอยโรคขุ่นขาวทั้งหมดที่ฟันเป็ยกได้ (20)

### ลักษณะรอยโรคทางจุลกายวิภาค

ลักษณะทางจุลกายวิภาคของรอยโรคขุ่นขาว สามารถแบ่งชั้นต่างๆ ได้เป็น 4 ชั้น (21) คือ

1. **Surface zone** เป็นชั้นที่เกิดการคืนกลับแร่ธาตุได้เร็วที่สุด การคืนกลับแร่ธาตุนั้นจะได้รับไอออนมาจากน้ำลาย เช่น ฟลูออไรด์ไอออน, แคลเซียมไอออน เป็นต้น
2. **Body of lesion** เป็นชั้นที่ถัดมาจาก surface zone ชั้นนี้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุมากที่สุด รูพรุนในชั้นนี้มีขนาดใหญ่ ประมาณร้อยละ 5 – 25 เมื่อเทียบกับเคลือบฟันปกติ ในชั้นนี้มีการละลายของไฮดรอกซีอะพาไทต์มากที่สุด ในการผ่าช่วงแรกอาจจะไม่เห็นส่วนของ body of lesion ต่อมาถ้ามีการลุกลามของโรคจะเห็น body of lesion ใหญ่ ลึก และชัดเจนมากขึ้น
3. **Dark zone** เป็นชั้นที่ถัดจาก body of lesion ชั้นนี้จะเกิดการคืนกลับของแร่ธาตุมากที่สุด โดยเกิดจากการตกผลึกของแร่ธาตุจากผิวฟันด้านล่าง หรือไอออนของแร่ธาตุด้านล่างจะเข้ามา ทำให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุ ซึ่งน้ำลายไม่สามารถเข้าถึงชั้นนี้ได้ ในชั้นนี้สามารถบอกการลุกลามของฟันผุได้ โดยถ้ามีการลุกลามของฟันผุมากขึ้นนี้จะหายไป

4. **Translucent zone** ชั้นนี้จะมีลักษณะโปร่งแสง เพราะเกิดการตกผลึกของแมกนีเซียมคาร์บอเนต เกิดการสูญเสียแร่ธาตุเล็กน้อย ถ้าหากรอยโรคฟันผุลุกลามเร็ว และมีการสูญเสียแร่ธาตุอย่างมาก จะเห็นชั้นนี้ได้ไม่ชัด หรืออาจจะไม่เห็นเลย เพราะฉะนั้น translucent zone และ dark zone เป็นชั้นที่สามารถบอกถึงความรุนแรงของโรคฟันผุได้

### ฟลูออไรด์และการป้องกันฟันผุ

โรคฟันผุเป็นกระบวนการที่เกิดจากการสูญเสียสมดุลระหว่างการสลายแร่ธาตุและการคืนกลับแร่ธาตุ โดยเกิดการสลายแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับ แบคทีเรียก่อโรคฟันผุ เช่น Mutan Streptococci จะสร้างกรดในคราบจุลินทรีย์และละลายแร่ธาตุจากผิวฟัน จนเกิดเป็นรอยโรคฟันผุในที่สุด การป้องกันฟันผุมี 2 แนวทาง คือ การลดปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เกิดการสลายแร่ธาตุ แนวทางที่สองคือเน้นที่การเพิ่มความต้านทานของฟัน ตัวอย่างเช่น การใช้ฟลูออไรด์ป้องกันฟันผุ การลดรับประทานน้ำตาลและอาหารคาร์โบไฮเดรต, การเพิ่มการหลั่งน้ำลาย เป็นต้น อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่เฉพาะเจาะจงในการป้องกันฟันผุได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยหลายวิธีร่วมกัน กล่าวคือมีการควบคุมคราบจุลินทรีย์ให้คนไข้สามารถดูแลช่องปากได้ดี ร่วมกับการปรับพฤติกรรมในการบริโภคอาหาร โดยลดการรับประทาน อาหารประเภทน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (22, 23)

ฟลูออไรด์มีผลในการป้องกันฟันผุ โดยมีหลายงานวิจัยแสดงผลให้ประจักษ์ บทบาทของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ สามารถแบ่งได้เป็น 4 กระบวนการคือ

1. การยับยั้งการสลายแร่ธาตุ (inhibit demineralization)
2. การคืนกลับแร่ธาตุ (promote remineralization)
3. เพิ่มความต้านทานต่อการสลายแร่ธาตุในฟัน (caries resistance)
4. ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (inhibition of bacterial activity)

#### การยับยั้งการสลายแร่ธาตุ

ในสภาวะที่เป็นกลาง pH เท่ากับ 7 แร่ธาตุที่อยู่ในคราบจุลินทรีย์และน้ำลายจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวยิ่งยวด (super saturation) ทำให้ไม่มีการละลายของแร่ธาตุในผิวฟัน แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง pH ให้เป็นกรดและเมื่อมีค่าต่ำกว่า pHวิกฤติของไฮดรอกซีอะพาไทต์ (critical pH = 5.5) จะเป็นผลทำให้มีการสลายแร่ธาตุออกจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ของเคลือบฟัน ฟลูออไรด์เป็นไอออนที่มีสภาพไฟฟ้าเป็นลบสูงและมีความไวในการทำปฏิกิริยากับอะตอมไฮโดรเจนจะเกิดการรวมตัวเป็นไฮโดรฟลูออริก (HF) ในขณะเดียวกันก็มีผลทำให้ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟสไอออน ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) ในผลึกถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นฟอสเฟสไอออน ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ซึ่งจะต้องมีการนำแคลเซียมไอออน ( $\text{Ca}^{2+}$ ) กลับเข้าไปในผลึกทำให้เกิดความเสถียร โดยแคลเซียมที่ได้รับมาจากน้ำลายหรือคราบจุลินทรีย์ ดังนั้นการมีฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์ล้อมรอบผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์เมื่ออยู่ในสภาวะการสร้างกรดจากน้ำตาล จะมีผลยับยั้งการสลายแร่ธาตุจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ (24)

### การส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ

ฟลูออไรด์นอกจากมีผลยับยั้งการสลายแร่ธาตุตั้งที่กล่าวมาแล้ว ยังพบว่าฟลูออไรด์ยังมีความสามารถในการเร่งกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุ และยังมีผลเสริมผลึกเดิมที่ถูกทำลาย โดยจะเกิดการตกผลึกเป็นฟลูออโรอะพาไทต์  $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$  (25) และมีคุณสมบัติด้านการละลายได้ดีกว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์  $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$  กลไกดังกล่าวเป็นกลไกที่สำคัญเร่งการคืนกลับแร่ธาตุและยังยับยั้งการเกิดรอยโรคฟันผุที่เคลือบฟัน เนื้อฟันและรากฟัน (26, 27)

### ความต้านทานต่อการสลายแร่ธาตุ

เมื่อฟลูออไรด์สัมผัสกับผิวฟันจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างฟลูออไรด์กับผิวเคลือบฟัน โดยฟลูออไรด์จะเข้าไปแทนที่กลุ่มไฮดรอกไซด์ไอออน (OH) ในโครงสร้างของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ฟลูออไรด์ที่เข้าไปแทนที่จะมีขนาดไอออนที่เล็กกว่ากลุ่มไฮดรอกไซด์ไอออน จึงเกิดผลึกที่เสถียรมากขึ้น เกิดเป็นผลึกฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งจะแข็งแรงมากกว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์ และมีค่าของ pHวิกฤติของฟลูออโรอะพาไทต์ที่ต่ำกว่า pHวิกฤติของไฮดรอกซีอะพาไทต์ การมีฟลูออไรด์อยู่ในผลึกเคลือบฟันจะทำให้มีการยึดเหนี่ยวระหว่างฟลูออไรด์กับไอออนต่างๆได้แน่นมากขึ้น เนื่องจากฟลูออไรด์เป็นไอออนที่มีสภาพไฟฟ้าเป็นลบสูงจึงทำให้เกิดการยึดจับระหว่างไอออนได้ดี และเป็นผลให้เคลือบฟันมีสภาพเป็นผลึก (crystallinity) มากขึ้น เป็นผลให้มีความต้านทานต่อการละลาย หรือ การสลายแร่ธาตุจากกรดมากกว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (28)

เคลือบฟันในธรรมชาติจะมีการกระจายของฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงที่บริเวณผิวนอกสุดของเคลือบฟันชั้นนอก และจะมีปริมาณลดน้อยลงที่ผิวเคลือบฟันชั้นใน โดยระดับฟลูออไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็วที่ความลึกระดับ 10-50 ไมครอน ระดับฟลูออไรด์ยังแปรผันตามอายุ การสึกจากการบดเคี้ยว (attrition) การรับประทานน้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์ เป็นต้น มีการศึกษาได้เสนอแนะว่า การใช้ฟลูออไรด์ทางระบบ (systemic fluoride) มีผลเพิ่มปริมาณในเคลือบฟันไม่มากพอต่อการป้องกันการสลายแร่ธาตุ จึงต้องมีการใช้ฟลูออไรด์เสริมเฉพาะที่ (topical fluoride) ด้วย

### ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ฟลูออไรด์มีผลต่อเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียได้ทั้งในระดับเซลล์และไบโอฟิล์ม โดยจะมีผลต่อกระบวนการไกลโคไลซิสของน้ำตาล การยับยั้งเอนไซม์ต่างๆของ colonization ของแบคทีเรีย และการลำเลียงของแคลเซียมไอออน เป็นต้น (29) ในสภาวะที่เป็นกรด ฟลูออไรด์ไอออนจะรวมกับไฮโดรเจนไอออนเกิดเป็นไฮโดรฟลูออริก ซึ่งไม่มีประจุและสามารถผ่านเข้าเซลล์ของแบคทีเรียได้ เมื่อเข้าเซลล์ของแบคทีเรีย จะเกิดการสลายให้ไฮโดรเจนไอออน และฟลูออไรด์ไอออน ทั้งนี้เนื่องจาก pH ภายในเซลล์มีค่าสูงกว่า pH นอกเซลล์ ฟลูออไรด์จะมีผลโดยตรงต่อระบบภายในเซลล์แบคทีเรีย เช่น ฟลูออไรด์ทำยับยั้งเอนไซม์อินโนเลส (enolase) เป็นผลให้ยับยั้งการนำน้ำตาลเข้าเซลล์และมีผลให้สร้างกรดน้อยลง ทำให้ฤทธิ์ของแบคทีเรียลดลง (30)

## ซีเมนต์ยึดแถบรัดจัดฟัน

### 1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุทางทันตกรรมที่เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่ปี 1971 เริ่มคิดค้นและนำเสนอ โดย Wilson และ Kent (31) เป็นวัสดุที่นำคุณสมบัติที่ดีของซิลิเกตซีเมนต์ (silicate cement) ที่สีเหมือนฟัน และซิงค์พอลิคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ ซึ่งสามารถยึดติดกับฟันได้ด้วยพันธะเคมี นอกจากนั้นยังไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อใน (pulpal issue) อีกด้วย กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ส่วนเหลว และส่วนผง (32)

ส่วนเหลว คือ กรดโพลีอะคริลิก (polyacrylic acid) ตัวเริ่มปฏิกิริยา (initiator) สารเชื่อมขวาง (cross-linking agent) จำพวก กรดไอทาโคนิก (itaconic acid) กรดมาเลอิก (maleic acid) หรือ กรดไตรคาร์บอกซิลิก (tricarboxylic acid) เพื่อป้องกันการก่อตัวเป็นเจล ซึ่งจะให้มีอายุการใช้งานน้อยลง ส่วนผง คือ แก้วฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกต (fluoroaluminosilicate glass) ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) และซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) นอกจากนั้นยังมีแคลเซียม โซเดียม โปแตสเซียม สตรอนเทียมฟลูออไรด์ และฟอสเฟต เป็นองค์ประกอบในส่วนผงอีกด้วย เนื่องจากในช่วงแรกพบว่า วัสดุมีระยะเวลาการก่อตัวที่นานเกินไป จึงมีการนำกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) มาใช้เป็นส่วนประกอบในส่วนเหลว เพื่อช่วยให้วัสดุมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้น แต่ระยะการก่อตัวสั้นลง (33)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุที่อาศัยน้ำในปฏิกิริยาการแข็งตัว (water-based material) เกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยากันของ กรดพอลีอะคริลิก กับแก้ว ในส่วนกรดจะกัดกร่อนผิวของแก้ว และปลดปล่อยไอออนของ แคลเซียม อะลูมิเนียม โซเดียม และฟลูออไรด์ออกมา โดยอาศัยน้ำที่อยู่ในส่วนประกอบเป็นตัวกลาง โดยไอออนของโลหะจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลบนสายโซ่โมเลกุลของกรด และเกิดการเชื่อมขวาง (cross-linked) เกิดเป็นซีเมนต์เมทริกซ์ขึ้น ส่วนผิวของแก้วที่ถูกกัดกร่อนจะถูกคลุมด้วยซิลิกาเจล (silica-rich gel) โดยอนุภาคของแก้วจะกระจายอยู่ในเมทริกซ์ และทำหน้าที่เป็นวัสดุอัดแทรก (filler) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยากรด-ด่าง” (acid-base reaction) (32) ซึ่งปฏิกิริยาการก่อตัวในระยะเริ่มแรกจะเกิดขึ้นภายใน 4 นาที แต่ที่จริงแล้วการก่อตัวยังคงดำเนินต่อไปอย่างช้าๆ โดยใช้หลายเดือน จึงจะก่อตัวสมบูรณ์ และมีเสถียรภาพ เนื่องจากยังมีอะลูมิเนียมไอออนที่ถูกปลดปล่อยออกมาช้าๆ และค่อยๆ ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิล (34, 35) ในช่วงแรก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหนึ่งชั่วโมงแรก วัสดุมีความไวต่อการสูญเสียน้ำและดูดน้ำ จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้สัมผัสกับน้ำ น้ำลาย และความชื้น หากมีการปนเปื้อนความชื้น จะทำให้เกิดการสูญเสียไอออน ทำให้พื้นผิววัสดุมีความอ่อนแอ และเกิดการสูญเสียน้ำออกจากวัสดุในเวลาต่อมาได้ (36)

ในทางทันตกรรมจัดฟัน และทันตกรรมสำหรับเด็ก กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมยึด (luting material) ที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้ในการยึดวัสดุทางทันตกรรมจำพวก แถบรัดจัดฟัน และแบร็กเก็ต เนื่องจากมีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ (6) ให้ผลในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการ

คืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้ จากการศึกษาทางคลินิกแสดงให้เห็นว่า กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม สำหรับยึดแถบรัดจัดฟัน มีอัตราการยึดติดดีกว่า ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (37) และซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (38)

แม้ว่าซีเมนต์ชนิดนี้มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในฟันที่ยึดด้วยแถบรัดจัดฟันได้ แต่จากการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการ และทางคลินิกพบว่าซีเมนต์จะให้แรงยึดติดกับผิวเคลือบฟันมากกว่าแรงยึดติดกับเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) เป็นผลทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดในบริเวณรอยต่อระหว่างแถบรัดจัดฟันและซีเมนต์ (5, 39) และทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแถบรัดจัดฟันกับผิวฟันตามมา อันเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ และมีผลทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวฟันใต้ต่อแถบรัดจัดฟันได้

## 2. โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin)

โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน หรือ คอมโพเมอร์ ถูกนำมาใช้สำหรับการยึดแถบรัดจัดฟันเมื่อนานมาแล้ว โดยผลิตมาในบรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่งหลอด ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งาน กำจัดปัญหาเกี่ยวกับการผสมได้ไม่กลมกลืน ส่วนประกอบหลักคือ อะลูมิโนซิลิเกตกลาส (aluminosilicate glass) ผสมกับ carboxyl-modified resin monomers และเรซินโมโนเมอร์ที่ปฏิกิริยาได้ด้วยแสง (light-activated conventional resin monomers) การที่รวมส่วนประกอบดังกล่าวอยู่ด้วยกันแต่ยังไม่เกิดการบ่มตัวของซีเมนต์ด้วยปฏิกิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) เนื่องจากวัสดุไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ แต่ต้องอาศัยแสงเป็นตัวกระตุ้น เมื่อคอมโพเมอร์แข็งตัวด้วยแสงแล้ว จะสามารถดูดน้ำเข้าไปในตัววัสดุได้ ทำให้เกิดปฏิกิริยากรด-ด่างอย่างช้าๆ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งผลเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ แต่จะทำให้เกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และไอออนต่างๆ จากส่วนของอะลูมิโนซิลิเกตกลาส ส่งผลให้เป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการเกิดฟันผุได้ (40) จากการศึกษาพบว่า คอมโพเมอร์ให้ความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ที่ดีกว่า กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (41) และมีอัตราความล้มเหลว (failure rate) ที่ไม่ต่างกัน (42) ซีเมนต์ประเภทโพลีแอซิดมอดิฟายด์เรซินคอมโพสิต ที่ขายในท้องตลาดมีหลายยี่ห้อ เช่น Ultra Band Lok และ Transbond Plus เป็นต้น

## การวัดผลในการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนกลับแร่ธาตุของพืช ด้วยเทคนิค QLF

เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น หรือ quantitative light-induced fluorescence (QLF) เป็นอีกเทคนิคที่นำมาใช้ตรวจรอยโรคพืชในระยะเวลาเริ่มแรก และใช้ติดตามรอยโรคพืช เนื่องจากไม่ต้องทำลายชิ้นตัวอย่าง โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงสีม่วงฟ้า (violet-blue light) กระตุ้นพืชให้มีการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ จากนั้นตัวรับจะประมวลสร้างเป็นภาพขึ้น (43)

เทคนิค QLF อาศัยหลักการที่พืชสามารถเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ได้ตามธรรมชาติ (natural fluorescence) หากมีการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของผิวเคลือบพืชจะทำให้เคลือบพืชบริเวณนั้นมีความสามารถในการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระเจิงของแสงกระตุ้นเมื่อผ่านบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ ทำให้แสงผ่านลงไปที่ย่อยต่อระหว่างรอยต่อระหว่างเคลือบพืชและเนื้อพืชน้อยลง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีคุณสมบัติในการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ออกมา นอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากแสงฟลูออเรสเซนส์ที่สะท้อนจากรอยต่อระหว่างเคลือบพืชและเนื้อพืชนั้น เกิดการกระเจิงเมื่อผ่านบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบพืชเกิดขึ้น ทำให้แสงฟลูออเรสเซนส์ที่ปรากฏในบริเวณนั้นลดลง ดังนั้นการคงอยู่ของรอยต่อระหว่างเคลือบพืชและเนื้อพืชนั้น หรือเนื้อพืชนั้นข้างใต้รอยผุจึงเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัดความแตกต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณรอยผุกับผิวเคลือบพืชปกติได้ (44)

การคำนวณหาปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ลดลงในบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ สามารถทำได้ โดยการเปรียบเทียบกับปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบพืชปกติโดยรอบของรอยโรคจากภาพถ่าย (45) โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์จะพิจารณาว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเมื่อบริเวณที่ทำการทดสอบมีปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่าปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบพืชปกติตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป (46, 47)

จากการเปรียบเทียบวิธีวัดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบพืช ระหว่างการวัดด้วยตาและเครื่อง QLF ในพืชน้ำจำนวน 13 ซีที่ในสารละลายที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ โดยทำการวัดทั้งสองวิธีที่เวลา 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 ชั่วโมงตามลำดับ พบว่าการวัดด้วยเครื่อง QLF สามารถบอกความแตกต่างของการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบพืชได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 50 สำหรับการวัดด้วยตาในช่วง 144 ชั่วโมงแรก ไม่พบว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบพืชขึ้น แต่ในระหว่างชั่วโมงที่ 150 - 300 สามารถตรวจพบว่าการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบพืชขึ้นจำนวน 5 ซี จาก 13 ซี และเมื่อครบ 350 ชั่วโมง สามารถตรวจพบว่าการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบพืชขึ้นจำนวน 8 ซี จาก 13 ซี ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า เทคนิค QLF เป็นวิธีที่สามารถตรวจพบรอยโรคพืชในระยะเวลาเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตาโดยไม่ต้องทำลายชิ้นตัวอย่าง (47) อีกทั้งยังสามารถใช้วิเคราะห์ได้แม้มีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในปริมาณเล็กน้อย (48, 49) จึงนิยมนำมาใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางคลินิกที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับการตรวจรอยโรคพืชด้วยวิธีพื้นฐานต่างๆ ได้ เช่น การตรวจด้วยตา หรือการสัมผัส เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับผู้วัดแต่ละคน (subjective) และมีข้อจำกัดสำหรับการวินิจฉัยรอยโรคระยะเริ่มแรกที่ยังไม่ผุเป็นรู ส่งผลให้การวินิจฉัยล่าช้า (15) จากคุณสมบัติดังกล่าวของเทคนิค QLF ทำให้ทันตแพทย์

สามารถเข้ามาตรึงการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุบริเวณรอยโรคได้ทันท่วงที ลดความจำเป็นในการบูรณะฟันในอนาคตลงได้ (14)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิค QLF เป็นระบบดิจิทัล หรือ QLF-D โดยพัฒนาให้มีลำแสงสีน้ำเงิน (405 nm) ที่แคบ และใช้กล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิทัลที่มีความจำเพาะสูง (high-specification DSLR camera) (50) สามารถใช้ถ่ายภาพที่ข้างแก้อี้อ้าฟันได้แต่ต้องอยู่ในห้องมืด จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยผู้ใช้งานทำการเลือกพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยโปรแกรมจะพิจารณาว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเมื่อบริเวณรอยผุมีการลดลงของแสงฟลูออเรสเซนส์เมื่อเทียบกับผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 (46, 47) และจะประมวลผลออกมาจำนวน 4 ค่า (51, 52) ดังนี้

1. ร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ ( $\Delta F$ , %)
2. ร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์สูงสุด ( $\Delta F_{max}$ , %)
3. พื้นที่ที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุเป็นตารางพิกเซล (Area,  $Px^2$ ) และ
4. ปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ ( $\Delta Q$ , % $Px^2$ ) ซึ่งได้จากการนำค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ ( $\Delta F$ , %) คูณกับค่าพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่า  $\Delta F$  มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความลึกของรอยผุในฟันก่อนและหลังการได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ ซึ่งวัดได้ด้วยเทคนิค polarized light microscopy โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ -0.94 และ -0.90 สำหรับความลึกของรอยผุก่อนและหลังการรักษาตามลำดับ (53) ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการสูญเสียแร่ธาตุไปลึกขึ้น ค่า  $\Delta F$  ที่ได้จะเป็นลบมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Gmür และคณะ (2006) (54) ซึ่งพบว่าค่าการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่วัดได้ด้วยเทคนิค QLF มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความลึกของรอยผุที่วัดได้ด้วยเทคนิค transverse microradiography โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.82 อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $\Delta F_{max}$ ,  $\Delta Q$  และ Area ที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง QLF-D ต่อการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยผุที่ผิวเคลือบฟัน

แม้ในปัจจุบันจะมีหลายการศึกษาที่ใช้เครื่อง QLF เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคฟันผุทั้งในห้องปฏิบัติการ (51, 55, 56) และทางคลินิก (57) แต่มีการศึกษาไม่มากนักที่นำเครื่อง QLF-D ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่มาใช้วัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคฟันผุ (14, 58)

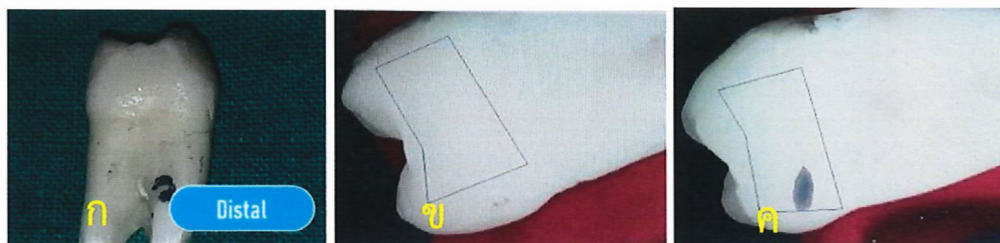


### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกฟันตัวอย่าง

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาในฟันกรามน้อยแท้ซี่บนของมนุษย์ ซึ่งได้รับการถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรม โดยแช่ในน้ำยาไทมอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เมื่อตรวจด้วยเครื่องจุลทรรศน์สเตอริโอต้องไม่พบรอยผุ รอยร้าว วัสดุบูรณะ และความผิดปกติของผิวเคลือบฟัน ขัดผิวฟันด้านไกลกลางด้วยกระดาษทรายน้ำละเอียด 800 กริท ร่วมกับเครื่องขัดโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 45 วินาที ให้ผิวฟันเรียบ ได้ระนาบ จากนั้นตรวจว่าไม่มีการสูญเสียแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ผิวเคลือบฟันด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 3 (ก) แสดงผิวฟันด้านไกลกลางหลังจากขัดด้วยเครื่องขัดฟันแล้ว (ข) แสดงผิวเคลือบฟันที่ไม่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังขัดด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี และ (ค) แสดงผิวเคลือบฟันที่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์หลังขัดด้วยเครื่องคิวแอลเอฟ-ดี

##### การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การศึกษานี้คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป n4studies โดยใช้สูตรค่าเฉลี่ย 2 ค่าที่เป็นอิสระต่อกัน (two independent means) และอ้างอิงค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันจากการศึกษาของ Behnan และคณะ (2010) (55) โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นจริง (type-I error,  $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับสมมติฐานที่ไม่เป็นจริง (type-II error,  $\beta$ ) เท่ากับ 0.1 ซึ่งคำนวณขนาดตัวอย่างได้ 9 ซี่ต่อกลุ่ม ผู้วิจัยประมาณการสูญเสียกลุ่มตัวอย่างก่อนสิ้นสุดการทดลองร้อยละ 10 จึงกำหนดจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 10 ซี่ต่อกลุ่ม

## วิธีดำเนินงานวิจัย

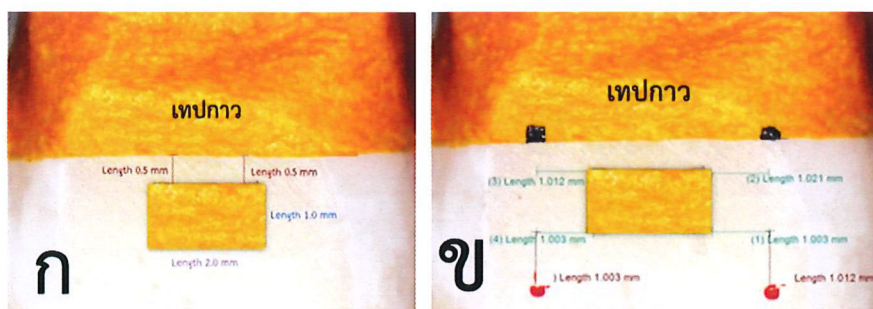
### 1. การเตรียมฟันตัวอย่าง

ทำแถบรัดฟันชนิดทำเอง โดยใช้แถบรัดฟันทาบรอบตัวฟันให้ขอบล่างอยู่บริเวณกึ่งกลางของผิวเคลือบฟันด้านไกลกลาง จากนั้นเชื่อมแถบรัดฟันด้วยเครื่องเชื่อม (Welder) ให้เหลือพื้นที่ผิวเรียบใต้ต่อขอบล่างของแถบรัดฟันอย่างน้อย 2 x 4 มิลลิเมตร จากนั้นทำช่องหน้าต่างทดลองขนาด 1 x 2 มิลลิเมตร โดยให้ขอบบนของช่องหน้าต่างอยู่ชิดขอบล่างของแถบรัดฟัน ใช้เทปกาวสำหรับกำหนดพื้นที่ช่องหน้าต่าง เพื่อสร้างพื้นที่สำหรับทาน้ำยาทาเล็บโดยรอบ สำหรับขอบด้านบดเคี้ยวของช่องหน้าต่าง ให้เว้นช่องสำหรับทาน้ำยาทาเล็บเพียง 0.5 มิลลิเมตร เพื่อให้มีพื้นที่ผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบช่องหน้าต่างทดลองสำหรับการวัดด้วยเครื่อง QLF-D จากนั้นใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอวัดขนาดช่องหน้าต่างให้มีขนาดและพื้นที่ตามที่กำหนด



ภาพที่ 4 ทำแถบรัดจัดฟันชนิดทำเอง

กรอบากจุดอ้างอิงจำนวน 4 จุด โดยกำหนดให้แต่ละจุดขยายออกโดยรอบช่องหน้าต่างเป็นระยะ 1 มิลลิเมตร ยกเว้นขอบด้านบดเคี้ยวให้ขยายขึ้นไป 0.5 มิลลิเมตร ใช้ปากกาทำสัญลักษณ์จุดอ้างอิงหลังจากวัดระยะด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จากนั้นกรอบากจุดอ้างอิงด้วยหัวกรอเร็ว D2 ก่อนทาน้ำยาทาเล็บสีแดงโดยรอบซี่ฟัน จำนวน 3 รอบ ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที



ภาพที่ 5 (ก) แสดงการสร้างช่องหน้าต่างโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอในการวัดขนาดพื้นที่ก่อนทาน้ำยาทาเล็บ และ (ข) แสดงการสร้างจุดอ้างอิง 4 จุด โดยรอบช่องหน้าต่างทดลองโดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

ลองแถบรัดฟันชนิดทำเองให้แนบและวัดระยะห่างระหว่างผิวฟันกับขอบด้านในของแถบรัดฟันชนิดทำเอง เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับซีเมนต์ โดยกำหนดให้ทุกชิ้นงานมีความกว้างสำหรับซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันอยู่ระหว่าง 0.08 – 0.12 มิลลิเมตร

## 2. ยึดฟันตัวอย่างด้วยซีเมนต์แต่ละชนิด

แบ่งฟันตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มการทดลองโดยการสุ่มจับฉลาก เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ เพื่อยึดด้วยซีเมนต์ดังต่อไปนี้

### กลุ่ม 1 กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

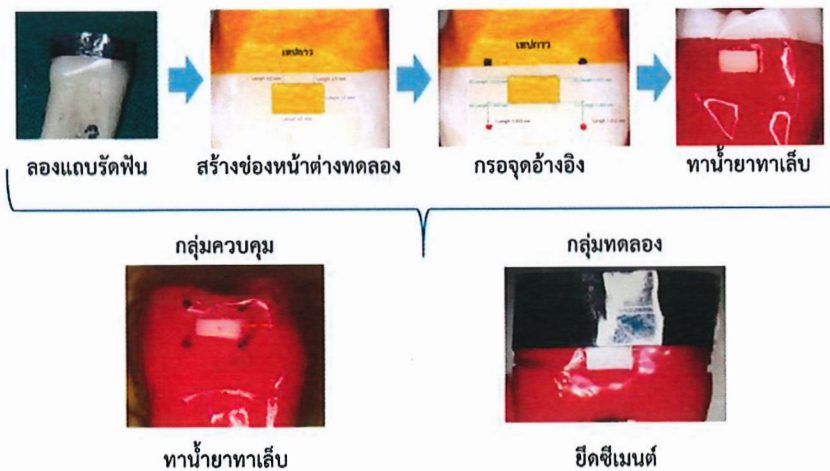
ผสมซีเมนต์ Hy-Bond Glasionomer CX® ในอัตราส่วน ผง 1 ช้อนตวงต่อน้ำ 2 หยด (ผง 2 กรัม ต่อน้ำ 1 กรัม) โดยแยกส่วนผงออกเป็นสองส่วนบนกระดาษสำหรับผสม ใช้พายชนิดพลาสติก ผสมส่วนแรกเข้ากับส่วนน้ำโดยใช้เวลา 15 – 20 วินาที ตามด้วยส่วนที่สองอีก 20 วินาที เกลี่ยซีเมนต์บางๆ จากทางด้านใกล้เหงือก ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟันก่อนใส่ให้เข้าที่กับฟันตัวอย่าง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน รอให้แข็งตัว 3 นาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

### กลุ่ม 2 โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน

ฉีดซีเมนต์ Ultra Band-Lok® ที่ด้านในของแถบรัดฟัน ใช้พายพลาสติกเกลี่ยซีเมนต์บางๆ ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟัน ใส่แถบรัดฟันให้เข้าที่กับฟัน กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกคร่าวๆ จากนั้นฉายแสงจากทางด้านบดเคี้ยว 1 วินาที ก่อนกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินที่เหลือออก ทำการฉายแสงต่ออีก 30 วินาที โดยวางปลายเครื่องฉายแสงด้านบดเคี้ยวของฟันใกล้กับรอยต่อของฟันกับแถบรัดฟัน และหมุนปลายเครื่องฉายแสงเป็นวงกลมโดยรอบของด้านบดเคี้ยว จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

### กลุ่ม 3 กลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ยึดด้วยซีเมนต์ (control)

ไม่ต้องทำการยึดด้วยซีเมนต์



ภาพที่ 6 แสดงขั้นตอนการเตรียมชิ้นฟันตัวอย่าง

### 3. แช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น (thermocycling)

นำชิ้นฟันตัวอย่างมาแช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น เป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สลับกับ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 1,440 รอบ รอบละ 30 วินาที โดยมีระยะพักระหว่างการสลับ 5 วินาที โดยดัดแปลง และอ้างอิงจากการศึกษาของ Foley และคณะ (2002) (59) หลังจากนั้นตั้งชิ้นงานให้แห้ง 30 นาที ทาน้ำยาทาเล็บที่ชิ้นงานกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มให้ทั่ว ยกเว้นใต้ต่อขอบล่างของแถบรัดฟันที่อยู่เหนือต่อช่องหน้าต่างทดลอง ส่วนฟันในกลุ่มควบคุม ให้ทาน้ำยาทาเล็บให้ทั่ว ยกเว้นบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง ทั้งให้แห้ง 30 นาที

### 4. กระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling)

ฟันแต่ละชิ้นจะผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก ด้วยน้ำลายเทียม สลับกับสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 35 นาที โดยอ้างอิงและดัดแปลงวิธีการจำลองสภาวะในช่องปากจากการศึกษาของ Vorhies และคณะ (1998) (60) เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 21 วัน

## การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกปิดลำดับที่และกลุ่มการทดลอง โดยให้บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเป็นผู้สุ่มหมายเลขลำดับขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ระหว่างการวัด และจะทำการเปิดลำดับที่และกลุ่มการทดลองเดิมเมื่อทำการวัดเสร็จสิ้น
2. ทำการวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์บริเวณหน้าต่างทดลองใต้ต่อขอบแถบรัดฟัน ด้วยเครื่อง QLF-D (Inspektor Research System BV, Amsterdam, The Netherlands) โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย กำหนดให้ใน 1 วัน สามารถวัดฟันตัวอย่างได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 2 ชั่วโมง และพักระหว่างช่วงเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากความอ่อนล้าของผู้วัด
3. นำค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์มาวิเคราะห์การกระจายข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test จากนั้นใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่ม และใช้ Tukey's Honest Significant Difference (HSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

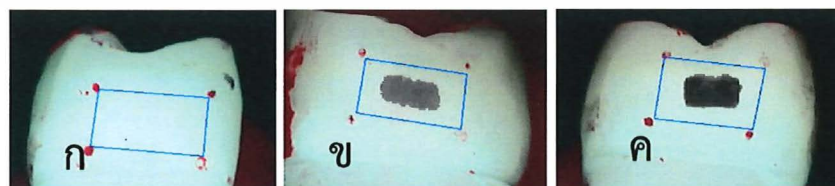
## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบค่าเฉลี่ย ( $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ แสดงดังตารางที่ 1 และเมื่อวิเคราะห์การกระจายข้อมูลโดยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่ามีการกระจายของข้อมูลเป็นปกติ (normal distribution) เมื่อทดสอบด้วยสถิติ paired t-test ( $p=0.514$ ) และจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ของค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ เมื่อใช้สถิติ Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ พบว่ากลุ่ม HBG และกลุ่ม UBL มีค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่ากลุ่ม Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) และพบว่ากลุ่ม HBG มีค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่ากลุ่ม UBL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสามทางของร้อยละการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มระดับจุลภาคชนิดตัดขวาง

กลุ่มทดลอง	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย ( $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์( $\Delta F$ , %)	Tukey HSD <sup>±</sup>
Hy-Bond Glasionomer CX <sup>®</sup>	10	0 $\pm$ 0	A
Ultra Band-Lok <sup>®</sup>	10	-7.12 $\pm$ 1.80	B
Control	10	-14.87 $\pm$ 5.12	C



ภาพที่ 7 สัญลักษณ์วงกลมแสดงตำแหน่งที่มีค่าความเข้มระดับจุลภาคชนิดตัดขวางลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ซ้ำหลังจากการวิเคราะห์ครั้งแรก 7 วัน เพื่อทดสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ของผู้ทำวิจัยด้วยสถิติ Pearson correlation ได้ค่าเท่ากับ 0.999 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองครั้ง

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์ และสรุป

#### บทวิจารณ์

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน ต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบของแถบรัดฟัน โดยวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ เมื่อพิจารณาฟันตัวอย่างในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วยซีเมนต์และแถบรัดฟัน พบว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในบริเวณช่องหน้าต่างทดลองหลังผ่านกระบวนการจำลองสภาวะการสูญเสียแร่ธาตุและการคืนกลับแร่ธาตุ จึงพิจารณาได้ว่ากระบวนการจำลองสภาวะในช่องปากที่เลือกใช้ในครั้งนี้อย่างใกล้เคียงกับสภาวะช่องปากของผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดฟันผุ คือมีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับแร่ธาตุ ซึ่งเหมาะต่อการศึกษาประสิทธิภาพของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันต่อการยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในผู้ป่วยกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดฟันผุ

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ยึดแถบรัดฟันด้วย HBG สามารถยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้มากกว่ากลุ่ม UBL และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา (61) ที่เปรียบเทียบการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันที่ขอบล่างของแถบรัดฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ หลังจากยึดแถบรัดฟันด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันมากกว่าโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้จากการศึกษาในอดีตถึงคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุทั้งสองชนิด (5, 62) พบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้มากกว่าโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้การศึกษาในครั้งนี้อย่างไรก็ตามสามารถวัดการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์ของกลุ่ม HBG ได้น้อยกว่า UBL แสดงให้เห็นว่า HBG มีความเหมาะสมในการเลือกใช้เป็นซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันได้ดีกว่า UBL ในแง่ของความสามารถในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน

อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินมีการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินมีความสามารถในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาถึงการใช้งานพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมประกอบไปด้วย ส่วนผง และส่วนน้ำ ผู้ใช้งานต้องตวงและผสมให้ได้ซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ต้องรอให้วัสดุเกิดปฏิกิริยาก่อนตัวอย่างน้อย 4 นาที เนื่องจากวัสดุมีความไวต่อการสูญเสียน้ำและดูดน้ำ จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้สัมผัสความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้วัสดุไม่แข็งแรงได้ (36) ส่วนโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินเป็นซีเมนต์ชนิดหลอดเดียวซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน กำจัดปัญหาเกี่ยวกับการผสมได้ไม่กลมกลืน สามารถบีบซีเมนต์ที่มีลักษณะค่อนข้างหนืดเข้าไปด้านในของแถบรัดฟัน

ได้ง่าย และสามารถทำให้แข็งตัวได้ด้วยการใช้แสงกระตุ้น หลังจากแข็งตัวแล้ววัสดุสามารถเกิดปฏิกิริยากรด-ด่างอย่างช้าๆ และปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่ช่วยในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันออกมาได้ (40)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าวัสดุจำพวกโพลีแอซิโตมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินให้ความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ที่ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (41) นอกจากนี้ยังพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการรั่วซึมระหว่างซีเมนต์และแถบรัดฟัน และระหว่างซีเมนต์และผิวเคลือบฟันมากกว่าโพลีแอซิโตมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นสาเหตุที่อาจทำให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์หรือเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ต่อแถบรัดฟันที่มีการรั่วซึมของซีเมนต์ขึ้นได้ (12) ทันตแพทย์จึงต้องพิจารณาถึงปัจจัยดังกล่าวในการเลือกใช้ซีเมนต์สำหรับยึดแถบรัดฟันในผู้ป่วยแต่ละรายด้วย

แม้ว่าการตรวจรอยโรคฟันผุสามารถทำได้ด้วยวิธีพื้นฐานต่างๆ เช่น การตรวจด้วยตา หรือการสัมผัส เป็นต้น แต่เป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับผู้วัดแต่ละคน (subjective) และมีข้อจำกัดสำหรับการวินิจฉัยรอยโรคระยะเริ่มแรกที่ยังไม่ผุเป็นรู ส่งผลให้การวินิจฉัยล่าช้าได้ (15) เทคนิค QLF เป็นการตรวจรอยโรคฟันผุอีกเทคนิคหนึ่ง ซึ่งสามารถวัดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณรอยผุและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ และเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจพบรอยโรคฟันผุระยะเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตา (47) ทำให้ทันตแพทย์สามารถใช้มาตรการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุบริเวณรอยโรคได้ทันที่ ลดความจำเป็นในการบูรณะฟันในอนาคต (14) ปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นระบบดิจิทัล (QLF-D) และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ของรอยโรคเพื่อประเมินการสูญเสียหรือการคืนกลับแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันโดยไม่ต้องทำลายฟันตัวอย่าง จึงเป็นเครื่องมือที่สามารถประยุกต์ใช้ในงานทันตกรรมป้องกันสำหรับผู้ป่วยได้ (14)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ค่าการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่วัดด้วยเทคนิค QLF มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันที่วัดได้ด้วยเทคนิค transverse microradiography ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานสำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ 0.82 (54) และจากการศึกษาในรอยผุด้านบนดเคี้ยวพบว่า QLF มีความไว (sensitivity) เท่ากับ 0.68 และค่าความจำเพาะ (specificity) เท่ากับ 0.70 เมื่อทำการศึกษาคุณสมบัติความเชื่อมั่น (reliability) ของเทคนิค QLF โดยการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเชื่อมั่นภายในผู้ประเมิน (intra-examiner reliability) มีค่าเท่ากับ 0.93 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (inter-examiner reliability) มีค่าเท่ากับ 0.92 แสดงว่าเทคนิค QLF มีคุณสมบัติในการวัดซ้ำ (repeatability) และให้ผลซ้ำ (reproducibility) ได้ดี (15) จึงเหมาะสมสำหรับการนำมาศึกษาในครั้งนี้

การวัดพื้นที่ทดลองด้วยเทคนิค QLF-D ต้องจัดวางชิ้นงานตัวอย่างให้พื้นผิวตั้งฉากกับลำกล้อง ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดตำแหน่งพื้นผิวของช่องหน้าต่างทดลองให้ตั้งฉากกับลำแสงของกล้องได้ และกำหนดระยะห่างจากตัวกล้องเท่ากันในทุกครั้งที่ทำการวัดชิ้นงานแต่ละซี่ จึงสามารถเปรียบเทียบค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างซี่ฟันได้อย่างแม่นยำ และการวัดรอยผุด้วยเครื่อง QLF-D ต้องใช้พื้นที่ผิวเคลือบฟัน

ปกติโดยรอบที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุ เพื่อเปรียบเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างทั้งสองพื้นที่ การทดลองนี้จึงออกแบบให้ช่องหน้าต่างมีพื้นผิวเคลือบฟันปกติที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุโดยรอบซึ่งเคลือบไว้ด้วยน้ำยาทาเล็บ อีกทั้งมีการบากลักษณะสำหรับใช้อ้างอิงขอบเขตของช่องหน้าต่าง เพื่อให้การเลือกพื้นที่สำหรับอ่านค่าถูกจำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ที่ต้องการ และไม่ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งถูกยึดด้วยซีเมนต์ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟลูออเรสเซนส์ได้ ทำให้ค่าที่ได้เกิดจากการเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนส์ระหว่างพื้นที่ช่องหน้าต่างและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบเท่านั้น

### บทสรุป

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันได้ โดยพบว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีความสามารถในการป้องกันได้มากกว่า โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน จึงเหมาะสมต่อการใช้งานมากกว่าในกรณีที่หวังผลป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟัน โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคฟันผุ



### เอกสารอ้างอิง

1. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1982;81(2):93-8.
2. Mizrahi E. Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1982;82(1):62-7.
3. Oggard B, Rolla G, Arends J, Tencate JM. Orthodontic appliance and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesion. *Am J Orthod* 1988;94:123-8.
4. Benson PE, Shah AA, Millett DT, Dyer F, Parkin N, Vine RS. Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. *J Dent.* 2005;32:102-14.
5. Gillgrass TJ, Millett DT, Creanor SL, MacKenzie D, Bagg J, Gilmour WH, et al. Fluoride release, microbial inhibition and microleakage pattern of two orthodontic band cements. *J Dent.* 1999;27(6):455-61.
6. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Tagliani P, Klersy C. In-vitro fluoride release rates from 9 orthodontic bonding adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132(5):656-62.
7. Prabhavathi V, Jacob J, Kiran MS, Ramakrishnan M, Sethi E, Krishnan CS. Orthodontic cements and demineralization: An in vitro comparative scanning electron microscope study. *J Int Oral Health.* 2015;7(2):28-32.
8. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. *Dent Mater J.* 2007;23:615-22.
9. Wheeler AW, Foley TF, Mamandras A. Comparison of fluoride release protocols for in-vitro testing of 3 orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;121(3):301-9.
10. Millett DT, Kamahli K, McColl J. Comparative laboratory investigation of dual-cured vs. conventional glass ionomer cements for band cementation. *Angle Orthod.* 1998;68(4):345-50.
11. Aggarwal M, Foley TF, Rix D. A comparison of shear-peel band strengths of 5 orthodontic cements. *Angle Orthod.* 2000;70(4):308-16.
12. Uysal T, Ramoglu SI, Ertas H, Ulker M. Microleakage of orthodontic band cement at the cement-enamel and cement-band interfaces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4):534-9.
13. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;113(6):595-602.

14. Kim HE, Kim BI. An in vitro comparison of quantitative light-induced fluorescence-digital and spectrophotometer on monitoring artificial white spot lesions. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2015;12(3):378-84.
15. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent.* 2006;34(10):727-39.
16. สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. รายงานผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2555. 2556.
17. Mizrahi E. Surface distribution of enamel opacities following orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1983;84(4):323-31.
18. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51-9.
19. Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. *Aust Dent J.* 2008;53(3):286-91.
20. สุทธิชัย ขุนทองแก้ว. รอยโรคและกลไกการเกิดฟันผุ. *วิทยาการโรคฟันผุ.* กรุงเทพฯ: ไอกรุป เพลส; 2552. p. 197-268.
21. Arends J, Christoffersen J. The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res.* 1986;65(1):2-11.
22. Petersen PE, Baez RJ, Lennon MA. Community-oriented administration of fluoride for the prevention of dental caries: a summary of the current situation in Asia. *Adv Dent Res.* 2012;24(1):5-10.
23. Stookey GK. Current status of caries prevention. *Compend Contin Educ Dent.* 2000;21(10A):862-7; quiz 8.
24. ten Cate JM, Featherstone JD. Mechanistic aspects of the interactions between fluoride and dental enamel. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1991;2(3):283-96.
25. Gibbs CD, Atherton SE, Huntington E, Lynch RJ, Duckworth RM. Effect of low levels of fluoride on calcium uptake by demineralized human enamel. *Arch Oral Biol.* 1995;40(9):879-81.
26. Featherstone JD. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999;27(1):31-40.
27. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(7):887-99.
28. Larsen MJ, von der Fehr FR, Birkeland JM. Effect of fluoride on the saturation of an acetate buffer with respect to hydroxyapatite. *Arch Oral Biol.* 1976;21(12):723-8.

29. Hamilton IR. Biochemical effects of fluoride on oral bacteria. *J Dent Res.* 1990;69 Spec No:660-7; discussion 82-3.
30. Guha-Chowdhury N, Clark AG, Sissons CH. Inhibition of purified enolases from oral bacteria by fluoride. *Oral Microbiol Immunol.* 1997;12(2):91-7.
31. Wilson AD, Kent BE. The glass ionomer cement, a new translucent dental filling material. *J Appl Chem Biotechnol.* 1971;21:313.
32. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Dental cements. *Phillips' science of dental materials.* 12 ed. Missouri: Elsevier; 2003. p. 307-39.
33. Wilson AD, Crisp S, Ferner AJ. Reaction in glass-ionomer cements: IV. Effect of chelating comonomers on setting behavior. *J Dent Res.* 1976;55:489-95.
34. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. *Brit Dent J.* 2002;193:236-7.
35. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. 3 ed. London: Martin Dunitz Ltd; 2002.
36. Wilder AD, Jr., Swift EJ, Jr., May KN, Jr., Thompson JY, McDougal RA. Effect of finishing technique on the microleakage and surface texture of resin-modified glass ionomer restorative materials. *J Dent.* 2000;28(5):367-73.
37. Majjer R, Smith DC. A comparison between zinc phosphate and glass ionomer cement in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;93(4):273-9.
38. Mizrahi E. Glass ionomer cements in orthodontics--an update. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;93(6):505-7.
39. Fricker JP. A 12-month clinical comparison of resin-modified light-activated adhesives for the cementation of orthodontic molar bands. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112(3):239-43.
40. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(1):45-8.
41. Mennemeyer VA, Neuman P, Powers JM. Bonding of hybrid ionomers and resin cements to modified orthodontic band materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999;115(2):143-7.
42. Gillgrass TJ, Benington PC, Millett DT, Newell J, Gilmour WH. Modified composite or conventional glass ionomer for band cementation? A comparative clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(1):49-53.

43. Aljehani AS. Application of two fluorescence methods for detection and quantification of smooth surface carious lesions. 2006.
44. van der Veen MH, de Josselin de Jong E. Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci.* 2000;17:144-62.
45. de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Westerling H, Tranaeus S, ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res.* 1995;29(1):2-7.
46. Ko HY, Kang SM, Kim HE, Kwon HK, Kim BI. Validation of quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D) for the detection of approximal caries in vitro. *J Dent.* 2015;43(5):568-75.
47. Pretty IA, Pender N, Edgar WM, Higham SM. The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *European Journal of Orthodontics.* 2003;25(3):217-23.
48. Amaechi BT, Podoleanu A, Higham SM, Jackson DA. Correlation of quantitative light-induced fluorescence and optical coherence tomography applied for detection and quantification of early dental caries. *J Biomed Opt.* 2003;8(4):642-7.
49. Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res.* 2001;35(6):464-70.
50. Hope CK, de Josselin de Jong E, Field MR, Valappil SP, Higham SM. Photobleaching of red fluorescence in oral biofilms. *J Periodontal Res.* 2011;46(2):228-34.
51. Oliveira GM, Ritter AV, Heymann HO, Swift E, Jr., Donovan T, Brock G, et al. Remineralization effect of CPP-ACP and fluoride for white spot lesions in vitro. *J Dent.* 2014;42(12):1592-602.
52. Felix Gomez G, Eckert GJ, Ferreira Zandona A. Orange/Red Fluorescence of Active Caries by Retrospective Quantitative Light-Induced Fluorescence Image Analysis. *Caries Res.* 2016;50(3):295-302.
53. Kim HE, Kwon HK, Kim BI. Recovery percentage of remineralization according to severity of early caries. *Am J Dent.* 2013;26(3):132-6.
54. Gmür R, Giertsen E, van der Veen MH, de Jong EDJ, ten Cate JM, Guggenheim B. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. *Clin Oral Invest.* 2006;10:187-95.

55. Behnan SM, Arruda AO, Gonzalez-Cabezas C, Sohn W, Peters MC. In-vitro evaluation of various treatments to prevent demineralization next to orthodontic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2010;138(6).
56. Sudjalim TR, Woods MG, Manton DJ, Reynolds EC. Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;131:705.e1-e9.
57. Yagci H, Korkmaz YN, Yagci F, Atilla AO, Buyuk SK. Effect of 3 cements on white spot lesion formation after full-coverage rapid maxillary expander: A comparative in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150:1005-13.
58. Baysal A, Ulusoy SN, Uysal T. Evaluation of enamel demineralization in adolescents after rapid maxillary expansion using the quantitative light-induced fluorescence method: A single-center, randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016;150(5):731-9.
59. Foley T, Aggarwal M, Hatibovic-Kofman S. A comparison of in vitro enamel demineralization potential of 3 orthodontic cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002;121(5):526-30.
60. Vorhies AB, Donly KJ, Staley RN, Wefel JS. Enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets bonded with hybrid glass ionomer cements: An in vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1998;114(6):668-74.
61. Vanmiller EJ, Donly KJ. Enamel demineralization inhibition by cements at orthodontic band margins. *Am J Dent*. 2003;16:356-8.
62. Komori A, Kojima I. Evaluation of a new 2-paste glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003;123(6):649-52.

ลงชื่อ

(อาจารย์ ทันตแพทย์ สมกมล วนิชวัฒนะ)

ผู้รับทุน

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาราพัฒนานนท์)

อาจารย์อาวุโส