

การวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นในบริเวณขีดแบริดพื้นซึ่งยึดด้วยซีเมนต์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Quantitative light-induced fluorescence analysis of area adjacent to cemented bands



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 2018

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น
ในบริเวณขีดแถบรัศพันซึ่งยึดด้วยซีเมนต์

โดย

นายชวลิต เพ็ญมี

สาขาวิชา

ทันตกรรมสำหรับเด็ก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธรากิ
วัฒนานนท์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์พิเศษ ทันตแพทย์หญิงชุตินา ไตรรัตน์วรกุล)

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

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

ขวลิต เพียรมี : การวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นในบริเวณชิดแถบรัดฟันซึ่งยึดด้วยซีเมนต์.
(Quantitative light-induced fluorescence analysis of area adjacent to cemented bands) อ.ที่ปรึกษา
หลัก : รศ. ทพญ. ดร.ทิพวรรณ ธราภิวัฒนานนท์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของซีเมนต์ชนิดซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (ZC) ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (ZPC) กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (GI) เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ (RMGI-P/L) เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด (RMGI-P/P) และโพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (PMCR) ต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟัน

เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้ฟันกรามน้อยแท้ของมนุษย์จำนวน 70 ซี่ ทำการขัดผิวเคลือบฟัน และสร้างช่องหน้าต่างทดลองบริเวณกึ่งกลางของด้านไกลกลางขนาด 1×2 ตารางมิลลิเมตร แบ่งฟันเป็น 7 กลุ่ม เพื่อยึดด้วย; (1) ZC (Zinc Cement Improved[®]), (2) ZPC (Hy-Bond Polycarboxylate Cement[®]), (3) GI (Hy-Bond Glasionomer CX[®]), (4) RMGI-P/L (GC Fuji Ortho LC[®]), (5) RMGI-P/P (GC Fuji Ortho Band Paste Pak[®]), (6) PMCR (Ultra Band-Lok[®]) และ (7) กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ยึดแถบรัดฟัน (Control) จากนั้นจำลองภาวะอุณหภูมิร้อนเย็นในช่องปาก 24 ชั่วโมง และภาวะการสูญเสียและคืนกลับแร่ธาตุ 21 วัน ทำการรื้อแถบรัดฟันและกำจัดซีเมนต์ก่อนนำชิ้นงานทั้งหมดวัดค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์บริเวณช่องหน้าต่างทดลอง (ΔF), ค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์สูงสุดบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง (ΔF_{max}) ค่าพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ (Area) และปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ) ด้วยเทคนิควิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล

จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Kruskal-Wallis test พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ของซีเมนต์แต่ละกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) เมื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่โดยใช้สถิติ Pairwise comparisons ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ เมื่อจับคู่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม Control:PMCR, ZP:ZPC, ZP:GI, ZP:RMGI-P/L, ZP:RMGI-P/P, ZPC:GI, ZPC:RMGI-P/L, ZPC:RMGI-P/P, GI:RMGI-P/L, GI:RMGI-P/P, RMGI-P/L:RMGI-P/P และ RMGI-P/L:PMCR แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อจับคู่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม Control:ZP, Control:ZPC, Control:GI, Control:RMGI-P/L และ Control: RMGI-P/P, PMCR:ZC, PMCR:ZPC, PMCR:GI และ PMCR:RMGI-P/P

การศึกษานี้พบว่าฟันซึ่งยึดแถบรัดฟันด้วย ZC, ZPC, GI และ RMGI-P/P ไม่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟัน ส่วนกลุ่ม RMGI-P/L, PMCR และกลุ่มควบคุมเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน โดยที่กลุ่ม RMGI-P/L เกิดการสูญเสียแร่ธาตุน้อยกว่ากลุ่มควบคุม แต่กลุ่ม PMCR เกิดการสูญเสียแร่ธาตุไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

สาขาวิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5975805532 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY

KEYWORD: demineralization, band cement, quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D)

Chawalid Pianmee : Quantitative light-induced fluorescence analysis of area adjacent to cemented bands. Advisor: Assoc. Prof. Thipawan Tharapiwattananon, D.D.S., Ph.D.

This study aimed to compare the efficacy of zinc phosphate cement (ZC), zinc polycarboxylate cement (ZPC), conventional glass ionomer cement (GI), resin modified glass ionomer cement-powder/liquid (RMGI-P/L), resin modified glass ionomer cement-paste/paste (RMGI-P/P), and polyacid-modified composite resin (PMCR) on inhibition of enamel demineralization at the area adjacent to cemented band.

This in vitro study was conducted on 70 human premolars. The teeth were smooth polished and painted with nail varnish, except a 1 x 2 mm² window on middle 1/3 of distal surface. Seventy teeth were divided into 7 groups; (1) ZC (Zinc Cement Improved[®]), (2) ZPC (Hy-Bond Polycarboxylate Cement[®]), (3) GI (Hy-Bond Glasionomer CX[®]), (4) RMGI-P/L (GC Fuji Ortho LC[®]), (5) RMGI-P/P (GC Fuji Ortho Band Paste Pak[®]), (6) PMCR (Ultra Band-Lok[®]) and (7) control group. All specimens were thermocycled for 24 hours, and pH cycled for 21 days. The teeth were then debanded, and decemented. The percentage of fluorescence loss (ΔF), maximum percentage of fluorescence loss (ΔF_{max}), lesion area (Area) and lesion volume (ΔQ) were measured by quantitative light-induced fluorescence-digital (QLF-D).

The Kruskal-Wallis showed statistically significant differences for ΔF , ΔF_{max} , Area, and ΔQ among groups ($p < 0.001$). The Pairwise comparisons showed that there were no significant difference between the groups of Control:PMCR, ZP:ZPC, ZP:GI, ZP:RMGI-P/L, ZP:RMGI-P/P, ZPC:GI, ZPC:RMGI-P/L, ZPC:RMGI-P/P, GI:RMGI-P/L, GI:RMGI-P/P, RMGI-P/L:RMGI-P/P and RMGI-P/L:PMCR in the mean ΔF , ΔF_{max} , Area, and ΔQ , but the groups of Control:ZP, Control:ZPC, Control:GI, Control:RMGI-P/L, Control:RMGI-P/P, PMCR:ZC, PMCR:ZPC, PMCR:GI and PMCR:RMGI-P/P are statistically significant differences.

This study demonstrated that the use of ZP, ZPC, GI and RMGI-P/L inhibit demineralization of enamel adjacent to cemented bands. Demineralization occurred in RMGI-P/L, PMCR and control group, however, the demineralization of RMGI-P/L group was less than control group and no difference between PMCR and control.

Field of Study: Pediatric Dentistry

Student's Signature

Academic Year: 2018

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาราวิพัฒนานนท์ และ อาจารย์ ทันตแพทย์สมกมล วณิชวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์พิเศษ ทันตแพทย์หญิง ชูติมา ไตรรัตน์วรกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. อ้อยทิพย์ ชาญการคำ คณะกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศูนย์ทันตวัสดุศาสตร์ และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัท โลอัน (ประเทศไทย) จำกัด ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับดำเนินการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่เมตตาให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมา

ชวลิต เพียรมี



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
สมมติฐานการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
คำสำคัญ.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
ข้อพิจารณาทางจริยธรรม.....	5
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	6
โรคฟันผุ.....	6

กระบวนการเกิดโรคฟันผุ.....	6
รอยโรคขาวขุ่น (white spot lesion)	7
ลักษณะรอยโรคทางจุลกายวิภาค.....	7
ฟลูออไรด์และการป้องกันฟันผุ.....	8
การยับยั้งการสลายแร่ธาตุ.....	9
การส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ	9
ความต้านทานต่อการสลายแร่ธาตุ.....	9
ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย.....	10
ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟัน	10
1. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement).....	10
2. ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (zinc polycarboxylate cement).....	11
3. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement)....	11
4. เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ (resin modified glass ionomer cement)	13
5. โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin)	14
วิธีวัดการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนแร่ธาตุของฟัน	15
1. วิธีไมโครเรดิโอกราฟ (microradiograph)	15
2. กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (polarized light microscope)	15
3. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (micro-computed tomography)	16
4. เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น (QLF)	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	19
หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	19
เกณฑ์การคัดฟันตัวอย่าง.....	19
การคำนวณขนาดตัวอย่าง	20

สิ่งแทรกแซง (intervention)	20
วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย (materials and instruments)	21
แผนผังแสดงวิธีดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป.....	24
วิธีดำเนินงานวิจัย	25
1. การเตรียมฟัน	25
2. วิธียึดฟันตัวอย่างด้วยซีเมนต์แต่ละชนิด.....	28
3. แซ่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น (thermocycling).....	32
4. การเตรียมชิ้นงานก่อนเริ่มทำการทดลอง	32
5. การเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling) ...	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	34
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
การควบคุมอคติจากการวิจัย	35
การจัดการชิ้นฟันตัวอย่างหลังเสร็จสิ้นการวิจัย	36
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	37
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	37
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	40
อภิปรายผลการวิจัย.....	40
สรุปผลการวิจัย.....	46
ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	56
ภาคผนวก ก เอกสารผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	57
ภาคผนวก ข เอกสารผลการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพ.....	58

ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับขอ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการวิจัย.....	59
ภาคผนวก ง เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการวิจัย .	60
ภาคผนวก จ ข้อมูลที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D	61
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล	69
ประวัติผู้เขียน.....	87



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์.....	11
ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของซีเมนต์ที่ใช้ศึกษา.....	23
ตารางที่ 3 ตารางเวลาในการจำลองสภาวะในช่องปาก.....	33
ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ	38
ตารางที่ 5 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area, ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย ZP	61
ตารางที่ 6 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area, ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย ZPC.....	63
ตารางที่ 7 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย GI	64
ตารางที่ 8 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย RMGI-P/L	65
ตารางที่ 9 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย RMGI-P/P	66
ตารางที่ 10 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย PMCR... ..	67
ตารางที่ 11 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในกลุ่ม Control.....	68
ตารางที่ 12 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔF (%).....	69
ตารางที่ 13 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔF_{max} (%).....	70
ตารางที่ 14 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า Area (Px^2)	71
ตารางที่ 15 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔQ ($\%Px^2$)	72
ตารางที่ 16 การทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test.....	73
ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ในแต่ละกลุ่ม ด้วยสถิติ Kruskal-Wallis test.....	74
ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF ในแต่ละคู่ด้วยสถิติ Dunn's test.....	75
ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF_{max} ในแต่ละคู่ ด้วยสถิติ Dunn's test.....	76

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า Area ในแต่ละคู่ ด้วยสถิติ Dunn’s test..... 77

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔQ ในแต่ละคู่ด้วยสถิติ Dunn’s test 78

ตาราง 22 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔF จากการวัด 3 ครั้ง 79

ตาราง 23 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔF_{max} จากการวัด 3 ครั้ง
..... 80

ตาราง 24 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า Area จากการวัด 3 ครั้ง
..... 81

ตาราง 25 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔQ จากการวัด 3 ครั้ง 82

ตาราง 26 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔF จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ
..... 83

ตาราง 27 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔF_{max} จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2
รอบ 84

ตาราง 28 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย Area จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ
..... 85

ตาราง 29 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔQ จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ
..... 86

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
ภาพที่ 2 หลักการสมดุลของโรคฟันผุ (the caries balance concept).....	7
ภาพที่ 3 ซึ้นฟันตัวอย่างหลังทำการขัดด้วยเครื่องขัดฟัน.....	25
ภาพที่ 4 เครื่อง QLF-D และภาพจากการถ่ายด้วยเครื่อง QLF-D	25
ภาพที่ 5 การทำแถบรัดฟันชนิดทำเองด้วยเครื่องเชื่อม (welder)	26
ภาพที่ 6 การทำช่องหน้าต่างทดลอง.....	26
ภาพที่ 7 การสร้างจุดอ้างอิง 4 จุดโดยรอบช่องหน้าต่างทดลอง.....	27
ภาพที่ 8 ช่องหน้าต่างทดลองหลังทาน้ำยาทาเล็บแล้ว	27
ภาพที่ 9 การลองแถบรัดฟันก่อนทำการยึดด้วยซีเมนต์.....	28
ภาพที่ 10 การทาน้ำยาทาเล็บให้ทั่วในฟันกลุ่มควบคุม	28
ภาพที่ 11 ซีเมนต์ชนิดซิงค์ฟอสเฟส ยี่ห้อ SS White Zinc Cement Improve®	28
ภาพที่ 12 การผสมซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์	29
ภาพที่ 13 ซีเมนต์ชนิดซิงค์คาร์บอกซิเลต ยี่ห้อ Hy-Bond Zinc Polycarboxylate Cement®.....	29
ภาพที่ 14 ซีเมนต์ชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ยี่ห้อ Hy-Bond Glasionomer CX®	30
ภาพที่ 15 ซีเมนต์ชนิดเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดผง-น้ำ ยี่ห้อ Fuji Ortho LC®	30
ภาพที่ 16 ซีเมนต์ชนิดเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดสองหลอด ยี่ห้อ Fuji Ortho Band Paste Pak®	31
ภาพที่ 17 ซีเมนต์ชนิดโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน ยี่ห้อ Ultra Band-Lok®	31
ภาพที่ 18 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น	32
ภาพที่ 19 เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส	33
ภาพที่ 20 การเตรียมชิ้นงานให้ช่องหน้าต่างตั้งฉากกับลำกล้อง	34

ภาพที่ 21 ภาพการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์ที่บริเวณช่องหน้าต่างทดลองที่วัดได้จากแต่ละกลุ่ม	37
ภาพที่ 22 ภาพการจับกันของ Zn^+ และ PO_4^{3-} บริเวณผิวเคลือบฟัน	44



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องมือกันที่ฟัน เป็นเครื่องมือที่มักใช้ฟันกรามน้ำนม หรือฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งเป็นหลักยึดของแถบรัดฟัน (band) มีลักษณะและการใช้งานคล้ายกับแถบรัดจัดฟัน (orthodontic band) จากการศึกษาพบว่า ฟันที่ติดเครื่องมือจำพวกแบร็กเกต หรือแถบรัดจัดฟัน มักมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันและเกิดฟันผุขึ้นได้ง่าย (1) โดยเฉพาะในฟันหลังซึ่งเป็นฟันที่ทำความสะอาดได้ยาก ทำให้เกิดการสะสมของเศษอาหาร และคราบจุลินทรีย์ได้มากขึ้น (2) จากการศึกษาของ Mizrahi และคณะ (1982) พบว่าผู้ป่วยที่ใช้แถบรัดจัดฟันมีโอกาสเกิดรอยโรคขาวขุ่น (white lesion) ได้มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 84 ในกลุ่มทดลอง และร้อยละ 72.3 ในกลุ่มควบคุม) (3) จากการรายงานของ Mizrahi (1983) พบว่าการยึดแถบรัดจัดฟันจะเพิ่มความชุก (prevalence) และความรุนแรง (severity) ของการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณคอฟันและกึ่งกลางด้านข้างแก้มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในฟันกรามแท้ซี่ที่หนึ่งบนและล่าง (4)

การป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน และการป้องกันการเกิดฟันผุในผู้ป่วยที่ติดเครื่องมือจัดฟัน สามารถทำได้โดยการให้ความรู้ร่วมกับการแนะนำให้ผู้ป่วยสามารถดูแลสุขภาพช่องปากของตนเองได้ หรือการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ชนิดต่างๆ (5) ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันด้วย แต่วิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ป่วยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเด็ก หรือผู้ป่วยที่มีความต้องการพิเศษซึ่งมีข้อจำกัดในการดูแลสุขภาพช่องปาก จึงมีการพัฒนาซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ขึ้น เพื่อช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน

ปัจจุบันมีการนำซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์มาใช้ยึดแถบรัดฟันหลายชนิด ได้แก่ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (conventional glass ionomer cement) ซึ่งได้รับการศึกษาว่ามีการปลดปล่อยฟลูออไรด์และสามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในฟันที่ใส่เครื่องมือจัดฟันได้ (6) แต่พบว่าการยึดเกาะที่ต่ำกว่าวัสดุจำพวกเรซิน (7) ส่งผลให้มีการละลายของซีเมนต์ออกบางส่วน ทำให้แถบรัดฟันไม่แนบกับฟัน และเกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์บริเวณดังกล่าวได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้นได้

ต่อมาได้มีการพัฒนาเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (resin modified glass ionomer cement) ขึ้น โดยเติมส่วนที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งต้องอาศัยแสงในการบ่มตัวลงในกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม ทำให้ซีเมนต์มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์เหมือนกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และมีความแข็งแรงเหมือนเรซินคอมโพสิต (8) เรซินโมดิฟายด์-

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในระยะแรกถูกผลิตออกมาในรูปแบบของผงและน้ำ (powder-liquid form) ซึ่งต้องผสมตามอัตราส่วนที่บริษัทแนะนำ แต่ในระยะหลังได้มีการผลิตออกมาในรูปแบบหลอดขึ้น (paste form) เพื่อสะดวกในการใช้งาน ลดขั้นตอนในการผสม และควบคุมอัตราส่วนของซีเมนต์ ทำให้ซีเมนต์ที่ได้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ (9)

โพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin) เป็นวัสดุอีกกลุ่มที่มีการนำมาใช้เป็นซีเมนต์สำหรับการยึดเครื่องมือจัดฟัน โดยมีส่วนผสมหลักเป็นวัสดุอัดแทรกชนิดแก้วแคลเซียมฟลูออโรลูมิเนียมซิลิเกต เพื่อหวังผลให้เกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และมีโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรดซึ่งสามารถสนับสนุนให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ (10)

ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่ผ่านมาพบว่า ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน และเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ค่าการยึดติดที่ดีกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (11, 12) และยังพบว่าเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดผงและน้ำ เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดสองหลอด และโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน มีคุณสมบัติที่พึงประสงค์หลายประการ เช่น มีความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ (9, 13) และมีการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) ต่ำ (14) เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Millett และคณะ ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าซีเมนต์ชนิดใดที่ให้ผลดีที่สุดสำหรับใช้ยึดแถบรัดฟัน ทั้งในแง่ของความสามารถในการยึดติดและการป้องกันการเกิดฟันผุระหว่างยึดด้วยแถบรัดฟัน (15) อีกทั้งพบว่ายังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิดต่างๆ ในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน ด้วยเทคนิควิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล (quantitative light-induced fluorescence-digital, QLF-D) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถบอกปริมาณการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันได้จากการเปรียบเทียบปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ลดลงในบริเวณรอยโรคกับปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ โดยไม่ต้องมีการทำลายชิ้นตัวอย่างก่อนการทดสอบ (16) อีกทั้งจากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่า QLF สามารถตรวจพบรอยโรคในระยะเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตา (17) การวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาถึงคุณสมบัติดังกล่าวของซีเมนต์ชนิดต่างๆ คือ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดผงและน้ำ เรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดสองหลอด และโพลีแอซิดโมดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน ด้วยเทคนิค QLF-D เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้ประเภทซีเมนต์ที่เหมาะสมในการยึดแถบรัดฟันต่อไป

คำถามการวิจัย

ซีเมนต์ยึดแบริดฟันชนิด ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและ เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด และโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน มีผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันด้านข้างต่อแบริดฟันแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแบริดฟันชนิดต่างๆ ต่อการยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน

สมมติฐานการวิจัย

ซีเมนต์ยึดแบริดฟันชนิด ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ เรซินมอดิไฟด์-กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด และโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน มีผลในการยับยั้งต่อการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันด้านข้างต่อแบริดฟันไม่แตกต่างกัน

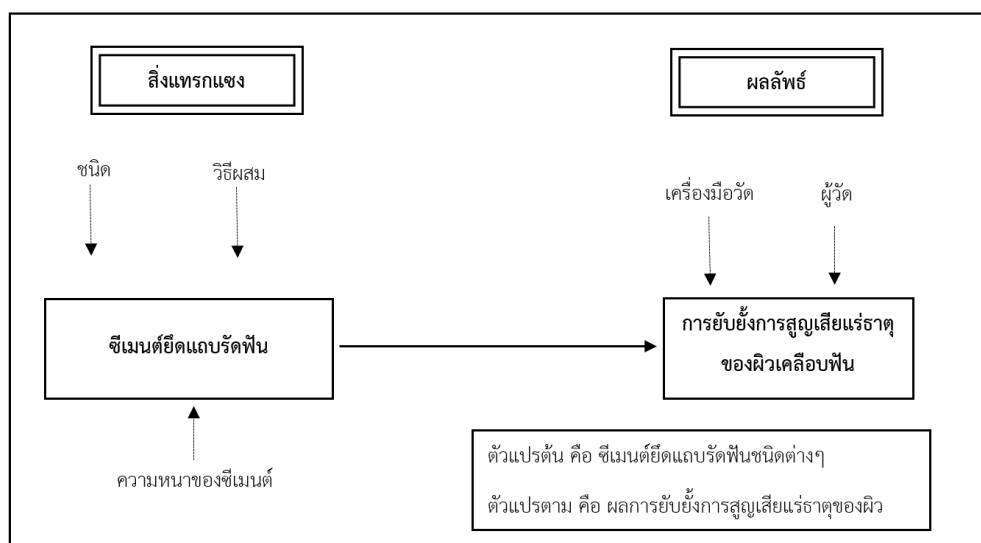
ขอบเขตการวิจัย

เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ (experimental research) โดยใช้ฟันกรามน้อยแท็บบนซี่ที่หนึ่ง หรือสองของมนุษย์ที่ถูกถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรม เป็นตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยนำมาผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling) เป็นระยะเวลา 21 วัน

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษานี้ทำในห้องปฏิบัติการ จึงไม่สามารถจำลองสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้อาจแตกต่างออกไป หากนำไปใช้จริงในช่องปาก
2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระยะสั้น ไม่อาจสรุปผลเป็นการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุในระยะยาวได้

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่ใช้ในการศึกษาถูกเก็บรักษาในสารละลายไทโมล
2. ชนิดของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟัน
 - a. ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันที่ใช้
 - i. ซิงค์ฟอสเฟสซีเมนต์ ยี่ห้อ Zinc Cement Improve® (S.S. White Group, Gloucester, UK) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์
 - ii. ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ ยี่ห้อ Hy-Bond Polycarboxylate Cement® (Shofu Dental, Kyoto, Japan)
 - iii. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม ยี่ห้อ Hy-Bond Glasionomer CX® (Shofu Dental, Kyoto, Japan)
 - iv. เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดผง-น้ำ ยี่ห้อ Fuji Ortho LC® (GC Corporation, Tykyo, Japan)
 - v. เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดสองหลอด ยี่ห้อ Fuji Ortho Band Paste Pak® (GC Corporation, Tykyo, Japan)
 - vi. โพลีแอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินซีเมนต์ ยี่ห้อ Ultra Band-Lok® (Reliance Orthodontic Products, Itasca, IL, USA)
 - b. การผสมซีเมนต์ทุกครั้ง ใช้สัดส่วนและวิธีการผสมตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด
 - c. การทดลองและการบันทึกผลทำโดยผู้ทดลองคนเดียวกัน

คำสำคัญ

1. การสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization)
2. ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟัน (band cement)
3. เครื่องวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล (quantitative light-induced fluorescence-digital, QLF-D)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. ฟันตัวอย่าง คือ ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่ 1 หรือ 2 ของมนุษย์ที่ปราศจากรอยร้าว รอยผุ วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน
2. ประสิทธิภาพของการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ วัดจากร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF , %) ค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์สูงสุดบริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF_{max} , %) ค่าพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ (Area, Px^2) และปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ , $\%Px^2$) หลังผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการพิจารณาเลือกซีเมนต์ในการยึดแถบรัดฟัน เพื่อใช้ในการป้องกันและยับยั้งรอยผุในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมต่อไปได้

ข้อพิจารณาทางจริยธรรม

ฟันตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่หนึ่ง หรือสอง ที่ถอนออกมาด้วยสาเหตุจากการรักษาทางทันตกรรม โดยก่อนที่จะเก็บตัวอย่างได้มีการขออนุญาต และได้รับความยินยอมจากผู้ป่วย และ/หรือ เจ้าของคลินิกทันตกรรมแล้ว

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

โรคฟันผุ

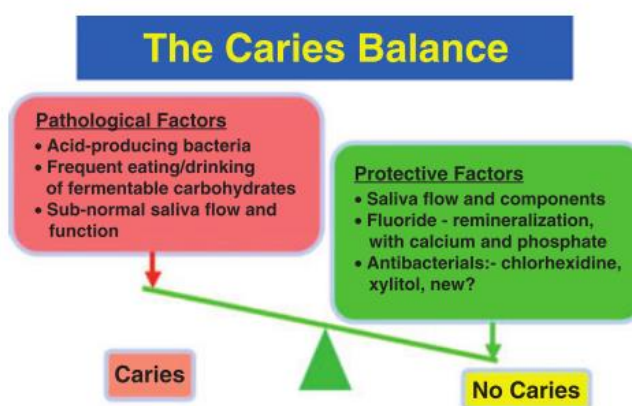
โรคฟันผุเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งของประชากรไทย จากผลการสำรวจสภาวะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2555 พบว่าโรคฟันผุพบได้ในทุกช่วงอายุ โดยเด็กอายุ 3 ขวบ มีความชุกของฟันผุถึงร้อยละ 51.8 และแม้ว่าจะจะเป็นช่วงอายุที่มีฟันน้ำนมขึ้นครบได้ไม่นาน กลับพบว่าเด็กร้อยละ 3.2 มีประสบการณ์การสูญเสียฟันในช่องปากแล้ว อัตราการเกิดโรคฟันผุของเด็กไทยเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในเด็กอายุ 5 ขวบ โดยมีรายงานความชุกของฟันผุถึงร้อยละ 78.5 และมีประสบการณ์สูญเสียฟันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 8.2 (18)

การสูญเสียฟันน้ำนมไปก่อนกำหนดนอกจากจะมีผลต่อความสวยงาม การออกเสียง และการบดเคี้ยวอาหารแล้ว ยังส่งผลต่อการคงพื้นที่สำหรับการขึ้นของฟันแท้ในอนาคต อาจทำให้ฟันแท้ขึ้นผิดตำแหน่ง เกิดเป็นฟันคุด หรือฟันฝังได้ ซึ่งสามารถป้องกันโดยการใส่เครื่องมือกันที่ฟัน ที่เป็นเครื่องมือชนิดติดแน่น และต้องใส่แถบรัดฟันในซี่ที่ใช้เป็นหลักยึดของเครื่องมือด้วย จึงทำให้คราบจุลินทรีย์มีการสะสมเพิ่มมากขึ้นบริเวณขอบเหงือก และได้ต่อแถบรัดฟันที่ซีเมนต์ละลายตัวไป เกิดเป็นรอยโรคขาวขุ่นที่ผิวเคลือบฟัน (white spot lesion) บริเวณดังกล่าวได้ง่ายขึ้น (4) จากการศึกษาพบว่าผู้ป่วยที่ใส่เครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นมากกว่าร้อยละ 50 มีรอยโรคขาวขุ่นเกิดขึ้นที่ผิวเคลือบฟัน (1) สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นซึ่งยึดด้วยแถบรัดฟัน มักพบรอยโรคขาวขุ่นได้มากขึ้นบริเวณผิวฟันด้านขอบเหงือก (cervical 1/3) และกึ่งกลางฟัน (middle 1/3) ด้านข้างแก้มหรือข้างริมฝีปาก (buccal and labial) (4) ดังนั้น โรคฟันผุจึงเป็นอีกหนึ่งปัญหาสำคัญที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่ติดเครื่องมือกันที่ฟัน และเครื่องมือจัดฟัน

กระบวนการเกิดโรคฟันผุ

โรคฟันผุเป็นโรคที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของหลายสาเหตุปัจจัย (multifactorial disease) ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดได้ อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ปัจจัยเกี่ยวกับฟัน น้ำลาย และระยะเวลาที่ฟันสัมผัสกรดที่เกิดขึ้น โดยในภาวะปกติ ในแผ่นคราบจุลินทรีย์ (dental plaque) จะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างกรดได้ โดยเชื้อจุลินทรีย์จะผลิตกรดเมื่อมีการหมัก (fermentation) ของอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต กรดที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างลดต่ำกว่าระดับวิกฤติ (critical pH) เกิดการละลายของแคลเซียม ฟอสเฟต และคาร์บอนเนต ออกจากผิวฟัน เรียกว่ากระบวนการสูญเสียแร่ธาตุของผิวฟัน (demineralization) (19)

โดยทั่วไปน้ำลายในช่องปากจะทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ (buffer) ทำให้ระดับความเป็นกรดต่างอยู่สูงกว่าระดับวิกฤติ และส่งเสริมให้เกิดการสะสมแคลเซียม ฟอสเฟต และฟลูออไรด์ กลับเข้าสู่ผิวเคลือบฟัน เรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุ (remineralization) (19) กระบวนการทั้งสองจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้ามีการสูญเสียสมดุลระหว่างกระบวนการทั้งสองไปคือ ในสภาวะช่องปากมีปัจจัยก่อเกิดโรคมามากกว่าปัจจัยในการป้องกันโรค จะส่งผลให้มีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับของแร่ธาตุ และมีรอยโรคฟันผุเกิดขึ้น (20)



ภาพที่ 2 หลักการสมดุลของโรคฟันผุ (the caries balance concept)

จาก Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. Aust Dent J. 2008;53(3):286-91.

รอยโรคขาวขุ่น (white spot lesion)

โรคฟันผุ เกิดจากการทำลายเนื้อเยื่อแข็งของฟันจากกรดของแบคทีเรีย โดยจะเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของชั้นเคลือบฟัน ลักษณะของรอยโรคฟันผุระยะแรกจะเห็นเป็นรอยโรคขาวขุ่นที่ผิวเคลือบฟัน เมื่อเป่าลมที่ฟันให้แห้ง รอยโรคขาวขุ่นที่เกิดขึ้นเห็นได้จากการหักเหของแสงที่เปลี่ยนไปจากบริเวณฟันโดยรอบ ทำให้เห็นเป็นลักษณะขาวขุ่น รอยโรคขาวขุ่นในระยะเริ่มต้นจะสังเกตเห็นได้ยาก บางครั้งจำเป็นต้องทำความสะอาดฟันก่อน เพื่อไม่ให้มีน้ำมารบกวนดัชนีหักเห ถ้าหากมีการสูญเสียแร่ธาตุมากขึ้นจะเห็นรอยโรคขาวขุ่นทั้งขณะที่ฟันเปียกได้ (21)

ลักษณะรอยโรคทางจุลกายวิภาค

ลักษณะทางจุลกายวิภาคของรอยโรคขาวขุ่น สามารถแบ่งชั้นต่างๆของรอยโรคขาวขุ่นได้เป็น 4 ชั้น (22) คือ

1. Surface zone เป็นชั้นที่เกิดการคืนกลับแร่ธาตุได้เร็วที่สุด การคืนกลับแร่ธาตุนั้นจะได้รับไอออนมาจากน้ำลาย เช่น ฟลูออไรด์ไอออน, แคลเซียมไอออน เป็นต้น

2. Body of lesion เป็นชั้นที่ถัดมาจาก surface zone ชั้นนี้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุมากที่สุด รุพรุนในชั้นนี้มีขนาดใหญ่ ประมาณร้อยละ 5 – 25 เมื่อเทียบกับเคลือบฟันปกติ ในชั้นนี้มีการละลายของไฮดรอกซีอะพาไทต์มากที่สุด ในการผ่าช่วงแรกอาจจะไม่เห็นส่วนของ body of lesion แต่ถ้ามีการลุกลามของโรคจะเห็น body of lesion ใหญ่ ลึก และชัดเจนมากขึ้น
3. Dark zone เป็นชั้นที่ถัดจาก body of lesion ชั้นนี้จะเกิดการคืนกลับของแร่ธาตุมากที่สุด โดยเกิดจากการตกผลึกของแร่ธาตุจากผิวฟันด้านล่าง หรือไอออนของแร่ธาตุด้านล่างจะเข้ามาทำให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุ ซึ่งน้ำลายไม่สามารถเข้าถึงชั้นนี้ได้ ในชั้นนี้จะสามารถบอกการลุกลามของฟันผุได้ 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 จนเกิดเป็นรอยโรคฟันผุ ในที่สุด การป้องกันฟันผุมี 2 แนวทาง คือ การลดปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เกิดการสลายแร่ธาตุ แนวทางที่สองคือเน้นที่การเพิ่มความต้านทานของฟัน ตัวอย่างเช่น การใช้ฟลูออไรด์ป้องกันฟันผุ การลดรับประทานน้ำตาลและอาหารคาร์โบไฮเดรต หรือการเพิ่มการหลั่งน้ำลาย เป็นต้น อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังไม่มีวิธีใดวิธีหนึ่งที่เฉพาะเจาะจงในการป้องกันฟันผุได้ ดังนั้นจึงต้องอาศัยหลายวิธีร่วมกัน กล่าวคือมีการควบคุมคราบจุลินทรีย์ ให้คนไข้สามารถดูแลช่องปากได้ดีร่วมกับการปรับพฤติกรรมในการบริโภคอาหาร โดยลดการทานอาหารประเภทน้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (23, 24)

ผลการศึกษาจำนวนมากที่สนับสนุนว่าฟลูออไรด์มีผลในการป้องกันฟันผุ โดยบทบาทของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ 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 ฟลูออไรด์เป็นไอออนที่มีสภาพไฟฟ้าเป็นลบสูง และมีความไวในการทำปฏิกิริยากับอะตอมไฮโดรเจน จะเกิดการรวมตัวเป็นไฮโดรฟลูออริก (HF) ในขณะเดียวกันก็มีผลทำให้โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) ในผลึกถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นฟอสเฟตไอออน (PO_4^{3-}) ซึ่งจะต้องมีการนำแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) กลับเข้าไปในผลึกเพื่อทำให้เกิดความเสถียร โดยแคลเซียมที่ได้รับมาจากน้ำลายหรือคราบจุลินทรีย์ ดังนั้นการมีฟลูออไรด์ในคราบจุลินทรีย์ล้อมรอบผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ จะมีผลยับยั้งการสลายแร่ธาตุจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ได้ ในสภาวะที่มีการสร้างกรดจากน้ำตาล (25)

การส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุ

ฟลูออไรด์นอกจากมีผลยับยั้งการสลายแร่ธาตุดังที่กล่าวมาแล้ว ยังพบว่าฟลูออไรด์ยังมีความสามารถในการเร่งกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุ และยังมีการซ่อมแซมผลึกเดิมที่ถูกทำลาย โดยจะเกิดการตกผลึกเป็นฟลูออโรอะพาไทต์ [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$] (26) และมีคุณสมบัติด้านการละลายได้ดีกว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ [$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$] กลไกดังกล่าวเป็นกลไกที่สำคัญเร่งการคืนกลับแร่ธาตุ และยับยั้งการเกิดรอยโรคฟันผุที่เคลือบฟัน เนื้อฟันและรากฟัน (27, 28)

ความต้านทานต่อการสลายแร่ธาตุ

เมื่อฟลูออไรด์สัมผัสกับผิวฟันจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างฟลูออไรด์กับผิวเคลือบฟัน โดยฟลูออไรด์จะเข้าไปแทนที่กลุ่มไฮดรอกไซด์ไอออน (OH) ในโครงสร้างของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ฟลูออไรด์ที่เข้าไปแทนที่จะมีขนาดไอออนที่เล็กกว่ากลุ่มไฮดรอกไซด์ไอออน จึงเกิดผลึกที่เสถียรมากขึ้น เกิดเป็นผลึกฟลูออโรอะพาไทต์ ซึ่งจะแข็งแรงมากกว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์ และมีค่าของ pH วิกฤติของฟลูออโรอะพาไทต์ที่ต่ำกว่า pH วิกฤติของไฮดรอกซีอะพาไทต์ การมีฟลูออไรด์อยู่ในผลึกเคลือบฟันจะทำให้มีการยึดเหนี่ยวระหว่างฟลูออไรด์กับไอออนต่างๆได้แน่นมากขึ้น เนื่องจากฟลูออไรด์เป็นไอออนที่มีสภาพไฟฟ้าเป็นลบสูงจึงทำให้เกิดการยึดจับระหว่างไอออนได้ดี และเป็นผลให้เคลือบฟันมีสภาพเป็นผลึก (crystallinity) มากขึ้น เป็นผลให้ความต้านทานต่อการละลาย หรือการสลายแร่ธาตุจากกรดมากกว่าผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (29)

เคลือบฟันในธรรมชาติจะมีการกระจายของฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงที่บริเวณผิววนอกสุดของเคลือบฟันชั้นนอก และจะมีปริมาณลดน้อยลงที่ผิวเคลือบฟันชั้นใน โดยระดับฟลูออไรด์จะลดลงอย่างรวดเร็วที่ความลึกระดับ 10-50 ไมครอน ระดับฟลูออไรด์ยังแปรผันตามอายุ การสึกจากการบดเคี้ยว (attrition) การรับประทานน้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์ เป็นต้น มีการศึกษาได้เสนอแนะว่าการใช้ฟลูออไรด์ทางระบบ (systemic fluoride) มีผลเพิ่มปริมาณในเคลือบฟันไม่มากพอต่อการป้องกันการสลายแร่ธาตุ จึงต้องมีการใช้ฟลูออไรด์เสริมเฉพาะที่ (topical fluoride) ด้วย

ผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

ฟลูออไรด์มีผลต่อเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียได้ทั้งในระดับเซลล์และไบโอฟิล์ม โดยจะมีผลต่อกระบวนการไกลโคไลซิสของน้ำตาล การยับยั้งเอนไซม์ต่างๆของ colonization ของแบคทีเรีย และการลำเลียงของแคลเซียมไอออน เป็นต้น (30) ในสภาวะที่เป็นกรด ฟลูออไรด์ไอออนจะรวมกับไฮโดรเจนไอออน เกิดเป็นไฮโดรฟลูออริก ซึ่งไม่มีประจุและสามารถผ่านเข้าเซลล์ของแบคทีเรียได้ เมื่อเข้าเซลล์ของแบคทีเรีย จะเกิดการสลายให้ไฮโดรเจนไอออน และฟลูออไรด์ไอออน ทั้งนี้เนื่องจาก pH ภายในเซลล์มีค่าสูงกว่า pH นอกเซลล์ ฟลูออไรด์จะมีผลโดยตรงต่อระบบภายในเซลล์แบคทีเรีย เช่น ฟลูออไรด์ทำยับยั้งเอนไซม์ อินอเลส (enolase) เป็นผลให้ยับยั้งการนำน้ำตาลเข้าเซลล์และมีผลให้สร้างกรดน้อยลง ทำให้ฤทธิ์ของแบคทีเรียลดลง (31)

ซีเมนต์ยึดแถบรัดฟัน

จากอดีตถึงปัจจุบันมีการมีการพัฒนาซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันมาหลายชนิด ดังนี้

1. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement)

เป็นซีเมนต์ที่มีการนำใช้กว่าหนึ่งศตวรรษ นับเป็นซีเมนต์ชนิดแรกที่ได้รับพัฒนาขึ้นมาเป็นกาวยึดทางทันตกรรม (luting cement) และมักใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับซีเมนต์ตัวใหม่ๆที่ได้ผลิตขึ้นมาสำหรับใช้งาน ซีเมนต์ซิงค์ฟอสเฟตมักถูกผลิตออกมาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผง และส่วนน้ำ ซึ่งมีส่วนประกอบแต่ละส่วนดังตารางที่ 1 (32)

ในช่วง 24 – 48 ชั่วโมงแรกของการก่อตัวของซีเมนต์จะมีความเป็นกรดสูง (pH 4.2) ซึ่งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในได้ จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่ค่อยได้รับความนิยมในพื้นที่ยังมีชีวิตอยู่ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์มีคุณสมบัติละลายตัวสูง ไม่มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และมีความแข็งแรงต่ำ เมื่อเทียบกับซีเมนต์ชนิดอื่นๆ ด้วยเหตุนี้ทำให้ได้รับความนิยมน้อยลงในปัจจุบัน แต่ยังคงมีการนำมาใช้บ้างในการยึดครอบฟันโลหะ และการยึดแถบรัดฟัน (33)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

Powder	Zinc oxide > 75% Magnesium oxide 13%
Liquid	Phosphoric acid 38% - 59% Water 30% - 55% Aluminum phosphate 2% - 3% Zinc phosphate 0% - 10%

2. ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (zinc polycarboxylate cement) (34, 35)

ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ถูกพัฒนาโดย Smith ในปี 1968 มีส่วนประกอบคือ ผงซิงค์ออกไซด์ เช่นเดียวกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และส่วนน้ำคือกรดโพลีอัลคิโนลิก (polyalkenolic acid) การผสมคือนำส่วนผงมาผสมกับส่วนเหลว ใช้เวลาผสมประมาณ 30 - 60 วินาที เวลาบ่มตัวของวัสดุประมาณ 7 นาที แต่ถ้าใช้แท่งแก้ว (glass lab) ที่เย็น จะใช้เวลาผสมได้นานขึ้น ต่อมาได้มีการพัฒนาซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ชนิดแคปซูล เพื่อควบคุมอัตราส่วนของผงส่วนผงและส่วนเหลวและสะดวกต่อการใช้งาน ทำให้ซีเมนต์มีคุณสมบัติคงที่

ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์มีค่า pH ที่ต่ำในระหว่างการบ่มตัว และมีน้ำหนักโมเลกุลมาก (high molecular weight) ซึ่งโมเลกุลที่ใหญ่นี้สามารถป้องกันการแทรกซึมของกรด (acid penetration) เข้าไปในเนื้อฟันได้ เมื่อซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์แข็งตัวจะมีความแข็งแรงกดอัด (compressive strength) ต่ำกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ แต่มีความแข็งแรงดึง (tensile strength) ที่สูงกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และทนต่อกรดได้ต่ำ (low acid resistance)

3. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุทางทันตกรรมที่เริ่มนำมาใช้ตั้งแต่ปี 1971 คิดค้นโดย Wilson และ Kent (36) เป็นวัสดุที่นำคุณสมบัติที่ดีของซิลิเกตซีเมนต์ (silicate cement) ที่สีเหมือนฟัน และซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ซึ่งสามารถยึดติดกับฟันได้ด้วยพันธะเคมี นอกจากนั้นยังไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อใน (pulpal issue) อีกด้วย กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ส่วนเหลว และส่วนผง (32)

ส่วนเหลว คือ กรดโพลีอะคริลิก ตัวเริ่มปฏิกิริยา (initiator) สารเชื่อมขวาง (cross-linking agent) จำพวก กรดไอทาโคนิก (itaconic acid) กรดมาเลอิก (maleic acid) หรือ กรดไตรคาร์บอกซิลิก (tricarboxylic acid) เพื่อป้องกันการก่อตัวเป็นเจลซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานน้อยลง ส่วนผง คือ แก้วฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกต (fluoroaluminosilicate glass) ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น อะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminium oxide) และซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide) นอกจากนั้นยังมีแคลเซียม โซเดียม โปแตสเซียม สตรอนเทียมฟลูออไรด์ และฟอสเฟต เป็นองค์ประกอบในส่วนผงอีกด้วย เนื่องจากในช่วงแรกพบว่า วัสดุมีระยะเวลาการก่อตัวที่นานเกินไป จึงมีการนำกรดทาร์ทาริก (tartaric acid) มาใช้เป็นส่วนประกอบในส่วนเหลว เพื่อช่วยให้วัสดุมีระยะเวลาการทำงานที่นานขึ้นและระยะเวลาการก่อตัวสั้นลง (37)

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมเป็นวัสดุที่อาศัยน้ำในปฏิกิริยาการแข็งตัว (water-based material) เกิดจากการเข้าทำปฏิกิริยากันของ กรดโพลีอะคริลิก กับแก้ว ในส่วนกรดจะกัดกร่อนผิวของแก้ว และปลดปล่อยไอออนของ แคลเซียม อะลูมิเนียม โซเดียม และฟลูออไรด์ออกมา โดยอาศัยน้ำที่อยู่ในส่วนประกอบเป็นตัวกลาง โดยไอออนของโลหะจะเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิลบนสายโซ่โมเลกุลของกรด และเกิดการเชื่อมขวางเป็นซีเมนต์เมทริกซ์ขึ้น ส่วนผิวของแก้วที่ถูกกัดกร่อนจะถูกคลุมด้วยซิลิกาเจล (silica-rich gel) โดยอนุภาคของแก้วจะกระจายอยู่ในเมทริกซ์ และทำหน้าที่เป็นวัสดุอัดแทรก (filler) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยากรด-ด่าง” (acid-base reaction) (32) ซึ่งปฏิกิริยาการก่อตัวในระยะเริ่มแรกจะเกิดขึ้นภายใน 4 นาที แต่ที่จริงแล้วการก่อตัวยังคงดำเนินต่อไปอย่างช้าๆ โดยใช้หลายเดือน จึงจะก่อตัวสมบูรณ์ และมีเสถียรภาพ เนื่องจากยังมีอะลูมิเนียมไอออนที่ถูกปลดปล่อยออกมาช้าๆ และค่อยๆ ทำปฏิกิริยากับหมู่คาร์บอกซิล (38, 39) ในช่วงแรกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหนึ่งชั่วโมงแรก วัสดุมีความไวต่อการสูญเสียน้ำและดูดน้ำ จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้สัมผัสกับน้ำ น้ำลาย และความชื้น หากมีการปนเปื้อนความชื้น จะทำให้เกิดการสูญเสียไอออน ทำให้พื้นผิววัสดุมีความอ่อนแอ และเกิดการสูญเสียน้ำออกจากวัสดุในเวลาต่อมาได้ (40)

ในทางทันตกรรมจัดฟัน และทันตกรรมสำหรับเด็ก กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นสารเชื่อมยึด (luting material) ที่ได้รับความนิยมสำหรับใช้ในการยึดวัสดุทางทันตกรรมจำพวก แอบริดฟัน และแบร็กเกต เนื่องจากมีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ ซึ่งให้ผลในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการคืนกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้ (41) จากการศึกษาทางคลินิกแสดงให้เห็นว่า กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมสำหรับยึดแอบริดฟัน มีอัตราการยึดติดดีกว่า ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (42) และซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (43)

แม้ว่าซีเมนต์ชนิดนี้มีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในฟันที่ยึดด้วยแถบรัดฟันได้ แต่จากการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและทางคลินิกพบว่าซีเมนต์จะให้แรงยึดติดกับผิวเคลือบฟันมากกว่าแรงยึดติดกับเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) เป็นผลทำให้เกิดความล้มเหลวของการยึดติดในบริเวณรอยต่อระหว่างแถบรัดฟันและซีเมนต์ (44, 45) และทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแถบรัดฟันกับผิวฟันตามมา อันเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของคราบจุลินทรีย์ และมีผลทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวฟันได้ต่อแถบรัดฟันได้

4. เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ (resin modified glass ionomer cement)

เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นการพัฒนาคุณสมบัติของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมให้มีคุณสมบัติที่ดีมากขึ้น โดยการเติมส่วนที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันลงในกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ซึ่งสามารถทำได้สองวิธี คือ การเติมสารไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลท (hydroxyethyl methacrylate) หรือ ฮีมา ลงไปในส่วนเหลว หรือการสังเคราะห์สายโซ่ของกรดพอลิอัสซีนอิกให้มีหมู่ฟังก์ชันที่จะเกิดพอลิเมอไรเซชัน (polymerization) ได้ ซึ่งการที่เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มีทั้งส่วนประกอบที่คล้ายกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และส่วนที่เป็นเรซินคอมโพสิต ทำให้เมื่อผสมส่วนผงกับส่วนเหลว จะเกิดปฏิกิริยากรด-ด่าง ขึ้นทันที และสามารถเกิดปฏิกิริยาไปอย่างต่อเนื่องหลังจากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแล้ว สำหรับปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเกิดได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารริเริ่ม (initiator) ได้แก่ การเกิดพอลิเมอไรเซชันจากการกระตุ้นด้วยแสง (light cured polymerization) และการเกิดพอลิเมอไรเซชันจากปฏิกิริยาเคมี (chemical cured polymerization) (32)

ในระยะแรกเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ถูกผลิตออกมาเป็นสองส่วนคือส่วนผงและส่วนน้ำ ผู้ใช้ต้องทำการผสมเอง ซึ่งทำให้มีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย ทั้งจากการตวงส่วนผง และน้ำ และจากวิธีการผสม จึงมีการผลิตเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดหลอดขึ้น เพื่อสะดวกในการใช้งาน และได้ซีเมนต์ที่ผสมกลมกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน

สำหรับเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดหลอดที่ใช้สำหรับยึดแถบรัดฟันและยึดแบร็กเก็ตที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ ฟุจิวโธแบนด์เพสต์แพค (Fuji Ortho Band Paste Pak®) (46) ซึ่งประกอบด้วย 2 หลอด (paste-paste resin-reinforced glass ionomer cement) คือ หลอดสีฟ้า และหลอดสีขาว โดยหลอดสีฟ้าประกอบด้วย ฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาส, ไดเมทอะคริเลท (dimethacrylate) และไฮดรอกซีเอทิลเมทาคริเลท (2-hydroxyethylmethacrylate, HEMA) หลอดสีขาวประกอบด้วย กรดโพลีอะคริลิก

น้ำกลั่น ซิลิโคนไดออกไซด์ และสารริเริ่ม (initiator) ปฏิริยาการก่อตัวของซีเมนต์ชนิดนี้ ประกอบด้วย 2 ปฏิริยา คือ ปฏิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) คล้ายกับซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม และการเกิดพอลิเมอร์เซชันจากปฏิริยาเคมี

รีไลเอกซ์ลูตติ้งพลัสซีเมนต์ (RelyX™ Luting Plus Cement, 3M ESPE) สำหรับยึดครอบฟันและแถบรัดฟัน เป็นอีกผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาในรูปแบบหลอด มีจำนวน 2 หลอด หลอดแรกประกอบด้วย ฟลูออโรอะลูมินอซิลิเกตกลาส น้ำ ไฮดรอกซีเอทิลเมตาคริเลท ตัวเร่งปฏิริยารีดอกซ์ (redox catalyst) และสารทำให้ทึบแสง (opacifier) หลอดที่สองประกอบด้วย กรดเมตาคริเลท โพลีอัลคิโนอิก (methacrylated polyalkenoic acid) น้ำ ไฮดรอกซีเอทิลเมตาคริเลท บิสจีเอ็มเอ (bisGMA) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulfate) และเซอร์โคเนียซิลิกาฟิลเลอร์ (zirconia silica filler)

จากการศึกษาของ Tantbiroj และคณะ ในปี 2005 พบว่าเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ที่มากกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และให้ผลยับยั้งการเกิดรอยผุในผิวเนื้อฟันด้านข้างของซีเมนต์ได้ดีกว่าวัสดุประเภทเรซินคอมโพสิต ที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบวัสดุ (9)

5. โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin)

โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน หรือคอมโพเมอร์ (compomer) ถูกนำมาใช้สำหรับการยึดแถบรัดฟันเมื่อไม่นานมานี้ โดยผลิตมาในบรรจุภัณฑ์ชนิดหนึ่งหลอด ซึ่งทำให้สะดวกต่อการใช้งาน กำจัดปัญหาเกี่ยวกับการผสมได้ไม่กลมกลืน ส่วนประกอบหลักคือ อะลูมินอซิลิเกตกลาส (aluminosilicate glass) ผสมกับคาร์บอกซิลโมดิไฟด์เรซินโมโนเมอร์ (carboxyl-modified resin monomers) และเรซินโมโนเมอร์ที่บ่มตัวได้ด้วยแสง (light-activated conventional resin monomers) การที่รวมส่วนประกอบดังกล่าวอยู่ด้วยกัน แต่ยังไม่เกิดการบ่มตัวของซีเมนต์ด้วยปฏิริยากรด-ด่าง (acid-base reaction) เนื่องจากวัสดุไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ แต่ต้องอาศัยแสงเป็นตัวกระตุ้น เมื่อคอมโพเมอร์แข็งตัวด้วยแสงแล้ว จะสามารถดูดน้ำเข้าไปในตัววัสดุได้ ทำให้เกิดปฏิริยากรด-ด่างอย่างช้าๆ ปฏิริยาที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งผลเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ แต่จะทำให้เกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ และไอออนต่างๆ จากส่วนของอะลูมินอซิลิเกตกลาส ส่งผลให้เป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการเกิดฟันผุได้ (47) จากการศึกษาพบว่า คอมโพเมอร์ให้ความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ที่ดีกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม (48) และมีอัตราความล้มเหลว (failure rate) ที่ไม่ต่างกัน (49) ซีเมนต์ประเภทโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน ที่ขายในท้องตลาดมีหลายยี่ห้อ เช่น Ultra Band-Lok® และ Transbond Plus® เป็นต้น

วิธีวัดการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนแร่ธาตุของฟัน

1. วิธีไมโครเรดิโอกราฟี (microradiograph)

Transverse microradiography (TMR) เป็นวิธีที่ใช้เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุจากการสูญเสียแร่ธาตุ และการคืนกลับแร่ธาตุมาเป็นระยะเวลายาวนาน และถือเป็นวิธีมาตรฐาน (gold standard) สำหรับวัดการสูญเสียของแร่ธาตุ และการคืนกลับของแร่ธาตุในรอยผุระยะเริ่มแรก (incipient carious lesion) (50, 51) และมักใช้ในการเปรียบเทียบ (comparison) และการตรวจสอบ (validation) เทคนิคใหม่ๆ ที่ถูกคิดค้นมา (50) การวัดต้องเตรียมชิ้นฟันตัวอย่างให้หนาประมาณ 100 ไมโครเมตร (μm) ก่อนถ่ายภาพรังสีสเต็ป-เวดจ์ (step wedge) เพื่อใช้ในการอ้างอิง จากนั้นใช้ไมโครสโคปเดนสิโตมิเตอร์ (microscope densitometer) วัดปริมาณแร่ธาตุ ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแร่ธาตุที่สูญเสียไปจากค่าความแตกต่างของพื้นที่ปริมาณแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันปกติกับผิวเคลือบฟันของรอยผุ (52) เทคนิคนี้จัดเป็นวิธีมาตรฐาน เนื่องจากมีคุณสมบัติในการวัดปริมาณ และการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในระดับใต้พื้นผิวฟันได้ (53) ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ ต้องทำลายชิ้นตัวอย่าง (destructive) และใช้เวลาในการวัดค่อนข้างมาก โดยต้องเตรียมชิ้นตัวอย่างให้หนาเพียง 100 μm ตัวชิ้นงานต้องมีพื้นผิวที่มีความเรียบที่ชัดเจน เพื่อให้วัดได้ถูกต้อง นอกจากนั้นการที่ผิวเนื้อฟันแห้งมากจะทำให้รอยผุเกิดการหดตัว (shrinkage) ส่งผลให้ไม่สามารถบอกตำแหน่งของผิวเนื้อฟันเริ่มต้นได้ เราสามารถป้องกันการหดตัวของรอยผุได้ด้วยการฝังชิ้นงานในวัสดุจำพวกเซลโลฟอน (cellophane-type material) เป็นต้น หรืออาจทำการคาดคะเนจากตำแหน่งของเนื้อฟันปกติที่อยู่ด้านข้างต่อรอยผุได้ แต่เป็นวิธีที่ไม่ค่อยแม่นยำนัก (50) แม้ว่าวิธีนี้จะเป็วิธีมาตรฐาน แต่ด้วยข้อจำกัดหลายประการดังกล่าว จึงไม่อาจนำมาเป็นทางเลือกแรกสำหรับการวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุได้ (54)

2. กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (polarized light microscope)

กล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งสำหรับการศึกษาในเนื้อเยื่อแข็ง (hard tissue) แต่มักใช้กับงานวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative method) (50) โดยต้องมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างให้มีความหนาระหว่าง 50 – 100 ไมครอน (51) วิธีนี้มีขั้นตอน และใช้เวลามากกว่าวิธีไมโครเรดิโอกราฟี แต่มีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่า (55) ถึงแม้ว่าเป็นวิธีที่สามารถวัดความลึกของรอยโรค (lesion depth) ได้อย่างแม่นยำ แต่ไม่สามารถวัดปริมาณแร่ธาตุที่สูญเสียไปได้ดีเท่ากับการวัดด้วยวิธีไมโครเรดิโอกราฟี จึงมีการแนะนำให้ใช้ในกรณีต้องการวัดความลึกของรอยโรคและไม่จำเป็นต้องประเมินการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแร่ธาตุ (50, 55, 56)

3. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (micro-computed tomography)

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟีถูกผลิตขึ้นมาในทศวรรษที่ 1970 เป็นวิธีการสแกนชิ้นงานออกมาเป็นภาพสามมิติ โดยไม่ต้องทำลายหรือตัดแบ่งชิ้นตัวอย่างให้มีความบางมาก สามารถนำมาติดตามการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในเนื้อเยื่อแข็งได้ ส่วนใหญ่นิยมใช้ในการวัดความหนาแน่นของแร่ธาตุ (mineral density) และศึกษาอวัยวะจำพวกเนื้อเยื่อแข็ง เช่น กระดูกและฟัน เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี แบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ คือ ชนิดที่ใช้แหล่งกำเนิดแสงซินโครตรอน (synchrotron radiation micro-CT) ซึ่งให้ลำรังสีเอกซ์ความยาวคลื่นเดียว (parallel monochromic X-ray beam) และ commercial หรือ desktop micro-CT ที่ให้เป็นลำรังสีเอกซ์หลายความยาวคลื่น (polychromatic X-ray) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้หาความหนาแน่นของแร่ธาตุของเนื้อเยื่อแข็ง เช่น ผิวเคลือบฟัน เป็นต้น (57) เนื่องจากเทคนิคนี้ให้ข้อมูลออกมาเป็นภาพสามมิติ และเป็นวิธีที่ไม่ทำลายชิ้นตัวอย่าง จึงนับว่าเป็นวิธีที่ดีกว่าการวัดด้วยวิธีไมโครเรดิโอกราฟีซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน (57) แต่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง ใช้เวลาในการสแกนนาน ต้องใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลและมีวิธีการคำนวณค่าความหนาแน่นแร่ธาตุที่มีความซับซ้อน (58)

4. เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น (QLF)

เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น หรือ quantitative light-induced fluorescence (QLF) เป็นอีกเทคนิคที่นำมาใช้ตรวจรอยโรคฟันผุในระยะเริ่มแรก และใช้ติดตามรอยโรคฟันผุ เนื่องจากไม่ต้องทำลายชิ้นตัวอย่าง โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงสีม่วงฟ้า (violet-blue light) กระตุ้นฟันให้มีการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ จากนั้นตัวรับจะประมวลสร้างเป็นภาพขึ้น (59)

เทคนิค QLF อาศัยหลักการที่ฟันสามารถเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ได้ตามธรรมชาติ (natural fluorescence) หากมีการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันจะทำให้เคลือบฟันบริเวณนั้นมีความสามารถในการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการกระเจิงของแสงกระตุ้นเมื่อผ่านบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ ทำให้แสงผ่านลงไปที่ยอต่อระหว่างรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟันน้อยลง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีคุณสมบัติในการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนส์ออกมา นอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากแสงฟลูออเรสเซนส์ที่สะท้อนจากรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน เกิดการกระเจิงเมื่อผ่านบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันเกิดขึ้น ทำให้แสงฟลูออเรสเซนส์ที่ปรากฏในบริเวณนั้นลดลง ดังนั้นการคงอยู่ของรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเนื้อฟัน หรือเนื้อฟันข้างใต้รอยผุจึงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัดความแตกต่างของฟลูออเรสเซนส์บริเวณรอยผุกับผิวเคลือบฟันปกติได้ (60)

การคำนวณหาปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ลดลงในบริเวณที่มีการสูญเสียแร่ธาตุ สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบกับปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันปกติ โดยรอบของรอยโรคจากภาพถ่าย (16) โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์จะพิจารณาว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเมื่อบริเวณที่ทำการทดสอบมีปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์น้อยกว่าปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์ของผิวเคลือบฟันปกติตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป (17, 61)

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีวัดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน ระหว่างการวัดด้วยตาและเครื่อง QLF ในฟันจำนวน 13 ซี่ที่เข้ในสารละลายที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ โดยทำการวัดทั้งสองวิธีที่เวลา 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่าการวัดด้วยเครื่อง QLF สามารถบอกความแตกต่างของการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 50 สำหรับการวัดด้วยตาในช่วง 144 ชั่วโมงแรกไม่พบว่าการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้น แต่ในระหว่างชั่วโมงที่ 150 – 300 สามารถตรวจพบว่าการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้นจำนวน 5 ซี่จาก 13 ซี่ และเมื่อครบ 350 ชั่วโมง สามารถตรวจพบว่าการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันขึ้นจำนวน 8 ซี่จาก 13 ซี่ ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า เทคนิค QLF เป็นวิธีที่สามารถตรวจพบรอยโรคฟันผุในระยะเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตาโดยไม่ต้องทำลายชิ้นตัวอย่าง (17) อีกทั้งยังสามารถใช้วิเคราะห์ได้แม้มีการเปลี่ยนแปลงของแร่ธาตุในปริมาณเล็กน้อย (62, 63) จึงนิยมนำมาใช้ในการวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคฟันผุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางคลินิก ที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับการตรวจรอยโรคฟันผุด้วยวิธีพื้นฐานต่างๆ ได้ เช่น การตรวจด้วยตา หรือการสัมผัส เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ขึ้นอยู่กับผู้วัดแต่ละคน (subjective) และมีข้อจำกัดสำหรับการวินิจฉัยรอยโรคระยะเริ่มแรกที่ยังไม่ผุเป็นรู ส่งผลให้การวินิจฉัยล่าช้า (64) จากคุณสมบัติดังกล่าวของเทคนิค QLF ทำให้ทันตแพทย์สามารถเข้ามาตรวจการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุและส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุบริเวณรอยโรคได้ทันทั่วทั้งที่ ลดความจำเป็นในการบูรณะฟันในอนาคตลงได้ (65)

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคนิค QLF เป็นระบบดิจิทัล หรือ QLF-D โดยพัฒนาให้มีลำแสงสีน้ำเงิน (405 nm) ที่แคบ และใช้กล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิทัลที่มีความจำเพาะสูง (high-specification DSLR camera) (66) สามารถใช้ถ่ายภาพที่ข้างแกือ้ทำฟันได้แต่ต้องอยู่ในห้องมืด จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยผู้ใช้งานทำการเลือกพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยโปรแกรมจะพิจารณาว่าเกิดการสูญเสียแร่ธาตุเมื่อบริเวณรอยผุมีการลดลงของแสงฟลูออเรสเซนส์เมื่อเทียบกับผิวเคลือบฟันปกติ โดยรอบ มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 5 (17, 61) และจะประมวลผลออกมาจำนวน 4 ค่า (67, 68) ดังนี้

1. ร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ (ΔF , %)
2. ร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์สูงสุด (ΔF_{\max} , %)
3. พื้นที่ที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุเป็นตารางพิกเซล (Area, Px^2) และ
4. ปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ , $\%Px^2$) ซึ่งได้จากการนำค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนส์ (ΔF , %) คูณกับค่าพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าค่า ΔF มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความลึกของรอยผุในฟันก่อนและหลังการได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ ซึ่งวัดได้ด้วยเทคนิค polarized light microscopy โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) เท่ากับ -0.94 และ -0.90 สำหรับความลึกรอยผุก่อนและหลังการรักษาตามลำดับ (69) ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการสูญเสียแร่ธาตุไปมากขึ้น ค่า ΔF ที่วัดได้จะเป็นลบมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Gmür และคณะ (2006) (70) ซึ่งพบว่าค่าการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่วัดได้ด้วยเทคนิค QLF มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความลึกของรอยผุที่วัดได้ด้วยเทคนิค transverse microradiography โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ -0.82 อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔF_{\max} , ΔQ และ Area ที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง QLF-D ต่อการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยผุที่ผิวเคลือบฟัน

แม้ในปัจจุบันจะมีหลายการศึกษาที่ใช้เครื่อง QLF เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคฟันผุทั้งในห้องปฏิบัติการ (67, 71, 72) และทางคลินิก (73) แต่มีการศึกษาไม่มากนักที่นำเครื่อง QLF-D ซึ่งเป็นรุ่นที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่มาใช้วัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยโรคฟันผุ (65, 74)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมาย (Target population) ได้แก่ ฟันที่ปราศจากรอยผุ

ประชากรตัวอย่าง (Sample population) ได้แก่ ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่หนึ่ง หรือสอง ของมนุษย์ซึ่งปราศจากรอยร้าว รอยผุ วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (Study sample) ได้แก่ ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่หนึ่ง หรือสองของมนุษย์ที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าในการเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

ฟันที่ใช้ในการศึกษาได้รับจากโรงพยาบาลพนมดงรักเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ซึ่งถูกถอนด้วยเหตุผลในการรักษาทางทันตกรรมมาแล้วไม่เกิน 6 เดือน และแช่ในน้ำยาไทมอลเข้มข้น 0.1 % โดยทันตแพทย์ผู้ให้การรักษาได้อธิบายให้ผู้ป่วยทราบถึงวัตถุประสงค์ในการเก็บฟันและได้รับอนุญาตจากผู้ป่วยก่อน รวมทั้งได้รับการยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้อำนวยการโรงพยาบาลฯ โดยผ่านการอนุมัติจากที่ประชุมคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 25/2018 ดังเอกสารแนบในภาคผนวก

เกณฑ์การคัดฟันตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยแท้บน ซี่ที่หนึ่ง หรือสองของมนุษย์ ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่พบรอยร้าว รอยผุ วัสดุบูรณะ หรือความผิดปกติของผิวฟัน เช่น ฟันตกกระ (dental fluorosis) หรือการสะสมแร่ธาตุไม่สมบูรณ์ (hypoplasia) หลังจากทำการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) และทำการตรวจสอบด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล (Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital: QLF-D) ว่าไม่มีการสูญเสียการเกิดแสงฟลูออเรสเซนส์ที่ผิวเคลือบฟัน

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การศึกษานี้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่ยอมรับทั้งที่สมมติฐานเป็นจริง (type-I error, α) เท่ากับ 0.05 และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับทั้งที่สมมติฐานไม่เป็นจริง (type-II error, β) เท่ากับ 0.1 โดยคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (effect size) และจำนวนกลุ่มตัวอย่างสำหรับการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 7 กลุ่ม ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป G Power เวอร์ชัน 3.1.9.2

การศึกษานี้อ้างอิงค่าเฉลี่ยของร้อยละการสูญเสียแร่ธาตุจากการศึกษาของ Behnan และคณะ (2010) (71) ซึ่งเปรียบเทียบผลของการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันโดยรอบแบร์กเกตที่ยึดด้วยซีเมนต์ที่ใช้สารเคลือบผิวฟันต่างชนิดกัน เมื่อวัดด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น (QLF) พบว่าฟันที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดโพลีแอซิโดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน (Tranbond XT[®]) และใช้ฟลูออไรด์วานิชเป็นสารเคลือบผิวฟัน จำนวน 20 ซี่ มีค่าเฉลี่ยของร้อยละการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน เท่ากับ -19.7 ± 3.5 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มควบคุมซึ่งยึดด้วย Tranbond XT[®] จำนวน 20 ซี่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของร้อยละการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟัน เท่ากับ -29.6 ± 8.2

จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.60 และคำนวณกลุ่มตัวอย่างสำหรับการเปรียบเทียบจำนวน 7 กลุ่ม ได้เท่ากับ 8 ซี่ต่อกลุ่ม ผู้วิจัยได้ประมาณการสูญเสียฟันตัวอย่างก่อนสิ้นสุดการทดลองที่ร้อยละ 20 ดังนั้นการศึกษานี้จึงกำหนดฟันตัวอย่างเท่ากับ 10 ซี่ต่อกลุ่ม

สิ่งแทรกแซง (intervention)

1. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (zinc phosphate cement)
2. ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ (zinc polycarboxylate cement)
3. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (conventional glass ionomer cement)
4. เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผง-น้ำ (powder-liquid - resin modified glass ionomer cement)
5. เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด (paste-paste - resin modified glass ionomer cement)
6. โพลีแอซิโดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน (polyacid-modified composite resin)

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย (materials and instruments)

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- a. เครื่องควมแอลเอฟ - ดี (quantitative light-induced fluorescence digital: QLF-D Biluminator™ 2 model, Inspektor Research BV, Amsterdam, The Netherlands)
- b. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของฟลูออเรสเซนส์ (QA2 v1.21, Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands)
- c. เครื่องขัดผิววัสดุ (Polishing machine, DPS 3200, Imptech)
- d. กระดาษทรายน้ำความละเอียด 800 กริท
- e. เครื่องเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ชนิดดิจิทัล (verneir caliper digital)
- f. กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (stereo Microscope, SZ61 Series, Olympus)
- g. เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ (shaker incubator, Stuart Scientific Ltd., UK)
- h. โปรแกรมสำเร็จรูป เอสพีเอสเอสเวอร์ชัน 16 (SPSS version 16.0, SPSS inc., USA)
- i. เครื่องเชื่อมแถบบัดฟัน (welder)
- j. เครื่องฉายแสง
- k. ภาชนะสำหรับใส่น้ำยาแช่ฟัน
- l. ขวดสำหรับฉีดยาน้ำล้างฟัน
- m. เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH Meter, 420A, ORION, USA)
- n. เทปกาว (Scotch®, USA)
- o. ซิลิโคนชนิดพุดตี้ (Exaflex, GC America, USA)
- p. นาฬิกาจับเวลา

2. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- a. สารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (demineralization solution) ผลิตโดยภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (pH 4.4) ประกอบด้วย
 - i. โซเดียม ไดไฮโดรเจน ฟอสเฟต (sodium dihydrogen phosphate) 2.2 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)
 - ii. แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) 2.2 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)

- iii. กรดอะซิติก (acetic acid) 50 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)
- b. สารละลายน้ำลายเทียม (artificial saliva) สูตรไม่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์ ผลิตโดยภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (pH 7.0) ประกอบด้วย
 - i. โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) 20 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)
 - ii. โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (sodium dihydrogen phosphate) 3 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)
 - iii. แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) 1 มิลลิโมลต่อลิตร (mmol/L)
- c. ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ยี่ห้อ Zinc Cement Improve® (S.S. White Group, Gloucester, UK) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์
- d. ซิงค์โพลีคาร์บอเนตซีเมนต์ ยี่ห้อ Hy-Bond Polycarboxylate Cement® (Shofu Dental, Kyoto, Japan) ชนิดที่มีส่วนผสมของฟลูออไรด์
- d. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม ยี่ห้อ Hy-Bond Glasionomer CX® (Shofu Dental, Kyoto, Japan)
- e. เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดผง-น้ำ ยี่ห้อ Fuji Ortho LC® (GC Corporation, Tykyo, Japan)
- f. เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิดสองหลอด ยี่ห้อ Fuji Ortho Band Paste Pak® (GC Corporation, Tykyo, Japan)
- g. โพลีแอสिटมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน ยี่ห้อ Ultra Band-Lok® (Reliance Orthodontic Products, Itasca, IL, USA)
- e. สารไทมอล ความเข้มข้น 0.1% (0.1% thymol solution)
- f. น้ำปราศจากไอออน (deionized water)
- g. น้ำกลั่น (distilled water)
- h. ผงขัดฟันชนิดไม่มีฟลูออไรด์
- i. น้ำยาทาเล็บ (Revlon, New York, USA)
- j. เรซิน และแบบหล่อ (Mold)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของซีเมนต์ที่ใช้ศึกษา

ชนิดซีเมนต์	บริษัทผู้ผลิต Lot No.	ส่วนประกอบ	
Zinc Cement Improved®	S.S. White Group, Gloucester, UK Lot (powder): 626321 Lot (liquid): 1016211	Powder	- zinc oxide - magnesium oxide - silicon dioxide
		Liquid	- aluminum - zinc - phosphoric acid - phosphoric acid combined with aluminum/zinc
Hy-Bond Polycarboxylate Cement®	Shofu Dental, Kyoto, Japan Lot: 101701	Powder	- zinc oxide >80% - magnesium oxide
		Liquid	- copolymer of acrylic acid and tricarboxylic acid - deionized water - tartaric acid
Hy-Bond Glasionomer CX®	Shofu Dental, Kyoto, Japan Lot: 021702	Powder	- fluoroalumino-silicate glass, HY agent, pigments
		Liquid	- acrylic acid-tricarboxylate acid co-polymer solution - tartaric acid - others
Fuji Ortho LC®	GC Corporation, Tokyo, Japan Lot: 1710041	Powder	- alumino-silicate glass (100%) - polyacrylic acid (20 - 22%) - 2-hydroxyethyl methacrylate (35 - 40%) - proprietary ingredient (5 - 15%)
		Liquid	- 2,2,4, trimethyl hexamethylene dicarbonate (5 - 7%) - triethylene glycol dimethacrylate (4 - 6%)
Fuji Ortho Band Paste Pak®	GC Corporation, Tokyo, Japan Lot: 1805182	Paste A	- fluoroaluminosilicate glass - hydroxyethyl methacrylate - dimethacrylate - pigment, initiator
		Paste B	- polyacrylic acid, distilled water - silica powder - initiator
Ultra Band-Lok®	Reliance Ortho Prod, IL, USA Lot: 184441	Paste	- SG-355RG4000CMP3 (30 - 50%) - BisGMA (10 - 30%) - Barium monoxide (3.9 - 6.5%) - 2-hydroxyethyl methacrylate (1 - 5%) - 3-(trimethoxysilyl) propyl-2-methyl-2-propenoic acid (0.2 - 3.9%)

แผนผังแสดงวิธีดำเนินงานวิจัยโดยสังเขป

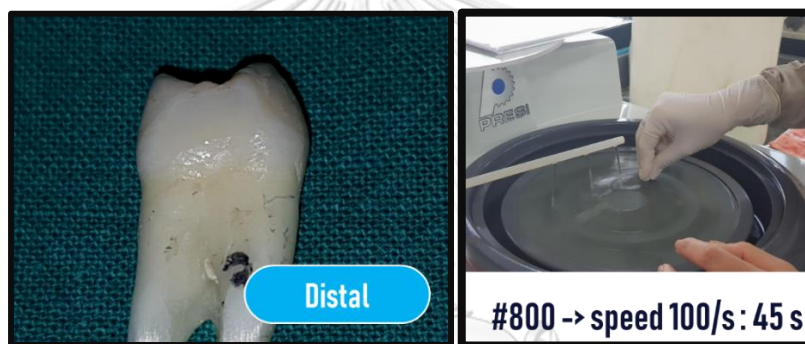


วิธีดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมฟัน

เตรียมฟันที่ผ่านเกณฑ์คัดฟันตัวอย่างจำนวน 70 ซี่ ทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด กำจัดคราบสี หินน้ำลาย และเนื้อเยื่อออกจากตัวฟัน จากนั้นขัดฟันด้วยผงขัดชนิดปราศจากฟลูออไรด์ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น

ขัดผิวเคลือบฟันตัวอย่างให้ได้ระนาบ ที่บริเวณกึ่งกลางฟันด้านไกลกลาง ด้วยกระดาษทรายน้ำละเอียด 800 grit ร่วมกับเครื่องขัดฟันความเร็ว 100 รอบต่อวินาที เป็นเวลา 45 วินาที เพื่อให้พื้นผิวด้านประชิดมีลักษณะเรียบเสมอกัน และเพื่อกำจัดชั้นฟลูออไรด์หนาแน่น (fluoride-rich zone) บนผิวเคลือบฟัน จากนั้นใช้เครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ชนิดดิจิทัล (verneir caliper digital) วัดพื้นที่ของผิวฟันตัวอย่างให้มีพื้นที่อย่างน้อย 3 x 4 ตารางมิลลิเมตร



ภาพที่ 3 ขันฟันตัวอย่างหลังทำการขัดด้วยเครื่องขัดฟัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรวจสอบฟันตัวอย่างว่าไม่มีรอยผุ รอยร้าวหรือมีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ และเครื่อง QLF-D



ภาพที่ 4 เครื่อง QLF-D และภาพจากการถ่ายด้วยเครื่อง QLF-D

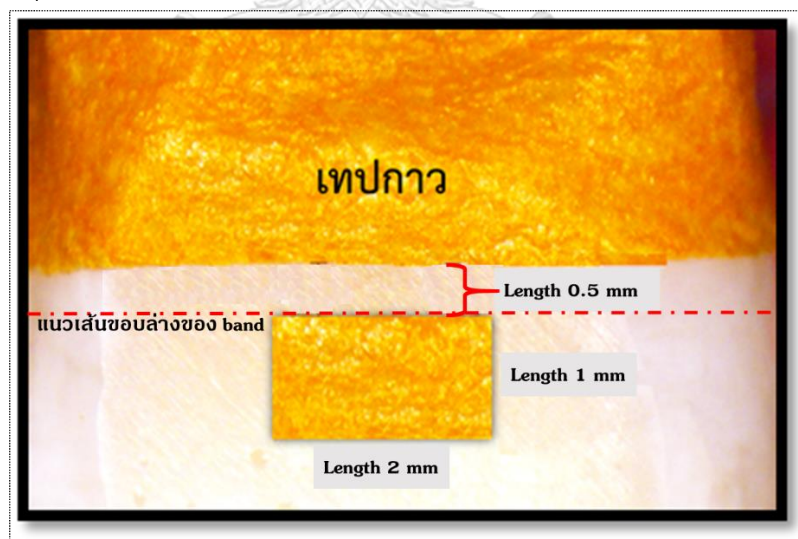
ภาพซ้ายแสดงเครื่อง QLF-D ภาพกลางแสดงฟันตัวอย่างที่ไม่มี การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน และภาพขวาแสดงฟันตัวอย่างที่มีการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันหลังจากวัดด้วยเครื่อง QLF-D

ทำแถบรัดฟันชนิดทำเอง โดยใช้แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมโอบรอบฟันให้ได้ขนาดแถบรัดฟันที่เหมาะสม จากนั้นเชื่อมแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยเครื่องเชื่อม ปรับให้ขอบด้านล่างของแถบรัดฟันอยู่ที่ระดับ middle 1/3 ของตัวฟัน ใช้ band pusher กดแถบรัดฟันให้เข้าที่ ปรับขอบให้แนบกับตัวฟัน และมีช่องว่างสำหรับซีเมนต์ระหว่าง 0.08 – 0.12 มิลลิเมตร โดยทำภายใต้เครื่องจุลทรรศน์สเตอริโอ



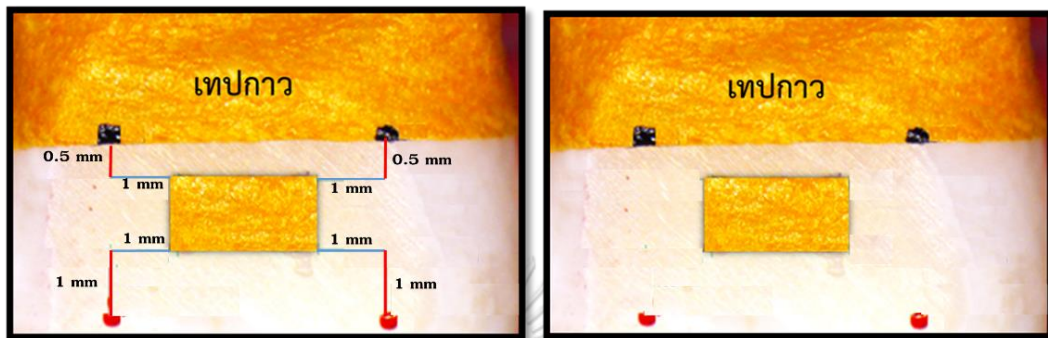
ภาพที่ 5 การทำแถบรัดฟันชนิดทำเองด้วยเครื่องเชื่อม (welder)

ทำช่องหน้าต่างทดลองโดยใช้กระดาษเทปกาว 2 ชั้น ตัดเป็นชิ้นขนาด 1 x 2 ตาราง มิลลิเมตร และชิ้นยาวที่มีขอบเรียบโดยตลอดอีกหนึ่งชิ้น จากนั้นติดเทปกาวบนผิวเคลือบฟันด้าน ทดลอง โดยให้ขอบบนของเทปกาวขนาด 1 x 2 ตารางมิลลิเมตรอยู่พอดีขอบล่างของแถบรัดฟัน และ ขอบล่างของเทปกาวชิ้นยาวอยู่เหนือขอบบนของเทปกาวชิ้นเล็กขึ้นไป 0.5 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 6 โดย ทำภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ



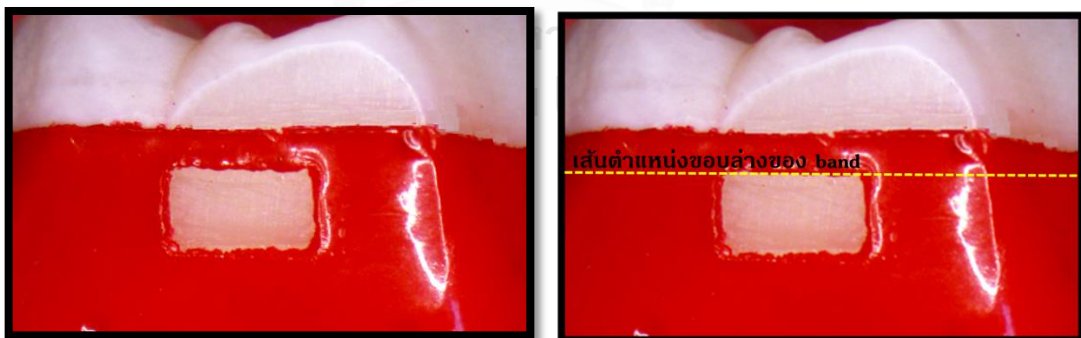
ภาพที่ 6 การทำช่องหน้าต่างทดลอง

กำหนดจุดที่ผิวเคลือบฟันเพื่อเป็นจุดอ้างอิงสำหรับการเลือกพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง QLF-D จำนวน 4 จุด โดยให้ห่างจากขอบด้านข้างและขอบด้านล่างของช่องหน้าต่างออกไปข้างละ 1 มิลลิเมตร และห่างจากขอบบนของช่องหน้าต่างขึ้นไป 0.5 มิลลิเมตร โดยทำภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จากนั้นให้หั่วกรอเร็วชนิดปลายแหลมกรอที่ผิวเคลือบฟันเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิง



ภาพที่ 7 การสร้างจุดอ้างอิง 4 จุดโดยรอบช่องหน้าต่างทดลอง

ทาน้ำยาทาเล็บสีแดงที่ผิวเคลือบฟันด้านทดลองให้ทั่ว 2 - 3 ครั้ง ทิ้งไว้ให้แห้งอย่างน้อย 30 นาที จากนั้นนำไปวัดขนาดและระยะของช่องหน้าต่างด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ จะได้ช่องหน้าต่างทดลองขนาด 1 x 2 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีพื้นที่ผิวเคลือบฟันปกติที่ถูกเคลือบด้วยน้ำยาทาเล็บโดยรอบ เพื่อใช้เป็นพื้นที่ผิวเคลือบฟันปกติที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณแสงฟลูออเรสเซนส์กับบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง จากนั้นแช่ฟันตัวอย่างไว้ในน้ำปราศจากไอออนที่อุณหภูมิห้องเพื่อนำไปทดสอบต่อไป

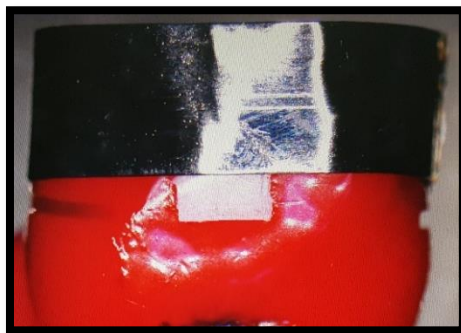


ภาพที่ 8 ช่องหน้าต่างทดลองหลังทาน้ำยาทาเล็บแล้ว

สุ่มฟันตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง 7 กลุ่ม โดยการกำหนดเลขหมายของฟันแต่ละซี่ 1 - 70 จากนั้นสุ่มหยิบสลากหมายเลขเพื่อจัดฟันตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลองทั้ง 7 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ตัวอย่าง

2. วิธียึดฟันตัวอย่างด้วยซีเมนต์แต่ละชนิด

ล้างด้วยน้ำเปล่าเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เป่าให้แห้ง ลองแถบรัดฟันสำหรับกลุ่มที่ 2 – 7 ให้พอดี ดังภาพที่ 9 และทำการยึดซีเมนต์ตามขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 9 การลองแถบรัดฟันก่อนทำการยึดด้วยซีเมนต์

กลุ่ม 1 กลุ่มควบคุมที่ไม่ยึดด้วยซีเมนต์และแถบรัดฟัน

ทำการทาน้ำยาทาเล็บให้ทั่ว ยกเว้นบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง



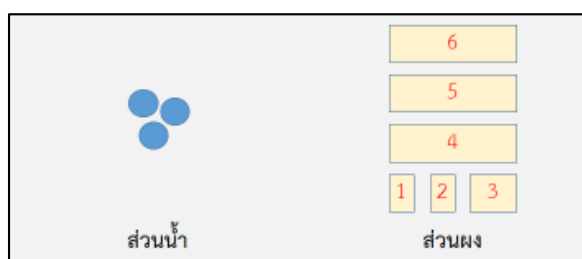
ภาพที่ 10 การทาน้ำยาทาเล็บให้ทั่วในฟันกลุ่มควบคุม

กลุ่ม 2 ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์



ภาพที่ 11 ซีเมนต์ชนิดซิงค์ฟอสเฟส ยี่ห้อ SS White Zinc Cement Improve®

ผสมซีเมนต์ยี่ห้อ Zinc Cement Improve® ในอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด คือ ผง 1 ช้อนตวง ต่อน้ำ 3 หยด (1.30 กรัม ต่อน้ำ 0.50 มิลลิลิตร) ผสมซีเมนต์ ในแท่นแก้วที่มีความเย็น โดยใช้พาย ชนิดพลาสติกแบ่งส่วนผงเป็น 6 ส่วนดังภาพที่ 12 ผสมส่วนผงเข้ากับส่วนน้ำที่ละส่วนตามลำดับ โดยเริ่มจากส่วนที่ 1 ก่อน เมื่อผสมส่วนผงถึงส่วนที่ 5 ให้แบ่งส่วนที่ 6 มาผสมทีละน้อย จนกว่าซีเมนต์ จะกลืนเป็นเนื้อเดียวกัน และมีลักษณะเป็นเนื้อครีมสามารถยึดได้อย่างน้อย 1 นิ้ว โดยใช้เวลาผสม ไม่เกิน 90 วินาที เกลี่ยซีเมนต์บางๆ จากทางด้านใกล้เหงือก ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟันก่อนใส่ให้เข้า ที่กับฟันตัวอย่าง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน รอให้แข็งตัว 3 นาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงใน น้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 12 การผสมซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์

กลุ่ม 3 ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์



ภาพที่ 13 ซีเมนต์ชนิดซิงค์คาร์บอกซิเลต ยี่ห้อ Hy-Bond Zinc Polycarboxylate Cement®

ผสมซีเมนต์ยี่ห้อ Hy-Bond Zinc Polycarboxylate Cement® ในอัตราส่วน ผง 1 ช้อนตวง ต่อน้ำ 3 หยด โดยแยกส่วนผงออกเป็นสองส่วนบนกระดาษสำหรับผสม จากนั้นผสมส่วนแรกเข้ากับส่วนน้ำใช้เวลา 15 – 20 วินาที ตามด้วยส่วนที่สอง ผสมให้เข้ากัน มีลักษณะเป็นเนื้อครีม และยึดได้อย่างน้อย 1 นิ้ว ภายใน 60 วินาทีหลังจากเริ่มผสม ทำการเกลี่ยซีเมนต์บางๆ จากทางด้านใกล้เหงือก ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟันก่อนใส่ให้เข้าที่กับฟันตัวอย่าง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน รอให้แข็งตัว 3 นาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นตอนต่อไป

กลุ่ม 4 กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม



ภาพที่ 14 ซีเมนต์ชนิดกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม ยี่ห้อ Hy-Bond Glasionomer CX®

ผสมซีเมนต์ Hy-Bond Glasionomer CX® ในอัตราส่วน ผง 1 ซ้อนตวงต่อน้ำ 2 หยด (ผง 2 กรัม ต่อน้ำ 1 กรัม) โดยแยกส่วนผงออกเป็นสองส่วนบนกระดาษสำหรับผสม ใช้พายชนิดพลาสติก ผสมส่วนแรกเข้ากับส่วนน้ำโดยใช้เวลา 15 – 20 วินาที ตามด้วยส่วนที่สองอีก 20 วินาที เกลี่ยซีเมนต์ บางๆจากทางด้านใกล้เหงือก ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟันก่อนใส่ให้เข้ากับฟัน กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน รอให้แข็งตัว 3 นาที จากนั้นแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในน้ำปราศจากไอออนเพื่อการทดสอบขั้นต่อไป

กลุ่ม 5 เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผง-น้ำ



ภาพที่ 15 ซีเมนต์ชนิดเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดผง-น้ำ ยี่ห้อ Fuji Ortho LC®

ผสมซีเมนต์ Fuji Ortho LC® ในอัตราส่วน ผง 1 ซ้อนตวงใหญ่ ต่อน้ำ 3 หยด แบ่งส่วนผง ออกเป็น 2 ส่วน ใช้ พายชนิดพลาสติกผสม cement ส่วนแรกเข้ากับส่วนน้ำ ก่อนผสมอีกส่วน ให้เข้ากัน ภายใน 45 วินาที ใช้พายชนิดพลาสติกเกลี่ย cement บางๆ ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟัน ก่อนใส่ให้เข้ากับฟัน กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกคร่าวๆ จากนั้นฉายแสงทางด้านบดเคี้ยว 1 วินาที กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินที่เหลือออก แล้วฉายแสงต่ออีกด้านละ 20 วินาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่าง ลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

กลุ่ม 6 เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด



ภาพที่ 16 ซีเมนต์ชนิดเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด
ยี่ห้อ Fuji Ortho Band Paste Pak®

เป่าฟันให้มีลักษณะมันวาว ปีบซีเมนต์ Fuji Ortho Band Paste Pak® จากทั้งสองหลอดลงบนกระดาษสำหรับผสม ใช้พายชนิดพลาสติก ผสมให้เข้ากันภายใน 15 – 20 วินาที โดยใช้เทคนิค lapping strokes และระวังไม่ให้เกิดฟอง ใช้พายชนิดพลาสติกเกลี่ยซีเมนต์บางๆ จากทางด้านใกล้เหงือก ให้ทั่วด้านในของแถบรัดฟันก่อนใส่ให้เข้ากับฟันตัวอย่าง กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน รอให้แข็งตัว 3 นาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

กลุ่ม 7 โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน



ภาพที่ 17 ซีเมนต์ชนิดโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน ยี่ห้อ Ultra Band-Lok®

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

3. แช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น (thermocycling)

นำชิ้นฟันตัวอย่างมาแช่ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น เป็นจังหวะที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สลับกับ 55 องศาเซลเซียส จำนวน 1,440 รอบ รอบละ 30 วินาที โดยมีระยะพักระหว่างการสลับ 5 วินาที (75)



ภาพที่ 18 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบร้อนเย็น

4. การเตรียมชิ้นงานก่อนเริ่มทำการทดลอง

ทิ้งชิ้นงานให้แห้ง 30 นาที จากนั้นทาน้ำยาทาเล็บสีแดง 2 – 3 รอบ ให้ทั่วทุกบริเวณของหน้าต่างและใต้ต่อแถบรัดฟันบริเวณเหนือช่องหน้าต่างทดลอง ทิ้งให้แห้ง 30 นาที จากนั้นแช่ชิ้นงานตัวอย่างลงในน้ำปราศจากไอออนเพื่อรอทำการทดสอบขั้นต่อไป

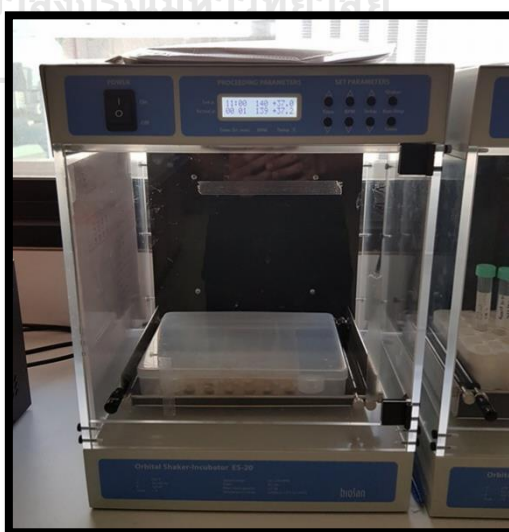
5. การเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก (pH cycling)

ฟันแต่ละชิ้นจะผ่านกระบวนการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก ด้วยน้ำลายเทียม สลับกับสารละลายสำหรับทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ (76) วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 35 นาที เป็นระยะเวลา 21 วัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเวลาในการจำลองสภาวะในช่องปาก

เวลาปฏิบัติงาน	การทดลอง	เวลาที่ใช้
7.25 – 8.00 น.	แช่ฟันในน้ำยาที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	35 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที
8.00 – 12.25 น.	แช่ฟันในน้ำลายเทียม ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	4 ชั่วโมง 25 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที
12.25 – 13.00 น.	แช่ฟันในน้ำยาที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	35 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที
13.00 – 17.25 น.	แช่ฟันในน้ำลายเทียม ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	4 ชั่วโมง 25 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที
17.25 – 18.00 น.	แช่ฟันในน้ำยาที่ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	35 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที
18.00 – 7.25 น.	แช่ฟันในน้ำลายเทียม ที่อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส	13 ชั่วโมง 25 นาที
	ล้างชิ้นฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน ซับให้แห้ง	20 วินาที

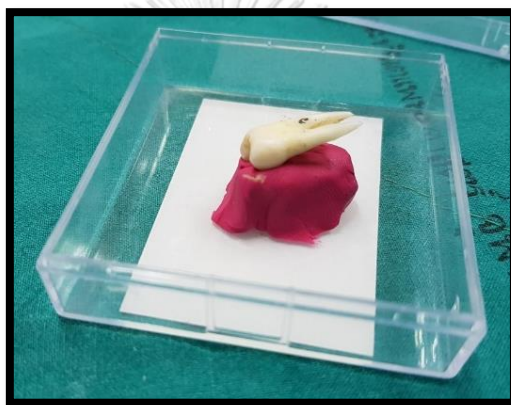
*เปลี่ยนน้ำยาใหม่ทุกวัน เมื่อครบ 21 วัน ทำการวัดชิ้นฟันตัวอย่างหลังแช่ในน้ำลายเทียม



ภาพที่ 19 เครื่องฉายแบบควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. หลังสิ้นสุดการทดลอง ทำการถอดแถบรัดฟันออก กำจัดซีเมนต์ที่เหลืออยู่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ และใช้เครื่องมือลอกน้ำยาทาเล็บออกด้วยความระมัดระวัง จากนั้นแช่ชิ้นฟันตัวอย่างในน้ำปราศจากไอออน จนกว่าจะได้รับการวัดการเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ด้วยเครื่อง QLF-D
2. นำฟันแต่ละซี่มาเซ็ดให้แห้งด้วยผ้าก๊อช ทิ้งให้แห้ง 15 นาที จากนั้นวางฟันตัวอย่างบนดินน้ำมันในกล่องพลาสติกที่มีขอบกล่องเรียบไม่ขรุขระ ใช้แผ่นกระจกผิวเรียบกดบริเวณชิ้นฟันตัวอย่างให้บริเวณช่องหน้าต่างอยู่ในแนวระนาบ และตั้งฉากกับลำกล้อง จากนั้นถ่ายภาพรอยฟันในท้องมืดด้วยเครื่อง QLF-D โดยจัดให้กล้องและฟันตัวอย่างอยู่ห่างกัน 10 เซนติเมตร



ภาพที่ 20 การเตรียมชิ้นงานให้ช่องหน้าต่างตั้งฉากกับลำกล้อง

3. กล้องถูกตั้งให้ถ่ายภาพด้วยความเร็วชัตเตอร์ (shutter speed) ที่ 1 ต่อ 20 วินาที ขนาดรูเปิดรับแสง (aperture value) เท่ากับ 13.0 และมีค่า ISO 1600
4. วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของฟลูออเรสเซนส์ (QA2 v1.21, Inspektor Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands) ได้ค่าเป็น ΔF , ΔF_{\max} , Area และ ΔQ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. บันทึกค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์สูงสุดบริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF) ค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์สูงสุดบริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF_{\max}) พื้นที่ที่เกิดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ (Area) และ ปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ)

2. ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เอสพีเอสเอส เวอร์ชัน 16.0 (SPSS version 16.0, SPSS Inc., USA) ในการประมวลผล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง และการวัดการกระจายข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล (normal distribution) ในแต่ละกลุ่มด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความแปรปรวน (homogeneity of variance) ระหว่างกลุ่มด้วย Levene's test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลตามการแจกแจงของข้อมูล ดังนี้
 - a) ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) และมีความแปรปรวนแต่ละกลุ่มเท่ากัน (equal variance) ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 6 กลุ่มการทดลอง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หากพบว่ามีค่าแตกต่างกัน ใช้ Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05
 - b) ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) และมีความแปรปรวนแต่ละกลุ่มที่ไม่เท่ากัน (unequal variance) ใช้ Welch ANOVA เพื่อหาความแตกต่างระหว่าง 6 กลุ่มการทดลอง โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หากพบว่ามีค่าแตกต่างกัน ใช้ Games-Howell test เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่ โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05
 - c) ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ใช้ non-parametric test ชื่อ Kruskal-Wallis test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หากพบว่ามีค่าแตกต่างกัน จะใช้ Pairwise comparisons (Dunn's test) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่

การควบคุมอคติจากการวิจัย

1. ก่อนนำชิ้นงานมาวัดค่าการเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ด้วยเครื่องควิ QLF-D ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะถูกปิดลำดับเลขที่ และกลุ่มการทดลอง โดยให้บุคคลภายนอกที่ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเป็นผู้สุ่มหมายเลขลำดับที่ขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้ระหว่างการวัด และจะทำการเปิดลำดับที่เดิม และกลุ่มการทดลองเดิมเมื่อทำการวัดเสร็จสิ้น
2. ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงฟลูออเรสเซนส์ด้วยเครื่อง QLF-D ตัวอย่างละ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของฟันแต่ละซี่ กำหนดให้ใน 1 วัน ผู้วิจัยสามารถวัดได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง

โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 2 ชั่วโมง และพักระหว่างช่วงเวลาเป็นเวลา 30 นาที เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากความอ่อนล้าของผู้วัด

3. ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (intra-rater reliability) จากผลการวิเคราะห์ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ทั้ง 3 ครั้งด้วยเครื่อง QLF-D โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) Model (3,1)
4. ทำการประเมินความน่าเชื่อถือของการทดสอบและทดสอบซ้ำ (test-retest reliability) จากผลการวิเคราะห์ ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ จากเครื่อง QLF-D ซ้ำ โดยกำหนดให้ห่างจากครั้งแรกอย่างน้อย 7 วัน จากนั้นนำค่าเฉลี่ยจากการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มาทดสอบด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) Model (3,1)

การจัดการขึ้นฟันตัวอย่างหลังเสร็จสิ้นการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพโดยคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (DENT CU-IBC 005/2018) ตามเอกสารแนบที่ภาคผนวก ซึ่งกำหนดให้หลังการวิจัยเสร็จสิ้น ผู้วิจัยต้องบรรจุขึ้นฟันตัวอย่างในถุงพลาสติกสีแดงพร้อมเขียนป้ายสัญลักษณ์ “ขยะติดเชื้อ” ก่อนทิ้งเป็นขยะติดเชื้อ

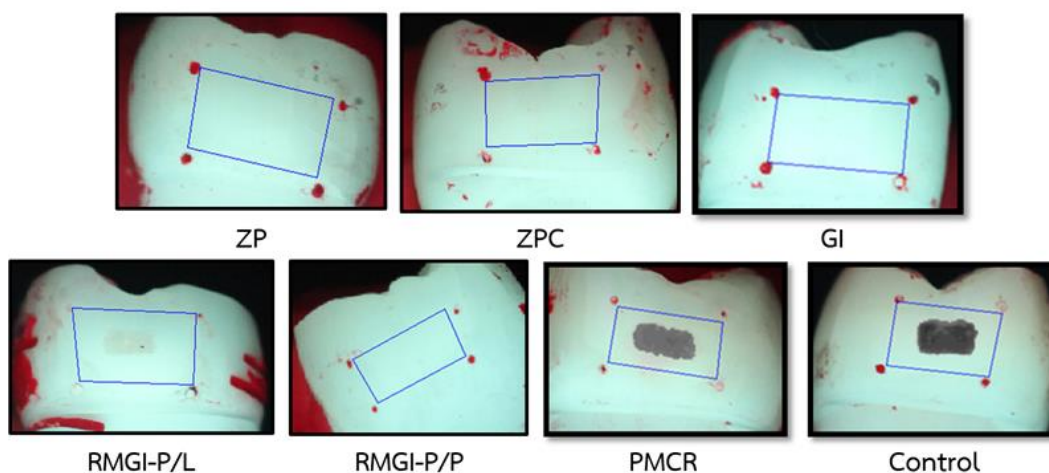
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้แบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 7 กลุ่ม แต่ละกลุ่มใช้ฟันกรามน้อยแท้ซี่บนของมนุษย์ กลุ่มละ 10 ซี่ หลังจากยึดแถบรัดฟันด้วยซีเมนต์แต่ละชนิดแล้ว ทำการวัดค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออ-เรสเซนส์บริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF) ร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์สูงสุดบริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF_{max}) พื้นที่ที่เกิดการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ (Area) และปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ) บริเวณใต้ต่อขอบล่างของแถบรัดฟันด้วยเครื่อง QLF-D โดยนำค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้งเป็นตัวแทนของฟันแต่ละซี่ โดยภาพการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่บริเวณช่องหน้าต่างทดลองที่วัดได้จากแต่ละกลุ่มแสดงดังภาพที่

21



ภาพที่ 21 ภาพการสูญเสียฟลูออเรสเซนส์ที่บริเวณช่องหน้าต่างทดลองที่วัดได้จากแต่ละกลุ่ม

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม SPSS version 16 โดยวิเคราะห์ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ด้วยสถิติเชิงพรรณนาได้แก่ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (mean) และการวัดการกระจายข้อมูล (standard deviation) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงพิจารณาใช้สถิติไคร์พารามิเตอร์ (non – parametric test) ชื่อ Kruskal-Wallis test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละกลุ่ม โดยพบว่ามีความแตกต่างกันของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ระหว่าง 7 กลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติในแต่ละคู่โดยใช้สถิติ Pairwise comparisons (Dunn's test) ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ

	n	ΔF (%) mean (SD)	ΔF_{max} (%) mean (SD)	Area (Px ²) mean (SD)	ΔQ (%Px ²) mean (SD)
ZP	10	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A
ZPC	10	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A
GI	10	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A
RMGI-P/P	10	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A	0 (0) ^A
RMGI-P/L	10	-3.03 (4.03) ^{AB}	-4.33 (5.92) ^{AB}	138.87 (199.82) ^{AB}	-1,117.97 (1,695.19) ^{AB}
PMCR	10	-7.12 (1.80) ^{BC}	-9.53 (3.66) ^{BC}	267.03 (236.42) ^{BC}	-2,230.77 (2,392.88) ^{BC}
Control	10	-14.87 (5.12) ^C	-25.06 (8.92) ^C	695.03 (370.74) ^C	-10,353.17 (7,764.62) ^C

*SD, Standard deviation; ZP, Zinc phosphate cement; ZPC, Zinc polycarboxylate cement; GI, Conventional Glass ionomer cement; RMGI-P/P, Resin modified glass ionomer cement – paste/paste; RMGI-P/L, Resin modified glass ionomer cement – paste/liquid; PMCR, Polyacid-modified composite resin; Control, no band & no cement

*The same superscripts indicate no statistically significant different between the indicated group

จากผลการศึกษาเมื่อจับคู่เปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด พบว่าแต่ละคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ($p < 0.001$) และเมื่อเปรียบเทียบกลุ่มควบคุมกับกลุ่มเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ($p = 0.006, 0.007, 0.025$ และ 0.016 ตามลำดับ)

นอกจากนั้นเมื่อจับคู่เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินกับกลุ่มซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด พบว่าแต่ละคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ($p = 0.001, 0.002, 0.001$ และ 0.001 ตามลำดับ)

การทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (intra-rater reliability) จากการวิเคราะห์ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ด้วย QLF-D จำนวน 3 ครั้ง โดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient: ICC) Model (3,1) มีค่าเท่ากับ 1.000, 0.999, 0.997 และ 0.999 ตามลำดับ ($p < 0.001$) แสดงว่าค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วิเคราะห์ได้ทั้ง 3 ครั้ง มีความสอดคล้องกันในระดับดีมาก (77) และการประเมินความน่าเชื่อถือของการทดสอบและทดสอบซ้ำ (test-retest reliability) จากค่าเฉลี่ยของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ในการวัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ซึ่งวัดห่างกัน 7 วัน เมื่อทดสอบด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น Model (3,1) มีค่าเท่ากับ 0.999, 0.999, 0.996 และ 0.522 ตามลำดับ ($p < 0.001$) กล่าวคือค่า ΔF , ΔF_{max} และ

Area ที่วัดได้จากทั้งสองครั้งมีความแน่นอนในระดับดีมาก ส่วนค่า ΔQ ที่วัดได้จากทั้งสองครั้งมีความแน่นอนในระดับพอใช้ (77)



บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันชนิด ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด และโพลีแอซิดมอดิไฟด์-คอมโพสิตเรซิน ต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบของแถบรัดฟัน โดยวัดค่าร้อยละของการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์บริเวณหน้าต่างทดลองเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF) ค่าร้อยละการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์สูงสุดบริเวณหน้าต่างทดลองเมื่อเทียบกับผิวฟันปกติโดยรอบ (ΔF_{max}) ค่าพื้นที่ที่เกิดการสูญเสียฟลูออเรสเซนต์ (Area) และปริมาตรของเคลือบฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (ΔQ) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้น ด้วยเครื่อง QLF-D

เทคนิคการวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นชนิดดิจิทัล หรือ QLF-D เป็นเทคนิคใหม่ที่ใช้สำหรับวัดการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุของรอยฟันในระยะเริ่มแรก (74) ได้รับการศึกษาว่ามีความสามารถในการตรวจพบรอยโรคฟันผุในระยะเริ่มแรกได้ก่อนการตรวจด้วยตาโดยไม่ต้องทำลายชิ้นฟันตัวอย่าง (17) โปรแกรมจะวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่าย โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณฟลูออเรสเซนต์ในบริเวณช่องหน้าต่างทดลองและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบ และรายงานผลจำนวน 4 ค่า คือ ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ (17, 61) การวัดพื้นที่ทดลองด้วยเทคนิคนี้ต้องจัดวางให้พื้นผิวทดลองตั้งฉากกับลำกล้อง ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถจัดตำแหน่งของช่องหน้าต่างทดลองให้ตั้งฉากกับลำแสงของกล้องได้ และตั้งชิ้นงานให้ช่องหน้าต่างทดลองอยู่ห่างจากตัวกล้องเท่ากันในทุกครั้งที่ทำการวัดชิ้นงาน จึงสามารถเปรียบเทียบค่าร้อยละความต่างของฟลูออเรสเซนต์ระหว่างซี่ฟันได้อย่างแม่นยำ

การวัดรอยผุด้วยเครื่อง QLF-D ต้องใช้พื้นที่ผิวเคลือบฟันโดยรอบที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุเพื่อใช้เปรียบเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนต์ระหว่างทั้งสองพื้นที่ การทดลองนี้จึงออกแบบให้ช่องหน้าต่างทดลองมีพื้นผิวเคลือบฟันปกติที่ไม่มีการสูญเสียแร่ธาตุโดยรอบซึ่งถูกเคลือบไว้ด้วยน้ำยาทาเล็บ อีกทั้งมีการบากสัญลักษณ์สำหรับใช้อ้างอิงขอบเขตของช่องหน้าต่าง เพื่อให้พื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ถูกจำกัดอยู่เฉพาะในบริเวณที่ต้องการ และไม่ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งถูกยึดด้วยซีเมนต์ซึ่งอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟลูออเรสเซนต์ได้ ทำให้ค่าที่ได้เกิดจากการเทียบความต่างของฟลูออเรสเซนต์ระหว่างพื้นที่ช่องหน้าต่างและผิวเคลือบฟันปกติโดยรอบเท่านั้น

การศึกษาในครั้งนี้ทำการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในช่องปาก ด้วยการแช่ชิ้นงานทั้งหมดในน้ำลายเทียมที่ไม่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ สลับกับสารละลายสำหรับ

ทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุ วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 35 นาที เป็นเวลา 21 วัน โดยอ้างอิงและดัดแปลงวิธีการจำลองสภาวะในช่องปากจากการศึกษาของ Vorhies และคณะ (1998) (76) หลังจากจำลองสภาวะการสูญเสียแร่ธาตุและการคืนกลับแร่ธาตุนาน 21 วัน พบว่าฟันตัวอย่างในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วยซีเมนต์เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในบริเวณช่องหน้าต่างทดลอง คือมีการสูญเสียแร่ธาตุมากกว่าการคืนกลับแร่ธาตุ จึงพิจารณาได้ว่ากระบวนการจำลองสภาวะในช่องปากที่เลือกใช้ในครั้งนี้อยู่ใกล้เคียงกับสภาวะช่องปากของผู้ป่วยที่เสี่ยงในการเกิดโรคฟันผุ ดังนั้นการจำลองสภาวะในช่องปากด้วยวิธีที่เลือกใช้นี้เป็นเวลา 21 วัน จึงเป็นอีกวิธีที่เหมาะสมต่อการใช้ศึกษาประสิทธิภาพของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันในกลุ่มผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดโรคฟันผุ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด ให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยพบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ดีกว่าโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำกับโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน และไม่พบความแตกต่างระหว่างโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินกับกลุ่มควบคุมด้วย

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Goje และคณะ (2012) (78), Hedge และคณะ (2014) (79) และ Prabhavathi และคณะ (2015) (80) ซึ่งศึกษาผลการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันหลังจากยึดแถบรัดฟันด้วยซีเมนต์ชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยการนำฟันที่ถอดแถบรัดฟันและกำจัดซีเมนต์ส่วนที่หลงเหลือออกแล้วมาผ่านกระบวนการทำให้เกิดการสูญเสียแร่ธาตุเป็นเวลา 28 วัน และทดสอบการแทรกซึมของสีไปยังรอยผุด้วยเทคนิค Motic Image Digital Microscope, Stereo Zoom Microscope และ Scanning Electron Microscope ตามลำดับ พบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ชนิดที่มีฟลูออไรด์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด ให้ผลในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วยแถบรัดฟัน ผลการศึกษานี้เกี่ยวกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ ให้ผลขัดแย้งกับการศึกษาของ Foley และคณะ (2002) (75) ซึ่งทำการทดสอบการแทรกซึมของสีไปยังผิวเคลือบฟันที่ถูกยึดแถบรัดฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ พบว่าการยับยั้งการ

สูญเสียแร่ธาตุของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ในบริเวณดังกล่าวไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วย แลบริดฟัน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน และกลาสไอโอโนเมอร์-ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม การศึกษาในครั้งนี้พบว่าโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้น้อยกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vanmiller และคณะ (2003) (81) และ Prabhavathi และคณะ (2015) (80) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน และกลุ่มเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ การศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งสองกลุ่มให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุไม่แตกต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Prabhavathi และคณะ (2015) (80) ที่พบว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีกว่าโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินกับซิงค์ฟอสเฟต-ซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ การศึกษาในครั้งนี้พบว่ากลุ่มซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุได้ดีกว่ากลุ่มโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน ซึ่งขัดแย้งกับหลายการศึกษาในอดีต ได้แก่ Prabhavathi และคณะ (2015) (80) ซึ่งพบว่าโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุดีกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์ ส่วนการศึกษาของ Vanmiller และคณะ (2003) (81) พบว่าโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซินให้ผลยับยั้งไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้การศึกษาที่ผ่านมาของโพลีเอซิดมอดิฟายด์คอมโพสิตเรซิน ยังไม่พบการศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ถูกยึดด้วยแลบริดฟันมาก่อน

การที่ผลการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา เนื่องจากการศึกษาในอดีตส่วนใหญ่ (75, 78, 79, 82, 83) เป็นการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแลบริดฟันที่ผ่านการยึดด้วยซีเมนต์แต่ละชนิด โดยขึ้นฟันตัวอย่างถูกถอดแลบริดฟันและกำจัดซีเมนต์ส่วนที่หลงเหลือออกหมดแล้ว ก่อนทำการแช่ขึ้นฟันตัวอย่างในสารละลายที่เป็นกรดเพื่อจำลองการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ที่ได้ทำการศึกษาที่บริเวณขอบของแลบริดฟันซึ่งยึดด้วยซีเมนต์แต่ละชนิดโดยไม่ได้ถอดแลบริดฟันหรือกำจัดซีเมนต์ออก จากนั้นทำการจำลองสภาวะในช่องปาก คือ การจำลองสภาวะอุณหภูมิร้อนเย็น และการจำลองสภาวะความเป็นกรด-ด่าง โดยการแช่สารละลายที่เป็นกรดวันละ 3 ครั้ง เป็นเวลา 35 นาที เพื่อจำลองสภาวะการเกิดกรดจากการทานอาหารทั้ง 3 มื้อ ก่อนทำการแช่ชิ้นงานในน้ำลายเทียม เพื่อส่งเสริมให้เกิดการคืนกลับของแร่ธาตุซึ่งเป็นกระบวนการที่คล้ายกับสภาวะในช่องปากมากกว่าการศึกษาในอดีต

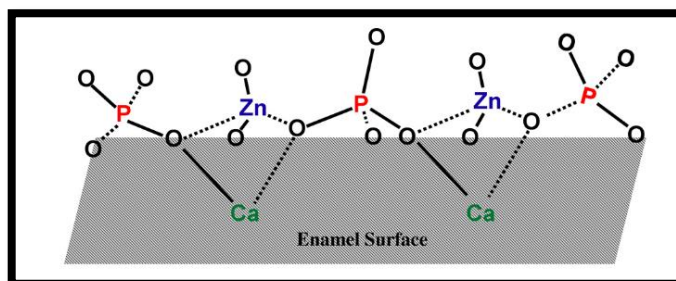
คุณสมบัติในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันของซีเมนต์ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะและส่วนประกอบทางเคมีของซีเมนต์แต่ละชนิด ซึ่งคุณสมบัติสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ซีเมนต์แต่ละชนิดมีผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่แตกต่างกันคือความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์จากวัสดุ

โดยสันนิษฐานว่าซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ เมื่อเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดโพลีแอซิดและแก้วฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตจะเกิดการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมา โดยในช่วงวันแรกๆ จะมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ในความเข้มข้นสูง เรียกว่า “burst effect” หลังจากนั้นจะมีการปล่อยฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆ ตามมา (41) ซึ่งฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงดังกล่าวจะเกิดการสร้างแคลเซียมฟลูออไรด์บนผิวฟันในทันที (84) ทำให้มีผลช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณนั้นได้ ส่วนหลังจากนั้นแม้ว่าจะมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในความเข้มข้นต่ำๆ แต่ก็มีผลต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และส่งเสริมการคืนกลับแร่ธาตุได้ หากมีการปลดปล่อยออกมาอย่างสม่ำเสมอ (85)

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับความสามารถในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ของซีเมนต์ยึดแถบรัดฟันจำพวกกลาสไอโอโนเมอร์ได้ผลที่คล้ายคลึงกันคือพบว่า กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้ (14, 41, 45, 46, 86) ทำให้การศึกษาครั้งนี้พบว่าวัสดุดังกล่าวมีความสามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้มากกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อพิจารณาระดับการปล่อยฟลูออไรด์ของวัสดุแต่ละกลุ่ม (46) พบว่า กลุ่มกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมและเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด มีการปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในระดับที่สูงใกล้เคียงกัน และโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินมีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาต่ำที่สุด โดยที่เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ มีการปล่อยฟลูออไรด์ออกมาในระดับใกล้เคียงกัน ทำให้ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ ให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุไม่แตกต่างจากโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน และการที่โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินปลดปล่อยฟลูออไรด์ออกมาน้อยกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเป็นปริมาณฟลูออไรด์ที่ไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ จึงทำให้การศึกษาในครั้งนี้กลุ่มซึ่งยึดด้วยโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

การศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ชนิดที่มีฟลูออไรด์ และซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ชนิดที่ไม่มีฟลูออไรด์มาใช้ในการทดสอบ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พบว่าซีเมนต์ทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้เทียบเท่ากับซีเมนต์กลุ่มอื่นๆ โดยอาจสามารถอธิบายได้ด้วยผลการศึกษาของ Mohammed และคณะ (2014) (87) ซึ่งพบว่าซิงค์ไอออนสามารถลดการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ กล่าวคือ ในภาวะกรดจะเกิดการละลายของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ผิวเคลือบฟันได้เป็นแคลเซียมและฟอสเฟตไอออน ร่วมกับเกิดการละลายตัวของซิงค์ไอออนจากผลิตภัณฑ์ที่มีซิงค์เป็นส่วนประกอบ จากนั้นซิงค์ไอออนจะจับกับฟอสเฟตไอออนที่โครงข่ายของผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์บนผิวเคลือบฟัน เกิดเป็น α -hopeite-like phase ที่ผิวฟัน

ดั่งภาพที่ 22 ซึ่งช่วยยับยั้งการสูญเสียฟอสเฟสออกจากผิวฟันได้ โดยคุณสมบัติในการคืนกลับแร่ธาตุ และยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุของซิงค์ไอออนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาวะความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของซิงค์ไอออนและบริเวณที่ซีเมนต์สัมผัส



ภาพที่ 22 ภาพการจับกันของ Zn^{2+} และ PO_4^{3-} บริเวณผิวเคลือบฟัน

จาก Mohammed NR, Mneimne M, Hill RG, Al-Jawad M, Lynch RJ, Anderson P. Physical chemical effects of zinc on in vitro enamel demineralization. J Dent.2014;42(9):1096-104.

จากการศึกษาของ Crisp และคณะ (1978) (88) ซึ่งใช้เทคนิคอินฟราสเปกโทรสโคปิกทำการวิเคราะห์ผิวเคลือบฟันที่ติดกับซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ พบว่าบริเวณดังกล่าวเกิดผลึก α -hopeite-like phase ที่หนาแน่นมากกว่าผิวเคลือบฟันที่ห่างออกไป ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันซึ่งยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์จากการศึกษาในครั้งนี้ มีความต้านทานต่อการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้ อย่างไรก็ตามจากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นว่าผลของการศึกษาในครั้งนี้แตกต่างจากการศึกษาในอดีตเกี่ยวกับผลในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันของซิงค์-ฟอสเฟตซีเมนต์ซึ่งไม่มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ ซึ่งพบว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ถูกยึดแถบรัดฟันด้วยซีเมนต์ (75) แต่เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการวิจัยแล้วพบว่างานวิจัยดังกล่าวทำการศึกษาความต้านทานต่อการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันที่ยึดแถบรัดฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ด้วยการวัดความลึกของสีที่แทรกซึมในบริเวณรอยโรคที่ผิวเคลือบฟันด้วยเครื่อง stereo zoom microscope โดยนำฟันที่ถอดแถบรัดฟันและกำจัดซีเมนต์ที่หลงเหลือออกแล้วแช่ในสารละลายกรดแลกติก (pH 4.3) เพียงอย่างเดียวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เกิดการปลดปล่อยซิงค์ไอออนออกมาในความเข้มข้นที่เพียงพอสำหรับให้เกิดการสร้างผลึก α -hopeite-like phase ได้ ส่งผลให้มีความต้านทานต่อการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันลดลง

สำหรับซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นชนิดที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบ จึงทำให้มีคุณสมบัติที่ช่วยยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุจากผิวเคลือบฟันจากทั้งส่วนที่เป็นซิงค์ดังที่กล่าวข้างต้น และส่วนของฟลูออไรด์ แม้จะยังไม่มีการศึกษาที่ศึกษาปริมาณหรือความเข้มข้น

ของฟลูออไรด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ แต่จากการศึกษาในอดีตพบว่า ผิวเคลือบฟันของฟันที่ผ่านการยึดด้วยซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ชนิดที่มีฟลูออไรด์สามารถยับยั้ง การสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันได้มากกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ถูกยึดด้วยซีเมนต์ชนิดใดมาก่อน (75)

ข้อพิจารณาในการเลือกใช้ซีเมนต์สำหรับยึดแถบรัดฟัน Millet และคณะ (15) แนะนำให้ พิจารณาปัจจัย 4 อย่าง คือ ต้องเป็นซีเมนต์ที่ใช้งานง่าย ราคาไม่แพง ให้การยึดติดที่ดีแต่ไม่ทำให้เกิด การสูญเสียผิวเคลือบฟันขณะถอดเครื่องมือ และสามารถป้องกันการเกิดฟันผุที่ผิวเคลือบฟันได้ ซึ่งทันตแพทย์ควรพิจารณาถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้นด้วย ก่อนเลือกใช้ซีเมนต์แต่ละชนิดให้เหมาะสม กับผู้ป่วยแต่ละราย จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ และซิงค์ฟอสเฟต ซีเมนต์ให้ผลยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบของแถบรัดฟัน อีกทั้งซีเมนต์ทั้งสองชนิดมีราคาไม่แพง แต่เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติอื่นๆ ของวัสดุทั้งสองแล้วพบว่า ในช่วงแรกของการเกิดปฏิกิริยาก่อตัวจะ มีความเป็นกรดสูงซึ่งอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในฟันได้ อีกทั้งเป็นซีเมนต์ที่มีอัตราการ ละลายตัวสูง มีความแข็งแรงต่ำ (32, 33) จึงไม่เหมาะสำหรับใช้ยึดแถบรัดฟันที่ต้องการการยึดติดที่ดี ในระยะยาว

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมเป็นซีเมนต์ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจาก สามารถถอดแถบรัดฟันออกได้ง่าย อีกทั้งมีคุณสมบัติในการปลดปล่อยฟลูออไรด์ แต่ในช่วงแรกของการ ก่อตัวต้องหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับความชื้น เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีวัสดุมีความไวต่อการดูดน้ำ และสูญเสียน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้วัสดุเกิดความอ่อนแอได้ (40) ระยะเวลาดังกล่าวอาจทำได้ยากใน ผู้ป่วยเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือ อีกทั้งแม้พบว่าจะมีอัตราการยึดติดที่ดีกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ แต่จากผลการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและทางคลินิกที่ผ่านมา พบว่า กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม มีแรงยึดติดกับผิวเคลือบฟันมากกว่าแรงยึดติดกับแถบรัดฟัน เป็นผลให้ความล้มเหลวของการยึดติดในบริเวณรอยต่อระหว่างแถบรัดฟันและซีเมนต์ (44, 45) ทำให้ เกิดช่องว่างที่มีการสะสมของคราบจุลินทรีย์ได้ต่อแถบรัดฟันขึ้นได้ง่าย ดังนั้นหากพิจารณาถึงปัญหา และปัจจัยดังกล่าวเป็นหลัก การเลือกใช้ซีเมนต์ที่มีการยึดติดได้ดีจึงเหมาะสมกว่า

เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ ผู้ใช้ต้องตวงและผสมให้ได้ซีเมนต์ ที่มีลักษณะเหมาะสมต่อการใช้งาน และสามารถแข็งตัวได้ทันทีจากการฉายแสงทำให้ลดเวลาในการ ทำงานลง สำหรับเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอดสามารถใช้งานง่ายขึ้น โดยการบิซีเมนต์จากทั้งสองหลอดออกมาผสมเพื่อให้ได้เนื้อซีเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน ถึงแม้ว่าจากการศึกษาในครั้งนี้จะไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุที่ขอบ ของแถบรัดฟันของซีเมนต์ทั้งสองรูปแบบ แต่เมื่อคำนึงถึงคุณสมบัติอื่นของซีเมนต์ร่วมด้วย พบว่า ซีเมนต์ชนิดสองหลอดใช้งานสะดวกกว่าแต่มีราคาแพงกว่าชนิดผงและน้ำ

โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซินเป็นซีเมนต์ชนิดหลอดเดียวทำให้ใช้งานง่าย ราคาไม่แพง สามารถทำให้แข็งตัวได้โดยการใช้แสงกระตุ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงผลในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีประสิทธิภาพด้อยกว่า ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซิน-มอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด

การเลือกใช้ซีเมนต์สำหรับยึดแถบรัดฟันในผู้ป่วยแต่ละราย นอกจากจะต้องพิจารณาจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้ว การติดตามการรักษาอย่างเหมาะสมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้ทันตแพทย์สามารถประเมินความเสี่ยงในการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันได้ และสามารถเลือกใช้มาตรการทางทันตกรรมป้องกันได้อย่างทันท่วงที ทั้งนี้ในผู้ป่วยที่มีการใส่เครื่องมือกันในช่องปาก ควรได้รับการแนะนำและฝึกปฏิบัติในการทำความสะอาดบริเวณที่มีเครื่องมืออยู่ในช่องปาก และสามารถทำความสะอาดได้อย่างสม่ำเสมอ

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้สรุปได้ว่า ฟันซึ่งยึดแถบรัดฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ซิงค์โพลีคาร์บอกซิเลตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดสองหลอด ไม่เกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดฟันขึ้น แต่พบว่า ฟันซึ่งยึดแถบรัดฟันด้วยเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ โพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน และกลุ่มควบคุมเกิดการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟัน โดยพบว่ากลุ่มเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดผงและน้ำ เกิดการสูญเสียแร่ธาตุน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ขณะที่กลุ่มโพลีแอซิดมอดิไฟด์คอมโพสิตเรซิน เกิดการสูญเสียแร่ธาตุไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ทำการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบรัดจัดฟันชนิดต่างๆ ต่อการยับยั้งการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุของผิวเคลือบฟันบริเวณขอบของแถบรัดจัดฟัน ซึ่งในปัจจุบันมีการคิดค้นซีเมนต์สำหรับยึดแถบรัดฟันขึ้นมาอีกหลายชนิด เช่น ซีเมนต์ชนิดที่มีส่วนผสมของซีพีพี-เอซีพี เป็นต้น ซึ่งน่าสนใจนำมาศึกษาเพิ่มเติม นอกจากนี้หากมีการออกแบบการทดลองให้มีความคล้ายคลึงกับสภาวะในช่องปากมากขึ้น ผลที่ได้อาจมีความคล้ายคลึงกับสภาวะในช่องปากมากขึ้นได้

บรรณานุกรม



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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. 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.
3. Mizrahi E. Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1982;82(1):62-7.
4. Mizrahi E. Surface distribution of enamel opacities following orthodontic treatment. *Am J Orthod.* 1983;84(4):323-31.
5. 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.
6. Marcusson A, Norevall LI, Persson M. White spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *Eur J Orthod.* 1997;19:233-42.
7. Valk JW, Davidson CL. The relevance of controlled fluoride release with bonded orthodontic appliances. *J Dent.* 1987;15(6):257-60.
8. Hamula W, Hamula DW, Brower K. Glass ionomer update. *Journal of clinical orthodontics J Clin Orthod.* 1993;27(8):420-5.
9. Tantbirojn D, Falsafi A, Mitra SB, DeLong R, Douglas WH, Ton T. Fluoride release and dentin caries inhibition adjacent to resin-modified glass-ionomer luting cements. *Chin Dent J.* 2005;24(3):127-33.
10. Nicholson JW. Polyacid-modified composite resins ("compomers") and their use in clinical dentistry. *Dent Mater J.* 2007;23:615-22.
11. 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.
12. Aggarwal M, Foley TF, Rix D. A comparison of shear-peel band strengths of 5 orthodontic cements. *Angle Orthod.* 2000;70(4):308-16.
13. 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.

14. Shimazu K, Ogata K, Karibe H. Evaluation of the caries-preventive effect of three orthodontic band cements in terms of fluoride release, retentiveness, and microleakage. *Dent Mater J.* 2013;32(3):376-80.
15. Millett DT, Glenny AM, Mattick RCR, Mandall NA. Adhesives for fixed orthodontic bands (Review). *Cochrane Database of Syst Re.* 2016(10).
16. 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.
17. 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.
18. สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. รายงานผลการสำรวจสถานะสุขภาพช่องปากระดับประเทศ ครั้งที่ 7 พ.ศ. 2555. 2556.
19. Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. *Lancet.* 2007;369(9555):51-9.
20. Featherstone JD. Dental caries: a dynamic disease process. *Aust Dent J.* 2008;53(3):286-91.
21. สุทธิชัย ขุนทองแก้ว. รอยโรคและกลไกการเกิดฟันผุ. *วิทยาการโรคฟันผุ. กรุงเทพฯ: โอกรูปเพรส; 2552. p. 197-268.*
22. Arends J, Christoffersen J. The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res.* 1986;65(1):2-11.
23. 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.
24. Stookey GK. Current status of caries prevention. *Compend Contin Educ Dent.* 2000;21(10A):862-7; quiz 8.
25. 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.
26. 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.

27. Featherstone JD. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol.* 1999;27(1):31-40.
28. Featherstone JD. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc.* 2000;131(7):887-99.
29. 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.
30. Hamilton IR. Biochemical effects of fluoride on oral bacteria. *J Dent Res.* 1990;69 Spec No:660-7; discussion 82-3.
31. Guha-Chowdhury N, Clark AG, Sissons CH. Inhibition of purified enolases from oral bacteria by fluoride. *Oral Microbiol Immunol.* 1997;12(2):91-7.
32. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Dental cements. *Phillips' science of dental materials.* 12 ed. Missouri: Elsevier; 2003. p. 307-39.
33. Hatrick CD, Eakle WS. Dental cement. *Dental materials clinical applications for dental assistants and dental hygienists.* 2 ed. Missouri: Elsevier; 2016. p. 220-42.
34. Lad PP, Kamath M, Tarale K, Kusugal PB. Practical clinical considerations of luting cements: A review. *J Int Oral Health.* 2014;6(1):116-20.
35. Hill EE. Dental cements for definitive luting: a review and practical clinical considerations. *Dent Clin North Am.* 2007;51(3):643-58, vi.
36. Wilson AD, Kent BE. The glass ionomer cement, a new translucent dental filling material. *J Appl Chem Biotechnol.* 1971;21:313.
37. 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.
38. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. *Brit Dent J.* 2002;193:236-7.
39. Mount GJ. An atlas of glass-ionomer cements: a clinician's guide. 3 ed. London: Martin Dunitz Ltd; 2002.
40. 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.
41. 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.

42. Maijer R, Smith DC. A comparison between zinc phosphate and glass ionomer cement in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;93(4):273-9.

43. Mizrahi E. Glass ionomer cements in orthodontics--an update. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988;93(6):505-7.

44. 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.

45. 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.

46. Komori A, Kojima I. Evaluation of a new 2-paste glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123(6):649-52.

47. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2001;120(1):45-8.

48. Menemeyer 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.

49. 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.

50. Lo ECM, Zhi QH, Itthagarun A. Comparing two quantitative methods for studying remineralization of artificial caries. *J Dent.* 2010;38:352-9.

51. Ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B. A Review of Quantitative Methods for Studies of Mineral Content of Intra-oral Incipient Caries Lesions. *J Dent Res.* 1991;70(1):2-14.

52. 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.

53. 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.
54. 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.
55. 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.
56. Darling CL, Le CQ, Featherstone JD, Fried D. An Automated Digital Microradiography System for Assessing Tooth Demineralization. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng.* 2009;7162(1).
57. Hamba H, Nikaido T, Inoue G, Sadr A, Tagami J. Effects of CPP-ACP with sodium fluoride on inhibition of bovine enamel demineralization: A quantitative assessment using micro-computed tomography. *Journal of Dentistry.* 2011;39(6):405-13.
58. Ozkan G, Kanli A, Baseren NM, Arslan U, Tatar I. Validation of micro-computed tomography for occlusal caries detection: an in vitro study. *Braz Oral Res.* 2015;29(1):S1806-83242015000100309.
59. Aljehani AS. Application of two fluorescence methods for detection and quantification of smooth surface carious lesions. 2006.
60. 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.
61. 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.
62. 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.
63. 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.
64. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent.* 2006;34(10):727-39.
65. 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.
66. 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.
67. 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.
68. 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.
69. Kim HE, Kwon HK, Kim BI. Recovery percentage of remineralization according to severity of early caries. *Am J Dent.* 2013;26(3):132-6.
70. 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.
71. 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).
72. 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.
73. 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.

74. 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.
75. 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.
76. 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.
77. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016;15(2):155-63.
78. Goje SK, Sangolgi VK, Neela P, Lalita C. A comparison of resistance to enamel demineralization after banding with four orthodontic cements: An in vitro study. *J Ind Orthod Soc.* 2012;46(3):141-7.
79. Hegde AB, Patil T, Khandekar S, Gupta G, Nayak USK. Comparative assessment of resistance to enamel demineralization after orthodontic banding with three different cements- An in vitro study. *Cumhuriyet Dent J.* 2014;17(2):159-65.
80. Prabhakar AR, M JP, Basappa N. Comparative evaluation of the remineralizing effects and surface microhardness of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4): An in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2010;3(2):69-77.
81. Vanmiller EJ, Donly KJ. Enamel demineralization inhibition by cements at orthodontic band margins. *Am J Dent.* 2003;16:356-8.
82. 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.
83. Prabhakar AR, Mahantesh T, Ahuja V. Comparison of retention and demineralization inhibition potential of adhesive banding cements in primary

teeth. *J Dent Child*. 2010;77:66-71.

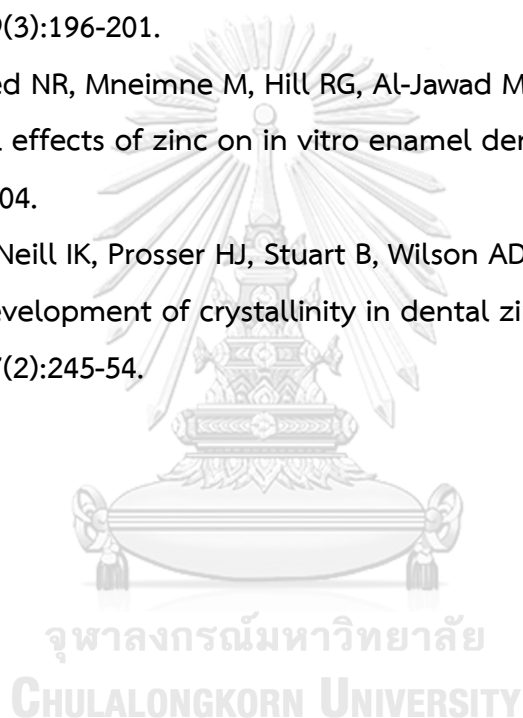
84. Rolla G, Saxegaard E. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. *J Dent Res*. 1990;69 Spec No:780-5; discussion 820-3.

85. ten Cate JM. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. *Acta Odontol Scand*. 1999;57(6):325-9.

86. Ahn SJ, Lee SJ, Lee DY, Lim BS. Effects of different fluoride recharging protocols on fluoride ion release from various orthodontic adhesives. *Journal of Dentistry*. 2011;39(3):196-201.

87. Mohammed NR, Mneimne M, Hill RG, Al-Jawad M, Lynch RJ, Anderson P. Physical chemical effects of zinc on in vitro enamel demineralization. *J Dent*. 2014;42(9):1096-104.

88. Crisp S, O'Neill IK, Prosser HJ, Stuart B, Wilson AD. Infrared spectroscopic studies on the development of crystallinity in dental zinc phosphate cements. *J Dent Res*. 1978;57(2):245-54.






ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

เอกสารผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



No. 025/2018

Study Protocol and Consent Form Approval

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 : Quantitative light-induced fluorescence analysis of area adjacent to cemented bands

Study Code : HREC-DCU 2018-025


Study Center : Chulalongkorn University

Principle Investigator : Mr. Chawalid Pianmee

Protocol Date : March 19, 2018

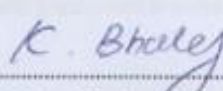
Date of Approval : April 5, 2018

Date of Expiration : April 4, 2020



.....

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




.....

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

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

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

ภาคผนวก ข
เอกสารผลการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพ



Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Institutional Biosafety Committee

Certificate of Exemption

Exemption No. : DENT CU-IBC 005/2018

Project Title : Quantitative light-induced fluorescence analysis of area adjacent to cemented bands

Principal Investigator (PI) : Assoc.Prof.Thipawan Tharapiwattananon, DDS, Ph.D.

Affiliation of PI : Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Risk Group :

Pathogen Risk Group 1 Risk Group 2

Animal toxin Risk Group 1

Biocontainment Level :

Biosafety Level 1 Biosafety Level 2

This project has been reviewed and exempted by DENT CU-IBC in accordance with the levels of risk in pathogens and animal toxins list in the Risk Group of Pathogen and Animal Toxin (2017) 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 and Animal Toxin (2017) 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 exemption is subjected to assurance given in the levels of risk in pathogens and animal toxins list in the Risk Group of Pathogen and Animal Toxin (2017) 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 DENT CU-IBC.


Date of Exemption : April 27, 2018

Date of Expiration : May 1, 2019

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

ภาคผนวก ค

เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับขอ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการวิจัย


จธ.2.7

เอกสารสำหรับขอ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/อื่นๆ เพื่อใช้ในการทำวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าน้องนางเธอ เจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์ อัครราชกุมารี จังหวัดสุรินทร์

ข้าพเจ้า นายชวลิต เพียรมี จะทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์การเรียงแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นในบริเวณซิดแถบวัดฟันซึ่งยึดด้วยซีเมนต์" ซึ่งเป็นการดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของซีเมนต์ยึดแถบวัดฟันชนิดต่างๆ ต่อการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวเคลือบฟันในฟันกรามน้อยแท้ของมนุษย์ ซึ่งเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้คือ สามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการพิจารณาเลือกซีเมนต์ในการยึดแถบวัดฟัน เพื่อป้องกันและยับยั้งรอยผุในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคฟันผุ นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสามารถใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปได้ทั้งนี้ การวิจัยนี้จะต้องใช้ฟันกรามน้อยแท้บนซี่ที่ 1 และ 2 ของมนุษย์ซึ่งถูกถอนด้วยเหตุผลทางทันตกรรม จำนวน 70 ซี่ โดยผู้วิจัยจะไม่เก็บข้อมูลโดยตรงจากอาสาสมัคร และไม่ต้องการเชื่อมโยงถึงข้อมูลต่างๆ ของอาสาสมัคร

จึงเรียนมาเพื่อขอใช้ฟันกรามน้อยแท้บนซี่ที่ 1 และ 2 ของมนุษย์ ซึ่งอยู่ในการดูแล/ครอบครองของท่าน และข้าพเจ้าจะจัดการกับสิ่งที่ขอใช้ดังกล่าวเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยโดยการทำจัดเป็นขยะติดเชื้อ

ขอแสดงความนับถือ

<p>ลงนาม.....</p> <p style="text-align: center;">(พันตแพทย์ ชวลิต เพียรมี) ผู้วิจัยหลัก</p> <p>หมายเลขโทรศัพท์มือถือ 0813728342</p>	<p>ลงนาม.....</p> <p style="text-align: center;">(รองศาสตราจารย์ พันตแพทย์หญิง ดร.ทิพวรรณ ธาภิวัฒน์านนท์) อาจารย์ที่ปรึกษา</p> <p>วันที่ 12 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561</p>
---	---

เริ่มใช้ พฤศจิกายน 2559
เอกสารถูกจัดทำครั้งที่ 1 วันที่จัดทำ 11/มีนาคม/2561

ภาคผนวก ง

เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการวิจัย



จธ.2.8

เอกสารยินยอมมอบ ฟัน/เนื้อเยื่อ/ภาพรังสี/ข้อมูล/หรือสิ่งอื่นๆ เพื่อใช้ในการทำวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์การเรืองแสงเชิงปริมาณด้วยการใช้แสงกระตุ้นในบริเวณซิคแกบรัดฟันซึ่งยึดด้วยซีเมนต์
ผู้วิจัยหลัก ทันตแพทย์ ขวสิต เพ็ญมี

ก่อนที่จะลงนามในเอกสารยินยอมนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย รวมถึง
ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียดและมีความเข้าใจดีแล้ว ข้าพเจ้าขอมอบ

- ฟันที่ได้รับ ความยินยอมจากผู้ป่วยให้ถอนออกเนื่องจากเหตุผลทางการแพทย์
- เนื้อเยื่อที่ได้รับ ความยินยอมจากผู้ป่วยให้ตัดออกเนื่องจากเหตุผลทางการแพทย์
- ภาพรังสี
- ข้อมูล (โปรดระบุ)
- สิ่งอื่นๆ (โปรดระบุ)

จำนวนเท่าที่ผู้วิจัยขอมา ที่อยู่ในความดูแล/ครอบครองของข้าพเจ้า เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยดังกล่าว

ลงนาม.....ผู้ยินยอม

(นายแพทย์อภิสิทธิ์ บุญประดับ)

นายแพทย์ชำนาญการพิเศษ

ผู้อำนวยการโรงพยาบาลพนมดงรักเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ โรงพยาบาลพนมดงรักเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา

99 หมู่ 18 ตำบลบักได อำเภอพนมดงรัก จังหวัดสุรินทร์ 32140

ชื่อ ที่	ค่า	การวิเคราะห์วันที่ 1				การวิเคราะห์วันที่ 2			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1 0	$\Delta F, \%$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Delta F_{max}, \%$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	$\Delta Q, \% Px^2$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Area, Px^2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



ตารางที่ 10 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในฟันซึ่งยึดด้วย PMCR

ซี่ ที่	ค่า	การวิเคราะห์วันที่ 1				การวิเคราะห์วันที่ 2			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	ΔF , %	-8.90	-8.90	-8.90	-8.90	-8.70	-8.60	-8.70	-8.67
	ΔF_{max} %	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00
	ΔQ , % Px^2	-2449.00	-2465.00	-2432.00	-2448.67	-2557.00	-2740.00	-2923.00	-2740.00
	Area, Px^2	275.00	277.00	274.00	275.33	293.00	320.00	336.00	316.33
2	ΔF , %	-5.20	-5.40	-5.20	-5.27	-5.20	-5.30	-5.40	-5.30
	ΔF_{max} %	-5.00	-6.00	-5.00	-5.33	-6.00	-6.00	-6.00	-6.00
	ΔQ , % Px^2	-83.00	-217.00	-125.00	-141.67	-68.00	-148.00	-204.00	-140.00
	Area, Px^2	86.00	40.00	24.00	50.00	13.00	28.00	38.00	26.33
3	ΔF , %	-5.50	-6.30	-5.50	-5.77	-7.00	-6.40	-6.70	-6.70
	ΔF_{max} %	-7.00	-8.00	-7.00	-7.33	-9.00	-9.00	-9.00	-9.00
	ΔQ , % Px^2	-850.00	-1939.00	-935.00	-1241.33	-3012.00	-2192.00	-2637.00	-2613.67
	Area, Px^2	154.00	310.00	169.00	211.00	432.00	343.00	393.00	389.33
4	ΔF , %	-8.10	-7.80	-7.80	-7.90	-8.10	-7.60	-8.10	-7.93
	ΔF_{max} %	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-14.00	-13.00	-14.00	-13.67
	ΔQ , % Px^2	-3547.00	-3082.00	-3128.00	-3252.33	-3626.00	-2918.00	-3553.00	-3365.67
	Area, Px^2	440.00	396.00	401.00	412.33	447.00	384.00	440.00	423.67
5	ΔF , %	-5.20	-5.10	-5.00	-5.10	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
	ΔF_{max} %	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00	-5.00
	ΔQ , % Px^2	-41.00	-41.00	-15.00	-32.33	-35.00	-5.00	-15.00	-18.33
	Area, Px^2	8.00	8.00	3.00	6.33	7.00	1.00	3.00	3.67
6	ΔF , %	-10.00	-9.90	-9.90	-9.93	-9.90	-10.00	-10.00	-9.97
	ΔF_{max} %	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00
	ΔQ , % Px^2	-7873.00	-7837.00	-7791.00	-7833.67	-7837.00	-7919.00	-8100.00	-7952.00
	Area, Px^2	789.00	792.00	784.00	788.33	792.00	785.00	794.00	790.33
7	ΔF , %	-5.80	-5.40	-5.60	-5.60	-5.80	-5.60	-5.50	-5.63
	ΔF_{max} %	-7.00	-6.00	-6.00	-6.33	-7.00	-6.00	-6.00	-6.33
	ΔQ , % Px^2	-237.00	-54.00	-151.00	-147.33	-377.00	-181.00	-147.00	-235.00
	Area, Px^2	41.00	10.00	27.00	26.00	65.00	32.00	27.00	41.33
8	ΔF , %	-6.90	-6.60	-6.70	-6.73	-7.00	-6.80	-7.20	-7.00
	ΔF_{max} %	-9.00	-8.00	-9.00	-8.67	-10.00	-9.00	-10.00	-9.67
	ΔQ , % Px^2	-2046.00	-1707.00	-1873.00	-1875.33	-2146.00	-1918.00	-2329.00	-2131.00
	Area, Px^2	297.00	260.00	278.00	278.33	306.00	283.00	323.00	304.00
9	ΔF , %	-6.70	-6.40	-6.60	-6.57	-6.60	-6.50	-6.50	-6.53
	ΔF_{max} %	-9.00	-8.00	-9.00	-8.67	-9.00	-8.00	-9.00	-8.67
	ΔQ , % Px^2	-1338.00	-1063.00	-1346.00	-1249.00	-1133.00	-1154.00	-1256.00	-1181.00
	Area, Px^2	199.00	165.00	204.00	189.33	172.00	178.00	194.00	181.33
10	ΔF , %	-9.50	-9.40	-9.40	-9.43	-9.40	-9.40	-10.00	-9.60
	ΔF_{max} %	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00	-13.00
	ΔQ , % Px^2	-4152.00	-4058.00	-4048.00	-4086.00	-4055.00	-4104.00	-4551.00	-4236.67
	Area, Px^2	437.00	432.00	431.00	433.33	431.00	436.00	452.00	439.67

ตารางที่ 11 ค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ที่วัดได้จากเครื่อง QLF-D ในกลุ่ม Control

ชื่อ ทีม	ค่า	การวิเคราะห์วันที่ 1				การวิเคราะห์วันที่ 2			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
1	ΔF , %	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00
	ΔF_{max} , %	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-24.00	-23.00	-23.00	-23.33
	ΔQ , % Px^2	-15890.00	-16504.00	-15986.00	-16126.67	-16380.00	-16811.00	-16874.00	-16688.33
	Area, Px^2	1052.00	1074.00	1054.00	1060.00	1069.00	1090.00	1089.00	1082.67
2	ΔF , %	-17.00	-17.00	-17.00	-17.00	-17.00	-17.00	-17.00	-17.00
	ΔF_{max} , %	-25.00	-25.00	-25.00	-25.00	-25.00	-24.00	-25.00	-24.67
	ΔQ , % Px^2	-17781.00	-17902.00	-17587.00	-17756.67	-18125.00	-18001.00	-18019.00	-18048.33
	Area, Px^2	1048.00	1049.00	-15.00	694.00	1056.00	1051.00	1052.00	1053.00
3	ΔF , %	-8.10	-8.30	-8.40	-8.27	-8.00	-8.10	-7.90	-8.00
	ΔF_{max} , %	-15.00	-16.00	-15.00	-15.33	-15.00	-16.00	-16.00	-15.67
	ΔQ , % Px^2	-1120.00	-958.00	-853.00	-977.00	-1117.00	-1098.00	-1166.00	-1127.00
	Area, Px^2	138.00	115.00	102.00	118.33	139.00	135.00	147.00	140.33
4	ΔF , %	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00	-11.00
	ΔF_{max} , %	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-27.00	-27.67
	ΔQ , % Px^2	-6719.00	-7077.00	-6798.00	-6864.67	-7035.00	16719.00	-6826.00	952.67
	Area, Px^2	603.00	626.00	603.00	610.67	620.00	603.00	609.00	610.67
5	ΔF , %	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00
	ΔF_{max} , %	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00	-28.00
	ΔQ , % Px^2	-16263.00	-16187.00	-15853.00	-16101.00	-15893.00	-16817.00	-16423.00	-16377.67
	Area, Px^2	919.00	919.00	898.00	912.00	902.00	944.00	924.00	923.33
6	ΔF , %	-16.00	-16.00	-16.00	-16.00	-16.00	-16.00	-17.00	-16.33
	ΔF_{max} , %	-23.00	-23.00	-23.00	-23.00	-23.00	-23.00	-23.00	-23.00
	ΔQ , % Px^2	-13227.00	-13273.00	-13320.00	-13273.33	-13246.00	-13364.00	-13352.00	-13320.67
	Area, Px^2	807.00	806.00	808.00	807.00	805.00	810.00	808.00	807.67
7	ΔF , %	-6.30	-6.00	-6.00	-6.10	-6.00	-5.20	-5.20	-5.47
	ΔF_{max} , %	-6.00	-6.00	-7.00	-6.33	-7.00	-6.00	-6.00	-6.33
	ΔQ , % Px^2	-25.00	-24.00	-42.00	-30.33	-42.00	-16.00	-21.00	-26.33
	Area, Px^2	4.00	4.00	7.00	5.00	7.00	3.00	4.00	4.67
8	ΔF , %	-21.00	-20.00	-21.00	-20.67	-21.00	-21.00	-21.00	-21.00
	ΔF_{max} , %	-36.00	-38.00	-37.00	-37.00	-36.00	-38.00	-38.00	-37.33
	ΔQ , % Px^2	-19073.00	-19216.00	-18974.00	-19087.67	-19165.00	-19207.00	-20114.00	-19495.33
	Area, Px^2	927.00	938.00	918.00	927.67	930.00	921.00	957.00	936.00
9	ΔF , %	-15.00	-14.00	-15.00	-14.67	-15.00	-15.00	-15.00	-15.00
	ΔF_{max} , %	-34.00	-34.00	-34.00	-34.00	-35.00	-34.00	-34.00	-34.33
	ΔQ , % Px^2	-8547.00	-8270.00	-8285.00	-8367.33	-8859.00	-9020.00	-8824.00	-8901.00
	Area, Px^2	585.00	573.00	571.00	576.33	600.00	613.00	599.00	604.00
10	ΔF , %	-22.00	-22.00	-22.00	-22.00	-22.00	-22.00	-22.00	-22.00
	ΔF_{max} , %	-30.00	-30.00	-30.00	-30.00	-30.00	-30.00	-30.00	-30.00
	ΔQ , % Px^2	-19363.00	-19422.00	-19598.00	-19461.00	-19538.00	-19659.00	-19302.00	-19499.67
	Area, Px^2	884.00	889.00	889.00	887.33	889.00	892.00	886.00	889.00

ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา

ตารางที่ 12 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔF (%)

cement		Statistic	Std. Error			
Fave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	Mean	-3.0300	1.27434		
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-5.9128 -.1472		
		5% Trimmed Mean		-2.8594		
		Median		.0000		
		Variance		16.239		
		Std. Deviation		4.02981		
		Minimum		-9.13		
		Maximum		.00		
		Range		9.13		
		Interquartile Range		7.21		
		Skewness		-.683	.687	
		Kurtosis		-1.653	1.334	
			polyacid modified composite resin	Mean	-7.1200	.56862
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-8.4063 -5.8337
5% Trimmed Mean				-7.0761		
Median				-6.6500		
Variance				3.233		
Std. Deviation				1.79813		
Minimum				-9.93		
Maximum				-5.10		
Range				4.83		
Interquartile Range				3.52		
Skewness				-.474	.687	
Kurtosis				-1.450	1.334	
	no band no cement			Mean	-14.8710	1.61794
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-18.5310 -11.2110
		5% Trimmed Mean		-14.9622		
		Median		-15.5000		
		Variance		26.177		
		Std. Deviation		5.11636		
		Minimum		-22.00		
		Maximum		-6.10		
		Range		15.90		
		Interquartile Range		8.35		
		Skewness		.437	.687	
		Kurtosis		-.558	1.334	

ตารางที่ 13 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔF_{\max} (%)

cement		Statistic	Std. Error		
Fmaxave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	Mean	-4.3330	1.87362	
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-8.5714	
			Upper Bound	-.0946	
		5% Trimmed Mean	-4.0367		
		Median	.0000		
		Variance	35.104		
		Std. Deviation	5.92490		
		Minimum	-14.00		
		Maximum	.00		
		Range	14.00		
		Interquartile Range	10.08		
		Skewness	-.844	.687	
		Kurtosis	-1.165	1.334	
			polyacid modified composite resin	Mean	-9.5330
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound			-12.1534	
	Upper Bound			-6.9126	
5% Trimmed Mean	-9.4811				
Median	-8.6700				
Variance	13.418				
Std. Deviation	3.66308				
Minimum	-15.00				
Maximum	-5.00				
Range	10.00				
Interquartile Range	6.92				
Skewness	-.215			.687	
Kurtosis	-1.683			1.334	
	no band no cement			Mean	-25.0630
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-31.4443	
			Upper Bound	-18.6817	
		5% Trimmed Mean	-25.4422		
		Median	-26.5000		
		Variance	79.573		
		Std. Deviation	8.92038		
		Minimum	-37.00		
		Maximum	-6.30		
		Range	30.70		
		Interquartile Range	9.92		
		Skewness	.969	.687	
		Kurtosis	1.188	1.334	

ตารางที่ 14 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า Area (Px²)

cement		Statistic	Std. Error		
Areaave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	Mean	138.8670	63.18830	
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	-4.0749	
			Upper Bound	281.8089	
		5% Trimmed Mean	127.4078		
		Median	.0000		
		Variance	39927.617		
		Std. Deviation	199.81896		
		Minimum	.00		
		Maximum	484.00		
		Range	484.00		
		Interquartile Range	384.42		
		Skewness	.977	.687	
		Kurtosis	-1.028	1.334	
			polyacid modified composite resin	Mean	267.0310
95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound			97.9052	
	Upper Bound			436.1568	
5% Trimmed Mean	252.5533				
Median	243.1650				
Variance	55895.186				
Std. Deviation	236.42163				
Minimum	6.33				
Maximum	788.33				
Range	782.00				
Interquartile Range	373.58				
Skewness	1.122			.687	
Kurtosis	1.621			1.334	
	no band no cement			Mean	695.0330
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	429.8222	
			Upper Bound	960.2438	
		5% Trimmed Mean	713.0922		
		Median	847.1650		
		Variance	137447.506		
		Std. Deviation	370.73913		
		Minimum	5.00		
		Maximum	1060.00		
		Range	1055.00		
		Interquartile Range	495.42		
		Skewness	-1.089	.687	
		Kurtosis	.018	1.334	

ตารางที่ 15 แสดงสถิติเชิงพรรณนาของค่า ΔQ (%Px²)

cement		Statistic	Std. Error			
Qave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	Mean	-1117.9670	536.06533		
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-2330.6310 94.6970		
		5% Trimmed Mean		-1003.5372		
		Median		.0000		
		Variance		2873660.377		
		Std. Deviation		1695.18742		
		Minimum		-4295.67		
		Maximum		.00		
		Range		4295.67		
		Interquartile Range		2841.33		
		Skewness		-1.177	.687	
		Kurtosis		-.346	1.334	
			polyacid modified composite resin	Mean	-2230.7660	756.69481
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-3942.5286 -519.0034
5% Trimmed Mean				-2041.6289		
Median				-1562.1650		
Variance				5725870.325		
Std. Deviation				2392.87909		
Minimum				-7833.67		
Maximum				-32.33		
Range				7801.34		
Interquartile Range				3314.83		
Skewness				-1.547	.687	
Kurtosis				2.728	1.334	
	no band no cement			Mean	-10353.1730	2455.38896
				95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound Upper Bound	-15907.6487 -4798.6973
		5% Trimmed Mean		-10420.6739		
		Median		-10820.3150		
		Variance		60289349.46		
		Std. Deviation		7764.62166		
		Minimum		-19461.00		
		Maximum		-30.33		
		Range		19430.67		
		Interquartile Range		16635.68		
		Skewness		.178	.687	
		Kurtosis		-1.820	1.334	

การทดสอบการกระจายของข้อมูล

ตารางที่ 16 การทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test

cement		Kolmogorov-Smirnov ^d		
		Statistic	df	Sig.
Fave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	.374	10	.000
	polyacid modified composite resin	.186	10	.200*
	no band no cement	.184	10	.200*
Fmaxave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	.368	10	.000
	polyacid modified composite resin	.228	10	.150
	no band no cement	.209	10	.200*
Qave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	.345	10	.001
	polyacid modified composite resin	.179	10	.200*
	no band no cement	.170	10	.200*
Areaave	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	.356	10	.001
	polyacid modified composite resin	.181	10	.200*
	no band no cement	.219	10	.192

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

- a. Fave is constant when cement = zinc phosphate cement. It has been omitted.
- b. Fave is constant when cement = zinc polycarboxylate cement. It has been omitted.
- c. Fave is constant when cement = conventional glass ionomer cement. It has been omitted.
- d. Lilliefors Significance Correction
- e. Fave is constant when cement = resin modified glass ionomer cement: 2 paste. It has been omitted.
- g. Fmaxave is constant when cement = zinc phosphate cement. It has been omitted.
- h. Fmaxave is constant when cement = zinc polycarboxylate cement. It has been omitted.
- i. Fmaxave is constant when cement = conventional glass ionomer cement. It has been omitted.
- j. Fmaxave is constant when cement = resin modified glass ionomer cement: 2 paste. It has been omitted.
- k. Qave is constant when cement = zinc phosphate cement. It has been omitted.
- l. Qave is constant when cement = zinc polycarboxylate cement. It has been omitted.
- m. Qave is constant when cement = conventional glass ionomer cement. It has been omitted.
- n. Qave is constant when cement = resin modified glass ionomer cement: 2 paste. It has been omitted.
- o. Areaave is constant when cement = zinc phosphate cement. It has been omitted.
- p. Areaave is constant when cement = zinc polycarboxylate cement. It has been omitted.
- q. Areaave is constant when cement = conventional glass ionomer cement. It has been omitted.
- r. Areaave is constant when cement = resin modified glass ionomer cement: 2 paste. It has been omitted.

การทดสอบด้วยสถิติไร้พารา (non-parametric test)

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF , ΔF_{max} , Area และ ΔQ ในแต่ละกลุ่ม
ด้วยสถิติ Kruskal-Wallis test

cement	N	Mean Rank	cement	N	Mean Rank
Fave zinc phosphate cement	10	47.50	Qave zinc phosphate cement	10	47.50
zinc polycarboxylate cement	10	47.50	zinc polycarboxylate cement	10	47.50
conventional glass ionomer cement	10	47.50	conventional glass ionomer cement	10	47.50
resin modified glass ionomer cement-hand mixed	10	34.70	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	10	33.80
resin modified glass ionomer cement: 2 paste	10	47.50	resin modified glass ionomer cement: 2 paste	10	47.50
polyacid modified composite resin	10	16.90	polyacid modified composite resin	10	15.90
no band no cement	10	6.90	no band no cement	10	8.80
Total	70		Total	70	
Fmaxave zinc phosphate cement	10	47.50	Areaave zinc phosphate cement	10	23.50
zinc polycarboxylate cement	10	47.50	zinc polycarboxylate cement	10	23.50
conventional glass ionomer cement	10	47.50	conventional glass ionomer cement	10	23.50
resin modified glass ionomer cement-hand mixed	10	34.40	resin modified glass ionomer cement-hand mixed	10	36.90
resin modified glass ionomer cement: 2 paste	10	47.50	resin modified glass ionomer cement: 2 paste	10	23.50
polyacid modified composite resin	10	17.40	polyacid modified composite resin	10	54.80
no band no cement	10	6.70	no band no cement	10	62.80
Total	70		Total	70	

Test Statistics^{a,b}

	Fave	Fmaxave	Qave	Areaave
Chi-Square	58.671	58.467	56.492	57.160
df	6	6	6	6
Asymp. Sig.	.000	.000	.000	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: cement

ตารางที่ 18 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF ในแต่ละคู่ด้วยสถิติ Dunn's test

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
no band no cement-polyacid modified composite resin	10.000	7.703	1.298	.194	1.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	27.800	7.703	3.609	.000	.006
no band no cement-zinc phosphate cement	40.600	7.703	5.271	.000	.000
no band no cement-zinc polycarboxylate cement	40.600	7.703	5.271	.000	.000
no band no cement-conventional glass ionomer cement	40.600	7.703	5.271	.000	.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	40.600	7.703	5.271	.000	.000
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	17.800	7.703	2.311	.021	.438
polyacid modified composite resin-zinc phosphate cement	30.600	7.703	3.973	.000	.001
polyacid modified composite resin-zinc polycarboxylate cement	30.600	7.703	3.973	.000	.001
polyacid modified composite resin-conventional glass ionomer cement	30.600	7.703	3.973	.000	.001
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	30.600	7.703	3.973	.000	.001
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc phosphate cement	12.800	7.703	1.662	.097	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc polycarboxylate cement	12.800	7.703	1.662	.097	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-conventional glass ionomer cement	12.800	7.703	1.662	.097	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	-12.800	7.703	-1.662	.097	1.000
zinc phosphate cement-zinc polycarboxylate cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
conventional glass ionomer cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

ตารางที่ 19 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔF_{max} ในแต่ละคู่
ด้วยสถิติ Dunn's test

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
no band no cement-polyacid modified composite resin	10.700	7.702	1.389	.165	1.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	27.700	7.702	3.596	.000	.007
no band no cement-zinc phosphate cement	40.800	7.702	5.297	.000	.000
no band no cement-zinc polycarboxylate cement	40.800	7.702	5.297	.000	.000
no band no cement-conventional glass ionomer cement	40.800	7.702	5.297	.000	.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	40.800	7.702	5.297	.000	.000
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	17.000	7.702	2.207	.027	.573
polyacid modified composite resin-zinc phosphate cement	30.100	7.702	3.908	.000	.002
polyacid modified composite resin-zinc polycarboxylate cement	30.100	7.702	3.908	.000	.002
polyacid modified composite resin-conventional glass ionomer cement	30.100	7.702	3.908	.000	.002
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	30.100	7.702	3.908	.000	.002
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc phosphate cement	13.100	7.702	1.701	.089	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc polycarboxylate cement	13.100	7.702	1.701	.089	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-conventional glass ionomer cement	13.100	7.702	1.701	.089	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	-13.100	7.702	-1.701	.089	1.000
zinc phosphate cement-zinc polycarboxylate cement	.000	7.702	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.702	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.702	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.702	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.702	.000	1.000	1.000
conventional glass ionomer cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.702	.000	1.000	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same.
Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า Area ในแต่ละคู่
ด้วยสถิติ Dunn's test

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
zinc phosphate cement-zinc polycarboxylate cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	-13.400	7.703	-1.740	.082	1.000
zinc phosphate cement-polyacid modified composite resin	-31.300	7.703	-4.063	.000	.001
zinc phosphate cement-no band no cement	-39.300	7.703	-5.102	.000	.000
zinc polycarboxylate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	-13.400	7.703	-1.740	.082	1.000
zinc polycarboxylate cement-polyacid modified composite resin	-31.300	7.703	-4.063	.000	.001
zinc polycarboxylate cement-no band no cement	-39.300	7.703	-5.102	.000	.000
conventional glass ionomer cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
conventional glass ionomer cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	-13.400	7.703	-1.740	.082	1.000
conventional glass ionomer cement-polyacid modified composite resin	-31.300	7.703	-4.063	.000	.001
conventional glass ionomer cement-no band no cement	-39.300	7.703	-5.102	.000	.000
resin modified glass ionomer cement: 2 paste-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	13.400	7.703	1.740	.082	1.000
resin modified glass ionomer cement: 2 paste-polyacid modified composite resin	-31.300	7.703	-4.063	.000	.001
resin modified glass ionomer cement: 2 paste-no band no cement	-39.300	7.703	-5.102	.000	.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-polyacid modified composite resin	-17.900	7.703	-2.324	.020	.423
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-no band no cement	-25.900	7.703	-3.362	.001	.016
polyacid modified composite resin-no band no cement	-8.000	7.703	-1.039	.299	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่า ΔQ ในแต่ละคู่ด้วยสถิติ Dunn's test

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
no band no cement-polyacid modified composite resin	7.100	7.703	.922	.357	1.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	25.000	7.703	3.246	.001	.025
no band no cement-zinc phosphate cement	38.700	7.703	5.024	.000	.000
no band no cement-zinc polycarboxylate cement	38.700	7.703	5.024	.000	.000
no band no cement-conventional glass ionomer cement	38.700	7.703	5.024	.000	.000
no band no cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	38.700	7.703	5.024	.000	.000
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement-hand mixed	17.900	7.703	2.324	.020	.423
polyacid modified composite resin-zinc phosphate cement	31.600	7.703	4.102	.000	.001
polyacid modified composite resin-zinc polycarboxylate cement	31.600	7.703	4.102	.000	.001
polyacid modified composite resin-conventional glass ionomer cement	31.600	7.703	4.102	.000	.001
polyacid modified composite resin-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	31.600	7.703	4.102	.000	.001
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc phosphate cement	13.700	7.703	1.779	.075	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-zinc polycarboxylate cement	13.700	7.703	1.779	.075	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-conventional glass ionomer cement	13.700	7.703	1.779	.075	1.000
resin modified glass ionomer cement-hand mixed-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	-13.700	7.703	-1.779	.075	1.000
zinc phosphate cement-zinc polycarboxylate cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc phosphate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-conventional glass ionomer cement	.000	7.703	.000	1.000	1.000
zinc polycarboxylate cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000
conventional glass ionomer cement-resin modified glass ionomer cement: 2 paste	.000	7.703	.000	1.000	1.000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is .05.

การทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน (intra-rater reliability)

ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน จากผลการวิเคราะห์ค่า ΔF , ΔF_{\max} , Area และ ΔQ จำนวน 3 ครั้ง โดยใช้สถิติ intraclass correlation coefficient (ICC) model (3,1)

Intraclass correlation coefficient

ค่า ΔF วัดจำนวน 3 ครั้ง

ตาราง 22 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔF จากการวัด 3 ครั้ง

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
1.000	3

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
F1	-3.5857	5.83131	70
F2	-3.5614	5.76482	70
F3	-3.5757	5.82686	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	1.000 ^a	.999	1.000	6002.000	69	138	.000
Average Measures	1.000 ^c	1.000	1.000	6002.000	69	138	.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.

ค่า ΔF_{\max} วัดจำนวน 3 ครั้ง

ตาราง 23 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔF_{\max} จากการวัด 3 ครั้ง

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
1.000	3

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Fmax1	-5.5429	9.55334	70
Fmax2	-5.5857	9.66766	70
Fmax3	-5.5571	9.60017	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.999 ^a	.999	1.000	5256.430	69	138	.000
Average Measures	1.000 ^c	1.000	1.000	5256.430	69	138	.000

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

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

ค่า Area วัดจำนวน 3 ครั้ง

ตาราง 24 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า Area จากการวัด 3 ครั้ง

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.999	3

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
area1	155.9286	296.69485	70
area2	159.7714	300.44572	70
Area3	156.1286	296.09438	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.997 ^a	.995	.998	960.920	69	138	.000
Average Measures	.999 ^c	.998	.999	960.920	69	138	.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.

ค่า ΔQ วัดจำนวน 3 ครั้ง

ตาราง 25 สถิติ intraclass correlation coefficient ของการวิเคราะห์ค่า ΔQ จากการวัด 3 ครั้ง

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
1.000	3

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Q1	-2150.2571	4934.29774	70
Q2	-2195.8429	4975.90000	70
Q3	-2151.0286	4915.78003	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.999 ^a	.999	1.000	4006.015	69	138	.000
Average Measures	1.000 ^c	1.000	1.000	4006.015	69	138	.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.

การทดสอบความน่าเชื่อถือของการทดสอบและทดสอบซ้ำ (test-retest reliability)

ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของการทดสอบและทดสอบซ้ำ จากค่าเฉลี่ยของ ΔF , ΔF_{\max} , Area และ ΔQ ที่ได้จากการวิเคราะห์ซ้ำห่างจากการวิเคราะห์รอบแรก 7 วัน โดยใช้สถิติ intraclass correlation coefficient (ICC) model (3,1)

Intraclass correlation coefficient

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ΔF ที่ได้จากการวิเคราะห์รอบที่ 1 และรอบที่ 2

ตาราง 26 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔF จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
1.000	2

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Fave	-3.5744	5.80693	70
F2ave	-3.6019	5.85111	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.999 ^a	.999	1.000	3937.422	69	69	.000
Average Measures	1.000 ^c	1.000	1.000	3937.422	69	69	.000

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

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

**Fave คือค่าเฉลี่ย ΔF จากการวิเคราะห์รอบที่ 1

** F2ave คือค่าเฉลี่ย ΔF จากการวิเคราะห์รอบที่ 2

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ΔF_{\max} ที่ได้จากการวิเคราะห์รอบที่ 1 และรอบที่ 2

ตาราง 27 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔF_{\max}
จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
1.000	2

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Fmaxave	-5.5613	9.60524	70
Fmax2ave	-5.6376	9.63844	70

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.999 ^a	.999	1.000	3942.691	69	69	.000
Average Measures	1.000 ^c	1.000	1.000	3942.691	69	69	.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.

**Fmaxave คือค่าเฉลี่ย ΔF_{\max} จากการวิเคราะห์รอบที่ 1

** Fmax2ave คือค่าเฉลี่ย ΔF_{\max} จากการวิเคราะห์รอบที่ 2

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Area ที่ได้จากการวิเคราะห์รอบที่ 1 และรอบที่ 2

ตาราง 28 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย Area จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.998	2

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Areaave	157.2759	297.44172	70
Area2ave	164.9951	303.80040	70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.996 ^a	.993	.998	519.177	69	69	.000
Average Measures	.998 ^c	.997	.999	519.177	69	69	.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.

** Areaave คือค่าเฉลี่ย Area จากการวิเคราะห์รอบที่ 1

** Area2ave คือค่าเฉลี่ย Area จากการวิเคราะห์รอบที่ 2

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ΔQ ที่ได้จากการวิเคราะห์รอบที่ 1 และรอบที่ 2

ตาราง 29 สถิติ intraclass correlation coefficient ของค่าเฉลี่ย ΔQ จากการวิเคราะห์ซ้ำ 2 รอบ

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	70	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	70	100.0

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

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.689	2

Item Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Qave	-1957.4151	4640.62140	70
Q2ave	-1133.4496	5331.16404	70

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^b	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.522 ^a	.331	.673	3.218	69	69	.000
Average Measures	.686 ^c	.497	.804	3.218	69	69	.000

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

a. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.

b. Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

** Qave คือค่าเฉลี่ย ΔQ จากการวิเคราะห์รอบที่ 1

** Q2ave คือค่าเฉลี่ย ΔQ จากการวิเคราะห์รอบที่ 2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายชวลิต เพียรมี
วัน เดือน ปี เกิด	12 พฤษภาคม 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดสุรินทร์
วุฒิการศึกษา	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	24/3 หมู่ 9 บ้านกรอน ตำบลเฉนียง อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000
ผลงานตีพิมพ์	-
รางวัลที่ได้รับ	-



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY