

การศึกษองกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ภายหลังการแปรง



นาย พีรพงศ์ ฤประดิษฐ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

WEAR OF GLASS IONOMER CEMENTS AFTER BRUSHING



Mr. Peerapong Kupradit

สถาบันวิทยบริการ

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

Department of Operative Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

510083

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ภายใต้การแปรง

โดย

นาย พีรพงศ์ กุประดิษฐ์

สาขาวิชา

ทันตกรรมทันตการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง จารุพรรณ อุ้นสมบัติ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

วัชรภรณ์ ทัดจันทร์ คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วัชรภรณ์ ทัดจันทร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศิวินทร ศรีสวัสดิ์ ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ศิวินทร ศรีสวัสดิ์)

วาสนา พัฒนพีระเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วาสนา พัฒนพีระเดช)

จารุพรรณ อุ้นสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง จารุพรรณ อุ้นสมบัติ)

ชัยวัฒน์ มณีบุษย์ กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ชัยวัฒน์ มณีบุษย์)

สุชาติ วงศ์จันทร์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ทันตแพทย์ ดร. สุชาติ วงศ์จันทร์)

พีรพงศ์ กุประดิษฐ์ : การสีของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ภายหลังการแปรง. (WEAR OF GLASS IONOMER CEMENTS AFTER BRUSHING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ทญ.วาสนา พัฒนพีระเดช, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.ทญ. จารุพรรณ อุ้นสมบัติ, 73 หน้า.

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสีจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม 2 ชนิด (Ketac Fil Plus Aplicap[®] Fuji IX GP capsule[®]) กับเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 2 ชนิด (Ketac N-100[®] Fuji II LC capsule[®]) ในห้องปฏิบัติการ **วัสดุและวิธีการ** เตรียมชิ้นตัวอย่าง 128 ชิ้นตัวอย่างในแบบหล่อโลหะ ชิ้นตัวอย่างแบ่งเป็น 4 กลุ่มเท่าๆ กันตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทดสอบ ใช้เครื่องวัดความหยาบผิวโปรไฟล์มิเตอร์ (TalyScan 150, Taylor Hobson LTD., England) วัดปริมาตรและความลึกเฉลี่ยที่ผิวหน้าของแต่ละชิ้นตัวอย่าง นำชิ้นตัวอย่างไปแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ (V-8 Cross Brushing Machine, SABRI Dental Enterprises, Inc., U.S.A.) โดยใช้ชิ้นตัวอย่าง 8 ชิ้นต่อการแปรง 1 ครั้ง จำนวนรอบในการแปรง 20,000 รอบ ความเร็วแปรง 90 รอบต่อนาที แรงกด 150 กรัม ร่วมกับสารละลายยาสีฟัน (Colgate[®]) วัดความแตกต่างของปริมาตรและความลึกเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงของแต่ละชิ้นตัวอย่างภายหลังการแปรง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 **ผลการศึกษา** ค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายหลังการแปรงของ Ketac Fil Plus aplicap[®] มากกว่า Fuji IX GP capsule[®], Fuji II LC capsule[®] และ Ketac N-100[®] โดยที่ Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีการสีที่มากกว่า Ketac N-100[®], Fuji II LC capsule[®] และ Fuji IX GP capsule[®] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.0025, 0.0047, P = 0.031$ ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง Fuji IX GP capsule[®] กับ Ketac N-100[®] และ Fuji II LC capsule[®] **สรุป** Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีการสีที่มากกว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสองชนิด (Ketac N-100[®], Fuji II LC capsule[®]) และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมอีกชนิดหนึ่ง (Fuji IX GP capsule[®])

ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ.....
สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ.....
ปีการศึกษา 2551.....

ลายมือชื่อนิสิต..... พีรพงศ์ กุประดิษฐ์
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... อ.ทญ.วาสนา
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... อ.ทญ. จารุพรรณ

5076114932 : MAJOR OPERATIVE DENTISTRY

KEYWORDS : BRUSHING WEAR / GLASS IONOMER CEMENT / PROFILOMETER / SIMULATED BRUSHING / VOLUME CHANGE

PEERAPONG KUPRADIT : WEAR OF GLASS IONOMER CEMENTS AFTER BRUSHING. ADVISOR : ASSOC. PROF. VASANA PATANAPIRADEJ, CO-ADVISOR : LECTURER CHARUPHAN OONSOMBAT, 73 pp.

Objective To compare the physical property in abrasive wear of 2 conventional glass ionomer cements (Ketac Fil Plus Aplicap®, Fuji IX GP capsule®) and 2 resin modified glass ionomer cements (Ketac N-100®, Fuji II LC capsule®) after brushing, in vitro. **Materials and methods** 128 Specimens were prepared in metal molds. The samples were divided into 4 equally groups according to materials tested. Volume and mean depth of surface of each sample was determined using Profilometer (TalyScan 150, Taylor Hobson LTD., England). The specimens were brushed by automatic brushing machine (V-8 CrossBrushing Machine, SABRI Dental Enterprises, Inc., U.S.A.). 8 Samples were used per cycle, at 20,000 strokes, 90 cycles per minute, with a brush-head load of 150 grams in the toothpaste slurry (Colgate®). Changes in volume and mean depth of each sample after brushing were measured and calculated. The data were analyzed using Kruskal-Wallis test at a significant level of 0.05. **Results** Changes in volume and mean depth after brushing of Ketac Fil Plus Aplicap® were more than those of Fuji IX GP capsule®, Fuji II LC capsule® and Ketac N-100®. Ketac Fil Plus Aplicap® generally showed significant difference in wear more than Ketac N-100®, Fuji II LC capsule® and Fuji IX GP capsule® (P = 0.0025, 0.0047, 0.031 respectively), but there was no significant difference in wear among Fuji IX GP capsule® and Fuji II LC capsule® or Ketac N-100®. **Conclusion** Ketac Fil Plus Aplicap® generally wore more than the resin modified glass ionomer cements (Ketac N-100®, Fuji II LC capsule®) and the another conventional glass ionomer cement (Fuji IX GP capsule®).

Department : Operative Dentistry.....
Field of Study : Operative Dentistry.....
Academic Year : 2008.....

Student's Signature : *Peerapong Kupradit*
Advisor's Signature: *Vasana Patanapiradej*
Co-Advisor's Signature: *Charuphan Oonsombat*

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิงวาสนา พัฒนพีระเดช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ทันตแพทย์หญิงจรรยาพรณ อุ่นสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำทางด้านสถิติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. ศิริวิมล ศรีสวัสดิ์ หัวหน้าภาควิชาทันตกรรมหัตถการ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์การวิจัย

ขอขอบคุณทันตแพทย์หญิง วิไลพรรณ เดชาภิมุข ที่ให้คำแนะนำการทำแบบหล่อโลหะ บุคคลากรประจำศูนย์วิจัยทางทันตวัสดุศาสตร์และศูนย์วิจัยทางชีววิทยาช่องปากทุกท่านที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์การวิจัย และให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์บางส่วนสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัย ที่ช่วยเหลือในการทำงาน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ประโยชน์และความดีใดๆ อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	2
คำสำคัญ.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ข้อจำกัดในการวิจัย.....	3
รูปแบบการวิจัย.....	3
การบริหารงานวิจัยและตารางปฏิบัติงาน.....	4
รายละเอียดงบประมาณการวิจัย.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
กลาสไฮโอโนเมอร์ซีเมนต์.....	6
ส่วนประกอบและประเภทของกลาสไฮโอโนเมอร์ซีเมนต์.....	6
ปฏิกิริยาของกลาสไฮโอโนเมอร์ซีเมนต์.....	8
การสี.....	11
เครื่องมือที่จำลองรูปแบบของการเกิดการสี.....	12
วิธีการประเมินลักษณะการสีของวัสดุบูรณะฟัน.....	12
เกณฑ์มาตรฐานในการวัดความต้านทานการสีของวัสดุทางทันตกรรม.....	15

แปรงสีพื้น.....	16
คุณลักษณะอื่นที่จำเป็นของแปรงสีพื้น.....	19
ยาสีพื้น.....	19
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสี.....	22
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
ตัวอย่าง.....	27
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
ขนาดกลุ่มตัวอย่าง.....	28
สิ่งแทรกแซง.....	29
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	30
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	32
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	45
การวิเคราะห์ข้อมูลและตารางการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
การทดสอบสมมติฐาน.....	45
4 ผลการศึกษา.....	47
ผลการทดสอบการสีจากการแปรงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์.....	47
5 อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย.....	52
อภิปรายผลการวิจัย.....	52
ข้อเสนอแนะ.....	57
สรุปผลการวิจัย.....	58
รายการอ้างอิง.....	59
ภาคผนวก.....	65
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงเกณฑ์การประเมินทางคลินิกของความต้านทานการสีก.....	13
2	แสดงชนิดของขนแปรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวของขนแปรง.....	18
3	แสดงตารางการสุ่มของเครื่องแปรงอัตโนมัติ.....	29
4	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรเปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุพร้อมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด.....	47
5	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (μm^3) ภายหลังจากการแปรงของวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์	50
6	แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของความลึก (μm) ที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการแปรงของวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์.....	50
7	แสดงชนิดและส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา.....	66
8	แสดงปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (μm^3) ภายหลังจากการแปรงของชิ้นตัวอย่าง ทั้งหมด.....	68
9	แสดงความลึกที่เกิดขึ้น (μm) ภายหลังจากการแปรงของชิ้นตัวอย่างทั้งหมด.....	69
10	แสดงตารางการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง...	70
11	แสดงตารางการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มของความลึกที่เกิดขึ้น.....	71
12	แสดงค่ามัธยฐานและค่าควอร์ไทล์ของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุ.....	72

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงการเกิดปฏิกิริยาของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม.....	9
2	แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์.....	10
3	ส่วนประกอบของแปรงสีฟัน.....	17
4	แสดงถึงส่วนประกอบของแปรงสีฟันตามมาตรฐานวิชาการแปรงสีฟันกรม อนามัย พ.ศ 2547.....	19
5	เครื่องแปรงทั้ง 8 ตำแหน่งกำหนดแต่ละตำแหน่งเป็นตัวเลข 1-8.....	28
6	แสดงฐานยึดชิ้นงานของเครื่องแปรงอัตโนมัติ.....	32
7	แบบหล่อโลหะชิ้นบน.....	33
8	แบบหล่อโลหะชิ้นล่าง.....	33
9	แบบหล่อโลหะ 2 ชิ้นมาประกบกันพร้อมที่จะเตรียมชิ้นตัวอย่าง.....	34
10	แสดงการปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ และกดทับด้วยแผ่นกระจกใสให้สนิท เพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออก.....	34
11	ชิ้นตัวอย่างกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่อยู่ในแบบหล่อโลหะ.....	35
12	แสดงเครื่องทดสอบความหยابพื้นผิว.....	36
13	แสดงการยึดชิ้นตัวอย่างกับฐานของเครื่องวัดความหยابผิว.....	37
14	แสดงฐานของเครื่องวัดความหยابผิวจะยึดติดแน่นกับฐานตัวเครื่อง.....	37
15	ระดับที่พอเหมาะในการวัดของเข็มลากโดยจะแสดงเป็นแถบไฟบริเวณตรง กลาง.....	38
16	ตำแหน่งเริ่มต้นอยู่บนแบบโลหะหล่อ.....	38
17	แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นและพื้นที่ที่จะวัด.....	39
18	แสดงจุดเริ่มต้นที่วัด (X,Y) สีทึบคือพื้นที่ที่ถูกวัด มีขนาดความยาว x ความ กว้าง = 3.0 x 0.5 มิลลิเมตร นำเฉพาะพื้นที่ที่วัดไปคำนวณซึ่งมีขนาดความยาว x ความกว้าง = 2.0 x 0.5 มิลลิเมตร.....	39
19	แปรงสีฟันที่เตรียมก่อนการใช้งาน.....	40
20	แสดงการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัวในการเตรียมสารละลายยาสีฟัน.....	40
21	แสดงเครื่องแปรงอัตโนมัติ.....	41
22	อุปกรณ์ติดตั้งสมบูรณ์ก่อนการแปรง.....	42

ภาพที่	๗ หน้า
23	แสดงการใช้ไขควงปลายแหลมตอกวัสดุออกจากแบบโลหะ..... 43
24	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการแปรของวัสดุ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยเรียงลำดับจากน้อยมาก..... 48
25	แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความลึกที่เกิดขึ้นหลังจากการแปรของวัสดุกลาสไอ โอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยเรียงลำดับจากน้อยมาก..... 48
26	แสดงผลการอ่านค่าพื้นผิวและปริมาตรของชิ้นตัวอย่างก่อนการแปร (แถว ซ้าย) เปรียบเทียบกับหลังการแปร (แถวขวา) 49



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุบูรณะฟันที่มีความสำคัญเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีหลายประการได้แก่ มีพันธะเคมีกับโครงสร้างของฟัน มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ซึ่งจะต่อต้านการเกิดฟันผุ จึงมักนิยมนำมาใช้ในการควบคุมฟันผุ (Caries control) บูรณะฟันเพื่อรอดูอาการของเนื้อเยื่อใน (Pulp tissue) หรือในผู้ป่วยมีความเสี่ยงสูงที่จะพบรอยผุเนื่องจากได้รับรังสีรักษา (Radiation caries) (1) รวมทั้งใช้ในการบูรณะรอยผุผิวรากฟัน (Root surface caries) ซึ่งมักพบในผู้สูงอายุ นอกจากนี้กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเหตุความร้อน (Thermal expansion) ที่ต่ำใกล้เคียงกับฟัน มีความเป็นพิษ (Cytotoxicity) ต่ำและมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) กับเนื้อเยื่อเป็นอย่างดี (2) จึงนำมาใช้ในการรองพื้น (Base) โพรงฟัน อย่างไรก็ตามกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ก็มีข้อด้อยหลายประการเช่น แตกหักง่าย มีความต้านทานต่อการสึกที่ต่ำ จึงมักนำมาใช้บูรณะฟันในตำแหน่งที่ได้รับแรงเค้นบดเคี้ยวที่ต่ำ (3) เช่นบริเวณคอฟฟัน และด้านประชิดของฟันหน้า

โดยปกติการแปรงฟันเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการดูแลสุขภาพช่องปากเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัด (4) และแปรงสีฟันยังเป็นเครื่องมือหลักที่ใช้ทำความสะอาดฟันร่วมกับการดูแลสุขภาพช่องปากวิธีอื่นๆ เพื่อขจัดแผ่นคราบจุลินทรีย์ (5) แต่เนื่องจากในปัจจุบันยังไม่มีวัสดุบูรณะฟันชนิดใดที่มีคุณสมบัติดีทุกประการ ผลจากการแปรงฟันร่วมกับยาสีฟันอาจจะส่งผลต่อการสึกและความขรุขระผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์และโครงสร้างฟันได้ โดยเฉพาะการบูรณะบริเวณคอฟฟันและรากฟัน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะได้รับแรงจากการแปรงฟันโดยตรง ซึ่งถ้าหากว่าวัสดุมีการสึกและมีความขรุขระของผิวที่มาก จะเป็นโอกาสและสะสมของแผ่นคราบจุลินทรีย์ ส่งผลเสียต่อโครงสร้างของฟันทำให้เกิดฟันผุและเหงือกอักเสบหรืออาจเกิดการสูญเสียอวัยวะปริทันต์ได้ นอกจากนี้ยังทำให้วัสดุมีความสวยงามและความยาวนานในการใช้งานลดลงเพราะว่าอาจมีการติดของสีหรืออาจมีการเปลี่ยนของสี (6, 7) ในปัจจุบันมีการพัฒนาของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หลายผลิตภัณฑ์ที่ใหม่แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงในเรื่องการสึกจากการแปรง การศึกษาที่ผ่านมาในอดีตส่วนใหญ่จะวัดเฉพาะค่าความหยาบพื้นผิว การสูญเสียน้ำหนัก และแสดงลักษณะพื้นผิว แต่ยังไม่มีการวัดค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากการแปรงกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

คำถามการวิจัย

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีคุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสึกจากการแปรงแตกต่างจากเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสึกจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมกับเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

สมมติฐานการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสึกจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมกับเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างกัน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ในการเตรียมชิ้นงานและการทดสอบจะกระทำโดยใช้ผู้วิจัยเพียงคนเดียว
2. ในการเลือกผลิตภัณฑ์มาเป็นกลุ่มทดสอบ เลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย
3. ผู้วิจัยได้รับการฝึกฝนการใช้เครื่องมือต่างๆ เป็นอย่างดี
4. จุดอ้างอิงที่อยู่บนแบบหล่อโลหะก่อนและหลังการแปรงเป็นจุดเดียวกัน
5. แบบหล่อโลหะไม่ถูกทำให้สึกโดยการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ

คำสำคัญ

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์, การสึกจากการแปรง, ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง, เครื่องวัดความหยาบผิว, การทดสอบการแปรง

Brushing wear, Glass ionomer cement, Profilometer, Simulated brushing, Volume change

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบสมบัติทางกายภาพในเรื่องความต้านทานต่อการสึกจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์
2. เป็นข้อมูลในการเลือกใช้วัสดุ เนื่องจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีการสึกกร่อนน้อยจะมีอายุการใช้งานของวัสดุในช่องปากของผู้ป่วยได้นานขึ้น
3. เพื่อเป็นแนวทางพัฒนาปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการจำลองปัจจัยต่างๆ ไม่สามารถทำให้เหมือนสภาพจริงทุกประการได้ ผลที่ได้จะเป็นแนวทางบ่งบอกถึงการสึกจากการแปรงเพียงปัจจัยเดียวที่มาจากวัสดุ แต่การสึกของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่เกิดขึ้นจากสภาวะภายในช่องปากของผู้ป่วยจะมีปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วยเช่น ความเป็นกรดต่างในช่องปาก ลักษณะขนแปรงที่ใช้แปรง แรงที่ใช้แปรง เป็นต้น ดังนั้นจึงไม่สามารถนำผลการวิจัยที่ได้ มาสรุปเป็นการสึกกร่อนของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในสภาวะการใช้งานในช่องปากได้

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดงบประมาณการวิจัย

ราคา (บาท)

1. หมวดค่าใช้สอย			
1.1 ค่าถ่ายเอกสารและจัดทำรูปเล่มรายงาน			
ค่าถ่ายเอกสารและจัดหาเอกสารอ้างอิง			1,500
รายงานการวิจัย ถ่ายเอกสารพร้อมปก			4,000
2. หมวดค่าวัสดุ			
2.1 วัสดุทันตกรรมกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์			
Ketac Fil Plus Aplicap [®] จำนวน 1 ชุด			4,000
Fuji IX GP capsule [®] จำนวน 1 ชุด			3,500
Ketac N-100 [®] จำนวน 2 ชุด			6,800
Fuji II LC [®] capsule จำนวน 1 ชุด			4,000
2.2 วัสดุสิ้นเปลือง			
แปรงสีฟัน Premium [®]	150 อัน x 9		1,350
ยาสีฟันคอลเกตไวท์ไฮยีสตชั่น	32 หลอดๆ ละ 160 กรัม		2,000
แถบสีเซลลูลอยด์	1 กล่อง		200
โบมีดเบอร์ 12	16 ใบ		200
แอลกอฮอล์ 70%	1 ขวด		100
ผ้าก๊อซ	1 ม้วน		100
2.3 วัสดุสำนักงาน			3,000
3. หมวดค่าจัดทำและค่าเช่าครุภัณฑ์			
3.1 ค่าใช้บริการเครื่องทดสอบความหยابผิว	128 ชิ้น x 67.5		8,640
3.2 ค่าใช้บริการเครื่องทดสอบการขัดสีจำนวน	73 ชั่วโมง x 10		730
3.3 ค่าจ้างทำแบบหล่อโลหะ 2 ชุดๆ ละ 8 ชิ้น			20,000
		รวมทั้งหมด	60,120

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ส่วนประกอบและประเภทของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ส่วนประกอบหลักของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ประกอบด้วยสองส่วนคือส่วนผงและส่วนของเหลว ส่วนผงคือแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาส (Calcium fluoroaluminosilicate glass) และส่วนของเหลวประกอบด้วยกรดโพลีอะคริลิก (Polyacrylic acid) และน้ำ อัตราส่วนของแต่ละผลิตภัณฑ์อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต สำหรับส่วนประกอบอาจจะแตกต่างกันไปจากนี้บ้างขึ้นอยู่กับประเภทของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ประเภทของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ แบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามส่วนประกอบของโครงสร้าง คือ (8, 9)

1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (Conventional glass ionomer cement)
2. เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Resin-modified glass ionomer cement)
3. เมทัลรีอินฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Metal-reinforce glass ionomer cement)

1. กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีข้อดีหลายประการเช่น มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อเป็นอย่างดี แต่ก็มีข้อด้อยคือมีการแข็งตัวที่ช้า และจะไวต่อความชื้น ถ้าหากสัมผัสน้ำภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงแรกที่วัสดุยังแข็งตัวไม่สมบูรณ์ จะทำให้สูญเสียโครงสร้างของเกลือแคลเซียมคาร์บอกซิเลต (Calcium carboxylate salt) ทำให้ไม่มีความใสและสูญเสียคุณสมบัติทางกายภาพ ในปัจจุบันกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการพัฒนาเป็นกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่มีการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว (Fast setting cement) และมีความหนืดสูง (Highly viscous) เนื่องจากมีอัตราส่วนผงต่อส่วนเหลวที่สูง กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดนี้จะไวต่อความชื้นเพียงในช่วง 4-7 นาทีแรกภายหลังจากการผสม เนื่องจากผู้ผลิตได้เพิ่มขั้นตอนการกำจัดแคลเซียมไอออนส่วนเกินภายในซีเมนต์ออกไป รวมทั้งมีการเพิ่มกรดทาร์ทริก (tartaric acid) และลดขนาดของอนุภาคแก้ว ให้มีความละเอียดมากขึ้น (10, 11) เช่น Fuji IX

GP Fast® (GC, Japan) มีการพัฒนาให้มีขนาดของอนุภาคที่เล็กลงเฉลี่ย 7.13 ไมโครเมตร (3) จึงทำให้วัสดุเกิดการแข็งตัวที่เร็วขึ้นและมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นแต่จะขาดความเงางาม แต่มีข้อดีที่เหนือกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมในอดีตคือจะไวต่อการสูญเสียน้ำด้วยเวลาอันสั้นลงคือเพียง 2 สัปดาห์ แต่ถ้าเป็นชนิดเดิมในอดีตจะไวต่อการสูญเสียน้ำเป็นระยะเวลา 6 เดือน วัสดุกลุ่มนี้ที่ได้มีการพัฒนาได้แก่ Fuji IX® (GC, Japan) Ketac Molar® (3M ESPE, U.S.A.) Ketac Fil Plus Aplicap® (3M ESPE, U.S.A.) (8, 9)

2. เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์แตกต่างจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม คือในส่วนของเหลว จะมีเรซินฮีมา (HEMA = Hydroxyethyl methacrylate) เพิ่มขึ้นมา 15-25% และมีสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง (Photoinitiator) น้อยกว่า 1 % ได้แก่แคมโฟควิโนน (Camphorquinone) ซึ่งถ้าแบ่งตามปฏิกิริยาการแข็งตัวสามารถแบ่งเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ออกเป็น 2 กลุ่มคือ

- 2.1. ชนิดคูอัล (Dual) จะมีปฏิกิริยาการแข็งตัวทั้งปฏิกิริยาการแข็งตัวชนิดกรด-ด่าง (Acid-base reaction) และปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงหรือมีการบ่มตัวด้วยแสง (Light curing) สีฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ 400-500 นาโนเมตร
- 2.2. ชนิดไตรเคียว (Tricure) จะมีปฏิกิริยาการแข็งตัว 3 ชนิด โดยที่สองปฏิกิริยาแรกจะเหมือนปฏิกิริยาที่พบในชนิดคูอัลแต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาคือปฏิกิริยาการแข็งตัวชนิดออกซิเดชันรีดักชัน (Oxidation-reduction reaction) ซึ่งจะมีการบ่มตัวด้วยเคมี (Chemical curing) วัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ Vitremer® (3M ESPE, U.S.A.)

เนื่องจากขนาดอนุภาคอัดแทรก (Filler particle) ของฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาสในอดีตมีขนาด 45 ไมโครเมตร และได้มีการพัฒนาให้มีขนาดเล็กลงเป็น 15 ไมโครเมตรและ 1 ไมโครเมตร ตามลำดับ (12) แต่ก็ยังมีขนาดใหญ่จึงทำให้ขัดได้ไม่เรียบ จึงมีการพัฒนาเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดยบริษัทผู้ผลิตให้ชื่อนานาไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Nano-ionomer cement) ผลิตโดยใช้เทคโนโลยีการยึดติดสารอัดแทรกนาโน (Boned nanofiller) ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ชื่อ Ketac nano® (3M ESPE, U.S.A.) โดยที่ส่วนประกอบจะมีการเปลี่ยนจากส่วนผงและส่วนเหลว ไปเป็นครีมข้น (Paste) 2 หลอดซึ่งจะบรรจุในตัวจ่าย (Dispenser) เมื่อจะใช้งานให้กดที่ตัว

จ่ายจะได้ครีมนั้น 2 ส่วนในอัตราส่วนที่เท่ากันบนแผ่นผสม (Mixing pad) ผสมโดยใช้พายพลาสติกผสม โดยที่ครีมนั้นหลอดแรกประกอบด้วยฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตกลาส ซิลิกาและเซอร์โคเนียร์ที่มีการเคลือบผิวด้วยซิลเลน (Silane treated silica & zirconia) เมทาครีลเลทเรซิน (Methacrylate resin) ไดเมทาครีลเลทเรซิน (Dimethacrylate) และสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง ส่วนครีมนั้นหลอดที่สองประกอบด้วย น้ำ กรดโพลีอิลคิโนอิก นาโนคลัสเตอร์ (Nanocluster) ซิลิกาและเซอร์โคเนียร์ ซีมา และสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง โดยที่บริษัทผู้ผลิตอ้างว่าจากวัสดุที่ประกอบด้วยนาโนเมอร์ (Nanomer) และนาโนคลัสเตอร์ จะทำให้ขัดได้เรียบขึ้น มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้น มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น (13)

3. เมททัลริอินฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

พัฒนามาจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม เนื่องจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมในอดีตมีข้อต่อคุณสมบัติทางกายภาพหลายประการเช่นมีความแข็งแรงที่ต่ำ จึงมีการพัฒนาโดยเพิ่มอนุภาคเงิน (Silver particle) เข้าไปในส่วนผงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมซึ่งทำได้ 2 วิธีคือ

3.1 การนำเอาผงโลหะเงินที่ผ่านการเผา (Sintering) มาผสมเพื่อให้เพิ่มความแข็งแรงโดยเรียกซีเมนต์ในกลุ่มนี้ว่าเซอร์เมทซีเมนต์ (Cemet cement) เพราะเชื่อว่าการเผาผงโลหะและผงแก้วเข้าด้วยกันทำให้ได้แรงยึดระหว่างโลหะและเมทริกซ์ (Matrix) ที่ดีขึ้น ทำให้ได้วัสดุที่มีความแข็งแรงและทนทานต่อการสึกกร่อนพอที่จะใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันได้ แต่ก็ยังไม่สามารถนำมาใช้บูรณะฟันในบริเวณที่รับแรงบดเคี้ยวมากได้ ตัวอย่างวัสดุ กลุ่มนี้ได้แก่ Ketac Silver[®] (3M ESPE, U.S.A.)

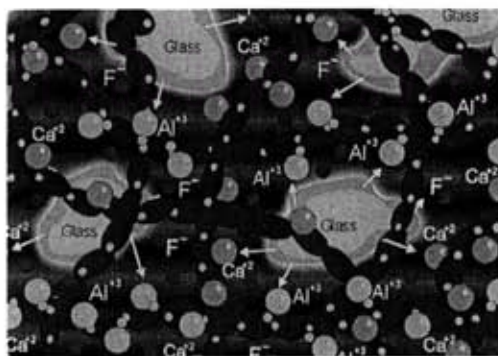
3.2 การนำเอาผงโลหะเจือเงินมาผสม (Silver alloy admix) โดยมีการเตรียมพื้นผิวก่อนนำไปผสมกับส่วนผงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม พบว่าคุณสมบัติไม่ดีไปกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมากนักเช่น ไม่สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการสึกกร่อนได้เมื่อเทียบกับแบบดั้งเดิมอาจเป็นเพราะแรงยึดที่ต่ำระหว่างเมทริกซ์กับผงโลหะ ตัวอย่างวัสดุกลุ่มนี้ได้แก่ Miracle-Mix[®] (GC, Japan) (8, 9)

ปฏิกิริยาของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

1. ปฏิกิริยาของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (14)

ปฏิกิริยาการแข็งตัวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมจะเป็นปฏิกิริยาการแข็งตัว

ชนิดกรด-ต่างเพียงอย่างเดียว ปฏิกริยาการแข็งตัวของชนิดกรด-ต่างจะเกิดขึ้นเมื่อผสมส่วนผงและ ส่วนของเหลวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมเข้าด้วยกัน การเกิดปฏิกิริยาแข็งตัวของชนิด กรด-ต่างเริ่มจากกรดโพลีอะคริลิก จะแตกตัวในน้ำให้ไฮโดรเจนไอออน (Hydrogen ion) และสาย โพลีอะคริเลท (Polyacrylate chain) โดยที่ไฮโดรเจนไอออนจะไปทำปฏิกิริยากับพื้นผิวของอนุภาค แคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาส ได้ไอออนของโลหะเช่น แคลเซียมไอออน อะลูมิเนียม ไอออน นอกจากนี้ยังได้ฟลูออไรด์ไอออน ซิลิกา (Silica) ส่วนพื้นผิวของแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโน ซิลิเกตกลาสจะเปลี่ยนสภาพเป็นซิลิกาเจลล้อมรอบส่วนผงซึ่งเป็นแกนภายในที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยา ต่อมาไอออนของโลหะจะไปทำปฏิกิริยากับกลุ่มคาร์บอกซิลบนสายโพลีอะคริเลท ได้เกลือโพลี อะคริเลท ซึ่งเกลือโพลีอะคริเลทจะทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ยึดอนุภาคของแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิ โนซิลิเกตกลาสที่เหลือภายหลังจากการทำปฏิกิริยากับกรดโพลีอะคริลิก ซึ่งอธิบายปฏิกิริยาของ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมตามภาพที่ 1 การเกิดปฏิกิริยาการแข็งตัวของชนิดกรด-ต่างจะ ดำเนินต่อไปอีกเป็นระยะเวลาหลายเดือน ทำให้มีการปล่อยฟลูออไรด์อย่างต่อเนื่องตลอด ระยะเวลาที่มีการเกิดปฏิกิริยา (15, 16) ในระยะเริ่มต้นประมาณ 4-7 นาทีแรกของปฏิกิริยาชนิด การแข็งตัวของชนิดกรด-ต่างจะเกิดเกลือแคลเซียมคาร์บอกซิเลต ซึ่งจะไม่คงตัวละลายน้ำได้ง่าย ใน ระยะต่อมาอะลูมิเนียมไอออนจะไปแทนที่แคลเซียมไอออนกลายเป็นเกลืออะลูมิเนียมคาร์บอกซิ เลตซึ่งจะมีความคงตัวกว่าภายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้มีการแข็งตัวเพื่อเกิดวัฏภาคที่ สมบูรณ์ (Maturation phase) ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมสมดุลของน้ำโดยจะทำภายหลังจากที่ วัสดุมีการแข็งตัวเสร็จใหม่ๆ โดยการทาสารเคลือบผิว ตัวอย่างสารที่ใช้เคลือบผิวได้แก่ อิมอลิน (Emollient) เช่น โกโก้บัตเตอร์ (Cocobutter) ปีโตรเลียมเจลลี (Petroleum jelly) วาร์นิชกันน้ำ (Waterproof varnish) เรซินชนิดเมทิลเมทาครีเลต (Methyl methacrylate) และเรซินชนิดเอ ไมด์ (Amide) (17)



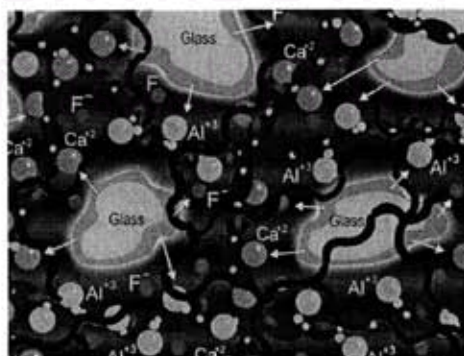
ภาพที่ 1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

(คัดลอกมาจากหนังสือ An Atlas of Glass ionomer cements 3rd ed. หน้า 7., 2002)

2. ปฏิริยาของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ปฏิริยาการแข็งตัวของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะเป็นชนิดบ่มตัวแบบคู่อัล ซึ่งจะมี 2 ปฏิริยา คือ ปฏิริยาการแข็งตัวชนิดกรด-ด่าง และ ปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสง โดยมีสารเริ่มต้นปฏิริยาด้วยแสงคือ แคมโฟควิโนน ถ้าหากว่าเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีสารเริ่มต้นปฏิริยาเคมี (Chemical initiators) เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจะทำให้เกิดปฏิริยาได้ทันทีเมื่อเริ่มผสม เรียกปฏิริยาการแข็งตัวระบบนี้ว่า ไตรเคียว (18) เนื่องจากส่วนของเหลวของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีมอนอเมอร์ (Monomer) ซึ่งละลายน้ำได้คืออีมา เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบในส่วนของเหลวลดน้อยลง ปฏิริยาการแข็งตัวชนิดกรด-ด่างของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จึงเกิดช้ากว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (11, 14)

ปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะเกิดขึ้นเมื่อถูกกระตุ้นเกิดเป็นตาข่ายพอลิเมอร์ทำให้เกิดการแข็งตัว การยึดกันระหว่างกลุ่มเมธาคริลเลทในอีมากับกรดโพลีอะคริลิคจะยึดกันโดยใช้พันธะไฮโดรเจน ซึ่งอธิบายปฏิริยาของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ตามภาพที่ 2 อีมาที่ได้รับกระตุ้นจากแสงจนเกิดปฏิริยาการเกิดพอลิเมอร์จะป้องกันความไวต่อการได้รับน้ำภายหลังเมื่อเกิดปฏิริยาการแข็งตัวสมบูรณ์พบว่าอีมาเหลือในส่วนประกอบ 4.5 % (11) บางบริษัทใส่เรซินซึ่งสามารถแข็งได้เอง (Autocure) และเมื่อเรซินก่อตัวแล้วจะมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนกับเรซินชนิดที่ใช้แสงเป็นตัวเริ่มกระตุ้น โดยเรซินดังกล่าวจะใสในส่วนของเหลวเมื่อส่วนผสมผสมกับส่วนของเหลวจะเกิดปฏิริยาออกซิเดชันรีดักชัน เพื่อที่จะเพิ่มการแข็งตัวของเรซินในส่วนที่ไม่แข็งตัว สัดส่วนการแข็งตัวด้วยปฏิริยาเคมีในกระบวนการทั้งหมดมี 15% (8, 9)



ภาพที่ 2 แสดงการเกิดปฏิริยาของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

(คัดลอกมาจากหนังสือ An Atlas of Glass ionomer cements 3rd ed. หน้า 7., 2002)

การสึก

การสึกคือขบวนการซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียวัสดุอันเนื่องจากการกระทำที่พื้นผิวเกิดขึ้นเมื่อผิวสองพื้นผิวเคลื่อนที่เสียดหรือไถลผ่านกันคล้ายกับได้รับแรงกระทำ สถาบันวิศวกรรมเครื่องกลแห่งสหราชอาณาจักร (The Institution of Mechanical Engineer of The United Kingdom) ได้ให้คำนิยามของการสึกว่าเป็นการสูญเสียวัสดุบางส่วนจากบริเวณพื้นผิวของวัตถุ โดยการทำงานทางกลศาสตร์ที่สามารถทำให้เกิดการสึกได้แก่การถู (Rubbing) การอัด (Impact) การขูด (Scraping) และการกร่อน (Erosion) (19-21)

การสึกในช่องปากเป็นขบวนการที่ซับซ้อนเกิดมาจากหลายปัจจัยได้แก่(20-22)

1. การสึกจากความล้า (Fatigue wear) เป็นการสึกที่เกิดจากความเครียดที่พื้นผิวหรือเนื้อวัสดุ ทำให้เกิดรอยร้าวและพัฒนาไปเป็นการแตกหักของพื้นผิว
2. การสึกจากการกัดกร่อน (Corrosive wear) เป็นการสึกที่เกิดจากสารเคมีมากระทำซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาระหว่างสิ่งแวดล้อมและพื้นผิวที่ลื่นทำให้เกิดการหลุดออกของผลผลิต โดยผลของการกร่อนจะทำให้เกิดเยื่อบางๆ (Protective film) ทำหน้าที่ป้องกันพื้นผิววัตถุแต่ถ้าหากเยื่อบางนี้ถูกไถลจนสึกหมดไป การกร่อนก็จะเกิดขึ้นอีก
3. การสึกจากการกัดเซาะ (Erosive wear) เป็นการสึกที่เกิดเมื่อมีอนุภาคที่เป็นของแข็งขนาดเล็กหรือของเหลวที่เป็นสารเคมีที่มีค่าความเป็นกรดต่างที่ต่ำมากกระทบบนพื้นผิววัสดุ ทำให้เกิดการกัดเซาะพื้นผิว ในทางทันตกรรมการสึกแบบนี้อาจเกิดจากการกระทำของทันตแพทย์หรือสภาวะที่มีความเป็นกรดในช่องปากหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน
4. การสึกจากการขัดถู (Abrasive wear) เป็นการสึกที่เกิดขึ้นเนื่องจากพื้นผิวที่แข็งและขรุขระหรือมีอนุภาคที่แข็งมากไถลไปบนพื้นผิววัสดุที่มีความอ่อนนุ่มกว่า ผลจากการสึกจะพบอนุภาคที่หลุดออกมาจากการสึกอัดอยู่บนพื้นผิวด้วย โดยที่การสึกจากการขัดถูแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ

การสึกจากการขัดถูจากวัตถุสองสิ่ง (Two body abrasion) เป็นการสึกเกิดจาก 2 องค์ประกอบ โดยเกิดจากพื้นผิวที่มีความแข็งต่างกันมาสัมผัสกัน โดยพื้นผิวที่มีความแข็งกว่าจะทำให้อีกพื้นผิวที่อ่อนกว่าเป็นร่องหรือกระเทาะหลุดไปเช่น ระหว่างฟันกับฟันซึ่งมักเรียกว่าการสึกจากการบดเคี้ยว (Attrition)

การสึกจากการขัดถูจากวัตถุสามสิ่ง (Three body abrasion) เป็นการสึกเกิดจาก 3 องค์ประกอบ โดยมีอนุภาคขนาดเล็กที่มีความแข็งแทรกอยู่ระหว่างพื้นผิวที่สัมผัสกัน เช่นการบดเคี้ยวตามธรรมชาติโดยอาหารจะเป็นสารคั่นกลางระหว่างฟันบนและฟันล่างหรือเกิดจากการแปรง

ฟันโดยมีयाสีฟันเป็นสารค้ำกลาง

5. การสึกจากการยึดติด (Adhesive wear) เกิดเนื่องจากวัตถุสองชิ้นเคลื่อนที่เลื่อนไถลบนพื้นผิวซึ่งกันและกัน ทำให้การยึดติดนั้นถูกทำลาย โดยที่บริเวณที่ถูกทำลายไม่ใช่ที่รอยต่อระหว่างพื้นผิวเดิมแต่เป็นที่ภายในเนื้อวัตถุนั้น ส่งผลให้มีอนุภาคบางส่วนแตกหลุดออกมา เกาะติดไปกับวัตถุอีกชิ้นที่เลื่อนไถลผ่าน
6. การสึกจากการกระทบ (Impact wear) เกิดจากการกระทบซ้ำๆ ของพื้นผิวที่มีความแข็งสองพื้นผิวเช่น การกัดแน่นฟัน การกระทบของฟันขณะเคี้ยวหรือกลืน

เครื่องมือที่จำลองรูปแบบของการเกิดการสึก

1. เครื่องจักร ACTA wear (23)
2. เครื่องมือ Reciprocal compression sliding wear (3, 10)
3. เครื่องจักร Electromechanical tooth wear (24)
4. อุปกรณ์ Pin-on-disc-type (2)
5. เครื่องแปรงอัตโนมัติ (25)

วิธีการประเมินลักษณะการสึกของวัสดุบูรณะฟัน

วิธีการประเมินลักษณะการสึกของวัสดุแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือประเมินทางคลินิกและประเมินทางห้องปฏิบัติการ

1. ประเมินทางคลินิก

สามารถประเมินได้จากการสังเกตและการพิมพ์ฟันเพื่อนำมาวิเคราะห์พื้นผิว

- 1.1 จากการสังเกตโดยประเมินการสึกของวัสดุของผู้ป่วยเมื่อผู้ป่วยมาตรวจฟันตามปกติ โดยใช้ข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข ประเทศสหรัฐอเมริกา ตามหลักเกณฑ์ USPHS ซึ่งรายงานโดย Cvar และ Ryge การประเมินจะใช้ผู้สังเกตการณ์ทางคลินิกอย่างน้อยสองคนเป็นผู้ประเมินการสึก โดยผลจากการประเมินจะแสดงเป็นค่าต่างๆ มี 3 ค่าคือค่าอัลฟา (Alpha) ค่าบราโว (Bravo) ค่าชาร์ลี (Charlie) รายละเอียดเกณฑ์การประเมินทางคลินิกของความต้านทานการสึก (Wear resistance) อธิบายได้ตามตารางที่ 1 โดยการศึกษาทางคลินิกวิธีนี้จะซับซ้อนต้องอาศัยความร่วมมือของคนไข้เป็นอย่างดีในการกลับมาให้ทันตแพทย์ตรวจติดตามผล (19, 26)

ตารางที่ 1 แสดงเกณฑ์การประเมินทางคลินิกของความต้านทานการสึก (26)

ประเภท (Category)	การจัดอันดับและลักษณะ (Rating and characteristic)
ความต้านทานการสึก	อัลฟา : วัสดุสมบูรณ์อย่างดี (Intact) ไม่มีการสูญเสียเค้ารูป (Contour)
	บราโว : วัสดุมีการสูญเสียเค้ารูปบางส่วน (Slight) แต่ไม่จำเป็นต้องรีอูดใหม่
	ซาลี : วัสดุมีการสูญเสียเค้ารูปอย่างมาก (Extensive) จำเป็นต้องรีอูดใหม่

1.2 การพิมพ์ฟันเพื่อนำมาวิเคราะห์ฟันผุ วิธีนี้นำเสนอโดย Leinfelder และคณะ (27) เป็นการประเมินการสึกเชิงปริมาณ โดยจะประเมินทางอ้อมเปรียบเทียบกับแบบจำลองปูน (Stone replica) ของฟัน อย่างไรก็ตามในวิธีนี้ทั้งการพิมพ์แบบฟัน (Dental impression) และขั้นตอนในการหล่อแบบพลาสติกเรซิน (Dental stone) จะไม่เสถียร (Instability) ในขณะที่มีการก่อตัว จากนั้นก็จะนำแบบจำลองปูนของฟันมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคมิชิแกนคอมพิวเตอร์กราฟฟิก (Michigan computer graphic) ร่วมกับเครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ 3 มิติ นอกจากนี้แล้วในปัจจุบันนิยมใช้วัสดุพิมพ์แบบโพลีไวนิลซิลอกเซน (Polyvinylsiloxane) และหล่อแบบด้วยอีพอกซี (Epoxy) เพื่อทำแบบจำลองอีพอกซี โดยที่จะทำแบบจำลองอีพอกซีทั้งก่อนการสึกและหลังการสึก จากนั้นนำค่ามาเปรียบเทียบความแตกต่างของความสึกโดยใช้โปรไฟโลมิเตอร์ (28)

2. การประเมินทางห้องปฏิบัติการ

เครื่องมือที่ใช้ได้แก่

2.1 การใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงที่มีการดัดแปลง (Modified light microscope)

2.2 เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์

เครื่องมือทั้ง 2 ชนิดมีรายละเอียดดังนี้คือ

- 2.1 การใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดใช้แสงที่มีการดัดแปลง มีประโยชน์เพื่อดูความสูงที่มีการเปลี่ยนแปลงไปของรอยสึก (Wear facet) (24) โดยมีการใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดระยะ ความลึก (Mercer, St. Albans, England) โดยติดเข้ากับส่วนแท่นที่เคลื่อนที่ได้ของตัว กล้อง จะมีเข็ม (Pin) ที่ติดเข้ากับส่วนฐานเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวัด วิธีนี้ทำให้ทราบ ถึงระยะความสูงของตำแหน่งของการสึกโดยเทียบกับความสูงของแท่นที่เปลี่ยนไปที่จะถูก บันทึกลงไว้
- 2.2 เครื่องโปรไฟล์โลมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อใช้วัดความหยาบพื้นผิวโดย แบ่งการวัดเป็น 2 วิธีได้แก่ (29, 30)
- 2.2.1 วิธีที่เครื่องมือไม่มีการสัมผัส (Non-contact equipment) กับพื้นผิวเช่น การใช้ ไดโอดเลเซอร์ (Diode laser) ซึ่งจะมีทิศทางพุ่งลงโดยตรงไปยังพื้นผิวและเกิด การสะท้อนของแสงไปยังตัวรับซีซีดี (CCD receptor) โดยที่เครื่อง TalyScan 150[®] ชนิดที่ใช้ไดโอดเลเซอร์จะมีความละเอียดในแนวตั้ง (Vertical resolution) 1 ไมโครเมตร (31) วิธีนี้ไม่เหมาะที่จะใช้กับพื้นผิวที่โป่งแสงหรือ พื้นผิวที่มีการ สะท้อนแสงสูงได้แก่ พื้นผิวของโลหะที่ผ่านการขัดเงา วัสดุสีเหมือนพื้นที่เรียบมัน พื้นผิวที่มีความนูนเช่น รูปร่างของฟัน เนื่องจากจะเกิดการสะท้อนของแสง เลเซอร์ทำให้ได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง และยังไม่สามารถตรวจจับคลื่นแสงหรือทำนาย การสะท้อนของแสงได้ ข้อบ่งชี้ของการใช้ไดโอดเลเซอร์คือพื้นผิวต้องไม่มันเงา (Non-glossy surface) ข้อดีของการใช้ไดโอดเลเซอร์คือวัดค่าได้ถูกต้องมีค่า ความคลาดเคลื่อนน้อยและมีความแม่นยำมากกว่าการวัดด้วยเข็มลาก (Stylus) สามารถวัดได้ในตำแหน่งที่ลึกและแคบซึ่งเครื่องมือมีการสัมผัส เช่นหัวเข็มไม่ สามารถวัดได้
- 2.2.2 วิธีที่เครื่องมือมีการสัมผัส (Contact equipment) กับพื้นผิว ตัวอย่างของ เครื่องมือที่มีการสัมผัสพื้นผิวคือเข็มลาก ลักษณะของเข็มลากประกอบด้วย ความยาวเข็มลาก (Effective length) ความสูงเข็มลาก (Shank length) รูปร่าง และขนาดของส่วนปลายเข็มลาก (Tip radius) และจุดหมุน (Pivot point) โดยมีหัวลากชนิดปลายเข็มเพชร (Diamond stylus) รูปกลม (Sphere) มีรัศมี 2 ไมโครเมตร โดยที่เครื่อง TalyScan 150[®] ชนิดที่ใช้หัวลากชนิดปลายเข็มเพชร จะมีความละเอียดในแนวตั้ง 0.06 ไมโครเมตร (31) ซึ่งจะลากไปตามพื้นผิวที่ ต้องการทดสอบด้วยแรงที่มากกระทำอย่างสม่ำเสมอ ข้อดีคือเหมาะสำหรับวัด

พื้นผิวในกรณีที่ไดโอดเลเซอร์ไม่สามารถวัดได้ โดยพื้นผิวที่จะวัดจะต้องมีความแข็งเพียงพอเช่น โลหะ พลาสติกแข็ง ไม้ ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่สามารถวัดได้ในตำแหน่งที่มีความกว้างของหลุมน้อยกว่ารัศมีของเข็ม หรือในพื้นที่นูน

วิธีการวัดความหยาบพื้นผิวโดยใช้เครื่องโปรไฟล์มิเตอร์ทั้ง 2 วิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถทำการวัดได้ทั้ง 2 มิติคือแกน x แกน y หรือ 3 มิติ คือแกน x แกน y แกน z โดยเครื่องจะทำการวิเคราะห์พื้นผิว จากนั้นผลของการวัดด้วยเครื่องดังกล่าวจะถูกส่งเป็นสัญญาณเข้าสู่ฮาร์ดแวร์ (Hardware) แล้วอ่านตัวเลขออกมาเป็นระบบดิจิทัล รวมทั้งแสดงกราฟออกมาโดยขยายขนาดทั้งความสูงและความยาวเพื่อให้เหมาะกับตาของมนุษย์ ซึ่งจะได้ค่าของจุดสูงสุดและจุดลึก (Peak and Valleys) (29) นอกจากนี้แล้วเครื่องจะแสดงผลออกมาเป็นแถบสีซึ่งบอกความสูงต่ำของพื้นผิว รวมทั้งการแสดงรูปภาพในรูปแบบ 3 มิติ เมื่อเครื่องสามารถวิเคราะห์พื้นผิวออกมาได้แล้ว จึงใช้คำสั่งให้เครื่องคำนวณค่าพื้นที่ ปริมาตร และความลึกเฉลี่ยออกมาแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิทัลบนหน้าจอ

เครื่องที่วัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างไปจากแบบ 2 มิติดังต่อไปนี้คือ

ข้อดีของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติที่เหนือกว่า 2 มิติ (30, 32)

1. สามารถอ่านค่าพื้นผิวได้ละเอียดกว่า
2. ค่าทางสถิติที่ได้มีความคงที่กว่า (More Statistically stable)
3. สามารถตรวจสอบและวิเคราะห์หาความผิดปกติ (Defect) ของพื้นผิวได้ดีกว่า
4. สามารถนำข้อมูลที่ตรวจสอบได้ไปวิเคราะห์ได้หลายวิธี

ข้อด้อยของเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติ (30, 32)

1. การวัดแต่ละรอบใช้ระยะเวลาาน
2. ข้อมูลที่วัดได้มีขนาดใหญ่ (Large data file)
3. ราคาแพง

เกณฑ์มาตรฐานในการวัดความต้านทานการสึกของวัสดุทางทันตกรรม

สำหรับองค์การมาตรฐานนานาชาติ กำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการวัดความต้านทานการสึกของวัสดุทางทันตกรรม ดังนี้คือ เกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติหมายเลข 14569-1 (International Organization for standardization (ISO) No 14569-1:1999) กำหนด

ข้อปฏิบัติในการทดสอบความต้านทานต่อการสึกของวัสดุทันตกรรมจากการแปรง (Dental materials – Guidance on testing of wear resistance – Wear by tooth brushing)(33)

เกณฑ์ที่ใช้ทดสอบจะกำหนดสภาวะที่ต้องควบคุมต่างๆ การเตรียมชิ้นตัวอย่างจากวัสดุที่ต้องการทดสอบอย่างน้อย 6 ชิ้น พื้นผิวที่จะทดสอบควรเรียบและขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1000 และชิ้นตัวอย่างทั้งหมดเก็บในน้ำที่อุณหภูมิ 37 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 7 วันก่อนการทดสอบ ส่วนเครื่องมือที่ใช้ทดสอบคือเครื่องแปรงอัตโนมัติ กำหนดแรงกดของแปรงได้ตั้งแต่ 0.5-2.5 นิวตัน (50-250 กรัม) ยาสีฟันที่ผสมแล้วควรเก็บในอุณหภูมิ 23 ± 3 องศาเซลเซียส และคำนวณหาปริมาตรของวัสดุที่สึกได้จากน้ำหนักที่หายไป นอกจากนี้มีข้อเพิ่มเติมจากเกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติหมายเลข TC106/SC7N117 คือ แปรงสีฟันควรเป็นขนไนลอนยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร ขนแปรงอยู่ในระนาบเดียวกัน แปรงในน้ำ 1 คืนก่อนการใช้งาน อย่าถอดแปรงออกจากเครื่องขณะที่เครื่องทำงานหรือยังทำงานไม่เสร็จ หากต้องการพักเครื่องชั่วคราวให้ยกแปรงแทนที่จะให้แปรงกดที่วัสดุเพื่อที่ขนแปรงจะได้ไม่โค้งงอ การใช้เครื่องวัดปริมาณความตึงของสปริงเพื่อวัดแรงกดของแปรงควรวัดได้ 150 กรัม (วิธีการวัดปริมาณความตึงของสปริงอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องแปรงฟัน) และควรวัดซ้ำอย่างน้อยทุกๆ 2 วัน

ส่วนการเตรียมสารขัดอ้างอิงจะเตรียมจากสารละลายยาสีฟันมีปริมาณยาสีฟันต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 25 กรัมต่อ 40 มิลลิลิตร ผสมโดยเครื่องกวนแบบแตกตัว จนกว่าสารละลายจะเข้ากันดี และสารละลายยาสีฟันที่เตรียมได้จะต้องใช้ทันทีเพื่อป้องกันการแข็งตัวของอนุภาค จึงไม่ควรเตรียมไว้ค้างคืน (33)

ในการวิจัยเรื่องการสึกของวัสดุโดยเครื่องแปรงอัตโนมัติจะเกี่ยวข้องกับ 2 สิ่งที่มีความสำคัญคือแปรงสีฟันและยาสีฟัน

แปรงสีฟัน

การแปรงฟันเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการดูแลสุขภาพช่องปากเนื่องจากเป็นวิธีที่ทำความสะอาดช่องปากที่ง่ายและประหยัด (4) และแปรงสีฟันเป็นเครื่องมือหลักซึ่งมักจะทำร่วมกับวิธีอื่นๆ ในการดูแลสุขภาพช่องปาก (5) เพื่อขจัดแผ่นคราบจุลินทรีย์ ส่วนประกอบของแปรงสีฟัน (ภาพที่ 3) แบ่งออกเป็นส่วนหัวของแปรงสีฟัน (Head) ส่วนปลายของหัวแปรงสีฟัน (Toe) ส่วนที่อยู่ใกล้ด้ามแปรงสีฟัน (Heel) ส่วนที่อยู่ระหว่างหัวแปรงและด้ามแปรงสีฟัน (Shank) และส่วน

ด้ามแปรงสีฟัน (Handle) (34)



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของแปรงสีฟัน

(คัดลอกมาจากหนังสือ Primary preventive dentistry 6th ed. หน้า 96., 2004)

จากการศึกษาของ Nimmanon และคณะในปี ค.ศ. 2006 (35) โดยศึกษารูปแบบของแปรงสีฟันสามารถจัดจำแนกออกเป็น 6 ลักษณะได้ดังนี้

1. ลักษณะด้ามแปรงสีฟัน (Handle) แบ่งได้เป็นด้ามตรง (Straight) ด้ามทำมุมขึ้นมาจากแนวระนาบ (Angle) ด้ามทำมุมลงมาจากแนวระนาบ (Offset)
2. ลักษณะด้านข้าง (Lateral view) ของหัวแปรงสีฟันแบ่งเป็น ลักษณะตรง (Flat) ลักษณะเว้า (Concave) ลักษณะโค้ง (Convex) และลักษณะที่มีหลายระดับ (Multilevel)
3. ลักษณะพื้นที่ใช้งาน (Top of view) ของหัวแปรงสีฟัน แบ่งเป็นรูปเพชร รูปวงรี รูปทรงสอบ และรูปสี่เหลี่ยม
4. ลักษณะภาพตัดขวางของหัวแปรงแบ่งเป็น ลักษณะตรง ลักษณะเว้า ลักษณะโค้ง และเรียงตัวชี้ออกมาด้านนอก (Angle away)
5. ลักษณะการเรียงตัวของกระจุกขนแปรงสีฟัน (Tuft direction) แบ่งเป็นขนแปรงแนวตั้งไม่มีการประสานกัน และขนแปรงเรียงตัวประสานกัน
6. การเพิ่มความยืดหยุ่นของแปรงสีฟันแบ่งเป็น 2 แบบคือมีการเพิ่มความยืดหยุ่นและไม่มี การเพิ่มความยืดหยุ่น

ส่วนรูปแบบของขนแปรงจำแนกออกเป็น 4 ลักษณะได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงแหลม (Slim) รูปทรงเกลียว (Twister) และรูปทรงปลายแตก (Micro-tip)

ส่วนประกอบของแปรงสีฟันที่แตกต่างกันก็มีผลต่อการสึกเช่นแปรงสีฟันที่ทำมาจากขนสัตว์จะทำให้ฟันสึกได้มากกว่าแปรงที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์ประเภทโพลีเอสเตอร์ (36) แปรงที่มีขนสั้นและเส้นผ่าศูนย์กลางกว้างจะทำให้ขนแปรงมีความแข็ง (Stiffness) มาก ซึ่งพบว่าขนแปรง

ที่แข็งแกร่งจะทำให้คอมโพสิตเรซินสึกมากกว่าขนแปรงที่อ่อนกว่า (37) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าขนแปรงแข็งปานกลาง (Medium) จะทำให้เนื้อฟันสึกมากกว่าแปรงชนิดขนอ่อน (Soft) ประมาณ 1.4 เท่า (38)

วิธีการแปรงมีผลต่อการสึก จากการศึกษานี้ของ Bergstrom และ Lavstedt (39) พบว่าการแปรงฟันด้วยวิธีถูในแนวราบ (Horizontal scrub) จะทำให้เกิดการสึกของฟันมากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่นคือวิธีถูในแนวตั้ง (Vertical) หมุน (Roll) หรือหลายวิธีผสมผสานกัน ระยะเวลาและความถี่ในการแปรงฟันที่มากขึ้นก็จะทำให้การสึกเพิ่มมากขึ้นด้วย

จังหวะของการแปรง (Stroke length) จากการศึกษานี้ของ Health และ Wilson (37) พบว่าจังหวะการแปรงมีผลต่อการสึกของเรซินคอมโพสิตกล่าวคือ ถ้าจังหวะการแปรงยาว (Long stroke) และแปรงร่วมกับยาสีฟันจะพบการสึกมากกว่าจังหวะการแปรงที่สั้น (Short stroke) แต่ถ้าไม่ใช้ยาสีฟันพบว่าในจังหวะการแปรงสั้นจะเกิดการสึกมากกว่าหรือเท่าๆ กับจังหวะการแปรงยาว ส่วนแรงที่ใช้ในการแปรงฟันก็มีผลต่อการสึก ถ้าแรงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 7 นิวตัน การสึกจะเพิ่มขึ้นตามแรงที่เพิ่มขึ้นด้วยในรูปแบบสมการเส้นตรง (37)

ระยะเวลาในการแปรง มีการศึกษาของ Sorensen และ Nguyen ในปี ค.ศ. 2002 (40) โดยกำหนดการเคลื่อนแปรงสีฟันเป็นจำนวน 4 ครั้งต่อวินาที จำนวนในฟัน 28 ซี่ ซึ่งได้ข้อมูลการแปรงระยะเวลา 3 ปีเทียบเท่ากับ 18,768 ครั้งต่อด้าน

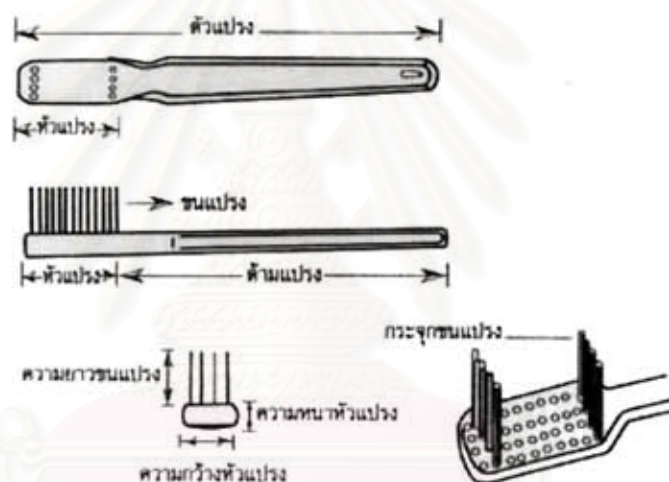
ชนิดของขนแปรงตามมาตรฐานวิชาการแปรงสีฟันกรมอนามัย พ.ศ.2547(41) แบ่งเป็น 2 ชนิดตามความอ่อนแข็งของขนแปรง (ตารางที่ 1) โดยที่ขนแปรงควรผลิตมาจากไนลอน (Nylon) หรือพีบีที (PBT; Polybutylene terephthalate) ลักษณะขนแปรงเป็นเส้นกลม ตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน ตลอดทั้งเส้น

ตารางที่ 2 แสดงชนิดของขนแปรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวของขนแปรง (41)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนแปรง (ม.ม.)	ขนแปรงชนิดนุ่ม	ขนแปรงชนิดปานกลาง
	ความยาวขนแปรง (ม.ม.)	ความยาวขนแปรง (ม.ม.)
0.150-0.174	8-13	6-7
0.175-0.204	9-13	6-8
0.205-0.224	10-13	7-9
0.225-0.254	11-13	7-10
0.255-0.274	12-13	8-11

คุณลักษณะอื่นที่จำเป็นของแปรงสีฟัน (41)

หัวแปรงและด้ามแปรง ต้องทำจากวัสดุที่ไม่มีกลิ่นน่ารังเกียจ และไม่มีพิษ และต้องไม่มีส่วนที่มีความคม หรือเป็นมุมที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับผู้ใช้ ขนแปรงต้องทำจากเส้นใยในลอนหรือวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเทียบเท่า เป็นเส้นกลม หรือรี ขนตั้งตรง ผิวเรียบ ปลายมน ไม่มีขอบคมหรือขรุขระ ถ้าเป็นขนแปรงที่มีการออกแบบที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดนี้ จำเป็นต้องมีรายงานการรับรองจากสถาบันทางด้านวิชาชีพทันตแพทยศาสตร์ ขนแปรงแต่ละกระจุกต้องติดแน่นกับหัวแปรงตามรูปที่ 4 โดยทนต่อแรงดึงไม่น้อยกว่า 15 นิวตัน ต้องมีตราเครื่องหมายของผู้ทำ หรือผู้จัดจำหน่ายบนด้ามแปรง



ภาพที่ 4 แสดงถึงส่วนประกอบของแปรงสีฟันตามมาตรฐานวิชาการแปรงสีฟันกรมอนามัย พ.ศ. 2547 (คัดลอกมาจาก <http://dental.anamai.moph.go.th/oralhealth/PR/E-book/brush.html>)

ยาสีฟัน

ในปัจจุบันยังไม่มีกรายงานเกี่ยวกับการจัดแบ่งประเภทของยาสีฟันไว้อย่างชัดเจน แต่ถ้าหากแบ่งประเภทของยาสีฟันที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเมืองไทยตามคุณสมบัติของยาสีฟัน สามารถแบ่งได้ 5 ประเภท (42) ได้แก่ยาสีฟันป้องกันฟันผุ ยาสีฟันลดคราบจุลินทรีย์ ยาสีฟันควบคุมการเกิดหินน้ำลาย ยาสีฟันทำให้ฟันขาว และยาสีฟันลดอาการเสียวฟัน

1. ยาสีฟันป้องกันฟันผุ พบว่ายาสีฟันชนิดนี้จะมีฟลูออไรด์ซึ่งสามารถป้องกันฟันผุได้ โดยจะมีฟลูออไรด์ในรูปโซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟต (Sodium mono fluorophosphate) และโซเดียมฟลูออไรด์ (Sodium fluoride)
2. ยาสีฟันลดคราบจุลินทรีย์ ในส่วนประกอบจะมีสารที่ใช้ลดคราบจุลินทรีย์ได้แก่คลอเฮกซิดีน

(Clorhexidine) และไตรโคลซาน (Tricosan)

3. ยาสีฟันควบคุมการเกิดหินน้ำลาย เป็นชนิดที่มีประสิทธิผลในการควบคุมการเกิดหินน้ำลายที่อยู่เหนือเหงือกประกอบด้วยสารที่ใช้ควบคุมการเกิดหินน้ำลายคือไพโรฟอสเฟต (Pyrophosphate)
4. ยาสีฟันที่ทำให้ฟันขาว ยาสีฟันชนิดนี้จะช่วยขจัดคราบสีบนตัวฟันโดยไม่มีผลกระทบต่อสีของฟัน สารที่ใช้คือไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen Peroxide) และคาร์บาไมด์เพอร์ออกไซด์ (Carbamide peroxide)
5. ยาสีฟันลดอาการเสียวฟัน ใช้สำหรับลดอาการเสียวฟัน มีสารที่เป็นองค์ประกอบคือโปแตสเซียมไนเตรท (Potassium nitrate) และสตรอนเทียมคลอไรด์ (Strontium chloride)

ส่วนประกอบของยาสีฟันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศไทย (มอก. 45-2540) (43) ได้แก่

1. สารขัดสี เป็นผงขัดที่ผสมในยาสีฟัน เพื่อให้เป็นตัวกำจัดคราบสกปรก โดยขัดสีที่ผิวฟัน ในขณะที่กำลังแปรงฟัน ดังนั้นผงขัดนี้จะต้องละเอียดพอที่จะขจัดสิ่งสกปรกออกจากผิวฟัน โดยไม่ทำอันตรายต่อเคลือบฟันและเนื้อฟัน นอกจากนี้แล้วสารขัดสีนี้จะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบอื่นๆ ของยาสีฟันซึ่งอาจทำให้สรรพคุณของยาสีฟันเปลี่ยนแปลงไป สารขัดสีที่อนุญาตให้ใช้ในยาสีฟันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศไทยได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide) แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate) ไดแคลเซียมฟอสเฟตแอนไฮดรัส (Dicalcium phosphate anhydrous) โซเดียมเมตาฟอสเฟต (Sodium metaphosphate) ที่ไม่ละลายน้ำ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต (Tricalcium phosphate) แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide) และสารจำพวกอะลูมิเนียมออกไซด์ไฮเดรต (Aluminium oxide hydrate) สารขัดสีเหล่านี้จะใช้ได้อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างปนกันก็ได้ แต่ต้องอยู่ในปริมาณที่ไม่ทำอันตราย ต่อผิวเคลือบฟัน และเนื้อฟัน
2. สารลดแรงตึงผิวและสารที่ทำให้เกิดฟอง ต้องเป็นสารที่ได้รับความเห็นชอบแล้วว่า ปลอดภัย ซึ่งสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดให้ใช้สารอย่างใดอย่างหนึ่งดังนี้คือ สบู่ โซเดียมลอริลซัลเฟต (Sodium lauryl sulphate) ไดออกทิลโซเดียมซัลโฟซักซิเนต (Dioctyl sodium sulphosuccinate) โซเดียมลอริลซัลโฟซาร์โคซิเนต (Sodium lauryl sarcocinate) โซเดียมลอริลซัลโฟแอซิเตต (Sodium lauryl sulphoacetate) ซัลโฟแคโรเลต

- (Sulphocalaurate) สารอื่นๆ ที่ทำให้เกิดฟองนอกจากนี้ต้องปลอดภัย และได้รับการเห็นชอบจากสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
3. สารควบคุมความเหนียวข้น เป็นสารซึ่งทำให้ส่วนประกอบต่างๆ รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้อยู่ตัวเวลาบีบจากหลอด สารควบคุมความเหนียวข้นนี้ ต้องผ่านการรับรอง จากสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม การใส่อาจใส่ตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายๆ ตัวก็ได้ และต้องมีปริมาณการใส่พอสมควร สารควบคุมความเหนียวข้น ที่ได้รับการรับรอง ได้แก่ เจลาติน (Gelatin) กัมคารายา (Gum karaya) กัมทรากาแคนท์ (Gum tragacanth) ไอร์ริชมอสส์ (Irish moss) โซเดียมอัลจิเนต (Sodium alginate) ปีโตรลาตัม (Petrolatum) น้ำมันแร่ (Mineral oil) แอลกอฮอล์ (Alcohol) กลีเซอรีน (Glycerine) น้ำ แป้ง (Starch) ซอร์บิทอล (sorbitol) ซอร์บิแทน (Sorbitan) โมโนโอเลอเต (Monooleate) ซอร์บิแทนโมโนลอเรต (Sorbitan monolaurate) โพรพิลีนไกลคอล (Propylene glycol) และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxy methylcellulose)
 4. สารควบคุมความเป็นกรด-ด่างเป็นสารที่ใส่เพื่อควบคุมให้ยาสีพื้นมีระดับความเป็นกรด-ด่างไม่มากไปหรือน้อยเกินไป ค่ามาตรฐานจะอยู่ระหว่าง 4.9 ถึง 10.5 สารเหล่านี้จะต้องผ่านการเห็นชอบ จากสำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม การใส่อาจมากกว่า 1 ชนิดก็ได้ แต่ต้องมีปริมาณพอสมควร ที่จะควบคุมความเป็นกรดต่าง ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium hydrogen carbonate) โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) โซเดียมบอเรต (Sodium borate) โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) กรดบอริก (Boric acid) ครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of tartar) กรดแอซิติก (Acetic acid)
 5. สารกันเสียเป็นสารที่เติมในยาสีพื้นเพื่อป้องกันการบูดเสีย เพราะในยาสีพื้นมีการแต่งกลิ่นรส และอาจใช้แป้งเป็นส่วนประกอบทำให้เกิดการบูดเสียได้ จึงต้องใส่สารกันเสียป้องกันไว้ สารกันเสียนี้ต้องได้รับอนุญาตทั้งชนิดและปริมาณที่ใส่ สารกันเสียที่สำนักงานผลิตภัณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ ได้แก่ เมทิลพาราเบน (Methyl paraben) โพรพิลพาราเบน (Propyl paraben) ไทมอล (Thymol) ในกรณีที่ใช้เป็นวัตถุกันเสีย หรือกรณีอื่นที่ไม่เป็นวัตถุระงับเชื้อ จำนวนในรูปของไทมอล ไม่เกินร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก
 6. สารที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นสารที่เติมในยาสีพื้นเพื่อให้มีกลิ่นรสถูกใจผู้บริโภค สารที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรสนี้ ไม่ได้มีกฎเกณฑ์บังคับ เพียงแต่ต้องเป็นสารที่ปลอดภัย ดังนั้นผู้ผลิตยาสีพื้นจึงมีอิสระในการจะใส่สารแต่งกลิ่นรสปีนสูตรเฉพาะของแต่ละบริษัท สารแต่งกลิ่นรสส่วนใหญ่ ได้แก่ มินท์ เมนทอล การบูร รสส้ม รสสตโรเบอร์รี่ เป็นต้น ในยาสีพื้นบางชนิดซึ่งมีสาร

ประเภทโฟรฟอสเฟต จำเป็นต้องใส่สารปรุงแต่งกลิ่นรส เพื่อช่วยลดความขมของโฟรฟอสเฟต เรียกว่า เซนซิไทเซอร์ (Sensitizer)

7. สารแต่งสี เป็นสารที่ใส่เพื่อให้ยาสีฟันมีสีที่ดึงดูดใจลูกค้า สีที่เติมต้องเป็นสีที่ได้รับการรับรองจากกระทรวงสาธารณสุขว่าปลอดภัย
8. สารที่ออกฤทธิ์เพื่อการควบคุมและป้องกันโรคได้แก่ การเติมสารประกอบฟลูออไรด์เพื่อการป้องกันฟันผุ การเติมสารต่อต้านการเกิดคราบหินน้ำลาย การเติมสารลดอาการเสียวฟัน เป็นต้น

การใช้ยาสีฟันร่วมกับแปรงสีฟันอาจจะทำให้ฟันและวัสดุสึกได้ โดยระดับการสึกจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของสารที่เป็นองค์ประกอบเช่น ส่วนประกอบทางเคมี โครงสร้างผลึก รูปร่างของอนุภาค ความเข้มข้นและความสามารถในการละลาย(44) ส่วนใหญ่ของการสึกจะขึ้นกับลักษณะของยาสีฟันเช่นขนาดของผงขัด ถ้าหากชนิดที่มีผงขัดอนุภาคใหญ่จะทำให้เนื้อฟันสึกมากกว่ายาสีฟันที่มีผงขัดขนาดเล็กกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(42)

ค่าความสึกจากการเสียดสี (RDA = Radioactive dentin abrasion) ของสารขัดสีในยาสีฟันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสึกของวัสดุและโครงสร้างของฟันได้ ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทย สหรัฐอเมริกา และเกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติหมายเลข 11609 ได้กำหนดค่าความสึกจากการเสียดสีของยาสีฟันว่า ไม่ควรมากกว่า 100 จากการศึกษาของ Wulknitz ในปี ค.ศ. 1997 (45) โดยศึกษาในยาสีฟัน 41 ชนิด พบว่ายาสีฟันส่วนใหญ่ที่จำหน่ายในทวีปยุโรป 80% มีค่าความสึกจากการเสียดสีต่ำกว่า 100 มีเพียง 3 ชนิดที่มีค่าความสึกจากการเสียดสีสูงกว่า 200 และนอกจากนี้ยังพบว่าชนิดของสารขัดสีเช่นไฮเดรทซิลิกา (Hydrated silica) มีค่าความสึกจากการเสียดสี 35 แต่มีประสิทธิภาพในการทำสะอาดสูงกว่าสารอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide) และไดแคลเซียมฟอสเฟตไดไฮเดรท (Dicalciumphosphate dihydrate) ซึ่งมีค่าความสึกจากการเสียดสี 38 และ 49 ตามลำดับ (45)

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสี

จากการศึกษาของ Trikalnon และคณะในปี ค.ศ. 2006 มีวิธีศึกษาความสึกของการสี โดยกรีดบริเวณด้านข้างของผิวบนของชิ้นตัวอย่างที่อยู่ตรงข้ามกันด้วยมีดปลายแหลมเพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงแล้วปิดทับบริเวณที่กรีดทั้งสองข้างในแนวขนานกันด้วยเทปพีวีซีหนา 50 ไมโครเมตรเพื่อให้เกิดบริเวณที่ไม่ถูกแปรง บันทึกข้อมูลเป็นเส้นรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของ

ขึ้นตัวอย่างก่อนแปรงและหลังแปรง การแปรผลความสึกของการสึกใช้เส้นลายละเอียดของ ลักษณะพื้นผิวก่อนการแปรงและหลังแปรงมาซ้อนทับกันและคำนวณความสึกของการสึกจาก พื้นที่ที่อยู่ระหว่างเส้นรายละเอียดพื้นผิวทั้งสองเส้นโดยใช้โปรแกรมอิมเมจโปรพลัส (Image Pro plus) (46)

จากการศึกษาเปรียบเทียบการสึกระหว่างวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม และเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์โดย Gee และคณะในปี ค.ศ.1996 (47) โดยที่ศึกษา ในกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม 3 ผลิตภัณฑ์ได้แก่ Ketac-Fil Aplicap® (Espe, Germany) Fuji Cap II® (GC, Japan) Chemfil Superior® (Dentsply, Germany) เปรียบเทียบกับเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Photac-Fil Aplicap® (Espe, Germany) Fuji II LC Capsule® (GC, Japan) Vitremer® (3M ESPE, U.S.A.) พบว่าเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีการสึกที่มากกว่ากระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมเนื่องจากในเมทริกซ์ของเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์นอกจากจะประกอบด้วยโครงร่างโพลีอีลคิโนเอตแล้วยังประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ของโมโนเมอร์ซีมา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xie และคณะในปี ค.ศ. 2000(2) ศึกษาการสึกโดยใช้เครื่องมือ Pin-on-disc-type พบว่า Ketac-Fil® (Espe, Germany) มีอัตราการต้านทานการสึกสูงกว่า Fuji II LC® (GC, Japan) ซึ่งอธิบายได้ว่า ความต้านทานการสึกจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออนุภาคแก้วมีขนาดใหญ่ขึ้น

จากการศึกษาของ Momoi และคณะในปี ค.ศ.1997 (48) เปรียบเทียบการสึกจากการแปรงและความหยาบพื้นผิวที่เปลี่ยนไปของวัสดุเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Fuji II LC® (GC, Japan) Photac-Fil Aplicap® (Espe, Germany) กับกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมชนิด Fuji II® (GC, Japan) Ketac-Fil Aplicap® (Espe, Germany) ทดสอบด้วยเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติความเร็ว 160 รอบต่อนาที จำนวนรอบ 20,000 รอบ แรงกดหัวแปรง 340 กรัม ศึกษาความต้านทานการสึกโดยดูปริมาณวัสดุที่หายไปในแนวตั้งด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว (Surfcom-4A®, Japan) พบว่าความต้านทานต่อการสึกของวัสดุเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ต่ำกว่ากระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

แต่มีบางการศึกษาที่พบว่า กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีการสึกที่มากกว่าเรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ได้แก่วิจัยศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Shabanian และคณะในปี ค.ศ. 2002 (24) ถึงอัตราการสึกของเคลือบฟันและวัสดุ 3 ผลิตภัณฑ์ภายใต้แรงและค่าความเป็นกรดต่างที่แตกต่างกันพบว่าเรซินคอมโพสิตชนิด Z 100® (3M ESPE, U.S.A.) กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมชนิด Fuji IX® (GC, Japan) เรซินมอดิฟายด์กระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ชนิด Fuji II LC[®] (GC, Japan) มีความต้านทานต่อการสึกมากกว่าเคลือบฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่า Fuji IX[®] (GC, Japan) มีอัตราการสึกมากกว่า Z 100[®] (3M ESPE, U.S.A.) และ Fuji II LC[®] (GC, Japan) ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงที่จะนำเอากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมใช้บูรณะบริเวณด้านบดเคี้ยวโดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีภาวะการนอนกัดฟัน (Bruxism) หรือผู้ที่มีปัญหาระบบทางเดินอาหารที่เป็นผลจากการสำรอกกรด (Regurgitation)

จากการศึกษาของ Van Duinen และคณะในปี ค.ศ. 2005 เรื่องการสึกจากการขัดถูจากวัสดุสามสิ่งของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม 4 ชนิดคือ Ketac Molar Quick[®] (3M ESPE, U.S.A.) Ketac Molar[®] (3M ESPE, USA) Fuji IX[®] (GC, Japan) Fuji IX Fast[®] (GC, Japan) พบว่า Ketac Molar Quick[®] (3M ESPE, U.S.A.) Ketac Molar[®] (3M ESPE, U.S.A.) มีความต้านทานการสึกมากกว่า Fuji IX[®] (GC, Japan) Fuji IX Fast[®] (GC, Japan) เนื่องจาก Ketac Molar Quick[®] (3M ESPE, U.S.A.) Ketac Molar[®] (3M ESPE, U.S.A.) ประกอบด้วยโคโพลีเมอร์ทั้งของกรดอะคริลิกและมาเลอิก (Maleic) ซึ่งทำให้โครงร่างของเมทริกซ์มีความแข็งแรงมากกว่า นอกจากนี้ยังมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า ในส่วนผงของ Fuji IX[®] (GC, Japan) Fuji IX Fast[®] (GC, Japan) มีการเติมสารทึบรังสี (Radiopacity) คือ สทรอนเทียม (Strontium oxide) ทำให้ความแข็งแรงอัด (Compressive strength) ลดลง จึงทำให้ต้านทานการสึกน้อยกว่า

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่มีการพัฒนาให้มีการก่อตัวเร็ว (Fast set) ขึ้นพบว่า ไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้ความต้านทานการสึกเพิ่มขึ้น(49) การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yap และคณะในปี ค.ศ. 2003 (3) ที่พบว่าถึงแม้ว่า Fuji IX GP Fast[®] (GC, Japan) มีการพัฒนาให้มีขนาดของอนุภาคที่เล็กลงเฉลี่ย 7.13 ไมครอนและมีการก่อตัวที่รวดเร็ว แต่ก็ไม่ได้มีความต้านทานการสึกที่แตกต่างไปจาก Fuji IX GP[®] (GC, Japan) ซึ่งมีขนาดของอนุภาคเฉลี่ย 13.43 ไมครอนและมีการก่อตัวที่ปกติ

จากการศึกษาของ Kunzelmann และคณะในปี ค.ศ. 2003 (50) ศึกษาเรื่องการสึกจากการขัดถูจากวัสดุสองสิ่งและสามสิ่งของกลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม 3 ชนิดได้แก่ Fuji IX[®] (GC, Japan) Hi-Fi[®] (Shofu, Japan) Ketac Molar Aplicap[®] (3M ESPE, U.S.A.) เมทลริอินฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ชนิด Ketac Silver Maxicap[®] (3M ESPE, U.S.A.) พบว่า Ketac Silver Maxicap[®] (3M ESPE, U.S.A.) มีความต้านทานการสึกน้อยที่สุดเนื่องจากมีขนาดอนุภาคแก้วที่ใหญ่ที่สุด และอนุภาคเงินที่ผ่านการเผาที่ยึดติดกับผิวแก้วไม่ได้เป็นเนื้อเดียว (Inhomogeneous) และการยึดติดระหว่างอนุภาคและเมทริกซ์ไม่แข็งแรงจึงทำให้อนุภาคแตกหักได้ง่ายเมื่อได้รับแรง ดังนั้นการเพิ่มความต้านทานการสึกควรเพิ่มอัตราส่วนผงต่อส่วนเหลว ซึ่ง

ส่วนผงควรเป็นอนุภาคแก้วมากกว่าการที่จะเพิ่มอนุภาคเงินที่ผ่านการเผาที่ยึดติดกับผิวแก้ว

การศึกษาของ Yap และคณะในปี ค.ศ. 2001 (10) พบว่าเมทลรีอินฟอสฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Ketac Silver[®] (ESPE, Germany) มีความต้านทานการสึกน้อยกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม Fuji IX GP Fast[®] (GC, Japan) และเมทลรีอินฟอสฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Miracle Mix[®] (GC, Japan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นอนุภาคเงินที่ผ่านการเผาที่ยึดติดกับผิวแก้วที่เป็นองค์ประกอบใน Ketac Silver[®] (ESPE, Germany) ไม่ได้ทำให้ความต้านทานการสึกดีขึ้น และการเพิ่มโลหะเจืออัมัลกัมใน Miracle Mix[®] (GC, Japan) จะมีผลต่อความสวยงามของวัสดุ นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุทั้ง 3 ชนิดมีอัตราการสึกสูงสุดในช่วง 2,000 รอบแรก โดยมีอัตราการสึก 3.1-17.6 ไมโครเมตรต่อ 1,000 รอบ แต่หลังจาก 10,000 รอบพบว่าจะมีอัตราการสึกลดลงโดยมีอัตราการสึก 1.7-4.7 ไมโครเมตรต่อ 1,000 รอบ

จากการศึกษาของ Rios และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 (51) เพื่อประเมินการสึกภายหลังจากการแปรงด้วยเครื่องแปรงฟันอัตโนมัติความเร็ว 374 รอบต่อนาที จำนวนรอบ 10,000 รอบ แรงกดหัวแปรง 200 กรัมวัดค่าเป็นปริมาณน้ำหลักเฉลี่ยที่มีการสูญเสียไป พบว่าเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Vitremere[®] (3M ESPE, U.S.A.) ที่มีการดัดแปลงอัตราส่วนผสมต่อส่วนเหลวโดยน้ำหนักเป็น 1:4 พบว่าจะมีการสึกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรปกติ และมากกว่าเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Fuji Plus[®] (GC, Japan) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Vitremere[®] (3M ESPE, U.S.A.) สูตรปกติมีการสึกไม่แตกต่างจากกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ดั้งเดิมชนิด Ketac Molar[®] (3M ESPE, U.S.A.)

แรงและเวลาที่ใช้ขัดทำความสะอาดพื้นและผงทำความสะอาดพื้นที่มีความหยาบ ความแข็ง รูปร่าง และขนาดที่แตกต่างกันล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการสึกของพื้นและวัสดุ ซึ่ง Warren และคณะได้ทำการศึกษาในปี ค.ศ. 2002 (7) ถึงผงขัดที่มีความหยาบต่างๆ ที่มีผลต่อความหยาบของพื้นผิวของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิด Fuji II LC[®] (GC, Japan) พบว่าผงขัดนิวโปร (Nupro[®]) ชนิดหยาบและชนิดปานกลางจะทำให้พื้นผิวมีความหยาบมากกว่าเมื่อใช้ผงขัดนิวโปรชนิดละเอียด และผงขัดคลินโปร (Clinpro[®]) ที่มีส่วนผสมของเพอไลต์ (Perlite[®]) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาของ Dowling และ Fleming ในปี ค.ศ. 2007 (19) มีความพยายามที่จะปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการสึกของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ให้ดีขึ้นโดยการเติมแคลเซียมเอ็มเอ็มที (Ca-MMT = Calcium montmorillonite) หรือเอดีเอเอ็มเอ็มที (ADA-MMT = Organically modified 12-amino-dodecanoic acid treated montmorillonite) เพิ่มเข้าไปในส่วน

ผลซึ่งพบว่าเอตีเอเอ็มเอ็มที่ ไม่ได้ทำให้การต้านทานการสึกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน ขณะที่แคลเซียมเอ็มเอ็มที่ทำให้ความต้านทานการสึกลดลง

ความต้านทานการสึกของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ยังขึ้นกับขนาดและปริมาณของรูพรุน (pore) ในโพลีเมอร์เมทริกซ์ ขนาดและรูปร่างของอนุภาคแก้ว รวมถึงการยึดกัน (Integrity) ที่พื้นผิว ระหว่างโพลีเมอร์เมทริกซ์กับอนุภาคแก้ว (2)

ในปัจจุบันมีการพัฒนาด้านกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หลายผลิตภัณฑ์ที่ใหม่ซึ่งยังไม่มี การศึกษาถึงในเรื่องการสึกจากการแปรง และการสึกที่ผ่านมาในอดีตไม่มีการวัดค่าปริมาตรที่ เปลี่ยนแปลงภายหลังจากการแปรงกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ส่วนใหญ่วัดเฉพาะค่าความหยาบ พื้นผิวและแสดงลักษณะพื้นผิว ดังนั้นการวิจัยนี้จึงออกแบบให้การสึกเกิดจากเครื่องแปรง อัดโนมิติ (V-8 Cross Brushing Machine) จำนวน 20,000 รอบ ความเร็ว 90 รอบต่อนาทีแรงกด หัวแปรง 150 กรัมและประเมินปริมาตรและความลึกที่เกิดขึ้น ด้วยเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวชนิด 3 มิติ แบบที่มีการสัมผัสกับพื้นผิวด้วยเข็มลากร่วมกับใช้โปรแกรม TalyScan 150 โดย วัดดูประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสึกจากการแปรง ของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมกับเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เพื่อนำผลที่ ได้ใช้เป็นแนวทางในการเลือกวัสดุและปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ตัวอย่าง

วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 2 ชนิดได้แก่

1. กلاسไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมแบบแคปซูล (capsule) จำนวนสองผลิตภัณฑ์ได้แก่
 - 1.1 Ketac Fil Plus Aplicap[®] สี A3.5 (3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, U.S.A.)
 - 1.2 Fuji IX GP capsule[®] สี A3.5 (GC Corporation, Tokyo, Japan)
2. เรซินมอดิฟายด์กلاسไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จำนวนสองผลิตภัณฑ์ได้แก่
 - 2.1 Ketac N-100[®] สี A3.5 (3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, U.S.A.)
 - 2.2 Fuji II LC capsule[®] สี A 3.5 (GC Corporation, Tokyo, Japan)

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. ขึ้นตัวอย่าง หมายถึง วัสดุพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่ใช้ในการทดสอบซึ่งอยู่ในแบบหล่อโลหะ
2. แบบหล่อโลหะ หมายถึง แม่แบบสำหรับเตรียมวัสดุพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มีลักษณะเป็นแผ่นโลหะสองแผ่นวางประกบกัน ตรงกลางเป็นช่องว่างซึ่งเป็นบริเวณสำหรับวัสดุพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์
3. ฐานเครื่องวัดความหยาบผิว หมายถึง ฐานรับแบบหล่อโลหะ ซึ่งจะยึดติดแน่นกับฐานของตัวเครื่อง
4. การสึกจากการแปร่ง หมายถึง การสึกที่เกิดจากการขัดสี (Abrasive wear) หลังแปร่งด้วยเครื่องแปร่งอัตโนมัติ 20,000 รอบ
5. ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงหลังการแปร่ง หมายถึง ปริมาตรของวัสดุพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่หายไปภายหลังจากการแปร่ง คำนวณโดยนำพื้นที่ผิวที่เครื่องอ่านค่าได้ก่อนการแปร่งลบด้วยพื้นที่ผิวที่อ่านได้หลังการแปร่ง
6. ความสึกที่เกิดขึ้นหลังการแปร่ง หมายถึง ความสึกของวัสดุพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ที่

เพิ่มขึ้นภายหลังจากการแปร่ง คำนวณโดยนำพื้นที่ผิวที่เครื่องอ่านค่าได้ก่อนการแปร่งลบ ด้วยพื้นที่ผิวที่อ่านได้หลังการแปร่ง โดยใช้คำสั่ง Surface subtraction

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากการสร้างตารางการสุ่ม (Randomized completed block design) เนื่องจากตำแหน่งในการยึดแปรงอาจมีผลต่อการสึกได้ จำนวนชิ้นตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้มาจาก 4 ผลิตภัณฑ์ ๆ ละ 32 ชิ้น รวมทั้งหมด 128 ชิ้น การสุ่มชิ้นตัวอย่างจึงสุ่มเฉพาะขั้นตอนการแปร่งทำได้โดย

1. การทดสอบสามารถทำได้ครั้งละ 8 ชิ้นตัวอย่าง ตามคุณสมบัติของเครื่องแปรงอัตโนมัติ ดังนั้นในการทดสอบแต่ละรอบจะใช้วัสดุทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์โดยที่แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีผลิตภัณฑ์ละ 2 ตัวอย่าง
2. กำหนดให้เครื่องแปรงทั้ง 8 ตำแหน่งเป็นตัวเลข 1-8 ตามภาพที่ 5 โดยกำหนดสัญลักษณ์ให้วัสดุแต่ละชนิดดังนี้ Fuji IX GP capsule[®] = 9, Ketac Fil Plus Aplicap[®] = KF, Fuji II LC capsule[®] = 2, Ketac N-100[®] = 100
3. การยึดชิ้นตัวอย่างติดกับเครื่องแปรงอัตโนมัติ ในแต่ละรอบของการทดสอบ สลับตำแหน่งตามตารางการสุ่ม (ตารางที่ 3)



ภาพที่ 5 แสดงเครื่องแปรงทั้ง 8 ตำแหน่งกำหนดแต่ละตำแหน่งเป็นตัวเลข 1-8

ตารางที่ 3 แสดงตารางการสุมของเครื่องแปรงอัตโนมัติ

ตำแหน่งที่ รอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8
1	KF	KF	9	9	100	100	2	2
2	2	KF	KF	9	9	100	100	2
3	2	2	KF	KF	9	9	100	100
4	100	2	2	KF	KF	9	9	100
5	100	100	2	2	KF	KF	9	9
6	9	100	100	2	2	KF	KF	9
7	9	9	100	100	2	2	KF	KF
8	KF	9	9	100	100	2	2	KF
9	KF	KF	9	9	100	100	2	2
10	2	KF	KF	9	9	100	100	2
11	2	2	KF	KF	9	9	100	100
12	100	2	2	KF	KF	9	9	100
13	100	100	2	2	KF	KF	9	9
14	9	100	100	2	2	KF	KF	9
15	9	9	100	100	2	2	KF	KF
16	KF	9	9	100	100	2	2	KF

จากตารางการสุม พบว่าแต่ละตำแหน่งทั้ง 8 ตำแหน่งจะมีวัสดุทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์หมุนเวียนกันมาตำแหน่งละ 4 รอบเท่ากันหมดซึ่งจะช่วยลดความผิดพลาดในแต่ละตำแหน่ง

สิ่งแทรกแซง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบการสึกจากการแปรง โดยดูจากปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความสึกที่เกิดขึ้นของวัสดุกระจกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ภายหลังจากการแปรงด้วยเครื่องแปรงอัตโนมัติ (V-8 Cross Brushing Machine)

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันพลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมแบบแคปซูล (Capsule) จำนวนสองผลิตภัณฑ์ได้แก่ Ketac Fil Plus Aplicap[®] สี A 3.5 (Lot 316381, 3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, U.S.A.) จำนวน 32 แคปซูล และ Fuji IX GP capsule[®] สี A 3.5 (Lot 0801101, GC Corporation, Tokyo, Japan) จำนวน 32 แคปซูล (ภาคผนวก ตารางที่ 7)
- 1.2 วัสดุบูรณะสีเหมือนฟันเรซินมอดิฟายด์พลาสติกไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จำนวนสองผลิตภัณฑ์ได้แก่ Ketac N-100[®] สี A 3.5 (Lot 20070725, 3M ESPE Dental Products, St.Paul, MN, USA) จำนวน 2 ชุด และ Fuji II LC capsule[®] สี A 3.5 (Lot 0801141, GC Corporation, Tokyo, Japan) จำนวน 32 แคปซูล (ภาคผนวก ตารางที่ 7)
- 1.3 แบบหล่อโลหะสำหรับเตรียมขึ้นตัวอย่างจำนวน 2 ชุดๆ ละ 8 ชิ้น ทุกชิ้นมีขนาดเท่ากันหมดคือมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 11 x 18 x 8 มิลลิเมตร
- 1.4 . แผ่นกระจกใส (Glass slide) มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 25 x 76 x 1 มิลลิเมตร
- 1.5 ผ้าก๊อซ (Ambulance Gauze Pads[®], Thailand)
- 1.6 ยาสีฟัน (คอลเกตตัวไรส์เย็นสดชื่น, Colgate Palmolive[®], Thailand) (ภาคผนวก ตารางที่ 7) เป็นยาสีฟันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศไทย (มอก.45-2540) (43) และได้จดทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาในหมวดเครื่องสำอางควบคุมพิเศษ เลขทะเบียน ผ 1/2540
- 1.7 แถบไลเซลลูลอยด์ (Celluloid strip, Roeko[®], Roeko, Germany)
- 1.8 แปรงสีฟันชนิดขนแปรงไนลอน (Nylon) ความแข็งปานกลาง Premium[®] (Accord, Thailand) เป็นแปรงสีฟันตามมาตรฐานวิชาการแปรงสีฟันกรมอนามัยพ.ศ.2547 (33, 41)
- 1.9 น้ำกลั่น
- 1.10 แอลกอฮอล์ 70% (ศิริบัญชาจำกัด, ประเทศไทย)
- 1.11 ขี้ผึ้งชนิดเหนียว (Periphery wax, Surgident[®], Heraeus Kulzer, U.S.A.)

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 เครื่องวัดความหยาบพื้นผิว (Surface Roughness tester, TalyScan 150, Taylor Hobson Ltd., England)
- 2.2 เครื่องแปรงขัดโนมิตี (V-8 Cross Brushing Machine, SABRI Dental Enterprises, INC., U.S.A.)
- 2.3 เครื่องฉายแสงสีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร พร้อมอุปกรณ์ตรวจความเข้มของแสง (Elipar Trilight, ESPE 3M, U.S.A.)
- 2.4 เครื่องผสมอมัลกัม (Amalga Mix II Amalgamator, Gnatus, Brazil) โดยตัวเครื่องมีการตั้งจำนวนรอบ 4,000 รอบต่อนาที
- 2.5 เครื่องกวนแบบแตกตัว (Dispension mixer, Ultra turrax T25 basic, IKA laborotechnik Janke& Kunkel GmbH & CO.KG, Germany)
- 2.6 เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง (Balance, Model HF-3000GD) สำหรับชั่งยาสีฟัน
- 2.7 เครื่องวัดปริมาณความตึง (Dontrix tension gauge, Dontrix[®], รุ่น 16 OZ, E.T.M. Corporation, 3M Unitex, Monrovia, California, USA)
- 2.8 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator, Contherm Scientific Ltd., New Zealand) ที่ 37 องศาเซลเซียส
- 2.9 บีกเกอร์ขนาด 140 มิลลิลิตรจำนวน 2 ใบ
- 2.10 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิในระบบดิจิตอลแบบใช้ขดลวด (The thermocouple with recorder, รุ่น MODEL 407401, EXTECH, U.S.A.)
- 2.11 เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ (Data Logger, รุ่น testo 175, U.S.A)
- 2.12 ด้ามมีด (Blade holder) และใบมีดผ่าตัดเบอร์ 12 (Swann Morton[®], Swann Morton, England)
- 2.13 นาฬิกาจับเวลา (Casio[®],Japan)
- 2.14 ไขควง
- 2.15 กระบอกใส่ยาสีฟัน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแบบหล่อโลหะสำหรับขึ้นตัวอย่าง

การเตรียมขึ้นแบบหล่อโลหะสำหรับเตรียมขึ้นตัวอย่าง จะต้องเตรียมให้มีขนาดใกล้เคียงกับฐานยึดชิ้นงานของเครื่องแปรงอัตโนมัติ ซึ่งมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 12 x 19 x 8 มิลลิเมตร (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แสดงฐานยึดชิ้นงานของเครื่องแปรงอัตโนมัติ

มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 12 x 19 x 8 มิลลิเมตร

แบบหล่อโลหะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) โดยทำมาจากโลหะ 2 ชั้น คือแบบหล่อโลหะชั้นบนและแบบหล่อโลหะชั้นล่าง

แบบหล่อโลหะชั้นบนมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 11 x 18 x 2 มิลลิเมตร บริเวณตรงกลางของแผ่นโลหะเจาะเป็นช่องว่างที่มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความลึก = 2 x 5 x 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นบริเวณใส่วัสดุที่จะทดสอบ มีส่วนที่ยื่นขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = 5 x 5 x 2 มิลลิเมตร เพื่อสะดวกในการจับและถอดใส่แบบหล่อโลหะชั้นบนเมื่อนำมาประกบกับชั้นล่าง มีการเจาะรูวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร บริเวณขอบ 2 ตำแหน่งเพื่อยึดกับสลักของแบบหล่อโลหะชั้นล่าง โดยจะมีการขัดเรียบบริเวณพื้นผิวด้านบนสุดและด้านในของช่องที่ใส่วัสดุ (ภาพที่ 7)



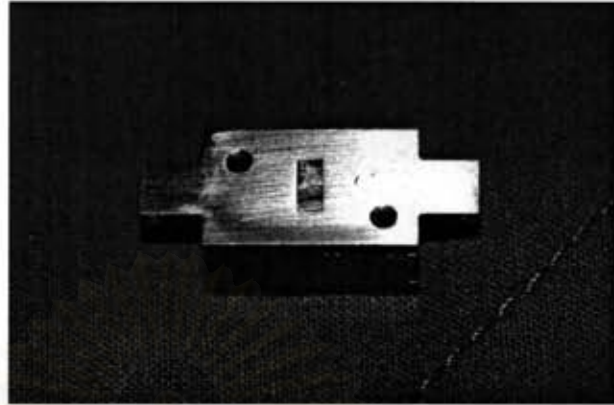
ภาพที่ 7 แบบหล่อโลหะขึ้นบน

แบบหล่อโลหะขึ้นล่าง (ภาพที่ 8) มีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = $11 \times 18 \times 6$ มิลลิเมตร และมีการทำสลักยึด 2 ตำแหน่งที่พอดีกับรูวงกลมที่เจาะไว้ในแบบหล่อโลหะขึ้นบน



ภาพที่ 8 แบบหล่อโลหะขึ้นล่าง

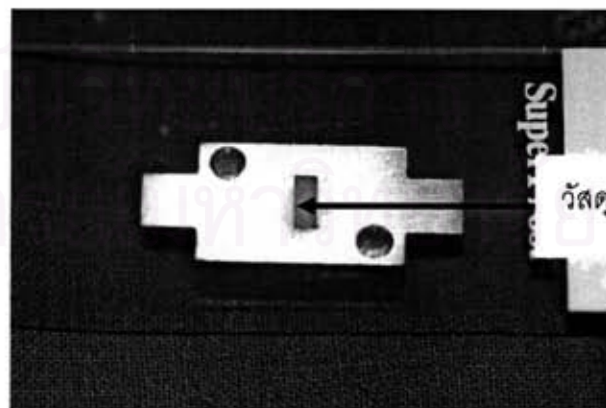
เมื่อนำแบบหล่อโลหะทั้ง 2 ชั้นมาประกบกันแล้ว (ภาพที่ 9) จะมีขนาดความกว้าง x ความยาว x ความหนา = $11 \times 18 \times 8$ มิลลิเมตร แบบหล่อโลหะสามารถใช้สำหรับทดสอบได้ทั้งเครื่องวัดความหยาบผิวและเครื่องแปรงอัตโนมัติ จากนั้นทำความสะอาดแบบหล่อโลหะ และเป่าให้แห้งพร้อมที่จะเตรียมขึ้นตัวอย่าง



ภาพที่ 9 แบบหล่อโลหะ 2 ชั้นมาประกบกันพร้อมที่จะเตรียมชิ้นตัวอย่าง

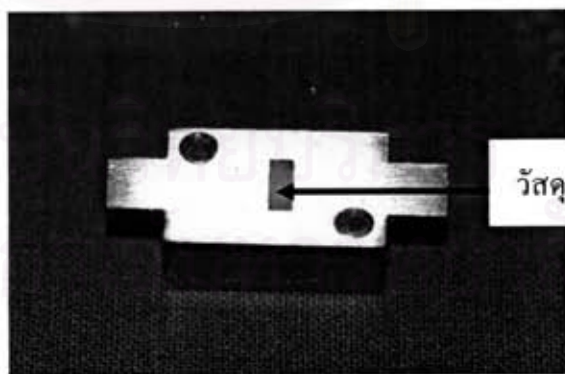
2. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

2.1 การเตรียมชิ้นตัวอย่างกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดตั้งเดิมทั้งสองผลิตภัณฑ์ได้แก่ Ketac Fil Plus Aplicap[®] และ Fuji IX GP capsule[®] มีขั้นตอนเหมือนกันคือนำแคปซูลของวัสดุไปปั่นด้วยเครื่องผสมอะมัลกัม ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นฉีดวัสดุลงในหลุมแบบหล่อโลหะให้เต็ม ปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศจากนั้นใช้แผ่นกระจกใสกดทับด้านบนบนให้แนบสนิทเพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออก (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 แสดงการปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ และกดทับด้วยแผ่นกระจกใสให้สนิทเพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออก

- 2.2 การเตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโนเมอร์ซีเมนต์ (Ketac N-100[®]) โดยบีบวัสดุทั้งสองหลอดด้วยปริมาณที่เท่ากันผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยพายพลาสติก บนแผ่นผสม (Mixing pad) ผสมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตโดยใช้เวลา 20 วินาทีจากนั้นบรรจุในหลอดฉีดวัสดุที่ใช้ร่วมกับ Centric syringe ฉีดวัสดุใส่ลงในหลุมแบบหล่อโลหะให้เต็ม ปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศจากนั้นใช้แผ่นกระจกไลกดทับด้านบนให้แนบสนิทเพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออก (51, 52) ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงความเข้มแสงประมาณ 400-500 นาโนเมตรโดยวางปลายกระบอกระเบียงเครื่องฉายแสงให้ชิดกระจก ระยะเวลาในการฉายตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต
- 2.3 เตรียมชิ้นตัวอย่างเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโนเมอร์ซีเมนต์ (Fuji II LC capsule[®]) โดยนำแคปซูลของวัสดุไปปั่นด้วยเครื่องผสมอะมัลกัมคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เป็นเวลา 10 วินาทีตาม ฉีดวัสดุลงในหลุมแบบหล่อโลหะให้เต็ม ปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ จากนั้นใช้แผ่นกระจกไลกดทับด้านบนให้แนบสนิทเพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออกฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงความเข้มแสงประมาณ 400-500 นาโนเมตรโดยวางปลายกระบอกระเบียงเครื่องฉายแสงให้ชิดกระจก เป็นเวลา 40 วินาที
- 2.4 ตั้งทิ้งไว้ให้วัสดุทุกกลุ่มมีการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ 24 ชั่วโมง ภายหลังจากครบ 24 ชั่วโมงแล้วให้เอาแผ่นกระจกใสและแถบใสเซลลูลอยด์ออก กำจัดวัสดุส่วนเกินด้วยใบมีดเบอร์ 12 โดยให้ขอบวัสดุอยู่ที่ขอบของโลหะพอดี (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 ชิ้นตัวอย่างกลาสไอโนเมอร์ซีเมนต์ที่อยู่ในแบบหล่อโลหะ

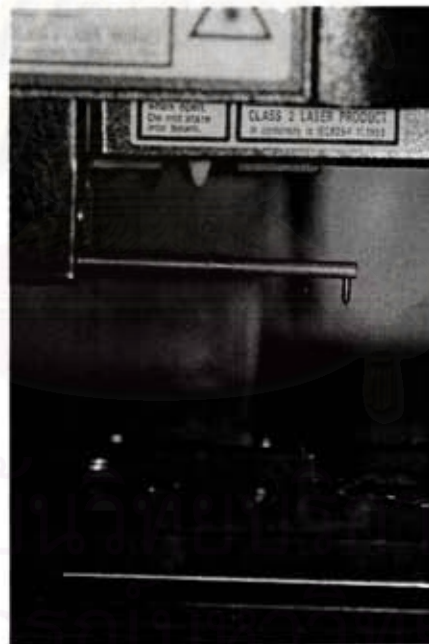
- 2.5 นำชิ้นตัวอย่างแต่ละชิ้นที่เตรียมได้แช่ในน้ำกลั่น จากนั้นนำชิ้นตัวอย่างไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง (3, 7, 24, 52) ชิ้นตัวอย่างประกอบด้วย

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ 2 ชนิด 4 ผลิตภัณฑ์ๆ ละ 32 ชิ้น รวมทั้งหมดจำนวน 128 ชิ้น ตัวอย่าง ในการแปรงต่อ 1 รอบจะใช้ชิ้นตัวอย่าง 8 ชิ้นตามตารางสุ่ม (ตารางที่3)

3. การอ่านค่าพื้นผิวและหาปริมาตรของชิ้นตัวอย่างก่อนการแปรง

การทดสอบทำภายใต้สภาวะที่ควบคุมดังนี้ (32) อุณหภูมิในห้องก่อนเริ่มทดสอบ อยู่ที่ 24-25 องศาเซลเซียส นำชิ้นตัวอย่างออกจากตู้ควบคุมอุณหภูมิ ใช้ปากคีบ (Forcep) จับชิ้นตัวอย่างขึ้นจากน้ำกลั่น ใช้หัวเป่าลมและน้ำแบบสามทาง (Triple syringe) เป่าให้แห้ง วางชิ้นตัวอย่างทิ้งในห้องที่อุณหภูมิ 24-25 องศาเซลเซียส หนึ่งชั่วโมงเพื่อให้อุณหภูมิของชิ้นตัวอย่างรวมทั้งแบบหล่อโลหะมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

ขณะวัดความหยาบพื้นผิวโดยเครื่องทดสอบความหยาบของพื้นผิว (ภาพที่12) จะต้องไม่ถูกรบกวนโดยแรงกระแทก



ภาพที่ 12 แสดงเครื่องทดสอบความหยาบพื้นผิว

ยึดชิ้นตัวอย่างจะต้องให้อยู่ตำแหน่งเดิมทั้งก่อนและหลังแปรง โดยการทดสอบจะนำชิ้นตัวอย่างไปวางติดกับฐานของเครื่องวัดความหยาบผิว โดยวางให้แนบกับมุมฉากทั้งสองด้านที่อยู่บนฐานของเครื่องวัด จากนั้นใช้ซี่มีงเหนียวยึดชิ้นงาน (ภาพที่13) โดยขณะที่ทำการวัด ฐานของ

เครื่องวัดความหนาผิวจะยึดติดแน่นกับฐานตัวเครื่อง (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 13 แสดงการยึดชิ้นตัวอย่างกับฐานของเครื่องวัดความหนาผิว



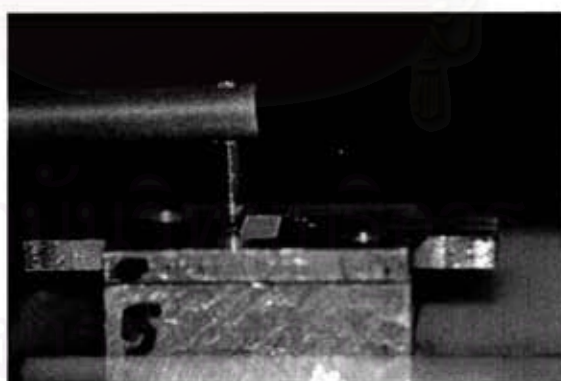
ภาพที่ 14 แสดงฐานของเครื่องวัดความหนาผิวจะยึดติดแน่นกับฐานตัวเครื่อง

เมื่อวางชิ้นตัวอย่างติดกับเครื่องวัดความหนาผิวเรียบร้อยแล้ว เคลื่อนปลายเข็มลากในแนวแกน Z มาสัมผัสบริเวณที่จะวัดก่อน กำหนดระดับที่พอเหมาะในการวัดของเข็มลาก โดยจะแสดงเป็นแถบไฟอยู่ตำแหน่งตรงกลาง (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 ระดับที่พอเหมาะในการวัดของเข็มลากโดยจะแสดงเป็นแถบไฟบริเวณตรงกลาง

กำหนดตำแหน่งเริ่มต้นที่จะวัดในแนวแกน X,Y โดยเลื่อนเข็มลากไปในตำแหน่งที่จะวัด ซึ่งเป็นตำแหน่งที่อยู่บนแบบหล่อโลหะ (ภาพที่ 16) เครื่องจะอ่านค่าตำแหน่งที่ต้องการวัดเป็นตัวเลข บันทึกค่าจุดเริ่มต้น X,Y ไว้ลงในช่อง Beginning (ภาพที่ 17)

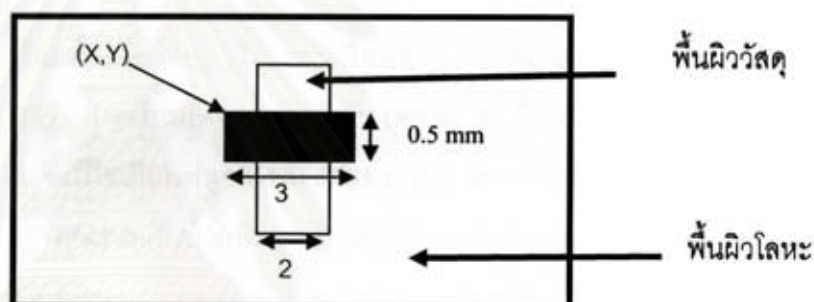


ภาพที่ 16 ตำแหน่งเริ่มต้นอยู่บนแบบโลหะหล่อ

กำหนดพื้นที่ที่ต้องการให้เครื่องอ่านค่า โดยกำหนดความยาว (Length) ตามแนวแกน $X = 3$ มิลลิเมตรและความยาวตามแนวแกน $Y = 0.5$ มิลลิเมตร วัดด้วยความเร็วหัวเข็มคงที่ 3000 ไมโครเมตรต่อวินาที นำเฉพาะพื้นที่วัสดุไปคำนวณซึ่งมีขนาดความยาว x ความกว้าง = 2.0×0.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 17,18)

Size		
	X	Y
Beginning (mm)	-67.42	-87.29
End (mm)	-64.42	-86.79
Length (mm)	3	0.5
Z position (mm)	---	Current Z
Resolution (points, traces)	601	101
Spacing (μm)	5	5

ภาพที่ 17 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นและพื้นที่ที่จะวัด

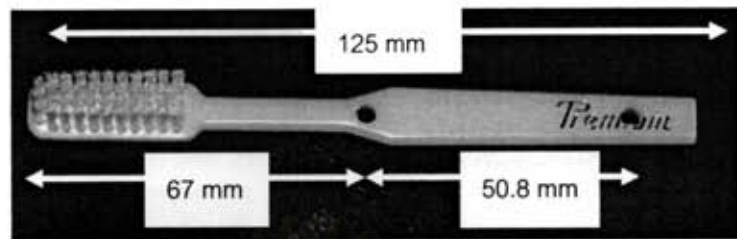


ภาพที่ 18 แสดงจุดเริ่มต้นที่วัด (X,Y) สีทึบคือพื้นที่ที่ถูกวัด มีขนาดความยาว x ความกว้างเท่ากับ 3.0 x 0.5 มิลลิเมตร นำเฉพาะพื้นที่วัสดุไปคำนวณซึ่งมีขนาดความยาว x ความกว้างเท่ากับ 2.0 x 0.5 มิลลิเมตร

4. ขั้นตอนการแปรชั่งตัวอย่างด้วยเครื่องแปรอัตโนมัติ

4.1 เตรียมแปรสีพื้นก่อนการใช้งาน

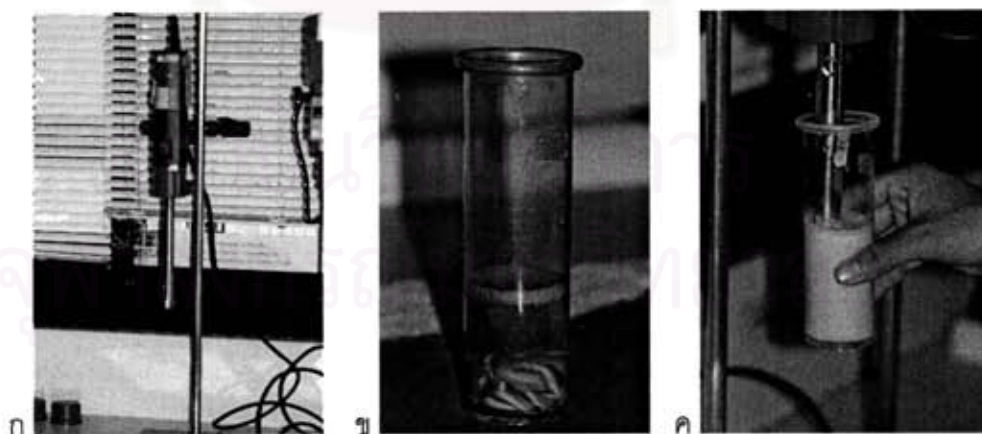
- 4.1.1 ใช้แปรสีพื้น Premium® (Accord, Thailand) ซึ่งแปรสีพื้นตามมาตรฐานวิชาการแปรสีพื้นกรมอนาภัยพ.ศ.2547 (41) ชนิดขนแปรในลอนความแข็งปานกลาง ปลายขนแปรเป็นระนาบ ความยาวขนแปรประมาณ 10 มิลลิเมตร โดยเปลี่ยนแปลงสีพื้นใหม่ทุกครั้งที่ทดสอบ (33)
- 4.1.2 ตัดด้ามแปรสีพื้นให้ได้ความยาว 125 มิลลิเมตรจากหัวแปร จากนั้นเจาะรูสองรูที่ด้ามแปร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตรที่ตำแหน่งห่างจากหัวแปร 67 มิลลิเมตรและอีกตำแหน่งโดยห่างจากเดิม 50.8 มิลลิเมตร (ภาพที่ 19) เพื่อยึดด้ามแปรกับเครื่อง (25)



ภาพที่ 19 แปรงสีฟันที่เตรียมก่อนการใช้งาน

4.1.3 แช่แปรงสีฟันไว้ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการใช้งาน (33)

4.2 การเตรียมสารละลายยาสีฟัน การศึกษานี้จะควบคุมปัจจัยจากยาสีฟันจึงใช้ยาสีฟันเพียงชนิดเดียว การเตรียมสารละลายยาสีฟันจะเตรียมตามเกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติ (33) เตรียมโดยผสมยาสีฟัน (คอลเกตวีไวส์เอ็นเอสซีเอ็น, Colgate Palmolive®, Thailand) ซึ่งมีโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.221 โดยน้ำหนักหรือมีฟลูออไรด์ 1000 ส่วนในล้านส่วน ผสมรวมกับน้ำกลั่น โดยมีอัตราส่วนของยาสีฟันต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 25 กรัมต่อ 40 มิลลิลิตร ผสมโดยเครื่องกวนแบบแตกตัวจนกว่าสารละลายจะเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพที่ 20) และสารละลายยาสีฟันที่เตรียมได้จะต้องใช้ทันทีเพื่อป้องกันการแข็งตัวของอนุภาค จึงไม่ควรเตรียมไว้ค้างคืน



ภาพที่ 20 แสดงการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัวในการการเตรียมสารละลายยาสีฟัน

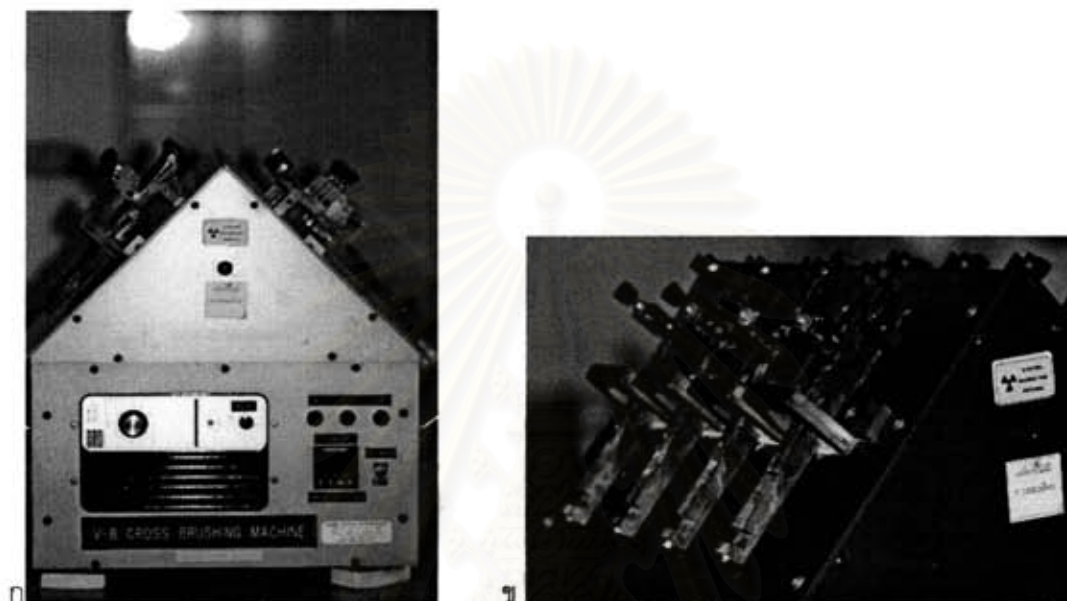
ภาพ ก คือเครื่องกวนแบบแตกตัว

ภาพ ข แสดงการแยกชั้นกันของยาสีฟันและน้ำกลั่นก่อนการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัว

ภาพ ค สารละลายยาสีฟันเป็นเนื้อเดียวกันภายหลังการใช้เครื่องกวนแบบแตกตัว

4.3 ขั้นตอนการแปรงจะควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสึกได้แก่ วิธีการแปรง แรงที่ใช้ ระยะเวลา ความถี่ในการแปรงและความแข็งของขนแปรง

4.3.1 ยึดชิ้นตัวอย่างทั้ง 8 ชิ้น โดยใช้ก๊วยแจ๊ซันให้แน่น ยึดแปรงสีฟันไว้ที่เครื่องแปรงอัตโนมัติดังภาพที่ 21 ก และ ข โดยสามารถแปรงได้ครั้งละ 8 ชิ้นตัวอย่าง



ภาพที่ 21 แสดงเครื่องแปรงอัตโนมัติ ก. ด้านหน้า ข. ด้านบน

4.3.2 ใช้เครื่องวัดปริมาณความตึง (Dontrix tension gauge) วัดแรงและปรับแรงโดยใช้สกรู (Thumb screw) เพื่อให้ได้แรง 150 กรัม (33) ทุกตำแหน่งวัดซ้ำ 2 ครั้ง โดยขณะวัดหัวแปรงสีฟันจะอยู่ที่ตำแหน่งตรงกลางของชิ้นตัวอย่าง และแนวแรงจะต้องตั้งฉากกับแปรง

4.3.3 เตรียมสารละลายยาสีฟันลงในกระบอกลาสติกและยึดกระบอกลาสติกติดกับเครื่อง แสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 อุปกรณ์ติดตั้งสมบูรณ์ก่อนการแปรง

- 4.3.4 เมื่อทุกอย่างติดตั้งเรียบร้อยแล้ว จึงตั้งค่าจำนวนรอบ 20,000 รอบ (40, 48, 53, 54) ด้วยความเร็ว 90 รอบต่อนาที (55, 56) และเครื่องจะหยุดอัตโนมัติหลังจากทำงานเสร็จ

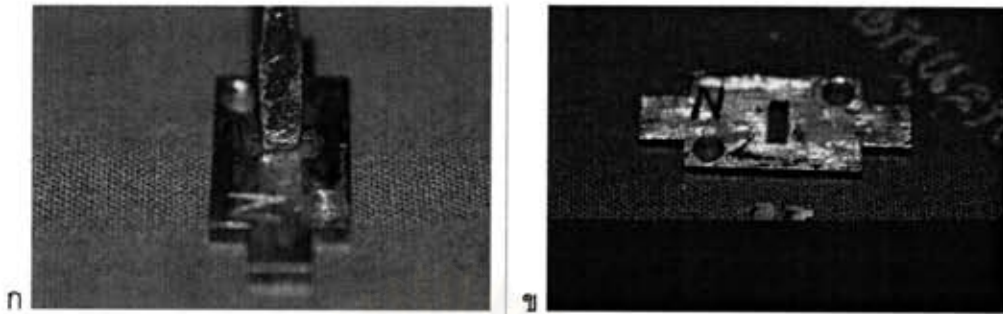
5. การอ่านค่าพื้นผิวและหาปริมาตรของขึ้นตัวอย่างหลังการแปรง

เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดแล้วล้างขึ้นตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และเป่าให้แห้งนำไปทดสอบภายใต้สภาวะการควบคุมที่กำหนดได้ตามข้อ 3

6. การนำวัสดุออกจากแบบหล่อโลหะ

หันด้านส่วนบนสุดที่เรียบของแบบหล่อโลหะเข้าหาพื้น จากนั้นจะใช้ไขควงปลายแหลมที่ความยาวน้อยกว่า 5.0 มิลลิเมตรตอกไปที่วัสดุก็สามารถกระแทะวัสดุออกมาได้ (ภาพที่ 23)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



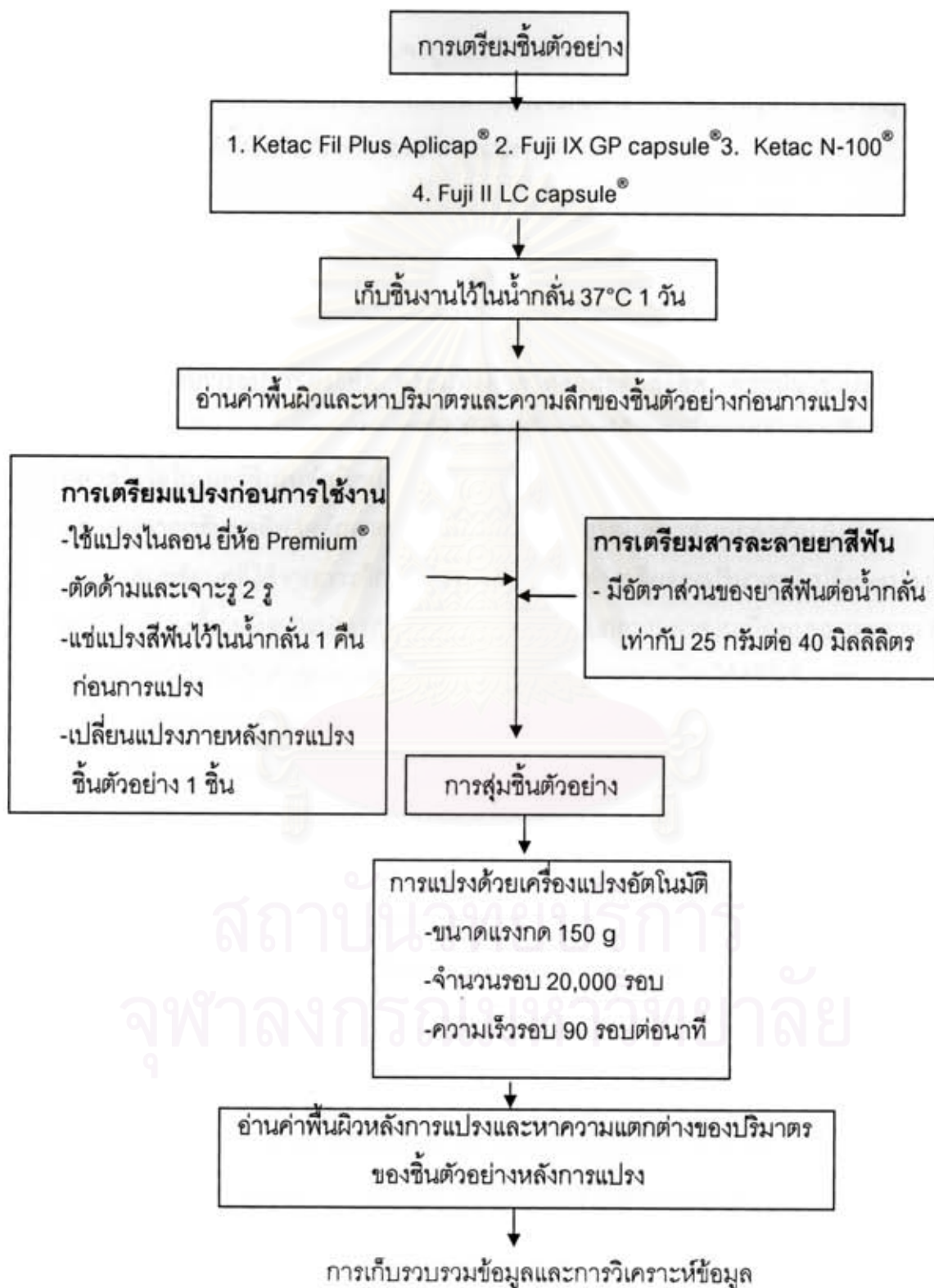
ภาพที่ 23 แสดงการนำวัสดุออกจากแบบหล่อโลหะ

ภาพ ก แสดงการใช้ไซควงปลายแหลมตอกวัสดุออกจากแบบโลหะ

ภาพ ข แสดงแบบหล่อโลหะที่นำกลับไปใช้ใหม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถูกบันทึกลงในตารางปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสี่ผลิตภัณฑ์ภายหลังการแปรงและตารางความลึกที่เกิดขึ้นของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสี่ผลิตภัณฑ์ภายหลังการแปรง

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการแปรงของวัสดุ พร้อมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด จากนั้นใช้โปรแกรมสถิติ StatsDirect for window version 2.7.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานเพื่อดูว่า กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมมีคุณสมบัติทางกายภาพในเรื่องการสึกจากการแปรง แตกต่างจากเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์หรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษามีดังนี้ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นหลังจากแปรง (การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (การวัดการกระจาย) พิสัย ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในแต่ละกลุ่มทดสอบ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

1. ตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk W test
2. วิเคราะห์หาความแตกต่างของปริมาตรที่และความลึกที่เกิดขึ้นของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ระหว่างกลุ่ม

ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส (Kruskal Wallis test) และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่ม (Multiple comparison between treatment)

การทดสอบสมมติฐาน

ใช้โปรแกรมสถิติ StatsDirect for window version 2.7.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ทดสอบความแตกต่างของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ระหว่างกลุ่ม โดยตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลก่อนโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk W test

ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงไม่ปกติ จะวิเคราะห์ด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส และ

ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบ
พหุคูณระหว่างกลุ่ม ของ Conover-Inman



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบการสึกจากการแปรงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์

ผลการทดสอบการสึกจากการแปรงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์มีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 4 โดยค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้น (หน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตรและไมโครเมตรตามลำดับ) เรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้คือ Ketac N-100[®] Fuji II LC capsule[®] Fuji IX GP capsule[®] Ketac Fil Plus Aplicap[®] (ภาพที่ 24 และ 25) สำหรับปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (μm^3) และความลึกที่เกิดขึ้น (μm) ภายหลังจากการแปรงของชิ้นตัวอย่างทั้งหมดดูที่ภาคผนวกในตารางที่ 8 และ 9

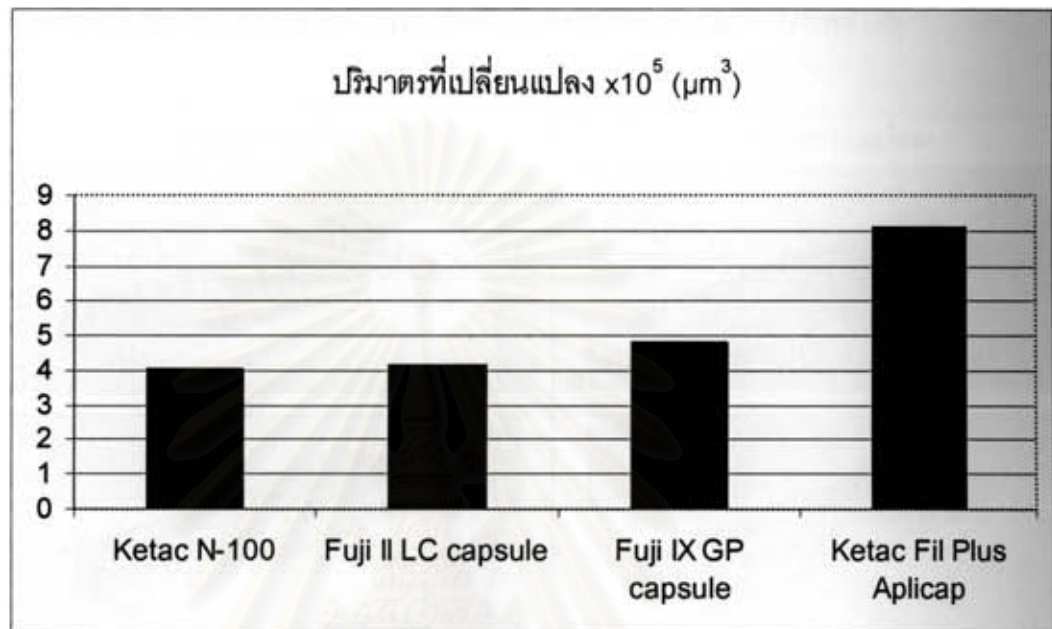
ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุ พร้อมทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

Group		Ketac Fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N-100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
N		32	32	32	32
ปริมาตรที่ เปลี่ยนแปลง $\times 10^5 (\mu\text{m}^3)$	Mean	8.12163 [*]	4.82292	4.07910	4.17125
	S.D.	5.97877	3.17588	2.80027	2.87623
	Minimum	1.57753	1.13328	0.55188	0.03573
	Maximum	20.33320	14.53143	11.37440	12.74694
ความลึกที่ เกิดขึ้น (μm)	Mean	1.7229	1.2905	0.8414 ^{**}	1.2158
	S.D.	1.6519	0.8428	0.4038	1.2583
	Minimum	0.3794	0.3915	0.3117	0.2226
	Maximum	7.7896	3.9096	1.8686	7.89

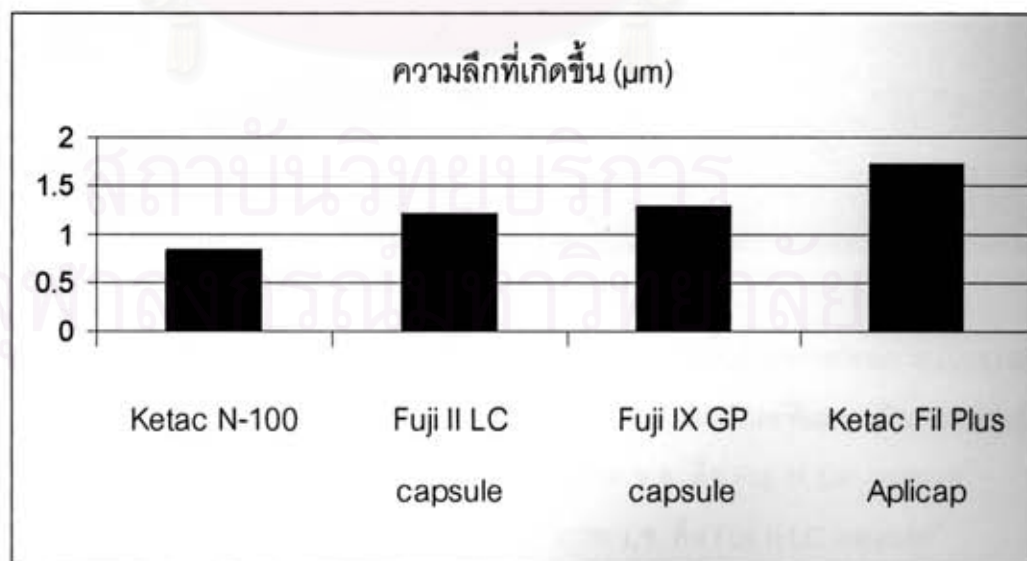
* หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง

** หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติค่าเฉลี่ยของความลึกที่เกิดขึ้น

ค่ามัธยฐานและค่าควอร์ไทล์ของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุที่ภาคผนวกในตารางที่ 12

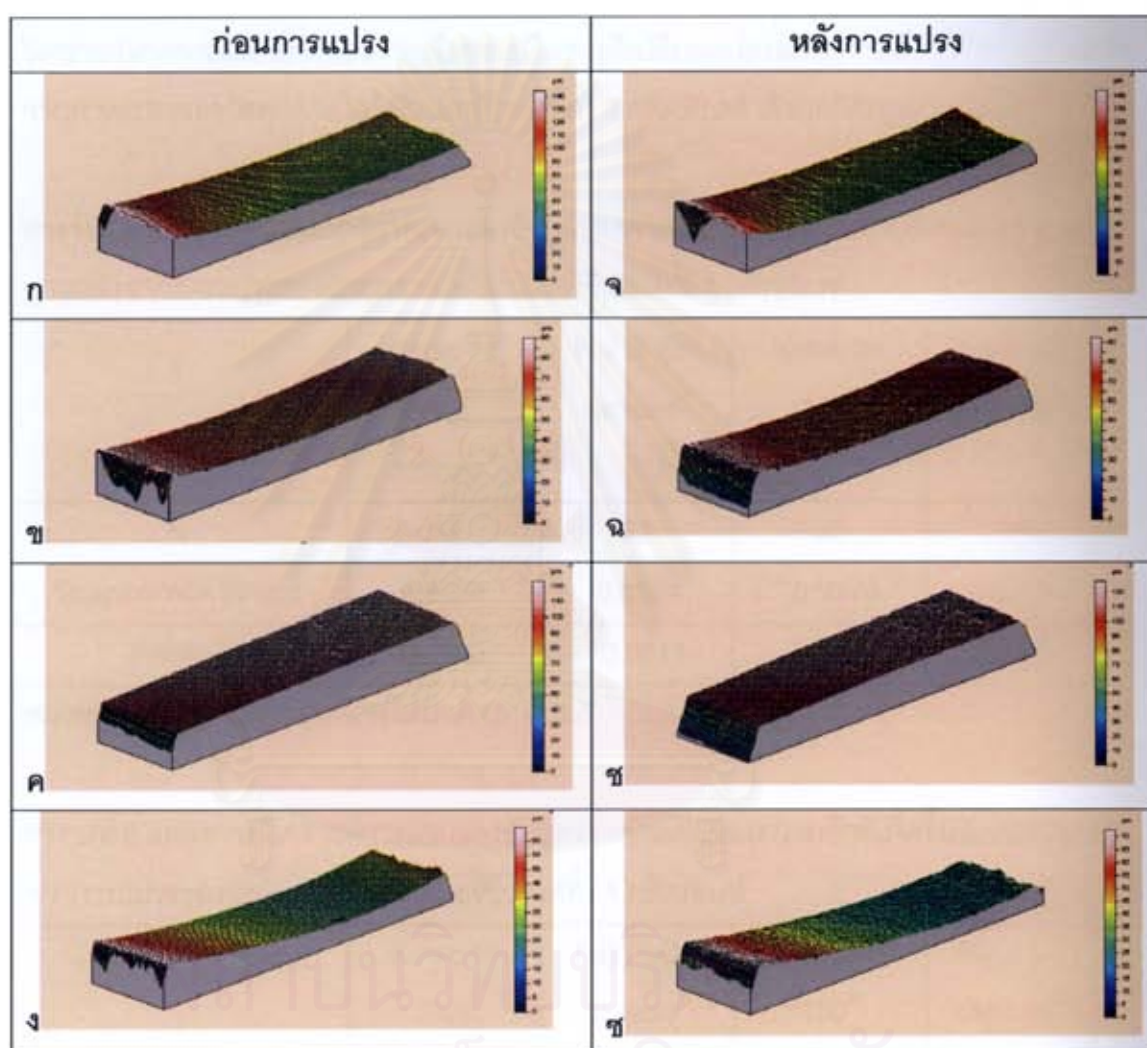


ภาพที่ 24 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงภายหลังจากการแปรงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยเรียงลำดับจากน้อยมาก Ketac Fil Plus Aplicap[®] แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 25 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความลึกที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ โดยเรียงลำดับจากน้อยมาก Ketac N-100[®] แตกต่างจากผลิตภัณฑ์อื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวอย่างผลการอ่านค่าพื้นผิวและปริมาตรของชิ้นตัวอย่างก่อนการแปรง (แถวซ้าย) เปรียบเทียบกับหลังการแปรง (แถวขวา) ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ที่แสดงเป็นภาพสามมิติ (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 แสดงตัวอย่างผลการอ่านค่าพื้นผิวและปริมาตรของชิ้นตัวอย่างก่อนการแปรง (แถวซ้าย) เปรียบเทียบกับหลังการแปรง (แถวขวา) ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ที่แสดงเป็นภาพสามมิติ
 ภาพ ก,จ คือ Ketac Fil Plus Aplicap® ภาพ ข,ฉ คือ Fuji IX GP capsule®
 ภาพ ค,ช คือ Ketac N-100® ภาพ ง,ซ คือ Fuji II LC capsule®

การทดสอบการแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นนภายหลังจากการแปรของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ในการวิเคราะห์สถิติจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป StatsDirect for window version 2.7.2 โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk W test พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ($p < .05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ จึงวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นนภายหลังจากการแปรของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิส

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง (μm^3) ภายหลังจากการแปรของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์

	Ketac Fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N-100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
N	32	32	32	32
Shapiro-Wilk W test	0.8628	0.8684	0.9328	0.9399
P-value	0.0008	0.0011	0.0468	0.0741

หมายเหตุ ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ($p < .05$)

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลของค่าเฉลี่ยของความลึกที่เกิดขึ้น (μm) ภายหลังจากการแปรของวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์

	Ketac Fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N-100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
N	32	32	32	32
Shapiro-Wilk W test	0.6743	0.8531	0.9042	0.3910
P-value	< 0.0001	0.0005	0.008	< 0.0001

หมายเหตุ ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ ($p < .05$)

จากการทดสอบด้วยสถิติครุสคัล-วัลลิสพบว่าวัสดุกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ สุ่มมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้น

ภายหลังจากการแปรง ไม่เท่ากันอย่างน้อย 1 คู่ ($P = 0.0109$ และ 0.0057 ตามลำดับ) ดังนั้นจะทดสอบว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน โดยใช้ Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman) Critical $t (124 \text{ df}) = 1.97928$ ได้ผลดังนี้

จากตารางที่ 4 และ ภาพที่ 24 สรุปผลของการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงภายหลังจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตรักษพบว่า Ketac Fil Plus Aplicap[®] แตกต่างจาก Fuji II LC capsule[®], Ketac N-100[®] และ Fuji IX GP capsule[®] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.0047, 0.0025, 0.031$ ตามลำดับ) (ดูที่ภาคผนวก ตารางที่ 10)

จากตารางที่ 4 และ ภาพที่ 25 สรุปผลของการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความลึกเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายหลังจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้ง 4 ผลิตรักษพบว่า Ketac N-100[®] แตกต่างจาก Ketac Fil Plus Aplicap[®], Fuji IX GP capsule[®] และ Fuji II LC capsule[®] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.0005, 0.0118, 0.0224$ ตามลำดับ) (ดูที่ภาคผนวก ตารางที่ 11)

บทที่ 5

อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ และสรุปผลการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการสึกจากการขัดถูโดยวัสดุสามสิ่ง ซึ่งเป็นการสึกที่เกิดจาก 3 องค์ประกอบคือสารละลายยาสีฟัน พื้นผิววัสดุและขนแปรง โดยมีสารละลายยาสีฟันเป็นสารคั่นกลางแทรกอยู่ระหว่างพื้นผิววัสดุกับขนแปรง (20, 21) การที่ใช้ยาสีฟันคอลเกตร์วีไลเอ็นสด ขึ้นมาใช้ในการทดลองเพราะเป็นยาสีฟันตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในประเทศไทย (มอก.45-2540) มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ซึ่งอยู่ระหว่างค่ามาตรฐาน 4.9 ถึง 10.5 บริษัทผู้ผลิตจึงไม่ได้มีการเติมส่วนประกอบของสารที่ควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ผงขัดที่เป็นองค์ประกอบคือไฮเดรทซิลิกา (Hydrated silica) มีค่าความสึกจากการขัดสีปานกลางเท่ากับ 40 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ทันตแพทย์สมาคมแห่งประเทศไทยกำหนดค่าความสึกจากการเสียดสีของยาสีฟันว่า ไม่ควรมากกว่า 100 (45)

แปรงสีฟันที่เลือกใช้ในการศึกษานี้มีส่วนประกอบตรงตามมาตรฐานวิชาการแปรงสีฟันกรมอนามัย พ.ศ.2547 เช่น ความอ่อนแข็งของขนแปรงชนิดปานกลาง ผลิตมาจากไนลอน ขนแปรงเป็นเส้นกลม ตั้งตรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน ตลอดทั้งเส้นปลายมน ไม่มีขอบคม ขนแปรงแต่ละกระจุกต้องติดแน่นกับหัวแปรง และในอดีตที่ผ่านมาที่มีการศึกษาเรื่องการสึกได้มีการนำแปรงชนิดนี้มาใช้ในงานวิจัย (30, 42) ส่วนแรงกดของแปรงและการเตรียมสารละลายยาสีฟันกำหนดโดยเกณฑ์มาตรฐานขององค์การมาตรฐานนานาชาติหมายเลข 14569-1 (ISO)(33) กำหนดข้อปฏิบัติในการทดสอบความต้านทานต่อการสึกของวัสดุทันตกรรมจากการแปรงฟัน กำหนดให้ใช้ระยะเวลาในการแปรงใช้ 20,000 รอบ เนื่องจากมีการศึกษาของ Sorensen และ Nguyen ในปี ค.ศ.2002 (40) ที่พบว่าการแปรงฟันในระยะเวลา 3 ปีเทียบจะเท่ากับการเคลื่อนแปรงสีฟัน 18,768 ครั้งต่อด้าน

เนื่องจากตำแหน่งในการขัดแปรงอาจมีผลต่อการสึกได้ ดังนั้นจึงมีการสร้างตารางการสุ่ม (Completed block design) ผลจากการสร้างตารางการสุ่มทำให้ทราบถึงจำนวนรอบทั้งหมดที่ต้องทดสอบอย่างน้อยที่สุดคือ 16 รอบๆ ละ 8 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 124 ตัวอย่าง แต่ละ

ตำแหน่งทั้ง 8 ตำแหน่งจะมีวัสดุทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์หมุนเวียนกันตำแหน่งละ 4 ครั้งเท่ากันหมด ถ้าหากพิจารณาในข้อมูลดิบในภาคผนวก พบว่าที่ตำแหน่งเดียวกันและเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวแต่เป็นการแปรปรวนคนละรอบ ผลของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้นก็ยังคงมีความแตกต่างกันอยู่มาก จึงทำให้มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง ดังนั้นการสร้างตารางการสุ่ม เพื่อช่วยลดความผิดพลาดในแต่ละตำแหน่งการสุ่มขึ้นตัวอย่าง

ในการศึกษานี้ใช้แบบหล่อโลหะที่ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความต้านทานต่อการสึกสูงจากแรงกดของการแปรปรวน 150 กรัมจำนวน 20,000 รอบ ไม่พบความแตกต่างของการสึกโลหะก่อนแปรปรวนเมื่อเทียบกับหลังแปรปรวน จึงสามารถใช้ตำแหน่งบนโลหะเป็นจุดอ้างอิงได้ (30) แต่ข้อเสียของโลหะคือมีการขยายตัวและหดตัวเมื่ออยู่ในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โลหะที่ใช้ต้องเป็นชนิดที่ไม่ทำให้เกิดสนิมเนื่องจากต้องนำชิ้นตัวอย่างไปแช่น้ำทดสอบในสารละลายยาสีฟีน และต้องมีขนาดเท่ากันทุกชิ้นสามารถใช้ได้ทั้งในเครื่องแปรปรวนอัตโนมัติและเครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ สามารถรีวัสดูออกได้ง่ายนำกลับมาใช้งานใหม่ได้

เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัจจัยกวน (Confounding factor) ที่จะเกิดขึ้นจากขั้นตอนในการขัดวัสดุให้เรียบและเตรียมพื้นผิวให้มีสภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด ชิ้นตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้จะถูกเตรียมโดยนำวัสดุที่จะทดสอบใส่ในหลุมแบบหล่อโลหะที่เตรียมไว้ให้เต็ม แล้วปิดทับด้วยแถบใสเซลลูลอยด์จากนั้นใช้แผ่นกระจกสกอตทับด้านบนให้แนบสนิทเพื่อไล่วัสดุส่วนเกินออกเพื่อให้เกิดพื้นผิวของวัสดุที่จะทดสอบเรียบที่สุดเหมือนกระจกซึ่งจะได้ไม่ต้องขัดวัสดุให้เรียบ (52) และในระยะ 24 ชั่วโมงแรกระหว่างที่ตั้งวัสดุทิ้งไว้ เพื่อให้วัสดุมีการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์ จะปิดด้วยแผ่นกระจกใสและแถบใสเซลลูลอยด์ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ แทนการเคลือบผิวด้วยวารนิชกันน้ำ ก่อนนำชิ้นตัวอย่างไปแปรปรวนด้วยเครื่องแปรปรวนอัตโนมัติมีการนำวัสดุแช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อให้วัสดุอิมมersion และป้องกันการดูดน้ำของวัสดุขณะแปรปรวน ใน การศึกษานี้จะควบคุมสีของวัสดุโดยให้มีสีเดียวกันหมดคือ A 3.5 เพื่อหลีกเลี่ยงปัจจัยกวนต่อการเกิดพอลิเมอร์

การศึกษานี้จะใช้โปรไฟโลมิเตอร์ในการวัดความหยาบของพื้นผิว วัดด้วยวิธีที่เครื่องมือมีการสัมผัส (Contact equipment) กับพื้นผิวโดยการใช้เข็มลาก (Stylus) ชนิดปลายเข็มเพชรรูปกลม (Sphere) มีรัศมี 2 ไมครอน มีความละเอียดในแนวตั้ง (Vertical resolution) 0.06 ไมครอน (29) เครื่องจะใช้ร่วมกับโปรแกรม TalyScan 150^o(32) สามารถวิเคราะห์ คำนวณค่าพื้นที่ ปริมาตรที่เปลี่ยนแปลง และความลึกเฉลี่ยที่เกิดขึ้นออกมา ข้อดีของวิธีนี้คือเหมาะสำหรับวัดพื้นผิวที่ไดโอดเลเซอร์ (Diode laser) ไม่สามารถวัดได้เช่น พื้นผิวที่โปร่งแสงหรือ พื้นผิวที่มีการสะท้อน

แสงสูง จากการวิจัยนำร่องพบว่าถ้าใช้ไดโอดเลเซอร์จะวัดค่าของพื้นผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ได้ถูกต้องกว่าการใช้เข็มลาก แต่ไม่สามารถวัดค่าของพื้นผิว Ketac N-100[®] และ Fuji II LC capsule[®] ได้ เนื่องจากผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสองชนิดนี้เป็นมันเงามีการสะท้อนแสงสูง จึงพิจารณาเลือกวิธีการใช้เข็มลาก พื้นผิวที่จะวัดด้วยเข็มลากจะต้องมีความแข็งเพียงพอ แต่วิธีวัดโดยใช้เข็มลากมีข้อด้อยคือไม่สามารถวัดได้ในตำแหน่งที่มีความกว้างของหลุมน้อยกว่ารัศมีของเข็ม หรือในพื้นที่นูน (29) เครื่องวัดความหยาบผิวยังมีความไวต่อปัจจัยภายนอก เช่น อุณหภูมิ แสง ความสะอาด แรงสั่นสะเทือน ดังนั้นในช่วงที่ทำการทดสอบจึงจำเป็นต้องกำหนดสภาวะควบคุมต่างๆ ได้แก่ การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในช่วง 24-25 องศาเซลเซียส ควบคุมแสง ความสะอาด แรงสั่นสะเทือน โดยผู้วิจัยจะเลือกช่วงเวลาในการทดสอบ คือการอ่านค่าพื้นผิวทั้งก่อนและหลังแปรงจะทำในช่วงเช้า 05.00-06.00 นาฬิกา เพราะจะไม่ถูกรบกวนจากแรงกระแทกของการตอกเสาเข็ม จากการก่อสร้างบริเวณ ด้านข้างของอาคารที่ทำวิจัยซึ่งทำงานเวลา 8.00-22.00 นาฬิกา

ในระหว่างที่มีการก่อตัว กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์จะเกิดการยึดกันระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกจากพอลิเมอร์เมทริกซ์กับแคลเซียมไอออนและอะลูมิเนียมไอออนทำให้ได้เกลือแคลเซียมคาร์บอกซิเลต และอะลูมิเนียมคาร์บอกซิเลตเกิดขึ้น ภายหลังจากที่การก่อตัวเสร็จ ส่วนที่เหลือของสารอัดแทรกที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะเป็นส่วนที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุ กลไกของการสึกจากการขัดถูโดยวัตถุสามสิ่งจะขึ้นกับรูปร่าง ขนาด ทิศทางการเรียงตัว อัตราส่วนของปริมาตรของอนุภาคแก้ว อนุภาคสารขัดสีจะทำให้เมทริกซ์ซึ่งเป็นส่วนที่เปราะและนุ่มกว่าอนุภาคแก้วหลุดออกไปก่อน ภายหลังจากนั้นจะเกิดการหลุด (plucking effect) ออกไปของอนุภาคแก้ว อนุภาคแก้วที่มีขนาดเล็กหลุดออกมากก็จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และจะไปรวมกับอนุภาคสารขัดสี สารละลายยาสีฟันทำให้เมทริกซ์มีการสึกเพิ่มมากขึ้น (2, 50)

ขนาดสารอัดแทรกของวัสดุที่ใช้ในการศึกษานี้ มีขนาดสารอัดแทรกเฉลี่ยเรียงจากใหญ่ไปเล็กดังนี้คือ Fuji IX GP capsule[®] (13.43 ไมครอน) Ketac Fil plus Aplicap[®] (10 ไมครอน) Fuji II LC capsule[®] (4.5 ไมครอน) Ketac N-100[®] (น้อยกว่า 1 ไมครอน) ดังนั้นจากผลการศึกษานี้อธิบายได้ว่าขนาดของสารอัดแทรกไม่ได้มีความสัมพันธ์กับการสึกเนื่องมาจาก Ketac Fil plus Aplicap[®] มีขนาดสารอัดแทรกที่เล็กกว่า Fuji IX GP capsule[®] ถ้ามีการสึกจนทำให้สารอัดแทรกหลุดออกไปจากพื้นผิว พื้นผิวหรือหลุมที่เกิดขึ้นควรมีการสึกที่น้อยกว่า Fuji IX GP capsule[®] แต่จากผลการศึกษาพบว่า Ketac Fil plus Aplicap[®] มีการสึกที่มากกว่า Fuji IX GP capsule[®]

ชนิดของสารอัดแทรกจะมีความสำคัญต่อการสึกว่าขนาดสารอัดแทรก เนื่องจากถ้าหากพิจารณาในส่วนผงของ Ketac Fil Plus Aplicap[®] จะประกอบด้วยแคลเซียมฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตทกลาส ซึ่งจะเกิดเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้และไม่คงตัว ในขณะที่อีก 3 ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วยฟลูออโรอะลูมิเนียมซิลิเกตทกลาสซึ่งจะเกิดเกลืออะลูมิเนียมที่มีความคงตัวมากกว่า การที่บริษัทผู้ผลิตกำจัดแคลเซียมไอออนส่วนเกินในขั้นตอนการผลิตของ Fuji IX GP capsule[®] ทำให้วัสดุมีการก่อตัวที่เร็วขึ้นซึ่งอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้วัสดุมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับ Ketac Fil Plus Aplicap[®] แต่ถ้าหากเทียบ Fuji IX GP capsule[®] กับ Fuji II LC capsule[®] และ Ketac N-100[®] จะพบว่าแตกต่างกันแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การยึดกัน (Integrity) ที่พื้นผิว ระหว่างโพลีเมอร์เมทริกซ์กับอนุภาคแก้วมีผลต่อความต้านทานการสึกของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (2) อธิบายได้ว่า Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีการสึกมากกว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Fuji II LC capsule[®], Ketac N-100[®]) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในเมทริกซ์ของ Ketac Fil Plus Aplicap[®] จะประกอบด้วยโครงร่างโพลีอีลคิโนเอตเพียงอย่างเดียว ในขณะที่เมทริกซ์ของ Fuji II LC capsule[®] และ Ketac N-100[®] ประกอบด้วยสายพอลิเมอร์ของมอโนเมอร์ซีมากับโครงร่างโพลีอีลคิโนเอต การยึดกันระหว่างกลุ่มเมทอครีย์เลทในซีมากับกรดโพลีอะคริลิกจะยึดกันโดยใช้พันธะไฮโดรเจน ซึ่งจะยึดกันเป็นโครงร่างตาข่ายซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม (9)

ปริมาณของรูพรุน (pore) ในโพลีเมอร์เมทริกซ์ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่มีผลต่อการสึก (2) ในการศึกษานี้มีการควบคุมการเกิดรูพรุนโดยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นแคปซูล ผสมตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด เช่น จำนวนเวลาที่ใช้ผสม การตั้งความถี่จำนวนรอบของเครื่องผสม สำหรับวิธีการผสมวัสดุ Ketac N-100[®] จะผสมด้วยพายผสม เนื่องจากส่วนผสมเป็นครีมชั้น 2 หลอด มีการควบคุมการผสมโดย ผสมด้วยผู้วิจัยเพียงคนเดียวที่มีการฝึกมาเป็นอย่างดี จำนวนเวลาที่ผสม วิธีการผสมทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเคร่งครัด สำหรับวิธีการนำวัสดุทุกชนิดเข้าสู่แบบหล่อโลหะจะฉีดวัสดุด้วย centric syringe เพื่อลดการเกิดฟองอากาศ

รูปร่างของสารอัดแทรกมีผลต่อการเกิดการสึกโดยที่ Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีรูปร่างหลายรูปแบบไม่สม่ำเสมอ (Irregular) มีหลายลักษณะที่แตกต่างกันจึงทำให้เกิดการสึกได้มากกว่า Ketac N-100[®] ซึ่งมีรูปร่างลักษณะกลม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งระดับจุลภาค (Microhardness) ที่ศึกษาโดย Xie และคณะในปี ค.ศ. 2000 (2) ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning electron microscope) ศึกษาพื้นผิวของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์พบว่า

กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมประกอบด้วยสารอัดแทรกที่มีรูปร่างหลายรูปแบบไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่สารอัดแทรกของเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีรูปร่างขนาดเล็กและมีจำนวนมากกว่า และพบรอยแตก (Crack) ที่พื้นผิวน้อยกว่า มีการรวมกันอย่างแน่นระหว่างสารอัดแทรกและเมทริกซ์จึงทำให้เรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์มีค่าความแข็งระดับจุลภาคสูงกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม

หากพิจารณาความสึกเฉื่อยที่เกิดขึ้นของวัสดุพบว่า Ketac N-100[®] มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ Ketac Fil Plus Aplicap[®] Fuji II LC capsule[®] และ Fuji IX GP capsule[®] ความสึกที่เกิดขึ้นคำนวณจากนำพื้นที่ผิวที่เครื่องอ่านค่าได้ก่อนการแปรงลบด้วยพื้นที่ผิวที่อ่านได้หลังการแปรง แต่ค่านี้นี้เป็นค่าความสึกเฉื่อยเฉพาะหลุม (Hole) ที่พื้นผิวไม่ใช่ความสึกของเนื้อวัสดุที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นค่าปริมาตรที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการแปรงน่าจะบอกถึงการสึกที่แท้จริงได้ดีกว่าค่าความสึกเฉื่อยที่เกิดขึ้น จากผลการศึกษาพบว่าทั้งค่าของความสึกเฉื่อยที่เกิดขึ้นและปริมาตรที่มีการเปลี่ยนแปลงไปทิศทางเดียวกันคือ Ketac N-100[®] มีค่าน้อยที่สุด และ Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีค่ามากที่สุด แสดงว่าเกิดทั้งการสึกเนื้อเมทริกซ์และการหลุดออกไปของสารอัดแทรก

การศึกษานี้ได้มีการควบคุมวิธีการวิจัยเป็นอย่างดี จึงไม่มีการตัดค่าต่ำสุดหรือสูงสุดของข้อมูล แต่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นปกติ จึงเลือกใช้สถิติครุสคัล-วัลลิสในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะสถิตินี้จะให้ความสำคัญกับลำดับของข้อมูลมากกว่าค่าของข้อมูล เป็นการลดความแตกต่างข้อมูล

ผลการทดลองนี้มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างกว้างอาจเนื่องมาจาก

1. เครื่องโปรไฟโลมิเตอร์ ถึงแม้ว่าได้มีการสอบเทียบเครื่อง (Calibration) ผ่านทุกระบบจากเจ้าหน้าที่ของบริษัทผู้ผลิตก่อนที่จะเริ่มวิจัย และผู้วิจัยเองได้มีการสอบเทียบเครื่องทุกครั้งตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตก่อนที่จะใช้เครื่อง ได้ควบคุมจุดอ้างอิงของทุกชิ้นตัวอย่างให้เป็นจุดเดียวกันหมด อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้ พบว่ามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างกว้างซึ่งคล้ายกับการศึกษาอื่นๆ ที่ใช้เครื่องวัดความหยาบพื้นผิวส่วนใหญ่ (30, 48, 57, 58)

2. เครื่องแปรงอัตโนมัติ มีการตั้งค่าแรงกดที่เป็นระบบสปริง วัดแรงและปรับแรงโดยใช้สกรู ทำได้ยากและใช้เวลามากในแต่ละรอบเพื่อให้ได้ค่าที่เท่ากันหมดและถูกต้อง แปรงที่ใช้งานกับเครื่องต้องมีการเจาะซึ่งตำแหน่งการเจาะรูและการยึดแปรงอาจจะส่งผลต่อทิศทางของการแปรงได้ อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้พบว่ามีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างกว้าง

เช่นเดียวกันกับการศึกษาอื่นๆ ที่มีการวัดการสึกจากการขัดถูโดยวัตถุสามสิ่ง เช่น (50, 53)

3. ขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่าง แถบใสเซลลูโลยด์ที่เปิดวัสดุจะมีผลต่อระนาบของผิววัสดุ ถ้าหากแผ่นที่ใช้มีความแอ่นโค้ง จะทำให้พื้นผิวไม่เป็นระนาบที่ตรง ส่งผลให้พื้นผิวจะไม่ถูกแปรง นอกจากนี้อาจเกิดรูพรุนภายในเนื้อวัสดุซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้เมื่อนำไปแปรงทำให้เกิดการสึกมากกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นวัสดุที่ใช้ควรเป็นชนิดแคปซูล

4. พื้นที่ที่จะถูกวัดและพื้นที่ที่ใช้คำนวณน้อย แต่ในการวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นที่ที่จะวัดความยาวตามแกน X เท่ากับ 3 มิลลิเมตรความยาวตามแกน Y เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร เนื่องจากมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาอื่น (30)

5. ค่าความสึกที่เกิดขึ้นบางค่า มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าค่าเฉลี่ย ทั้งนี้เนื่องมาจากค่าความสึกที่เกิดขึ้น เป็นค่าที่คำนวณมาจากค่าความสึกเฉลี่ย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาที่ผ่านมาในอดีตส่วนใหญ่จะวัดเฉพาะค่าความหยาบพื้นผิว การสูญเสียน้ำหนัก และแสดงลักษณะพื้นผิว แต่ยังไม่มีการวัดค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากการแปรงกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ มีเพียงการศึกษาเดียว (30) ที่มีการวัดค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากการแปรงแต่เป็นการศึกษาของวัสดุเรซินคอมโพสิต ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวในอดีตเป็นแบบ 2 มิติ เครื่องยังไม่สามารถคำนวณหาค่าปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อมีการพัฒนามาเป็นเครื่องวัดความหยาบพื้นผิวแบบ 3 มิติ ทำให้เริ่มมีการศึกษาปริมาตรของพื้นผิว

ในการใช้เครื่องมือควรมีการสอบเทียบเครื่องทุกครั้งก่อนที่จะใช้งาน มีการระมัดระวังการถอดใส่ชิ้นงานเพื่อป้องกันจุดอ้างอิงเปลี่ยน อาจมีการเพิ่มขึ้นตัวอย่างให้มากขึ้นเพื่อลดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือเพิ่มพื้นที่ที่จะถูกวัดและพื้นที่ที่ใช้คำนวณ สำหรับเครื่องแปรงอัตโนมัติถ้ามีชนิดที่มีการตั้งค่าแรงโดยใช้น้ำหนักกดที่หัวแปรง จะทำให้วัดค่าแรงกด ทำได้ง่ายและมีความถูกต้องมากขึ้น การเตรียมแถบใสเซลลูโลยด์ต้องเรียบตรงเพื่อให้พื้นผิววัสดุได้ระนาบที่ตรงทำให้ได้รับแรงที่ถูกต้องและระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศขณะขัดวัสดุ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลที่ได้จะเป็นแนวทางในการบ่งบอกถึงโอกาสที่จะเกิดการสึกจากการแปรงของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ทั้งสองชนิด แต่การนำผลไปใช้ในทางคลินิกโดยตรงต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เนื่องจากในสภาวะช่องปากมีความซับซ้อนและแตกต่างจากสภาวะในห้องปฏิบัติการเช่น สภาวะความเป็นกรดต่างของน้ำลาย ผลจากอาหารที่

รับประทาน วิธีการแปร่งฟันของผู้ป่วยแต่ละราย แรงที่ใช้ ความถี่ ชนิดของขนแปรง รวมถึงยาสีฟันที่ใช้มีความแตกต่างกัน ที่อาจทำให้วัสดุในช่องปากสึกตอเนื่องและมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นมากกว่าการสึกในช่องปฏิบัติการ การศึกษานี้จึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของสภาพความเป็นจริงเท่านั้น ไม่สามารถนำผลการวิจัย สรุปเป็นการสึกกร่อนของกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในสภาวะการใช้งานในช่องปากได้

นอกจากนี้ผลการศึกษาที่ได้สามารถเปรียบเทียบเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดสอบในงานวิจัยนี้เท่านั้นไม่อาจนำไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ที่ยังไม่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากองค์ประกอบที่แตกต่างกันของวัสดุ และระเบียบวิธีวิจัยที่แตกต่างกัน การศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกที่เกี่ยวข้องกับการสึกในแง่ของปริมาตร ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางพัฒนาวิธีการทำวิจัยหรือนำไปศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการสึกกับวัสดุกลุ่มอื่นๆ อีกเช่น เมทัลลรีอินฟอสกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เรซินคอมโพสิต เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

Ketac Fil Plus Aplicap[®] มีการสึกที่มากกว่าเรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ทั้งสองชนิด (Ketac N-100[®], Fuji II LC capsule[®]) และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิมอีกชนิดหนึ่ง (Fuji IX GP capsule[®])

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- (1) Hu, J. Y., Chen, X. C., Li, Y. Q., Smales, R. J. and Yip, K. H. Radiation-induced root surface caries restored with glass-ionomer cement placed in conventional and ART cavity preparations: results at two years. Aust Dent J. 50 (September 2005): 186-901.
- (2) Xie, D., Brantley, W. A., Culbertson, B. M. and Wang, G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. Dent Mater. 16 (March 2000): 129-38.
- (3) Yap, A. U., Pek, Y. S. and Cheang, P. Physico-mechanical properties of a fast-set highly viscous GIC restorative. J Oral Rehabil. 30 (January 2003): 1-8.
- (4) Schmid, M. O. and Perry, D. A. Plaque control. In Carranza, F. A. (ed.), Glickman's clinical periodontology, 7th ed. pp. 684-99. Philadelphia: W.B. Saunders, 1990.
- (5) Sangnes, G. and Gjermo, P. Prevalence of oral soft and hard tissue lesions related to mechanical toothcleansing procedures. Community Dent Oral Epidemiol. 4 (March 1976): 77-83.
- (6) Kawai, K. and Urano, M. Adherence of plaque components to different restorative materials. Oper Dent. 26 (July-August 2001): 396-400.
- (7) Warren, D. P., Colescott, T. D., Henson, H. A. and Powers, J. M. Effects of four prophylaxis pastes on surface roughness of a composite, a hybrid ionomer, and a compomer restorative material. J Esthet Restor Dent. 14 (2002): 245-51.
- (8) Sueo, S. and Satashi, T., Kazuo, H. Characteristics of Glassionomer cements. In Davidson, L.H., Mjor, I.A. (eds), Advance in glass ionomer cements, 1st ed. pp. 15-50. Germany: Quintessence, 1999.
- (9) Mount, G.J. and Bryant, R.W. Glass ionomer materials. In Mount, G.J., Hume, W.R. (eds.), Preservation and restoration of tooth structure, 1st ed. pp. 69-92. Barcelona: Mosby, 1998.
- (10) Yap, A. U., Teo, J. C. and Teoh, S. H. Comparative wear resistance of reinforced glass ionomer restorative materials. Oper Dent. 26 (July-August 2001): 343-8.

- (11) Nagaraja, U. P. and Kishore, G. Glass Ionomer Cement – The Different Generations. Trends Biomater. Artif. Organs, 18 (2005): 158-65.
- (12) Mount, G.J. Description of glass ionomers . In Mount, G.J. (ed.), An Atlas of glass ionomer cements, 3rd ed. pp 1-40. Singapore: Kyodo Printing, 2002.
- (13) 3M ESPE. [Online]. Available from:
http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/3M-ESPE/dental-professionals/products/category/direct-restorative/ketac-nano/. [2009, March 23]
- (14) Tyas, M. J. and Burrow, M. F. Adhesive restorative materials: a review. Aust Dent J, 49 (September 2004): 112-21.
- (15) McLean, J. W. Clinical applications of glass-ionomer cements. Oper Dent, Suppl 5 (1992): 184-90.
- (16) Mount, G. J. and Makinson, O. F. Glass-ionomer restorative cements: clinical implications of the setting reaction. Oper Dent, 7 (Autumn 1982): 134-41.
- (17) Hattab, F. N. and Amin, W. M. Fluoride release from glass ionomer restorative materials and the effects of surface coating. Biomaterials, 22 (June 2001): 1449-58.
- (18) Wilson, A. D. Resin-modified glass-ionomer cements. Int J Prosthodont, 3 (Sep-Oct 1990): 425-9.
- (19) Dowling, A. H. and Fleming, G. J. The impact of montmorillonite clay addition on the in vitro wear resistance of a glass-ionomer restorative. J Dent, 35 (April 2007): 309-17.
- (20) Sulong, M. Z. and Aziz, R. A. Wear of materials used in dentistry: a review of the literature. J Prosthet Dent, 63 (March 1990): 342-9.
- (21) Mair, L. H. Wear in dentistry--current terminology. J Dent, 20 (June 1992): 140-4.
- (22) Richards, V. and Richards V.N. Introducion to Dental materials, 3rd ed. pp.119-20. Mosby, 2008
- (23) Heintze, S. D., Zappini, G. and Rousson, V. Wear of ten dental restorative materials in five wear simulators - results of a round robin test. Dent Mater, 21 (April 2005): 304-17.

- (24) Shabanian, M. and Richards, L. C. In vitro wear rates of materials under different loads and varying pH. J Prosthet Dent. 87 (June 2002): 650-6.
- (25) SABRI Dental Enterprises. Operating instructions: V-8 cross brushing machine. Illinois, 2001.(Mimeographed)
- (26) Fagundes, T. C., Barata, T. J., Bresciani, E., Cefaly, D. F., Jorge, M. F. and Navarro, M. F. Clinical evaluation of two packable posterior composites: 2-year follow-up. Clin Oral Investig. 10 (September 2006): 197-203.
- (27) Leinfelder, K. F., Taylor, D. F., Barkmeier, W. W. and Goldberg, A. J. Quantitative wear measurement of posterior composite resins. Dent Mater. 2 (October 1986): 198-201.
- (28) Phonghanyudh, A., Chankanka, O. and Hamirattisai, C. Measurement of the wear of flowable composites in preventive resin restorations. Mahidol Dent J. 22 (2002): 19-28.
- (29) Talor Hobson. User's manual:Surface Finish Metrology.Iss 3, 2003.(Mimeographed)
- (30) วิไลพรรณ เดชาภิมุข. การสึกของวัสดุเคลือบหลุมร่องฟันที่ผลิตในประเทศภายหลังทดสอบการแปรง. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2549.
- (31) Taylor Hobson. [Online]. Available from: <http://www.taylor-hobson.com/pdf/uk/TSCAN150.PDF> [2009, March 19]
- (32) Taylor Hobson. User's manual: TalyScan 150. version 1.0.1. 1999.(Mimeographed)
- (33) International Organization for Standardization. Dental materials-Guidance on testing of wear resistance-Part 1: Wear by tooth brushing ISO/TS 14569-1. 1sted. (ISO, Switzerland), 1999.
- (34) Yankell, S.L. and Saxer, U. P. Tooth brushes and tooth brushing methods. In Harris, N.O., Garcia, G.F.(eds.), Primary preventive dentistry. 6th ed.pp. 93-103. New Jersey: Pearson Education, 2004.
- (35) Nimmanon, V., Mongkolkachit, C. and Okrajang, S. The morphologic study of adult toothbrushes in Bangkok. Mahidol Dent J. 26 (2006): 7-18.

- (36) Harrington, J. H. and Terry, I. A. Automatic and Hand Toothbrushing Abrasions Studies. J Am Dent Assoc. 68 (March 1964): 343-50.
- (37) Heath, J. R. and Wilson, H. J. Abrasion of restorative materials by toothpaste. J Oral Rehabil. 3 (April 1976): 121-38.
- (38) De Boer, P., Duinkerke, A. S. and Arends, J. Influence of tooth paste particle size and tooth brush stiffness on dentine abrasion in vitro. Caries Res. 19 (1985): 232-9.
- (39) Bergstrom, J. and Lavstedt, S. An epidemiologic approach to toothbrushing and dental abrasion. Community Dent Oral Epidemiol. 7 (1979 February): 57-64.
- (40) Sorensen, J. A. and Nguyen, H. K. Evaluation of toothbrush-induced dentin substrate wear using an in vitro ridged-configuration model. Am J Dent. 15 Spec (November 2002): 26B-32B.
- (41) กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://dental.anamai.moph.go.th/oralhealth/PR/E-book/brush.html> [6 กันยายน 2551]
- (42) Kaewplung, O., Chaitharaparbkul, P., Pakkayawong, N., Changjanekit, R. and Thongsuk, S. Effect of abrasive in toothpaste on abrasive wear of acrylic denture teeth. CU dent J. 30 (2007): 157-68.
- (43) ผการัตน์ นิตสิริ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:
<http://advisor.anamai.moph.go.th/263/26302.html> [24 ตุลาคม 2551]
- (44) Torrado, A., Valiente, M. and Munoz, C. A. Cleaning power and abrasivity of a new toothpaste based on ion-exchange resins. Am J Dent. 17 (April 2004): 80-4.
- (45) Wulknitz, P. Cleaning power and abrasivity of European toothpastes. Adv Dent Res. 11 (November 1997): 576-9.
- (46) Trikalnon, S., Pachimsawat, P. and Nimmanon, V. Sealant wear after brushing with various types of toothbrushes: An in vitro study. Mahidol Dent J. 26 (2006): 207-17.

- (47) De Gee, A. J., van Duinen, R. N., Werner, A. and Davidson, C. L. Early and long-term wear of conventional and resin-modified glass ionomers. J Dent Res. 75 (1996 August): 1613-9.
- (48) Momoi, Y., Hirotsaki, K., Kohno, A. and McCabe, J. F. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. Dent Mater. 13 (March 1997): 82-8.
- (49) Van Duinen, R. N., Kleverlaan, C. J., De Gee, A. J., Werner, A. and Feilzer, A. J. Early and long-term wear of 'fast-set' conventional glass-ionomer cements. Dent Mater. 21 (August 2005): 716-20.
- (50) Kunzelmann, K. H., Burkle, V. and Bauer, C. Two-body and three-body wear of glass ionomer cements. Int J Paediatr Dent. 13 (November 2003): 434-40.
- (51) Rios, D., Honorio, H. M., De Araujo, P. A. and Machado, M. A. Wear and superficial roughness of glass ionomer cements used as sealants, after simulated toothbrushing. Pesqui Odontol Bras. 16 (October-December 2002): 343-8.
- (52) Turssi, C. P., De Magalhaes, C. S., Serra, M. C. and Rodrigues Junior, A. L. Surface roughness assessment of resin-based materials during brushing preceded by pH-cycling simulations. Oper Dent. 26 (November-December 2001): 576-84.
- (53) Futatsuki, M., Nozawa, M., Ogata, T. and Nakata, M. Wear of resin-modified glass ionomers: an in vitro study. J Clin Pediatr Dent. 25 (Summer 2001): 297-301.
- (54) Cho, L. R., Yi, Y. J. and Heo, S. J. Effect of tooth brushing and thermal cycling on a surface change of ceromers finished with different methods. J Oral Rehabil. 29 (September 2002): 816-22.
- (55) Teixeira, E. C., Thompson, J. L., Piascik, J. R. and Thompson, J. Y. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. J Esthet Restor Dent. 17 (2005): 172-80; discussion 81-2.
- (56) Frazier, K. B., Rueggeberg, F. A. and Mettenburg, D. J. Comparison of wear-resistance of Class V restorative materials. J Esthet Dent. 10 (1998): 309-14.
- (57) Philpotts, C.J., Weader, E. and Joiner, A. The measurement in vitro of enamel and

dentine wear by toothpastes of different abrasivity. *Int Dent J*, 55 Suppl 1 (March 2005):183-7.

- (58) สายใจ ดันทนุช.ผลของไวน์ต่อความหยาบผิวและการสึกกร่อนของวัสดุบูรณะสีเหมือนฟัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงชนิดและส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดของวัสดุ	ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม	Ketac Fil Plus Aplicap [®]	ส่วนผสม : - แคลเซียมฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกต กลาสมีขนาดเฉลี่ย 10 ไมโครเมตร ส่วนผสม : - โคพอลิเมอร์ของกรดอะคริลิกและ กรดมาเลอิก - กรดทาทาริกและน้ำ	สามเอ็มเอสเป้ (3M ESPE) ประเทศ สหรัฐอเมริกา
กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ชนิดดั้งเดิม	Fuji IX GP capsule [®]	ส่วนผสม : - อะลูมิโนซิลิเกตกลาสมีขนาดเฉลี่ย 13.43 ไมโครเมตร ส่วนผสม : - กรดโพลีอะคริลิก - กรดคาร์บอกซิลิกและน้ำ	จีซี (GC) ประเทศญี่ปุ่น
เรซินมอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์	Ketac N-100 [®]	ส่วนผสมชั้นหลอดแรก : - ฟลูออโรอะลูมิโนซิลิเกตกลาส มี ขนาดเฉลี่ยน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร - ซิลิกา - เซอร์โคเนียร์ที่มีการเคลือบผิวด้วยไซ เลน (Silane treated silica & zirconia) - เมทาครีลเรซิน (Methacrylate resin) - ไดเมทาครีลเรซิน (Dimethacrylate) - สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง ส่วนผสมชั้นหลอดที่สอง : - น้ำ กรดโพลีอัสซีโนอิก - นาโนคลัสเตอร์ (Nanocluster) - ซิลิกา เซอร์โคเนียร์ ฮีมา - สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง	สามเอ็มเอสเป้ ประเทศ สหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 7 (ต่อ) แสดงชนิดและส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดของวัสดุ	ผลิตภัณฑ์	ส่วนประกอบ	บริษัทผู้ผลิต
เรซินมอดิฟายด์ กลาสไอโอโนเมอร์ ซีเมนต์	Fuji II LC capsule®	ส่วนผสม : - ฟลูออโรอะลูมินซิลิเกตกลาสมีขนาดเฉลี่ย 4.5 ไมโครเมตร ส่วนผสม : - กรดโพลีอะคริลิก อีมา - เทคดีมา (TEGDMA) - ยูดีเอ็มเอ (UDMA) - น้ำและตัวเร่งปฏิกิริยา	จีซี ประเทศญี่ปุ่น
ยาสีฟัน	คอลเกตวีไวส์ เย็นสดชื่น	- ซอร์บิทอลและน้ำ - สารขัดไฮเดรทซิลิกาที่มีค่าความสึกจากการเสียด สีปานกลาง = 40 - โซเดียมลอริลซัลเฟต - สารที่ใช้ปรุงแต่งกลิ่นรส - พอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG) 12 - เดทตระโซเดียมไฮโดรฟอสเฟต - สารลดแรงตึงผิวโคคาไมโดโพรพิลเบเทน (Cocamidopropyl Betaine) - เซลลูโลสแกม (Cellulose gum) - โซเดียมแซคคาไรน (Sodium saccharin) - โซเดียมฟลูออไรด์ - แชนแทนกัม (Xanthan gum) - แอคทีฟ-ฟลูออไรด์ไอออน 1000 พีพีเอ็ม	คอลเกตปาล์มโอ ลิฟ ประเทศไทย

หมายเหตุ UDMA = Urethane dimethacrylate HEMA = 2-Hydroxyethyl methacrylate
 TEGDMA = Triethylene glycol dimethacrylate

ตารางที่ 8 แสดงปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงมีหน่วยเป็นลูกบาศก์ไมโครเมตร (μm^3) ภายหลังจากการแปรงของฟันตัวอย่างทั้งหมด

ลำดับที่	Ketac Fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N-100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
1	627982	256168	55188	765101
2	1423008	266717	387164	687150
3	200773	449528	899640	671490
4	424296	528946	344005	3573
5	878235	327123	386380	426785
6	243790	207865	93906	128395
7	805946	156067	932237	15977
8	194872	113328	673809	124577
9	343430	515170	357001	321006
10	1765705	813940	231548	436996
11	1752904	1453143	722248	154047
12	479096	283473	212939	186344
13	600234	679057	179591	424957
14	1975523	991469	669907	434584
15	1359305	248456	525817	198695
16	199363	354259	165194	549055
17	860366	1150879	350176	105561
18	1660456	1014729	1137440	321275
19	473340	778290	98458	423766
20	1881928	213219	102500	57380
21	2033320	416253	478778	338809
22	495140	584004	612492	628556
23	1139719	307686	129689	384692
24	241456	488758	286733	992463
25	864369	357880	449837	692806
26	561033	495600	540221	623421
27	437833	182095	71198	391764
28	618034	149254	309201	119749
29	312998	281046	464602	1274694
30	719735	474041	84113	520485
31	157753	332788	330691	351733
32	257285	562128	770424	592138

ตารางที่ 9 แสดงความลึกที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm) ภายหลังจากการแปรงของหิน
ตัวอย่างทั้งหมด

ลำดับที่	Ketac fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N- 100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
1	1.014	1.7353	0.5551	1.3193
2	2.078	3.2136	0.9151	1.097
3	0.693	2.722	0.9949	1.222
4	0.5395	0.7809	0.635	0.3351
5	2.3783	1.0069	0.9718	1.52
6	1.0554	1.436	0.77	1.0778
7	1.0731	0.3981	1.6863	0.8897
8	0.6402	0.8436	1.2303	0.766
9	0.9537	0.7557	0.7265	1.5356
10	3.5536	3.9096	0.421	7.89
11	2.1023	2.1296	1.2903	0.8721
12	0.7927	1.0803	0.3819	0.9812
13	1.4276	0.8772	0.4671	0.7523
14	7.7896	1.1076	0.8952	0.9128
15	1.5296	0.4423	0.7372	0.7426
16	0.3794	2.0683	0.3892	1.0303
17	2.4613	1.5096	0.9499	1.2836
18	6.6673	2.0103	1.3566	0.8821
19	0.6458	0.9338	0.5293	0.8295
20	1.9763	1.672	0.3117	0.2226
21	3.4043	0.6648	1.8686	0.8954
22	1.3363	0.9843	0.7219	1.35
23	1.358	0.5439	0.4678	0.6793
24	0.7679	0.6871	0.5564	1.187
25	1.0476	2.118	1.1296	1.2753
26	1.0996	0.8987	0.9446	1.056
27	0.8817	0.3915	0.7561	0.7823
28	1.106	0.8912	0.4588	0.9876
29	2.1236	0.5649	0.7245	1.7336
30	1.0756	1.44	0.618	1.0493
31	0.7101	0.5305	0.7356	0.7912
32	0.4741	0.9477	1.727	0.9569

ตารางที่ 10 แสดงตารางการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มของปริมาณที่เปลี่ยนแปลง

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (124 df) = 1.97928

Pairwise comparisons	
Fuji II LC and Ketac Fil (25.8125 > 17.740893)	significant P = 0.0047
Fuji II LC and Ketac N 100 (1.8125 > 17.740893)	not significant P = .8401
Fuji II LC and Fuji IX (6.25 > 17.740893)	not significant P = 0.4869
Ketac Fil and Ketac N 100 (27.625 > 17.740893)	significant P = 0.0025
Ketac Fil and Fuji IX (19.5625 > 17.740893)	significant P = 0.031
Ketac N 100 and Fuji IX (8.0625 > 17.740893)	not significant P = 0.3701

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ตารางการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มของความลึกที่เกิดขึ้น

Kruskal-Wallis: all pairwise comparisons (Conover-Inman)

Critical t (124 df) = 1.97928

Pairwise comparisons	
Fuji II LC and Ketac Fil (11.15625 > 17.633108)	not significant P = 0.2128
Fuji II LC and Ketac N 100 (20.59375 > 17.633108)	significant P = 0.0224
Fuji II LC and Fuji IX (2.1875 > 17.633108)	not significant P = 0.8064
Ketac Fil and Ketac N 100 (31.75 > 17.633108)	significant P = 0.0005
Ketac Fil and Fuji IX (8.96875 > 17.633108)	not significant P = 0.316
Ketac N 100 and Fuji IX (22.78125 > 17.633108)	significant P = 0.0118

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 แสดงค่ามัธยฐานและค่าควอร์ไทล์ของปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงและความลึกที่เกิดขึ้น ภายหลังจากการแปรงของวัสดุ

Group		Ketac Fil Plus Aplicap [®]	Fuji IX GP capsule [®]	Ketac N-100 [®]	Fuji II LC capsule [®]
N		32	32	32	32
ปริมาตรที่ เปลี่ยนแปลง $\times 10^5$ (μm^3)	Lower quartile	3.20606	2.58805	1.68793	1.62121
	Median	6.09134	3.87066	3.53588	4.07765
	Upper quartile	13.04408	5.78535	5.94424	6.15600
ความลึกที่ เกิดขึ้น (μm)	Lower quartile	0.7741	0.7042	0.5357	0.8007
	Median	1.0876	0.966	0.7364	0.9844
	Upper quartile	2.0962	1.7194	0.9891	1.2619

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายพีรพงศ์ ฤประดิษฐ์ เกิดเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2514 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีจากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541 ประกาศนียบัตรบัณฑิตทางการแพทย์คลินิกสาขาทันตกรรมหัตถการ จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2543 ผลงานทางวิชาการที่เคยได้รับการตีพิมพ์คือ บทความปริทัศน์เรื่องเรซินมอดิไฟด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ในงานทันตกรรมหัตถการ รางวัลที่เคยได้รับคือทันตแพทย์ผู้มีจริยธรรมดีเยี่ยมจากกองทุนอิสระยุคตะนันท์ พ.ศ. 2541 ผู้มีความประพฤติดีงามจากพุทธสมาคมแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2541 ข้าราชการพลเรือนดีเด่นคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2547 ผู้มีผลงานดีเยี่ยมด้านการสอนคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2548 ปัจจุบันทำงานรับราชการในตำแหน่งอาจารย์ระดับ 7 ภาควิชาทันตกรรมบูรณะ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย