

การเปรียบเทียบผลของยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน
ต่อความแข็งผิวฟันน้ำนม ในห้องปฏิบัติการ

นางสาวขวัญชนก รัตนอุบล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก


คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-097-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF THE EFFECTS OF 500 AND 1,000 PPM SODIUM FLUORIDE
DENTIFRICES ON SURFACE HARDNESS OF PRIMARY HUMAN TEETH *IN VITRO*



Miss Kwanchanok Ratna-ubol

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

Department of Pediatric Dentistry

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-097-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบผลของยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ต่อความแข็งผิวฟันน้ำนม ในห้องปฏิบัติการ

โดย นางสาว ขวัญชนก รัตนอุบล


ภาควิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชุติมา ไตรรัตน์วรกุล

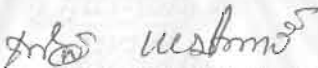
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง กุลยา รัตนปรีดากุล

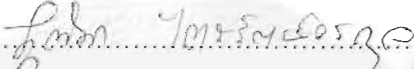
 รองศาสตราจารย์ ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย

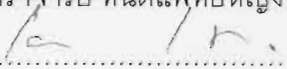
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

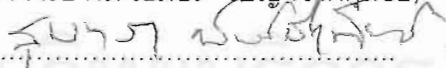

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ธนิต เหมินทร์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชุติมา ไตรรัตน์วรกุล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ประสิทธิ์ ภาสันต์)

ขวัญชนก รัตนอุบล : การเปรียบเทียบผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ต่อความแข็งผิวฟันน้ำนม ในห้องปฏิบัติการ (COMPARISON OF THE EFFECTS OF 500 AND 1,000 PPM SODIUM FLUORIDE DENTIFRICES ON SURFACE HARDNESS OF PRIMARY HUMAN TEETH *IN VITRO*) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ทพญ.ชุตินา ไตรรัตน์วรกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.ทพญ. กุลยา รัตนปริดากุล, รศ. ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย, 78 หน้า. ISBN 974-334-097-1

ถึงแม้ว่าการใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถป้องกันฟันผุได้ แต่จากหลายการศึกษาพบว่าเด็กจะกลืนกินยาสีฟันในขณะที่แปรงฟัน โดยเฉพาะในเด็กเล็ก การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพในการส่งเสริมกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันน้ำนม โดยการเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นภายหลังการได้รับยาสีฟัน ในฟันน้ำนมจำนวน 108 ซี่ โดยตัดฟันหน้าน้ำนมให้ได้ขนาด 2x3 มิลลิเมตร ทำการขัดผิวเคลือบฟันจนเรียบและมันเงา และทำให้เกิดรอยจุลช่องโดยการแซ่ฟันในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น (Deminerallizing Solution) ซึ่งประกอบด้วย กรดแลคติก 0.1 โมลาร์, กรดโพลีอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (Cabopol C907), ไฮดรอกซีแอพาไทท์ความเข้มข้นร้อยละ 50 pH 5.0 เป็นเวลา 22 ชั่วโมง และทำการวัดความแข็งผิวฟันด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวฟันแบบจุลภาค เลือกชิ้นฟันที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันระหว่าง 40-60 VHN แล้วนำมาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์, 0 ส่วนในล้านส่วน) กลุ่มยาสีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน (Colgate Junior) และกลุ่มยาสีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน (Colgate Double Cool Stripe) โดยให้ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันของทั้งสามกลุ่มใกล้เคียงกัน จากนั้นนำมาเข้าการทดลองจำลองสภาวะภายในช่องปาก โดยในแต่ละวันชิ้นฟันจะถูกแช่ในยาสีฟัน 4 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที และแช่ในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น วันละ 2 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่เหลือจะแช่อยู่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น (Reminerallizing Solution) (1 : 1, น้ำลายเทียม : น้ำลาย) ภายหลังทดลองครบ 14 วัน นำชิ้นฟันมาวัดค่าความแข็งผิวฟันภายหลังการทดลอง และทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น

ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน, กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน และ กลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเพิ่มขึ้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 134.03 \pm 48.12 VHN, 107.76 \pm 30.70 VHN และ 18.03 \pm 10.49 VHN ตามลำดับ เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นมาทดสอบทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นของแต่ละกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ด้วยสถิติชนิดต้นเน็ตที่ 3 (Dunnett T3) พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นของทั้งสามกลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน มีผลต่อการเพิ่มความแข็งผิวฟันน้ำนมน้อยกว่ายาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

ภาควิชา.....ทันตกรรม ส่วนในช่อง.....
สาขาวิชา.....ทันตกรรม ส่วนในช่อง.....
ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....หทัยพร โคนอุบล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ดร. ไตรรัตน์วรกุล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ดร. อิศรา อิศรา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ดร. เอมอร.....

KWANCHANOK RATNA-UBOL : COMPARISON OF THE EFFECTS OF 500 AND 1,000 PPM SODIUM FLUORIDE DENTIFRICES ON SURFACE HARDNESS OF PRIMARY HUMAN TEETH *IN VITRO*. THESIS ADVISER: ASSOC. PROF. CHUTIMA TRAIRATVORAKUL DDS., THESIS CO-ADVISER: KULAYA RATANAPREEDAKUL, DDS., ASSOC. PROF. EM-ON BENJAVONGKULCHAI, Ph.D., 78 pp. ISBN 974-334-097-1

Fluoride dentifrices are well accepted for their caries prevention effects, but many studies reported fluoride ingestion during toothbrushing especially in young children. The purpose of this study was to evaluate the effect of the dentifrice containing low fluoride concentration on microhardness of artificial carious lesion in human primary enamel *in vitro*. One hundred and eight primary enamel specimens from primary incisors were cut into 2x3 mm., grounded, polished and immersed in demineralizing solution containing 0.1 M lactic acid, 0.2% polyacrylic acid (Carbopol, C907) and 50% hydroxyapatite to form incipient lesions. Specimens with lesion surface hardness of 40-60 VHN were selected and divided into 3 groups : 0 ppm F (control), 500 ppm F (Colgate Junior) and 1,000 ppm F (Colgate Double Cool Stripe) sodium fluoride dentifrices. The specimens were subjected to daily cyclic treatment consisted of 4 one-minute dentifrice treatments and 2-hour acid challenge. The remaining time, specimens were immersed in remineralizing solution (1:1, synthetic saliva : pooled saliva). After 14 days of daily cyclic treatment, the specimens were again analyzed for surface hardness and calculated for hardness change.

The results showed that Δ VHN (mean \pm S.D.) for 1,000 ppm F, 500 ppm F and control group were 134.03 ± 48.12 , 107.76 ± 30.70 and 18.03 ± 10.49 , respectively. The data were analyzed using one way ANOVA and Dunnett T3 for multiple comparison. The 500 ppm F dentifrice had significantly higher surface hardness than the control group but significantly lower than the 1,000 ppm F dentifrice ($p < 0.05$). The results of the present study suggested that the 500 ppm sodium fluoride dentifrice is less effective than the conventional 1,000 ppm sodium fluoride dentifrice in increasing hardness of human primary enamel.

ภาควิชา.....ทันตกรรมสำหรับเด็ก.....
สาขาวิชา.....ทันตกรรมสำหรับเด็ก.....
ปีการศึกษา..... 2542

ลายมือชื่อผู้คิด..... ชุตติมา ไตรราษฎร์.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อดิสรณ์ วัฒนศิริ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... อดิสรณ์ วัฒนศิริ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... อดิสรณ์ วัฒนศิริ.....



กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ชุติมา ไตรรัตน์วรกุล อาจารย์ทันตแพทย์หญิง กุลยา รัตนปริดากุล รองศาสตราจารย์ ดร. เอมอร เบญจวงศ์กุลชัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทางวิชาการอย่างดียิ่ง และกรุณาให้คำแนะนำ แก้ไข และเป็นแบบอย่างในการทำงานที่ดีแก่ผู้วิจัย จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ และ แก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุพา อ่อนท้วม และอาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำการใช้สถิติ

ขอขอบคุณภาควิชาชีพเคมี ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ ในการดำเนินงานวิจัย รวมถึงสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณ นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีพเคมี สำหรับคำแนะนำ และกำลังใจในการทำงานตลอดมา

ขอขอบคุณ Dr. D.J. White, The Procter & Gamble Company, Mr. B.R. Schemehorn , Director of Oral Health Research Institute, Indiana และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ประสิทธิ์ ภวสันต์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับคำแนะนำ และ อำนวยความสะดวกการใช้เครื่องวัดความแข็งผิวฟัน และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ทุนสำหรับการวิจัย และบริษัทคอลเกต ปาล์มโอฟ ประเทศไทย ที่กรุณาอนุเคราะห์ทุนสำหรับการวิจัย และยาสีฟันที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท และอาสาสมัครผู้บริจาคน้ำลายทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลา และให้ความร่วมมือด้วยดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจในการทำวิจัยตลอดมา และขอขอบคุณผู้มีพระคุณที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่ช่วยเหลือในการทำงาน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขวัญชนก รัตนอุบล

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
รูปแบบการวิจัย.....	8
บทที่ 2 ปรีทัศน์วรรณกรรม.....	9
บทบาทของฟลูออไรด์เฉพาะที่ในการป้องกันฟันผุ.....	9
ตัววัดในการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ.....	15
ผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ ในห้องปฏิบัติการ.....	19
ผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ ทางคลินิก.....	21
ความแตกต่างของเคลือบฟันแท้และเคลือบฟันน้ำนม.....	24
โครงสร้างของเคลือบฟัน.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
ประชากรเป้าหมาย.....	27
กลุ่มตัวอย่าง.....	27
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	27
วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	44
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	50
สรุปผลการวิจัย.....	59
ข้อเสนอแนะ.....	59
รายการอ้างอิง.....	61
ภาคผนวก.....	72
ประวัติผู้วิจัย.....	78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	สรุปผลการศึกษาของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทางคลินิก.....23
ตารางที่ 2	องค์ประกอบในชั้นเคลือบฟันเปรียบเทียบระหว่างฟันแท้ และ ฟันน้ำนม..... 24
ตารางที่ 3	ปริมาณแคลเซียม, ฟอสเฟตและอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมและฟอสเฟตเปรียบเทียบระหว่างฟันน้ำนมและฟันแท้.....25
ตารางที่ 4	ขั้นตอนการทดลองเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ภายในช่องปาก.....33
ตารางที่ 5	ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้น ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในกลุ่มควบคุม กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน.....46
ตารางที่ 6	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันของกลุ่มควบคุม กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน.....48
ตารางที่ 7	กลไกการเกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุเปรียบเทียบขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ และ สภาพภายในช่องปาก.....54
ตารางที่ 8	เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในห้องปฏิบัติการ.....58

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	แผนภาพแสดงทิศทางการกดของ Diamond Indenter ของเครื่องวัดความแข็งผิวฟัน.....	17
ภาพที่ 2	แผนผังแสดงตำแหน่งรอยกดบนชิ้นตัวอย่าง.....	31
ภาพที่ 3	เครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ (Isomet 2000 Low Speed Saw).....	36
ภาพที่ 4	เครื่องขัดฟัน (Isomet 2000 Specimen Preparation Equipment).....	36
ภาพที่ 5	เครื่องวัดความแข็งผิวฟันแบบจุลภาค (Microharsness tester).....	37
ภาพที่ 6	การวัดความแข็งผิวฟัน โดยใช้ตัวกดกดลงบนผิวฟัน.....	37
ภาพที่ 7	ขั้นตอนการติดกระดาษกาว ก่อนการวัดปริมาณฟลูออไรด์.....	42
ภาพที่ 8	หยดกรดเพอคอลลริกลงบนผิวเคลือบฟัน.....	42
ภาพที่ 9	ดูดกรดเพอคอลลริก หรือ สารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ บนผิวเคลือบฟันใส่ในหลอดเก็บสารละลาย.....	43
ภาพที่ 10	เครื่องวัดปริมาณฟลูออไรด์ (Fluoride Selective Electrode).....	43
ภาพที่ 11	ภาพถ่ายรอยกดบนผิวเคลือบฟัน จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 350 เท่า.....	49



ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคฟันผุยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทยโดยเฉพาะในเด็กก่อนวัยเรียน โดยจากผลการสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2537 พบว่าเด็กกลุ่มอายุ 3 ปี มีเด็กร้อยละ 61.7 มีฟันน้ำนมผุ โดยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด 3.4 ซี่ต่อคน ส่วนเด็กกลุ่มอายุ 6 ปี มีเด็กร้อยละ 85.1 ที่มีฟันน้ำนมผุ โดยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด 5.7 ซี่ต่อคน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุดที่ได้จากการสำรวจในปี 2527 และ 2532 คือ 4.9 และ 5.6 ซี่ต่อคน ตามลำดับ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าฟลูออไรด์เป็นสารที่สามารถป้องกันฟันผุได้ และจากการศึกษาในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า บทบาทของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุมาจากผลในการป้องกันฟันผุภายหลังฟันขึ้น (Post-eruptive effect) เป็นส่วนใหญ่ (Beltran และ Burt, 1988; Groeneveld และคณะ, 1990) คือให้มีฟลูออไรด์อยู่ในสารละลายรอบตัวฟันขณะที่เกิดการละลายของผิวเคลือบฟัน โดยกระบวนการหลัก คือ

1. ยับยั้งการเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน (Deminerlization)
2. ส่งเสริมการเกิดกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน (Remineralization)

การให้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้มีฟลูออไรด์อยู่ในสารละลายรอบๆ ตัวฟัน และประโยชน์ของการให้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสามารถป้องกันฟันผุได้ โดยสามารถลดการเกิดฟันผุได้อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 13-59 (De Paola, 1974)

Fejerskov และคณะ (1981) กล่าวว่า การส่งเสริมการเกิดกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน สามารถทำได้โดยการทำให้มีฟลูออไรด์ปริมาณต่างๆ อยู่ในช่องปาก ซึ่งอาจเกิดจากการดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์ผสมในปริมาณที่เหมาะสม หรือการใช้ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ฟลูออไรด์จากยาสีฟันนี้ อาจเป็นแหล่งสำคัญที่ส่งเสริมการเกิดกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน ในบริเวณที่ไม่มีฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำ นอกจากนี้การให้ยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์เป็นวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการนำฟลูออไรด์สู่ชุมชน เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่จะให้ยาสีฟันเป็นส่วนหนึ่งในการทำ

สะอาดฟันเป็นประจำ ดังนั้นการใช้ยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์จึงเป็นวิธีป้องกันฟันผุวิธีหนึ่งที่ทำได้ง่าย และสามารถทำเองได้ที่บ้าน

ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เริ่มมีการผลิตครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1950 สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการผลิตและวางจำหน่ายครั้งแรกในปี พ.ศ. 2517 ซึ่งคือยาสีฟันคอลเกต โดยทันตแพทยสมาคมแห่งประเทศไทยให้การรับรองว่าเหมาะสมที่จะใช้ในประเทศไทย ต่อจากนั้นจึงมีการผสมฟลูออไรด์ในยาสีฟันแพร่หลายขึ้น ในปัจจุบันพบว่า ยาสีฟันส่วนใหญ่ผสมฟลูออไรด์ในความเข้มข้นไม่เกิน 1,000 ส่วนในล้านส่วน

ยาสีฟันสำหรับเด็กบางชนิดได้มีการลดความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ผสมในยาสีฟันลง ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยได้แก่ บัทเลอร์กัมคริตเตอร์ส (Buttler Gum Critters) ผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 850 ส่วนในล้านส่วน และ คอลเกตจูเนียร์ (Colgate Junior) ซึ่งเริ่มผลิตและวางจำหน่ายในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2539 ผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งเป็นปริมาณฟลูออไรด์ที่ต่ำที่สุดที่ผสมในยาสีฟันที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ในปัจจุบัน

ฟลูออไรด์ที่ผสมลงในยาสีฟันนั้นหวังให้เกิดเพียงผลเฉพาะที่เท่านั้น แต่จากหลายการศึกษาพบว่ามีการกลืนกินยาสีฟันขณะแปรงฟันโดยเฉพาะในเด็กเล็ก (Barnhart และคณะ, 1974; Baxter, 1980; Dowell, 1981; Hargreaves และคณะ, 1972) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาต่างๆ พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กกลืนขณะแปรงฟันจะแตกต่างกันไปในแต่ละการศึกษาเนื่องจากวิธีการที่ใช้วัดปริมาณฟลูออไรด์ในยาสีฟัน และเวลาที่ใช้ในการแปรงฟันมีความแตกต่างกัน แต่รูปแบบที่พบเหมือนกันทุกการศึกษาคือ ในเด็กที่อายุน้อยจะกลืนยาสีฟันในขณะแปรงฟันมากกว่าในเด็กโต

จากการทบทวนวรรณกรรมของ Stookey (1994) พบว่า เด็กอายุ 3 ปี จะกลืนยาสีฟันประมาณร้อยละ 34 ของปริมาณยาสีฟันที่ใช้ ส่วนในเด็กอายุ 4-5 ปี จะกลืนยาสีฟันประมาณร้อยละ 26 และในเด็กอายุ 5-7 ปี จะกลืนประมาณร้อยละ 20 ซึ่งถ้าคิดเป็นปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กอายุ 3 ปี ได้รับความเสี่ยงต่อการแปรงฟันหนึ่งครั้ง จะมากถึง 0.32 มิลลิกรัม ส่วนเด็กอายุ 4-7 ปี จะได้รับ 0.12 มิลลิกรัม

จากการศึกษาของ Ekstrand และ Ehrnebo (1980) พบว่าการดูดซึมฟลูออไรด์ จากยาสีฟันสูงเกือบถึงร้อยละ 100 ดังนั้น หากมีการกลืนยาสีฟันเข้าไป ฟลูออไรด์จากยาสีฟันจะเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของปริมาณฟลูออไรด์ทางระบบที่เด็กอายุน้อยกว่า 6 ปีได้รับในแต่ละวัน

นอกจากฟลูออไรด์จากยาสีฟันแล้วเด็กไทยในปัจจุบันยังมีโอกาสได้รับฟลูออไรด์ซ้ำซ้อนจากแหล่งอื่นๆอีก เช่น จากน้ำดื่มที่มีฟลูออไรด์ นม และฟลูออไรด์เสริม ฟลูออไรด์จากแหล่งต่างๆเหล่านี้เป็นฟลูออไรด์ทางระบบ ซึ่งหากเด็กได้รับมากเกินไปในระหว่างที่มีการสร้างเคลือบฟันจะมีผลทำให้เกิดฟันตกกระได้

จากการสำรวจทัศนสุขภาพแห่งชาติในปี พ.ศ. 2527, 2532 และ 2537 พบความชุกของฟันตกกระคิดเป็นร้อยละ 3.7 1.5 และ 15.3 ตามลำดับ ซึ่งฟันตกกระที่พบส่วนใหญ่อยู่ในระดับสงสัย (Questionable) และน้อยมาก (Very mild) และจากการศึกษาของ แพรวพัชร ปัจฉิมสวัสดิ์ (2539) ได้ทำการสำรวจสุขภาพฟันตกกระในเด็ก 300 คน อายุระหว่าง 7-17 ปีในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีฟันตกกระร้อยละ 14.3 โดยอยู่ในระดับน้อย (Mild) และน้อยมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าความชุกของการเกิดฟันตกกระเพิ่มขึ้นอย่างมากจากปี พ.ศ. 2532 ซึ่งการเพิ่มขึ้นนี้น่าจะมีความสัมพันธ์กับการได้รับฟลูออไรด์จากแหล่งต่างๆในปริมาณที่มากเกินไป

มีหลายการศึกษาที่พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้อยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ในวัยเด็กต่อการเกิดฟันตกกระ โดยการศึกษาของ Houwink และ Wagg (1979), Holm และ Anderson (1982) และการศึกษาของ Riordan และ Bank (1991) ให้ข้อสรุปที่ตรงกันว่า ไม่มีความชัดเจนที่จะบอกได้ว่าการเริ่มใช้อยาสีฟันตั้งแต่ในวัยเด็กมีความสัมพันธ์กับการเกิดฟันตกกระ

ในทางตรงกันข้าม Osuji และคณะ (1988) พบว่าเด็กที่เริ่มใช้อยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ ก่อนอายุ 25 เดือน จะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดฟันตกกระเพิ่มขึ้น 11 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่เริ่มใช้อยาสีฟันผสมฟลูออไรด์หลัง 25 เดือน และ Pendry (1995) กล่าวว่าปริมาณยาสีฟันที่เด็กใช้เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดฟันตกกระ โดยเด็กที่ใช้อยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ในปริมาณมากกว่าเมล็ดถั่วเขียวในช่วงอายุก่อน 8 ปี จะมีโอกาสเกิดฟันตกกระบริเวณฟันหน้าบนได้ถึงร้อยละ 71

แม้ว่าจากการศึกษาต่างๆ ยังไม่สามารถชี้ชัดให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการเริ่มใช้อยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ตั้งแต่วัยเด็กต่อการเกิดฟันตกกระ แต่อย่างไรก็ตามเชื่อว่าปริมาณฟลูออไรด์ในยาสีฟันเป็นปัจจัยเสี่ยงตัวหนึ่งและจะเป็นการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์รวมที่เด็กได้รับในแต่ละวัน

นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาถึงระยะวิกฤติในการเกิดฟันตกกระ โดยพบว่า ระยะวิกฤติในการเกิดฟันตกกระของฟันตัดหน้าและฟันตัดข้าง (Central and lateral incisors) คือช่วงอายุ 18-36 เดือน (Bawden, 1992) ซึ่งเป็นช่วงอายุที่พบว่าเด็กอาจกลืนยาสีฟันสูงถึง ร้อยละ 34 ของปริมาณยาสีฟันที่

ใช้ ดังนั้นหากเด็กได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากกว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ควรได้รับในหนึ่งวัน (Optimal fluoride level) ในช่วงเวลาวิกฤตินี้ ก็จะทำให้เกิดฟันตกกระในฟันหน้าบน ซึ่งหากได้รับปริมาณฟลูออไรด์สูงมาก ก็จะทำให้มีผลต่อความสวยงามได้

วิธีหนึ่งที่จะสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กจะได้รับในแต่ละวันลง ได้แก่ การลดความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ผสมในยาสีฟันสำหรับเด็ก ให้น้อยกว่า 1,000 ส่วนในล้านส่วน (Beltran และ Szpunar, 1988; Burt, 1992; Clark, 1993; Horowitz, 1995; Pendry, 1995; Ripa, 1991) แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นน้อยกว่า 1,000 ส่วนในล้านส่วน ยังมีไม่มากพอที่จะรับรองประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในการป้องกันฟันน้ำนมผุ เพื่อให้เด็กสามารถใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดและมีผลข้างเคียงน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ถึงความแตกต่างของค่าความแข็งผิวฟันน้ำนมที่เพิ่มขึ้นภายหลังการได้รับยาสีฟัน

วัตถุประสงค์รอง

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ถึงความแตกต่างของการดูดซึมฟลูออไรด์ของผิวเคลือบฟัน โดยการเปรียบเทียบปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ไม่แตกต่างกัน
2. ปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันน้ำนมที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในปัจจุบันมีการใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์กันโดยทั่วไป ซึ่งยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ที่มีจำหน่ายส่วนใหญ่จะมีความเข้มข้นฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน สำหรับการศึกษาดังกล่าวถึงประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีมาเป็นเวลานานและพบว่าสามารถลดการเกิดฟันผุได้ แต่ปัญหาของการใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ในเด็กอายุน้อยกว่า 6 ปี คือ มีการกลืนยาสีฟันในขณะที่แปรงฟัน โดยในเด็กอายุน้อยจะกลืนยาสีฟันในขณะที่แปรงฟันมากกว่าเด็กโต ซึ่งจะทำให้เพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กได้รับในหนึ่งวัน ซึ่งหากมากเกินไปปริมาณฟลูออไรด์ที่เด็กควรได้รับในหนึ่งวัน ก็จะทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดฟันตกกระชั้น โดยเฉพาะหากเกิดในช่วงเวลาวิกฤติในการเกิดฟันตกกระต่อฟันแท้ที่น้ำบน คือช่วงอายุ 1.5-3 ปี ดังนั้นหากสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในยาสีฟันสำหรับเด็กลง แต่ยังคงประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุไว้ได้ ก็จะทำให้เด็กสามารถใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด

ผลของการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ช่วยให้ทันตแพทย์พิจารณาเลือกแนะนำการใช้ยาสีฟันสำหรับเด็ก เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและมีผลข้างเคียงน้อยที่สุด

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นฟันหน้าน้ำนมที่ถอนจากผู้ป่วยเด็กเนื่องจากฟันโยก เพราะใกล้ถึงเวลาหลุดตามธรรมชาติ หรือฟันแท้ขึ้นซ้อน ซึ่งปราศจากรอยแตก รอยผุ หรือรอยอุด

2. ชั้นพื้นที่จะนำมาวัดค่าความแข็งผิวพื้นวิกเคอร์ โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค (Microhardness tester) ต้องชัดเจนเรียบ ไม่มีความโค้ง และมันเงา จึงจะสามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้อง

2.1 การวัดค่าความแข็งผิวพื้นวิกเคอร์ในการทดลองนี้ ทำโดยการกด ตัวกดชนิดวิกเคอร์ (Vicker' s diamond indenter) ซึ่งเป็นตัวกดรูปทรงปิระมิด ทำมุม 136 องศา ด้วยแรง 200 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที ซึ่งจะได้รอยกดบนผิวพื้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนซึ่งมีขอบคมชัด จากนั้นเครื่องจะคำนวณค่าความแข็งผิวพื้นวิกเคอร์ (Vicker' s hardness number) โดยใช้สูตร

$$\text{VHN (Vicker' s hardness number)} = \frac{F \times 1.89 \times 10^5}{d^2}$$

F = แรงที่ใช้กด (กรัม)

d = เส้นทแยงมุมของรอยกด (ไมครอน)

2.2 ขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกด หรือ ความลึกของรอยกดบนผิวพื้น มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณแร่ธาตุที่ผิวพื้น (White, 1987)

2.3 ค่าความแข็งผิวพื้นวิกเคอร์ในบริเวณปลายพื้น กึ่งกลางพื้น และคอฟพื้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าค่าความแข็งผิวพื้นในบริเวณปลายพื้นจะมีแนวโน้มสูงกว่าบริเวณคอฟพื้น (Purdell-Lewis และคณะ, 1976)

3. การคำนวณค่าปริมาณฟลูออไรด์ในชั้นผิวเคลือบฟัน กำหนดให้ความหนาแน่นของผิวเคลือบฟัน และปริมาณแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบในผิวเคลือบฟันมีค่า 2.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (Grobler และ Louw, 1986)

4. การวัดค่าความแข็งผิวพื้น และการวัดปริมาณฟลูออไรด์ ทำโดยทันตแพทย์คนเดียวตลอดการทดลอง

5. ผู้ให้หมายเลขขึ้นตัวอย่าง (Decode) ก่อนการวัดความแข็งผิวพื้นหลังการทดลอง ไม่ใช่ผู้ปฏิบัติงานในข้อ 4

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองที่ได้ยังไม่สามารถสรุปไปถึงผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ทางคลินิกได้
2. การวัดความแข็งผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น สามารถบอกถึงปริมาณแร่ธาตุที่เพิ่มขึ้นจากการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันเท่านั้น ดังนั้นควรมีการศึกษาทางคลินิกถึงประสิทธิภาพในการลดการเกิดฟันผุต่อไป
3. รูปแบบการทดลองในการวิจัยนี้ เป็นการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ภายในช่องปาก โดยการแช่ฟันในสารละลายดีมิเนอรัลไรเซชัน (Demineralizing solution) pH 5.0 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อวัน แช่ในสารละลายรีมิเนอรัลไรเซชัน (Remineralizing solution) ประมาณ 22 ชั่วโมงต่อวัน และได้รับยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์ ครั้งละ 1 นาที จำนวน 4 ครั้งต่อวัน ซึ่งไม่เหมือนสภาพความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Artificial carious lesion formation หมายถึง การสร้างรอยผุจำลอง โดยการแช่ฟันในสารละลายดีมิเนอรัลไรเซชัน ซึ่งเตรียมโดยมีส่วนผสมของ กรดแลคติก 0.1 โมลาร์, กรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (Carbopol ,C907 B. F. Goodrich company), ไฮดรอกซีแอพาไทท์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ pH 5.0 เป็นเวลา 22 ชั่วโมง จะทำให้เกิดรอยผุเริ่มแรก (Incipient carious lesion) ในชั้นผิวเคลือบฟัน

Vicker' s hardness number หมายถึง ระบบหนึ่งของค่าความแข็งที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค (Microhardness tester) โดยใช้ตัวกดชนิดวิกเคอร์ กดด้วยแรงขนาดที่กำหนด ซึ่งจะได้รอยกดบนผิววัสดุที่ต้องการทดสอบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนซึ่งมีขอบคมชัด จากนั้นเครื่องจะคำนวณค่าความแข็งผิวฟันวิกเคอร์ (Vicker' s hardness number) โดยใช้ขนาดแรงที่ใช้กด และขนาดเส้นทแยงมุมของรอยกดที่วัดได้บนผิววัสดุ

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรม

บทบาทของฟลูออไรด์เฉพาะที่ในการป้องกันฟันผุ

ในปัจจุบันเชื่อว่า กระบวนการป้องกันฟันผุของฟลูออไรด์มาจากผลในการป้องกันฟันผุภายหลังฟันขึ้น (Post eruptive effect) เป็นส่วนใหญ่ คือต้องมีฟลูออไรด์อยู่ในสารละลายรอบๆ ตัวฟันมากกว่าความเชื่อที่ว่า ฟลูออไรด์ที่สะสม (Incorporate) เข้าไปในผิวเคลือบฟันจะมีผลในการลดการละลายของผิวเคลือบฟัน เนื่องจากการศึกษาส่วนใหญ่ ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟัน และประสบการณ์การเกิดฟันผุได้ (Caries experience) (Englander และ Mellberg, 1976; Schamschula และคณะ, 1979)

และจากการศึกษาของ Ogaard และคณะ (1988) ก็ได้แสดงให้เห็นว่า แม้แต่ผิวเคลือบฟันฉลาม ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นฟลูออราพาไทท์ (Fluorapatite) เกือบทั้งหมด (ปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันเท่ากับ 32,000 ส่วนในล้านส่วน) ก็ยังคงมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันในระดับปานกลาง ในขณะที่ผิวเคลือบฟันคนที่ได้รับน้ำยาบ้วนปากผสมโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.2 ทุกวัน มีการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวเคลือบฟันน้อยกว่าผิวเคลือบฟันฉลาม และมีความสึกของรอยผุไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่า การมีฟลูออไรด์ไอออนในปริมาณต่ำๆ อย่างต่อเนื่อง มีผลในการลดการเกิดฟันผุ มากกว่าการมีปริมาณฟลูออไรด์สูงๆ ในผิวเคลือบฟัน นอกจากการศึกษาของ Ogaard แล้ว Larson และคณะ(1976) ก็พบผลเช่นเดียวกัน โดยทำการทดลองในหนู ซึ่งผลการทดลองสรุปว่า การมีฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในสารละลายรอบตัวฟัน (10 ส่วนในล้านส่วน) ขณะที่สภาวะในช่องปากมี pH เป็นกรด มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดฟันผุ แม้ว่าจะไม่มีผลในการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ที่สะสมในผิวเคลือบฟันก็ตาม

จากข้อมูลในการศึกษาระยะหลัง จึงเชื่อว่าบทบาทของฟลูออไรด์ที่อยู่ในสารละลายรอบตัวฟันเป็นตัวหลักในการป้องกันการเกิดฟันผุ โดยยับยั้งการเกิดกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน (Demineralization) และ ส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน (Remineralization) (ten Cate, 1990; ten Cate และ Featherstone, 1991)

ผลของฟลูออไรด์เฉพาะที่ที่มีต่อกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน และ กระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน

ผลของฟลูออไรด์ที่มีต่อกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน และกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน สามารถสรุปได้ 2 ทาง คือ

1. ผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำที่เหลืออยู่ในน้ำลายภายหลังการได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่
2. ผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูงขณะที่ได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ และ ภายหลังได้รับทันที

1. ผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในน้ำลายที่เหลืออยู่ภายหลังการได้รับ ฟลูออไรด์เฉพาะที่ต่อกระบวนการสะสมกลับแร่ธาตุที่ผิวฟัน และ กระบวนการสูญเสียของแร่ธาตุที่ผิวฟัน

1.1 ผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำต่อกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ ten Cate และ Arends (1977) พบว่าการเติมฟลูออไรด์ 1 ส่วนในล้านส่วน ลงในสารละลายซึ่งประกอบด้วยแคลเซียม และฟอสเฟต มีผลทำให้เพิ่มการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้ นอกจากนี้จากการทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งผิวฟัน (Microhardness tester) ยังพบว่า มีการสะสมกลับของแร่ธาตุในส่วนที่สึกกร่อนของรอยผุด้วย (Body of lesion)

อัตราการสะสมและการละลายของแคลเซียมฟอสเฟต จะขึ้นกับระดับความอิ่มตัวของสารละลาย (Degree of saturation, DS) โดย ระดับความอิ่มตัวของสารละลาย คือ อัตราส่วนของไอออนิกแอกติวิตีโปรดักต์ (Ionic activity product) (IP) ต่อค่าคงที่การละลายของสารประกอบนั้น (Solubility product constant, K_{sp}) ดังสมการ

$$\text{Degree of saturation} = \frac{\text{Ionic activity product}}{\text{Solubility product constant } (K_{sp})}$$

เช่น

$$\text{Degree of saturation (Hydroxyapatite, HA)} = \frac{(\text{Ca})^5 (\text{Po}_4)^3 (\text{OH})^1}{K_{sp} (\text{HA})}$$

ในภาวะที่ไอออนิกแอคติวิตีโปรดักต์ ในสารละลาย มากกว่า ค่าคงที่ของการละลายของสารประกอบนั้น สารละลายนั้นจะเป็นสารละลายที่อิ่มตัวยิ่งยวด (Supersaturation, $DS > 1$) ทำให้มีการสะสมของแคลเซียมฟอสเฟตมากขึ้น ส่วนในภาวะที่ไอออนิกแอคติวิตีโปรดักต์ ในสารละลายน้อยกว่า ค่าคงที่ของการละลายของสารประกอบ สารละลายนั้นจะเป็นสารละลายที่ไม่อิ่มตัว (Undersaturation, $DS < 1$) ทำให้มีการละลายของแคลเซียมฟอสเฟตออกมา

ค่าคงที่ของการละลายของไฮดรอกซีแอพาไทท์ (Hydroxyapatite, HA) และฟลูออราพาไทท์ (Fluorapatite, FA) จะมีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 7.36×10^{-60} และ 3.19×10^{-61} ตามลำดับ (Aoba, 1997) ซึ่งความแตกต่างนี้จะมีผลต่อระดับความอิ่มตัวในสารละลาย

ในสภาวะภายในช่องปากขณะที่ไม่ได้กินอาหาร คราบจุลินทรีย์จะอยู่ในสภาพอิ่มตัวยิ่งยวดด้วยแคลเซียมฟอสเฟต การได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่ ที่มีความเข้มข้นระหว่าง 200 – 1,000 ส่วนในล้านส่วน ฟลูออไรด์จะซึมผ่านเข้าสู่สารน้ำในคราบจุลินทรีย์ (Plaque fluid) และ ทำให้เกิดภาวะอิ่มตัวยิ่งยวดด้วยฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์ (Fluoridated hydroxyapatite, FHA) ซึ่งทำให้มีการสร้างเสริมแร่ธาตุ ไม่เพียงแต่เฉพาะแคลเซียมไฮดรอกซีแอพาไทท์เท่านั้น แต่จะมีฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์ร่วมด้วย โดย ฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์ เกิดจากการที่ฟลูออไรด์ไอออนสะสมเข้าไปในผลึกแอพาไทท์ โดยการแทนที่ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) บางส่วน เมื่อเขียนเป็นสูตรทางเคมีคือ $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_{1-x}\text{F}_x$ โดย x คือปริมาณฟลูออไรด์ที่เข้าไปแทนที่ในผลึกแอพาไทท์ (Degree of fluoride substitution) โดย $0 < x < 1$ และปริมาณฟลูออไรด์ที่เข้าไปแทนที่ในผลึกแอพาไทท์ มากน้อยเพียงใด จะขึ้นกับปริมาณฟลูออไรด์ไอออนในสารละลาย (Varughese และ Moreno, 1981)

Moreno, Kresak และ Zahradnik (1974) ได้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการและจากการคำนวณพบว่า ค่าคงที่ของการละลายของฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์ จะมีค่าต่ำที่สุดที่ $x = 0.57$ ซึ่งจะทำให้ ฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์มีความเสถียรมากที่สุด (Maximum stability) โดยที่ $x = 0.57$ นี้ จะมีค่าคงที่ของการละลายเท่ากับ 6.55×10^{-63} เป็นที่น่าสนใจว่าค่าคงที่ของการละลายที่ $x = 0.57$ นี้ มีค่าต่ำกว่าค่าคงที่ของการละลายของฟลูออราพาไทท์ ($x = 1$) ด้วย ซึ่ง Moreno และคณะ อธิบายว่าอาจเกิดจากการที่ฟลูออไรด์ซึ่งเข้าไปแทนที่ในไฮดรอกซิลไอออนบางส่วนนั้น ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจน ระหว่างไฮดรอกซิลไอออน และฟลูออไรด์ไอออน ทำให้มีความเสถียรมากขึ้น

ดังนั้นการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่เป็นการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ไอออนในช่องปาก ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุในโครงสร้างฟัน และในสารน้ำในคราบจุลินทรีย์เอง และไม่เพียงแต่เป็นการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันเท่านั้น แต่จะเป็นการเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดการสูญเสียแร่ธาตุในภายหลังด้วย (Shellis และ Duckworth, 1994)

1.2 ผลของฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำต่อกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน

Wong, Cutress และ Duncan (1987) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการละลายของผงไฮดรอกซีแอพาไทท์ที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบในปริมาณต่างๆ กัน (100, 1,000, 37,000 ส่วนในล้านส่วน) ในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ที่มีฟลูออไรด์ความเข้มข้น 0, 0.1 และ 5 ส่วนในล้านส่วน เมื่อทำการวัดปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมาในสารละลายพบว่า ผงไฮดรอกซีแอพาไทท์ที่มีฟลูออไรด์ 100 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีอัตราการละลายใกล้เคียงกัน ยกเว้นผงไฮดรอกซี - แอพาไทท์ที่มีฟลูออไรด์สูงถึง 37,000 ส่วนในล้านส่วน จึงจะสามารถลดอัตราการละลายลงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การมีฟลูออไรด์ในสารละลายเพียง 0.1 ส่วนในล้านส่วน มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการละลายมากกว่าผงไฮดรอกซีแอพาไทท์ที่มีฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบในปริมาณ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

การศึกษาที่ทำในชิ้นตัวอย่างฟัน (Enamel specimen) ก็พบผลการทดลองเช่นเดียวกัน โดย ten Cate และ Duijster (1983a) ทำการศึกษาผลของฟลูออไรด์และ pH ต่อปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมาในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชันของผิวเคลือบฟันวัว โดยใช้สารละลายที่ประกอบด้วยแคลเซียม, ฟอสเฟต และมีปริมาณฟลูออไรด์ตั้งแต่ 0 – 10 ส่วนในล้านส่วน และ pH ตั้งแต่ 4 - 5 พบว่าการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ หรือ pH ที่สูงขึ้น สามารถยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันได้ นอกจากนี้ Margolis, Moreno และ Murphy (1986) พบผลเช่นเดียวกัน โดยทำการทดลอง ด้วยการนำฟันคนแซ่ในสารละลายแลคเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 4.3 ที่มี ฟลูออไรด์ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.004 – 1 ส่วนในล้านส่วน พบว่า ฟลูออไรด์ความเข้มข้นเพียง 0.024 – 0.054 ส่วนในล้านส่วน สามารถลดการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันได้ และความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้น จะสามารถป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันได้มากขึ้น ส่วนในสารละลายที่มี ฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1 ส่วนในล้านส่วน ไม่พบการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันเลย ซึ่งจากผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้โดยหลักการของระดับความอิ่มตัวของสารละลาย โห่ยในสารละลายที่ไม่อิ่มตัว (Undersaturate) เมื่อเทียบกับเคลือบฟัน จะทำให้มีการละลายของแคลเซียมและฟอสเฟตออกจากผิว

เคลือบฟัน ซึ่งอัตราการละลายนี้ จะขึ้นกับระดับความอิ่มตัวของสารละลายเมื่อเทียบกับเคลือบฟัน (DS(Enamel,EN)) (Margolis และคณะ, 1986)

การเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในสารละลายจะเป็นการทำให้สารละลายนั้นอิ่มตัวยิ่งยวด (Highly saturated) เมื่อเทียบกับฟลูออไรด์ไฮดรอกซีแอพาไทท์ ดังนั้นจึงเป็นการกระตุ้นให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุในรูปฟลูออไรด์ไฮดรอกซีแอพาไทท์ ซึ่งจะมีผลทำให้อัตรารวมของการสูญเสียแร่ธาตุลดลง และถ้าอัตราการสะสมกลับของแร่ธาตุเพิ่มมากกว่าอัตราการสูญเสียแร่ธาตุ ก็จะสามารถหยุดการละลายของผิวเคลือบฟัน และหยุดการเกิดฟันผุได้ ซึ่งทั้ง 2 กระบวนการ จะเกิดขึ้นในขณะเดียวกัน

โดยสรุป การใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ จะมีผลในการเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ไอออนอิสระ ภายในช่องปาก ซึ่งจะมีผลในการป้องกันฟันผุโดยผ่านทางกระบวนการสูญเสียแร่ธาตุที่ผิวฟัน และ กระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน คือ

1. ภายใต้สภาวะปกติ ฟลูออไรด์จะส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน และการสะสมของสารประกอบแร่ธาตุซึ่งประกอบด้วยฟลูออไรด์ (Fluoride containing mineral phase) ภายในคราบจุลินทรีย์ ซึ่งจะเป็แหล่งสะสมฟลูออไรด์ ที่จะปล่อยฟลูออไรด์ไอออนออกมาในขณะที่ช่องปากมีสภาพเป็นกรด

2. ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ฟลูออไรด์จะลดอัตราการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟัน โดยส่งเสริมการสะสมกลับของฟลูออไรด์ไฮดรอกซีแอพาไทท์ ภายในชั้นผิวของรอยผุ (Surface layer) ของผิวเคลือบฟัน ทำให้อัตรารวมของการสูญเสียแร่ธาตุลดลง

2. ผลของการได้รับฟลูออไรด์ความเข้มข้นสูง ขณะที่ได้รับฟลูออไรด์เฉพาะที่และภายหลังการได้รับทันที

Gerould (1945) พบว่าภายหลังกการใช้ฟลูออไรด์เฉพาะที่ จะมีการสร้างแคลเซียมฟลูออไรด์ขึ้นบนผิวเคลือบฟัน แต่ในขณะนั้นเชื่อว่าแคลเซียมฟลูออไรด์นี้ จะหลุดหรือละลายไปอย่างรวดเร็วเนื่องจากแคลเซียมฟลูออไรด์สามารถละลายได้ในน้ำลาย (McCann, 1968)

การศึกษาในระยะต่อมา จะใช้คำเรียกแทนแคลเซียมฟลูออไรด์ที่เกิดในช่องปาก (*In vivo*) ว่า สารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์ (Calcium fluoride – like material) เนื่องจากไม่ได้เกิดเป็นแคลเซียม-

ฟลูออไรด์บริสุทธิ์ และพบว่า สารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์นี้สามารถสะสมในรูพรุนของรอยบุผิวเคลือบฟันได้ ซึ่งจะเป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ที่สามารถปล่อยฟลูออไรด์ไอออนออกมาได้ในระยะยาว (Arends, Reintsema และ Dijkman, 1988) ทำให้เชื่อว่าสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์นี้สามารถคงอยู่ในเคลือบฟันได้นานกว่าความเชื่อเดิม ซึ่งอาจอยู่ได้นานถึงเป็นอาทิตย์หรือเป็นเดือน

Rolla และ Saxgaard (1990) ให้คำอธิบายว่า สารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์มีคุณสมบัติต่างจากแคลเซียมฟลูออไรด์บริสุทธิ์ กล่าวคือจะมีฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบ โดยมีการดูดซับของฟอสเฟตไอออน และโปรตีนลงบนสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์ ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มคุณสมบัติ ทำให้สารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์มีอัตราการละลายอย่างช้าๆ ภายในน้ำลาย และในขณะที่ในช่องปากมีสภาพเป็นกรด pH ที่ลดลงจะทำให้เพิ่มอัตราการละลายของสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์มากขึ้น ดังนั้นสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์ที่มีการดูดซับของฟอสเฟตไอออนและโปรตีน จะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมฟลูออไรด์ ซึ่งจะควบคุมการปล่อย ฟลูออไรด์ไอออนด้วย pH (pH – controlled reservoir of fluoride) นอกจากนี้ความแตกต่างของสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์ และแคลเซียมฟลูออไรด์บริสุทธิ์ ยังสามารถยืนยันได้จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ที่พบว่าสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์มีลักษณะเป็นก้อนกลม (Spherical globules) ซึ่งต่างจากแคลเซียมฟลูออไรด์บริสุทธิ์ (Pure calcium fluoride) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นรูปลูกบาศก์ (Cubical crystal) (Ogaard, Cruz และ Rolla, 1992)

สารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์จะสามารถเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ที่ฟลูออไรด์สัมผัสกับผิวฟัน ส่วนการเกิด ฟลูออราพาไทท์ หรือ ฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ จะเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน และต้องอยู่ในสภาพที่มีฟลูออไรด์ในขั้นตอนของกระบวนการสูญเสียและการสะสมกลับของแร่ธาตุ (De – remineralization process) ในช่วงระหว่างวันที่มีการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปาก ซึ่งสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์จะเป็นตัวปล่อยฟลูออไรด์ ไอออนอิสระ ในขณะที่เกิดที่ pH ในช่องปากลดต่ำลง ฟลูออไรด์ไอออนอิสระนี้จะสะสมเข้าไปในผิวเคลือบฟัน โดยเกิดเป็นฟลูออราพาไทท์ หรือ ฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์

ตัววัดในการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุ

การศึกษาเกี่ยวกับผลของฟลูออไรด์ในการป้องกันฟันผุทางคลินิก มีตัววัดที่นิยมใช้กัน คือ ค่าเฉลี่ยจำนวนด้าน หรือ จำนวนซี่ของฟันที่ผุ ถอน อุด (DMFS, dmfs หรือ DMFT, dmft) โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ส่วนการศึกษาในห้องปฏิบัติการมีตัววัดที่นิยมใช้กันหลายตัว เช่น

การวัดปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวฟัน (Fluoride uptake) (Dunipace และคณะ, 1997; Mellberg, 1980; Mellberg และ Chomiki, 1983; Sakkab, Cilley และ Haberman, 1984; Stookey และคณะ, 1985) เป็นการวัดปริมาณฟลูออไรด์ที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่ผิวเคลือบฟัน ณ ระดับความลึกต่างๆ ซึ่งเป็นตัววัดทางอ้อม ที่สามารถใช้เป็นข้อบ่งชี้ว่ามีการสะสมของฟลูออไรด์ ในขณะที่เกิดกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาใดที่สามารถแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวฟัน และ การสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้

2. การวัดการสูญเสีย หรือ การสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน โดยการวัดความเข้มข้นของแคลเซียมที่อยู่ในสารละลาย (De Kloet และคณะ, 1986; ten Cate และ Arends, 1977; ten Cate, Buijs และ Damen, 1995) เป็นตัววัดทางอ้อม ที่จะบ่งชี้ว่ามีการสูญเสีย หรือ สะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน โดยคำนวณจากความเข้มข้นของแคลเซียมที่อยู่ในสารละลาย ถ้าความเข้มข้นของแคลเซียมที่อยู่ในสารละลายสูงขึ้น แสดงถึงการสูญเสียของแร่ธาตุที่ผิวฟันออกมาสู่สารละลาย และถ้าความเข้มข้นของแคลเซียมที่อยู่ในสารละลายลดลง ก็แสดงถึงการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน ข้อเสียของวิธีนี้คือ ไม่สามารถบอกถึงปริมาณการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันได้โดยตรง

3. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางจุลกายวิภาคศาสตร์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ (Polarized light microscope) (Silverstone และคณะ, 1981) โดยการตัดชิ้นฟันที่ผ่านการทดลองให้มีความหนาประมาณ 80 – 100 ไมโครเมตร แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพ โดยการวัดความลึกของรอยผุในผิวเคลือบฟัน และยังสามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยการวัดเป็นค่าไบรีฟรินเจนซ์ (Birefringence) แต่อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ ค่อนข้างยุ่งยาก และชิ้นตัวอย่างจะถูกทำลาย จากการที่ชิ้นตัวอย่างถูกตัดให้บาง

4. การวัดปริมาณแร่ธาตุ (Mineral content) ในผิวเคลือบฟัน โดยการใช้เครื่องมือโครเรดิโอกราฟ (Microradiograph) (Dunipace และคณะ, 1997; Iijima และ Koulourides, 1988; Mellberg และ Mallon, 1984; ten Cate และ Rempt, 1986; White, 1988) เป็นการวัดร้อยละของปริมาณแร่ธาตุในผิวเคลือบฟัน (Volume % mineral) โดยตัดชิ้นฟันที่ผ่านการทดลองให้มีความหนาประมาณ 80 –100 ไมโครเมตร เช่นเดียวกับการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดแสงโพลาไรซ์ วิธีนี้สามารถหาปริมาณการสะสมกลับของแร่ธาตุที่เพิ่มขึ้นได้ จากการคำนวณเทียบกับปริมาณแร่ธาตุในผิวเคลือบฟันของชิ้นตัวอย่างควบคุม แต่ขั้นตอนในการเตรียมชิ้นตัวอย่างค่อนข้างยุ่งยาก

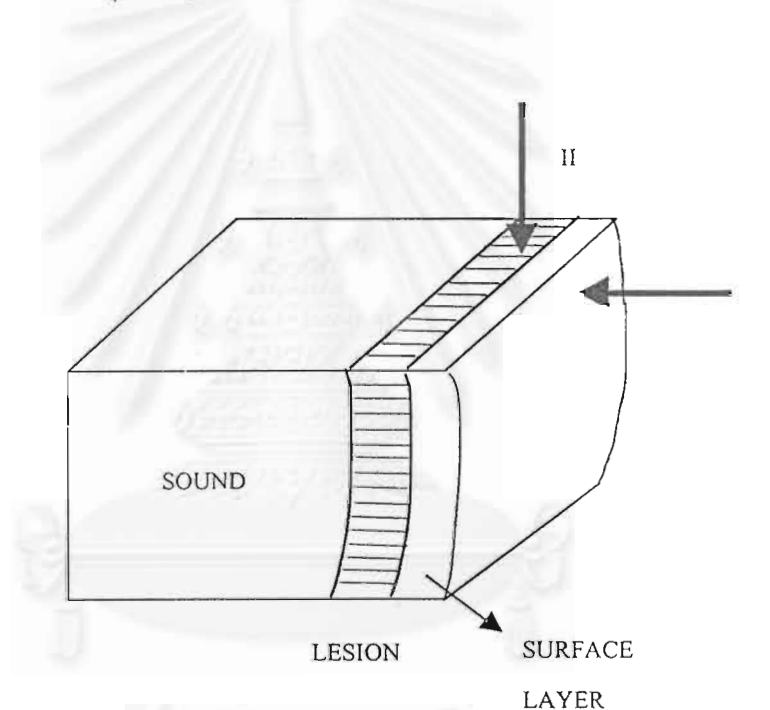
5. การวัดความแข็งผิวฟัน (Surface microhardness) (Corpron และคณะ 1986; Clark และคณะ, 1988; Koulourides, Cueto และ Pigman, 1961; Koulourides และ Reed, 1964; Koulourides และคณะ, 1974; Schemehorn, Robert และ Wood, 1994; White, 1987; White และ Featherstone, 1987; White, 1988) การวัดความแข็งผิวฟันเป็นวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการ และการทดลองในมนุษย์ โดยการฝังชิ้นตัวอย่างฟันที่ต้องการศึกษาในฟันปลอมบางส่วนถอดได้ และให้อาสาสมัครใส่ในช่องปาก แล้วนำชิ้นตัวอย่างฟันมาวัดค่าความแข็งผิวฟัน เนื่องจาก การวัดความแข็งผิวฟันเป็นวิธีที่ง่าย ไม่ทำลายชิ้นตัวอย่าง และสามารถทำซ้ำได้ในชิ้นตัวอย่างเดิม ทำให้เป็นวิธีที่เหมาะสมในการทดลองที่ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของแร่ธาตุ (Mineral density) ในผิวเคลือบฟัน โดยมักทำการวัดความแข็งก่อนเริ่มการทดลอง และวัดการเปลี่ยนแปลงของความแข็งภายหลังการทดลอง (Koulourides, 1968)

ในการวิจัยครั้งนี้ ตัววัดที่เลือกใช้ คือ การวัดความแข็งผิวฟัน โดยใช้วิธีวัดค่าความแข็งผิวฟันแบบจุลภาค (Microhardness หรือ Micro-indentation hardness) ซึ่งเป็นวิธีวัดความแข็ง โดยการใช้ตัวกด กดลงบนพื้นผิวที่ต้องการศึกษา โดยแรงกดที่ใช้ในการศึกษาทางทันตกรรมส่วนใหญ่ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 25 – 500 กรัม และผิวฟันที่จะนำมาวัด ต้องได้รับการขัดจนเรียบ ไม่มีความโค้ง และมันเงา จึงจะได้ค่าที่เชื่อถือได้ และในขณะที่ทำการวัด จะต้องไม่ทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือนต่อตัวเครื่อง เพราะแรงสั่นสะเทือนเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้ (Koulourides, 1968)

ตัวกด ที่นิยมใช้ในการศึกษาทางทันตกรรม มี 2 ชนิด คือ ตัวกดชนิดวิกเกอร์ (Vicker ' s diamond indenter) และตัวกดชนิดหนูป (Knoop diamond indenter) ซึ่งตัวกดทั้งสองชนิด มีลักษณะรูปทรงปิระมิด โดยทำมุมเท่ากับ 136 และ 175.5 องศา ตามลำดับ (Ryge, Foley และ Fairhurst, 1961)

การวัดความแข็งในชั้นตัวอย่างฟัน สามารถทำการวัดได้ 2 วิธี คือ

1. ใช้ตัวกดกดตั้งฉากกับผิวเคลือบฟัน โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าความแข็งผิวเคลือบฟัน (Surface hardness) โดยทั่วไปจะทำการวัด 3-5 ตำแหน่งต่อชั้นตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย
2. ใช้ตัวกดกดในแนวขนานกับผิวเคลือบฟัน โดยจะทำการวัดตำแหน่งแรกที่ จุดที่ห่างจากผิวนอกของเคลือบฟันเข้ามาประมาณ 15-20 ไมโครเมตร และทำการวัดตำแหน่งต่อไป ตามระยะที่กำหนดตามแนวตัดขวางของรอยผุ เช่น ทุก 25 ไมโครเมตร เป็นต้น ค่าที่ได้จะเป็นค่าความแข็งของฟันตามแนวตัดขวางของรอยผุ (Longitudinal microhardness หรือ Microhardness profile) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงทิศทางการกดของตัวกด

I กดในแนวตั้งฉากกับผิวเคลือบฟัน

II กดในแนวตั้งขนานกับผิวเคลือบฟัน

(ดัดแปลงจาก Arends, Schuthof และ Jongebloed, 1980)

การใช้เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาคในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของแร่ธาตุในผิวเคลือบฟัน จะอยู่ภายใต้สมมติฐานว่า ความแข็งผิวฟันมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของแร่

ธาตุ โดยมีการศึกษาที่สนับสนุนข้อสมมติฐานดังกล่าว คือ การแช่ขึ้นตัวอย่างผิวเคลือบฟันในสารละลายกรดอ่อน จะมีผลทำให้ค่าความแข็งผิวฟันลดลง และมีการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟัน (Koulourides และ Reed, 1964) และหากนำขึ้นตัวอย่างผิวเคลือบฟันที่ถูกแช่ในกรดนี้ มาแช่ในสารละลายที่ประกอบด้วยแคลเซียม จะสามารถทำให้มีความแข็งผิวฟันเพิ่มขึ้นได้ (Koulourides และคณะ, 1961) โดย Koulourides และคณะ (1974) อธิบายว่าการแช่ฟันในสารละลายกรดจะทำให้ชั้นเคลือบฟันนั้นสูญเสียแร่ธาตุออกไปและเกิดรูพรุนมากขึ้น ส่วนการที่ผิวฟันมีความแข็งเพิ่มขึ้น เกิดจากการมีแร่ธาตุ รวมทั้งฟลูออไรด์มาสะสมในช่องว่างเหล่านี้เมื่อขึ้นฟันอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งการแข็งขึ้นของผิวฟันนี้ ten Cate และ Arends (1977) กล่าวว่ามีความสัมพันธ์กับการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน

นอกจากการศึกษาดังกล่าวแล้ว White (1987) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ค่าความแข็งผิวฟันและการใช้เครื่องไมโครเรดิโอกราฟี ในการศึกษาการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน พบว่า การเปลี่ยนแปลงขนาดของเส้นทแยงมุมรอยกดที่ผิวฟัน (Indenter diagonal) จากการใช้เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณแร่ธาตุในรอยผุจำลอง (Lesion mineral content) ที่วัดได้จากเครื่องไมโครเรดิโอกราฟี แต่ White กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งผิวฟันและปริมาณแร่ธาตุในรอยผุจำลองดังกล่าว จะเกิดเฉพาะในรอยผุจำลองที่มีความลึกไม่เกิน 50 ไมโครเมตรเท่านั้น

ดังนั้น ในกรณีที่จะศึกษาการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟันในรอยผุที่ลึก (Deep subsurface lesion) ควรใช้วิธีวัดความแข็งของฟันตามแนวตัดขวางของรอยผุ (Longitudinal microhardness) หรือ ใช้เครื่องไมโครเรดิโอกราฟีแทน (Featherstone และคณะ, 1983) แต่อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดในการใช้เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาคในการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน คือ จะสามารถบอกได้เพียงว่ามีการสะสมของแร่ธาตุในรูพรุน ทำให้ขึ้นตัวอย่างฟันมีความแข็งขึ้น แต่ไม่สามารถบอกได้ถึงองค์ประกอบทางเคมี หรือลักษณะรูปร่างของผลึกแร่ธาตุที่สะสมได้ (Koulourides, 1968)

ผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในห้องปฏิบัติการ

ten Cate และ Simons (1986) ได้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยใช้รูปแบบการทดลองเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปาก (pH cycling model) เพื่อศึกษาว่า ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในยาสีฟันน้อยที่สุดเท่าใด ที่ยังไม่ทำให้ผลในการป้องกันฟันผุลดลง โดยใช้ฟันแท้ของคน (Human sound enamel) ในการทดลองจุ่มในยาสีฟันที่มีความเข้มข้นของฟลูออไรด์ต่าง ๆ กัน แต่ส่วนประกอบอื่นๆ เหมือนกัน เป็นเวลา 5 นาทีต่อวัน ผลการทดลองพบว่าปริมาณฟลูออไรด์เพียง 300 ส่วนในล้านส่วนก็เพียงพอที่จะยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุออกจากผิวฟันได้

ต่อมา De Kloet และคณะ (1986) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมไฮเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 300 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วนโดยทำการฝังฟันวัวซึ่งผ่านการทำให้เกิดรอยผุจำลองมาก่อน ลงในฟันปลอมชนิดถอดได้บางส่วน แล้วให้อาสาสมัครจำนวน 23 คน ใส่ฟันปลอมชนิดถอดได้บางส่วนที่มีฟันวัวฝังอยู่นี้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยให้อาสาสมัครแปรงฟันด้วยยาสีฟันที่กำหนดให้วันละ 2 ครั้ง ตลอดการทดลอง 6 อาทิตย์ จากนั้นนำชิ้นฟันออกมาศึกษาหาการละลายของชั้นเคลือบฟัน (Enamel solubility) การดูดซึมฟลูออไรด์ของชั้นเคลือบฟัน (Enamel fluoride uptake) และหาปริมาณแร่ธาตุในรอยผุจำลอง ด้วยเครื่องมือโครเรดิโอกราฟ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างของการดูดซึมฟลูออไรด์และปริมาณแคลเซียมที่ละลายออกมาจากชั้นเคลือบฟันเมื่อแช่ฟันในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชั่น ระหว่าง 2 กลุ่ม แต่ข้อมูลจากเครื่องมือโครเรดิโอกราฟ พบว่าปริมาณแร่ธาตุ (Mineral content) ที่ความลึก 25-340 ไมโครเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 300 ส่วนในล้านส่วน และ 1000 ส่วนในล้านส่วน ซึ่ง De Kloet และคณะ กล่าวว่าผลการทดลองของเขายังไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่า การลดปริมาณไฮเดียมฟลูออไรด์ลงมาจากความเข้มข้นฟลูออไรด์ 300 ส่วนในล้านส่วน จะไม่มีผลกระทบต่อการหยุดยั้งและการสะสมกลับของแร่ธาตุในบริเวณรอยผุ (Lesion arrest and remineralization)

Mellberg, Petrou และ Grote (1992) ทำการศึกษาทางคลินิกร่วมกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 0, 250, 1,000 ส่วนในล้านส่วนโดยทำการฝังแผ่นชั้นเคลือบฟันหนา 100 ไมโครเมตรซึ่งผ่านการทำให้เกิดรอยผุจำลองลึกประมาณ 90-100 ไมโครเมตร ลงในฟันปลอมชนิดถอดได้บางส่วน แล้วให้อาสาสมัครจำนวน 19 คน ใส่ฟันปลอมชนิดถอดได้บางส่วนนี้ตลอด 24 ชั่วโมง โดยให้อาสาสมัครแปรงฟันด้วยยาสีฟันที่กำหนดให้วันละ 3 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที เป็นเวลา 2 อาทิตย์ จากนั้นนำแผ่นชั้นเคลือบฟันออก และนำแผ่นชั้น

เคลือบฟันใหม่ใส่ลงไป แล้วให้อาสาสมัครใช้ยาสีฟันตัวใหม่ ทำเช่นนี้จนอาสาสมัครทุกคนใช้ยาสีฟันครบทุกชนิด จากนั้นนำแผ่นชั้นเคลือบฟันมาวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุ โดยใช้เครื่องไมโครเดนซิโตมิเตอร์ (Microdensitometer) จากผลการทดลองพบว่าผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 250 ส่วนในล้านส่วน มีความแตกต่างจากยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้ผลการทดลองเหมือนกับ Dunipace และคณะ (1997) ที่ได้ทำการทดลองเช่นเดียวกับ Mellberg และคณะ โดยขึ้นฟันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร และวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโดยใช้เครื่องทรานสเวอร์สไมโครเรดิโอกราฟี (Transverse microradiography)

Schemehorn และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยใช้รูปแบบการทดลองที่สมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (American Dental Association) แนะนำให้ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของยาสีฟันที่มีความเข้มข้นต่างกัน โดยศึกษาจากการวิเคราะห์การดูดซึมฟลูออไรด์และการสูญเสียและการสะสมของแร่ธาตุของชั้นเคลือบฟัน โดยใช้ฟันหน้ามาตัดเป็นชิ้นและทำให้เกิดรอยจุลช่องความลึกประมาณ 55 ไมโครเมตร จากนั้นนำมาเข้าการทดลองโดยในแต่ละวันฟันจะถูกจุ่มในยาสีฟัน 4 ครั้ง ครั้งละ 1 นาที และแช่อยู่ใน สารละลายดีมินเนอรัลโรเซชัน เพื่อจำลองสภาวะในช่วงที่ pH ในคราบจุลินทรีย์ลดต่ำลง วันละ 4 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่เหลือฟันจะถูกแช่ในน้ำลาย ความเข้มข้นของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ที่ทำการศึกษาได้แก่ 0, 250, 550 และ 1,100 ส่วนในล้านส่วน ภายหลังทำการทดลองจนครบ 20 วัน นำชิ้นฟันมาวัดค่าความแข็งของผิวฟันด้วยเครื่องวัดค่าความแข็งผิวฟันแบบจุลภาค เพื่อประเมินการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน และหาปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวเคลือบฟัน โดยใช้วิธีไมโครดริล ไบออปซี (Microdrill biopsy) จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างของการดูดซึมฟลูออไรด์ระหว่างกลุ่ม 550 และ 1,100 ส่วนในล้านส่วน แต่ค่าความแข็งผิวเคลือบฟันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกกลุ่มทดลอง

นอกจากนี้มีการศึกษาที่สนับสนุนผลการศึกษาของ Schemehorn และคณะ (1994) โดย Dundon และคณะ (1994) ทำการทดลองเปรียบเทียบค่าความแข็งผิวฟันในกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 0, 250, 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน โดยฝังเคลือบฟันไว้ในฟันปลอมถอดได้ และให้อาสาสมัครใส่เป็นเวลา 2 อาทิตย์ พบว่าค่าความแข็งผิวฟันทั้ง 4 กลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับ Zero และคณะ (1994) ทำการทดลองคล้ายกับ Dundon และคณะ โดยศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งผิวฟัน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 0, 250, 500 และ 1,100 ส่วนในล้านส่วน พบว่าผลในการยับยั้งการสูญเสียและการสะสมกลับของแร่ธาตุมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในยาสีฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Dose response relationship)

ผลการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทางคลินิก

การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการป้องกันฟันผุของยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทางคลินิก ยังมีอยู่ค่อนข้างน้อยและผลที่ได้ยังมีความขัดแย้งกันอยู่ (ตารางที่ 1) โดย Reed (1973) ทำการศึกษาทางคลินิกเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสี่พันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 250 และ 500 ส่วนในล้านส่วน เปรียบเทียบกับ 1,000 ส่วนในล้านส่วนโดยทำการศึกษาในเด็ก 2,104 คน อายุระหว่าง 5-14 ปี เป็นเวลา 2 ปี ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของผลในการป้องกันฟันผุมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้น

เช่นเดียวกับการศึกษาของ Koch และคณะ (1990) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสี่พันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 250 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน โดยทำการศึกษาในเด็กชาวไอซ์แลนด์อายุระหว่าง 11-12 ปี จำนวน 1,035 คน เป็นเวลา 3 ปี ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ใช้ยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ 250 ส่วนในล้านส่วน มีจำนวนด้านของฟันที่ผุ อุด และฟันผุใหม่มากกว่ากลุ่มที่ใช้ยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการศึกษาของ Koch และคณะ (1990) เป็นไปในทางเดียวกับ Mitropoulos และคณะ (1984) ซึ่งทำการศึกษาในเด็กอายุ 12 ปี พบว่าผลของยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ 250 ส่วนในล้านส่วน ต่ำกว่า 1,000 ส่วนในล้านส่วนอย่างมีนัยสำคัญ

ในทางตรงข้าม Forsman (1974) ทำการศึกษาในเด็กชาวสวีเดน อายุ 10-12 ปี เปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสี่พันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 250 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน และโซเดียมโมโนฟลูออโรฟอสเฟตความเข้มข้น 250 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยจำนวนด้านของฟันผุ ถอน อุด ระหว่างกลุ่มที่ใช้ยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ 250 และ 1000 ส่วนในล้านส่วน เช่นเดียวกับ Koch และคณะ (1982) ทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาสี่พันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ ในกลุ่มเด็กชาวอังกฤษอายุ 12-13 ปี จำนวน 541 คน โดยการตรวจทางคลินิกและทางภาพถ่ายรังสี ขณะเริ่มการศึกษา และภายหลังการศึกษาเป็นเวลา 3 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยจำนวนด้านของฟันผุ ถอน อุด และค่าเฉลี่ยของจำนวนซี่ของฟันผุที่เพิ่มขึ้น ระหว่างกลุ่มที่ใช้ยาสี่พันผสมฟลูออไรด์ 250 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

ส่วนการศึกษาทางคลินิกของ Winter, Holt และ Williams (1989) ซึ่งเป็นการศึกษาเดี่ยวที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาตีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 550 และ 1,055 ส่วนในล้านส่วนโดยทำการศึกษาในประเทศอังกฤษในกลุ่มเด็กก่อนวัยเรียน จำนวน 2,177 คน เป็นเวลา 3 ปี เมื่อครบระยะเวลาศึกษา ทำการตรวจทางคลินิกและภาพถ่ายรังสี พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยจำนวนด้านของฟันผุ ถอน อุด และค่าเฉลี่ยจำนวนซี่ของฟันผุ ถอน อุด ของกลุ่มที่ใช้ยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ทั้ง 2 ชนิด แม้ว่ากลุ่มเด็กที่ใช้ยาตีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 550 จะมีจำนวนด้านของฟันที่ผุและอุดมากกว่าก็ตาม

จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพของยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำยังคงมีความขัดแย้งกันอยู่ ทั้งการศึกษาทางคลินิก และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และจากการศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาโดยใช้ยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 250 ส่วนในล้านส่วน เปรียบเทียบกับ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งจาก 3 ใน 5 การศึกษาที่กล่าวข้างต้น พบว่า ประสิทธิภาพของยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 250 ส่วนในล้านส่วนจะมีความแตกต่างจากยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในปัจจุบัน ยาตีฟันสำหรับเด็กที่มีความเข้มข้นฟลูออไรด์ต่ำที่สุด ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยคือ 500 ส่วนในล้านส่วน แต่การศึกษาที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ยังมีอยู่น้อย มีเพียงการศึกษาทางคลินิกของ Winter และคณะ (1989) ซึ่งใช้ยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ 550 ส่วนในล้านส่วนเปรียบเทียบกับ 1,055 ส่วนในล้านส่วน และการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Schemehorn และคณะ (1994), Dundon และคณะ (1994), Zero และคณะ (1994) ซึ่งจากผลการศึกษายังคงมีความไม่สอดคล้องกันอยู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 สรุปผลการศึกษาของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทางคลินิก

ผู้ศึกษา	ปี ค.ศ.	อายุ (a)	น้ำดื่ม (b)	ระยะเวลาศึกษา	ความเข้มข้นฟลูออไรด์	จำนวนตัวอย่าง	การเพิ่มขึ้นของฟันผุ	ความแตกต่างทางสถิติ
Reed	1973	5-14	Non-F	2 ปี	1,050 ppm NaF	362	3.20 ^c (0.20) ^d	Yes (i)
					500 ppm NaF	387	3.66 (0.22)	No (i)
					250 ppm NaF	379	3.70 (0.23)	No (i)
					placebo	397	4.00 (0.21)	-
Forsman	1974	10-11	Non-F	2 ปี	1,000 ppm MFP	137	3.03 ^c	No (i)
					250 ppm MFP	140	2.91	No (i)
					250 ppm NaF	137	2.82	No (i)
					placebo	145	3.25	-
		10-12	2 ปี	1,000 ppm MFP	132	5.31	No (i)	
				250 ppm MFP	130	5.17	No (i)	
Koch และคณะ	1982	12-13	ไม่ระบุ	3 ปี	1,000 ppm MFP	514	5.8 ^c (0.55) ^d	No (e)
					1,000 ppm NaF		6.1 (0.51)	No (e)
					250 ppm NaF		6.3 (0.46)	No (e)
Mitropoulos และคณะ	1984	12-13	Non-F	32 mo.	1,000 ppm MFP	360	3.6 ^c (3.93) ^g	Yes (h)
					250 ppm MFP	365	4.29 (4.99)	-
Winter และคณะ	1989	2	ไม่ระบุ	3 ปี	1,055 ppm MFP	1073	2.29 ^f	No (h)
					550 ppm NaF+MFP	1104	2.52	-
Koch และคณะ	1990	11-12	Non-F	3 ปี	970 ppm NaF	209	10.1 ^c (8.1) ^f	Yes (h)
					250 ppm NaF	203	12.7 (9.3)	-

a : อายุเมื่อเริ่มต้นการศึกษา, b : ระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม, c : DMFS, d : (standard error of mean), e : ANOVA, f : dmfs, g : (Standard deviation), h : เปรียบเทียบกับยาสีฟันกลุ่มอื่น, i : เปรียบเทียบกับ placebo (ดัดแปลงจาก Warren และ Levy, 1999)

ความแตกต่างของเคลือบฟันแท้และเคลือบฟันน้ำนม

เคลือบฟัน เป็น ส่วนประกอบของฟันที่แข็งที่สุด ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ สารอนินทรีย์ในรูปของผลึกไฮดรอกซีแอพาไทท์ ส่วนที่เหลือคือ น้ำ และ สารอินทรีย์ กระจายอยู่ระหว่างผลึกไฮดรอกซีแอพาไทท์

โครงสร้างของเคลือบฟัน

เคลือบฟันประกอบด้วยแท่งเคลือบฟัน (Enamel rod หรือ Enamel prism) จำนวนมาก ซึ่งในแต่ละแท่งจะประกอบไปด้วยผลึกไฮดรอกซีแอพาไทท์ เรียงตัวไปตามแนวยาวของแท่งเคลือบฟัน แท่งเคลือบฟันแต่ละอันจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มที่เป็นสารอินทรีย์ เรียกว่า Rod sheath

แท่งเคลือบฟันในฟันแท้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 ไมโครเมตร (Eliseman,1994) เคลือบฟันส่วนที่อยู่ระหว่างแท่งเคลือบฟัน เรียกว่า Interrod หรือ Interprismatic substance

Bird และคณะ (1940) ทำการศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีของเคลือบฟันน้ำนม พบว่าเคลือบฟันน้ำนมมีส่วนประกอบต่างๆ เหมือนที่พบในเคลือบฟันแท้ แต่จะมีสารอินทรีย์และน้ำมากกว่าฟันแท้ ส่วนปริมาณสารอนินทรีย์ และ แคลเซียม มีน้อยกว่าฟันแท้ (ตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบในชั้นเคลือบฟัน เปรียบเทียบระหว่างฟันแท้และฟันน้ำนม

ชนิดเคลือบฟัน	น้ำ (%)	สารประกอบอินทรีย์ (%)	สารประกอบอนินทรีย์ (%)
ฟันน้ำนม	2.8	4.7	92.5
ฟันแท้	2.3	1.7	96.0

(ดัดแปลงจาก Bird และคณะ,1940)

ตารางที่ 3 ปริมาณแคลเซียม, ฟอสเฟต, และอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบระหว่างฟันแท้และฟันน้ำนม

ชนิดเคลือบฟัน	แคลเซียม (Ca) (%)	ฟอสเฟต (P) (%)	แคลเซียม / ฟอสเฟต (Ca/P)
ฟันน้ำนม	34.3	17.0	2.06
ฟันแท้	36.1	17.3	2.07

(ดัดแปลงจาก Bird และคณะ ,1940)

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ของ Wilson และ Beynon (1988) ก็สนับสนุนผลของ Bird และคณะ (1940) โดยทำการทดลองวัดปริมาณแร่ธาตุในฟันตัดหน้า และฟันเขี้ยวน้ำนม เปรียบเทียบกับฟันตัดหน้าและฟันเขี้ยวแท้ ด้วยเครื่องมือโครมาโตกราฟี พบว่า ในเคลือบฟันน้ำนมมีปริมาณแร่ธาตุที่น้อยกว่าเคลือบฟันแท้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โครงสร้างของเคลือบฟันน้ำนม

Mortimer (1970) กล่าวว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเคลือบฟันน้ำนม แคบกว่าในฟันแท้ประมาณ 2 ไมโครเมตร นอกจากนี้ความแตกต่างของขนาดแล้ว Skaleric และคณะ (1982) พบว่าการเรียงตัวของผลึกในเคลือบฟันน้ำนมมีความเป็นระเบียบน้อยกว่าในฟันแท้ (Lower degree of crystallite arrangement) ซึ่ง Skaleric และคณะ กล่าวว่า การเรียงตัวของผลึกในเคลือบฟันน้ำนมที่มีความเป็นระเบียบน้อยกว่าในฟันแท้ หมายถึง เคลือบฟันน้ำนมมีรูพรุนมากกว่าในฟันแท้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Katz, Beck และ Muhler (1969) ที่พบว่า เคลือบฟันน้ำนม มีโครงสร้างของผลึกไฮดรอกซีแอพาไทท์ที่รวมตัวกันไม่แน่นเท่าที่พบในฟันแท้ และมีช่องว่างระหว่างผลึกมากกว่าในเคลือบฟันแท้ (Ripa, 1966)

Silverstone (1970) พบว่า ร้อยละ 90 ของชั้นตัวอย่าง มีรูพรุนในผิวเคลือบฟันน้ำนมชั้นใน (Inner third) ประมาณ ร้อยละ 1 โดยปริมาตร ส่วนอีกร้อยละ 10 ของชั้นตัวอย่างมีรูพรุนในผิวเคลือบฟันน้ำนมชั้นใน ถึงร้อยละ 5 ในขณะที่ฟันแท้มีรูพรุนในผิวเคลือบฟันเพียงร้อยละ 0.1-0.2 (Gwinnet, 1966) ซึ่งเขากล่าวว่า การที่ฟันน้ำนมมีรูพรุนมากนี้เอง ทำให้เคลือบฟันน้ำนมมีสีขาวขุ่นเมื่อเทียบกับฟันแท้

การที่ฟันน้ำนมมีโครงสร้างที่มีรูพรุนมากกว่าในฟันแท้ ทำให้สารต่างๆ สามารถซึมผ่านเคลือบฟันน้ำนมได้มากกว่าเคลือบฟันแท้ โดย Linden, Bjorkman และ Hattab (1986) พบว่า การซึมผ่านของสาร เอธิลีนไดอะมีนเตตราอะซีเตต (Ethylenediaminetetraacetate, EDTA) , คลอเฮกซิดีน (Chlorhexidine), และฟลูออไรด์ ในเคลือบฟันน้ำนมสูงกว่าในเคลือบฟันแท้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสารเอธิลีนไดอะมีนเตตราอะซีเตต และ คลอเฮกซิดีน มีสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเคลือบฟันน้ำนม (Diffusion coefficient) สูงกว่าฟันแท้ 30 เท่า ส่วนฟลูออไรด์มีค่าสูงกว่ถึง 150 เท่า

โดยสรุป เคลือบฟันน้ำนมมีแร่ธาตุในปริมาณน้อยกว่าเคลือบฟันแท้ ส่วนองค์ประกอบที่เป็นสารอินทรีย์และน้ำมากกว่าเคลือบฟันแท้ นอกจากนี้ยังพบรูพรุนมากกว่าที่พบในเคลือบฟันแท้ ซึ่ง Skaleric และคณะ (1982) กล่าวว่าน่าจะเกิดจากการที่ฟันน้ำนมมีระยะในการสร้างและสะสมแร่ธาตุ (Formation และ Mineralization) สั้นกว่าฟันแท้ คุณสมบัติของฟันน้ำนมที่แตกต่างจากฟันแท้เอง อาจเป็นสาเหตุให้ฟันน้ำนม มีโอกาสเกิดฟันผุได้มากกว่าฟันแท้ (Featherstone และ Mellberg, 1981; Shellis, 1984; Tyler และคณะ, 1986)

การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำทางคลินิก มีเพียงการศึกษาเดี่ยวของ Winter และคณะ (1989) ที่ศึกษาในฟันน้ำนม ส่วนการศึกษาในห้องปฏิบัติการชิ้นตัวอย่างฟันที่นำมาใช้ในการทดลองจะเป็นฟันถาวร หรือ ฟันวัว ยังไม่มีการศึกษาในฟันน้ำนม ซึ่งเป็นช่วงที่ควรจะมีการแนะนำให้ใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ เนื่องจากอยู่ในช่วงอายุที่มีการกลืนยาสีฟันในขณะแปรงฟัน (อายุน้อยกว่า 6 ปี) อีกทั้งเป็นช่วงที่กำลังมีการสร้างของหน่อฟันแท้ ทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดฟันตกกระในฟันแท้ได้มาก

ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำในฟันน้ำนม เพื่อให้เด็กสามารถใช้ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุดและมีผลข้างเคียงน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรเป้าหมาย

พืชน้ำนม

กลุ่มตัวอย่าง

พืชน้ำนมที่ถอนจากผู้ป่วยเด็กเนื่องจากพืชน้ำนม เพราะใกล้ถึงเวลาหลุดตามธรรมชาติ หรือพืชน้ำนมที่ขึ้นซ้อน ซึ่งปราศจากรอยแตก รอยผุ หรือรอยอุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้

- 1.1 เครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ (Isomet 2000 low speed saw) (ภาพที่ 3)
- 1.2 เครื่องขัดฟัน (Isomet 2000 specimen preparation equipment) (ภาพที่ 4)
- 1.3 เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค (Microhardness tester, Mitutoyo MVK-G3) (ภาพที่ 5)
- 1.4 เครื่องเขย่า (Orbital shaker)
- 1.5 เครื่องผสมสารชนิดแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)
- 1.6 แท่งแม่เหล็กกวนสาร
- 1.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก
- 1.8 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
- 1.9 นาฬิกาจับเวลา
- 1.10 กระจกชนิดพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ขนาด 25 มิลลิเมตร
- 1.11 ขวดพลาสติกชนิดมีฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร
- 1.12 ท่อพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 8 มิลลิเมตร

- 1.13 แผ่นพลาสติกขนาด 2.5x2.5 เซนติเมตร
- 1.14 แผ่นพลาสติกขนาด 1x4 เซนติเมตร
- 1.15 ไมโครปิเปตอัตโนมัติ ขนาด 10 ไมโครลิตร (Automatic micropipette, P10 Pipetman, Gilson Medical Electronics, France)
- 1.16 ปลายพลาสติกของไมโครปิเปตแบบอัตโนมัติชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Disposable plastic tip)
- 1.17 เบอรันิชเชอร์ปลายกลม (Ball burnisher)
- 1.18 เครื่องวัดปริมาณฟลูออไรด์ (Fluoride selective electrode, Orion Research Incorporated, Boston, USA) (ภาพที่ 10)
- 1.19 เครื่องวัดปริมาณแคลเซียม (Atomic absorption spectrophotometry)
- 1.20 หลอดเก็บสารละลาย (Microtube) ขนาด 200 ไมโครลิตร
- 1.21 เครื่องกรอช้า (Micromotor)
- 1.22 หัวขัดยาง (Rubber cup)
- 1.23 เครื่องเจาะแผ่นยางกันน้ำลาย (Rubber dam punch)
- 1.24 ขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร

2. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

2.1 น้ำยาที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

2.1.1 สารละลายดีมินเนอรัลโรเซชัน ซึ่งเตรียมโดยมีส่วนผสมของ กรดแลคติก 0.1 โมลาร์, กรดโพลีอะคริลิกความเข้มข้นร้อยละ 0.2 (Carbopol C907 B.F. Goodrich company), ไฮดรอกซีเอพาไทท์ (BioRad) ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่ pH 5.0

2.1.2 สารละลายรีมินเนอรัลโรเซชัน ซึ่งเตรียมโดยมีส่วนผสมของ

2.1.2.1 น้ำลาย (Pooled human saliva) ซึ่งเก็บจาก อาสาสมัคร หลังการแปรงฟันครั้งสุดท้ายไม่ต่ำกว่า 120 นาที โดยให้อาสาสมัครบ้วนปากด้วยน้ำสะอาดและกระตุ้นการสร้างน้ำลายด้วยการเคี้ยวพาราฟินเมต์ แล้วบ้วนน้ำลายลงในขวดพลาสติกมีฝาปิด จากนั้นนำน้ำลายของอาสาสมัครมาเทรวมกัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 30 องศาเซลเซียส จนกว่าจะใช้งาน

2.1.2.2 น้ำลายเทียม ซึ่งเตรียมโดยมีส่วนผสมของ แกลตริกมิวซิน 2.2 กรัมต่อลิตร, โซเดียมคลอไรด์ 0.381 กรัมต่อลิตร, แคลเซียมคลอไรด์ดีไฮเดรต 0.213 กรัมต่อลิตร, ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.738 กรัมต่อลิตร และโปตัสเซียมคลอไรด์ 1.114 กรัมต่อลิตร

นำสาร 2.1.2.1 และ 2.1.2.2 มาผสมกันในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตรและเตรียมสารละลายใหม่ทุกวัน ในการทดลอง ทุกชิ้นฟันจะถูกแช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น ซึ่งเตรียมในครั้งเดียวกันตลอดวัน

2.1.3 สารละลายยาสีฟัน เตรียมโดยผสมยาสีฟัน 7.5 กรัม ใน สารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น 15 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องผสมสารชนิดแม่เหล็ก จนกว่าจะละลายเข้ากันดี (Riley, 1998)

2.2 น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water)

2.3 ยาสีฟัน

2.3.1 ยาสีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.11 โดยน้ำหนัก หรือมี ความเข้มข้นฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน (Colgate Junior, Colgate-Palmolive, Thailand)

2.3.2 ยาสีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ร้อยละ 0.22 โดยน้ำหนัก หรือมีความเข้มข้นฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน (Colgate double cool stripe, Colgate-Palmolive, Thailand)

หมายเหตุ ยาสีฟันทั้งสองชนิดมีชนิดของฟลูออไรด์ ผงขัด และ สารทำความสะอาด (Detergent) ที่ผสมในยาสีฟันเหมือนกัน แตกต่างกันเพียงความเข้มข้นของโซเดียมฟลูออไรด์

2.4 อะคริลิกชนิดบ่มได้เอง (Self cure acrylic resin)

2.5 กระจกขาว

2.6 พาราฟินชนิดเม็ด

2.7 ปากกาหมึกชนิดไม่ละลายน้ำ

2.8 สารละลายกรดเพอคลอริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์

2.9 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์

2.10 สารละลายทิสแปทรี (TISAB III)

2.11 สารละลายแลนทานัมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10

2.12 กระจกขาวที่ไม่ละลายน้ำ และไม่ดูดซับน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาผลต่อความแข็งแรงฟันน้ำนม

1. การเตรียมชิ้นฟัน

1.1 ทำความสะอาดฟัน ล้างคราบเลือดและน้ำลาย ชูดเศษเนื้อเยื่อรอบๆปลายรากฟันให้สะอาด และทำการเลือกฟันที่มีรอยผุ หรือรอยขาวขุ่นออก แล้วแช่ฟันที่เหลือไว้ในน้ำเกลือ

1.2 การตัดฟัน นำฟันมาตัดด้วยเครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชรชนิดความเร็วต่ำ ให้ได้ชิ้นขนาด 2x3 มิลลิเมตร โดยเลือกตัดในบริเวณปลายฟันและกึ่งกลางฟันของด้านใกล้ริมฝีปากที่ฟันผุแบบราบที่สุด และให้ด้านกว้างอยู่ในแนวใกล้กลาง-ไกลกลางของตัวฟัน (Mesio-distal)

1.3 การขัดชิ้นฟัน นำชิ้นฟันขนาด 2x3 มิลลิเมตร ที่ตัดได้ วางลงบนแบบพิมพ์ยางทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร โดยวางให้ด้านใกล้ริมฝีปากของชิ้นฟันสัมผัสกับพื้นของแบบพิมพ์ยาง จากนั้นผสมอะคริลิกชนิดบ่มได้เอง แล้วเทลงในแบบพิมพ์ยาง รอจนอะคริลิกแข็งตัวจึงแกะออกจากแบบพิมพ์ (เพื่อให้ขนาดของชิ้นฟันในอะคริลิกสามารถยึดได้ด้วยตัวจับของเครื่องขัดอัตโนมัติ)

นำชิ้นฟันซึ่งฝังอยู่บนอะคริลิกมาขัดขั้นแรกด้วยกระดาษทรายน้ำ 800 กริท เพื่อกำจัดส่วนของอะคริลิกที่ขึ้นมาปิดอยู่ด้านบนของผิวเคลือบฟัน จากนั้นนำชิ้นฟันมาขัดด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ ซึ่งหมุนด้วยอัตรา 120 รอบต่อนาที และใช้แรงกด 10 กรัม ขัดชิ้นฟันจนกระทั่งผิวฟันเรียบเป็นระนาบเดียวกัน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 1-3 นาที ขึ้นกับความโค้งของผิวเคลือบฟัน ขั้นตอนสุดท้ายนำชิ้นฟันมาขัดด้วยผ้าสักหลาด และ ผงขัดแกมมาอะลูมินาขนาด 0.05 ไมโครเมตร โดยใช้แรงกด 10 กรัม ประมาณ 20 นาที จนกระทั่งผิวเคลือบฟันเรียบเป็นมัน

1.4 การคัดเลือกชิ้นฟัน นำชิ้นฟันมาส่องด้วยกล้องขยายในเครื่องวัดความแข็งฟัน กำลังขยาย 40 เท่า เพื่อคัดเลือกชิ้นฟันที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ นอกจากการทดลอง

1. มีรอยขีดข่วนบนชั้นเคลือบฟันที่ผ่านการขัดเรียบแล้ว
2. ชั้นเคลือบฟันถูกขัดออกไปจนถึงส่วนของชั้นเนื้อฟัน

1.5 การฝังชิ้นฟันในท่อพลาสติก ขั้นตอนนี้เป็น การควบคุมขนาดของชิ้นฟันในอะคริลิกให้เท่ากัน ด้วยการฝังชิ้นฟันลงในท่อพลาสติกกลวง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 8 มิลลิเมตร โดยนำชิ้นฟันที่ได้จากข้อ 1.3 มาตัดอะคริลิกส่วนเกินออก จนเหลือขนาดประมาณ 5x5 มิลลิเมตร แล้วนำมาฝังในท่อพลาสติกกลวงด้วยอะคริลิกชนิดบ่มได้เอง โดยกดให้ได้ระนาบเสมอกับขอบท่อพลาสติก

1.6 กำหนดหมายเลขประจำชิ้นฟัน โดยเขียนหมายเลขด้วยปากกาหมึกชนิดกันน้ำ ลงบนด้านข้างของท่อพลาสติก

1.7 การเก็บชิ้นฟัน ภายหลังจากเตรียมชิ้นฟันเสร็จแล้ว ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง ให้เก็บชิ้นฟันในกล่องพลาสติกมีฝาปิดเก็บความชื้น

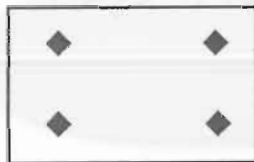
2. การสร้างรอยผุจำลอง (Artificial carious lesions formation)

นำชิ้นฟันที่ผ่านการคัดเลือกมาแช่ในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน เพื่อทำให้เกิดรอยผุเริ่มแรก (Incipient carious lesion) บนชั้นเคลือบฟัน โดยแช่ชิ้นฟันในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน ปริมาตร 12 มิลลิลิตรในขวดพลาสติกมีฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง (Riley, 1998)

เมื่อครบ 22 ชั่วโมง นำชิ้นฟันมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 10 นาที แล้วให้เก็บชิ้นฟันในกล่องพลาสติกมีฝาปิดเก็บความชื้น

3. การวัดค่าความแข็งผิวฟันวิกเคอร์เบื้องต้น

3.1 นำชิ้นฟันคัดเลือกได้ มาวัดค่าความแข็งผิวฟันวิกเคอร์เบื้องต้น ชิ้นละ 4 ตำแหน่ง ด้วยเครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค โดยใช้แรงกดขนาด 200 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที โดยกำหนดให้แต่ละจุดห่างจากขอบชิ้นฟันอย่างน้อย 0.5 มิลลิเมตร และแต่ละจุดห่างจากกันอย่างน้อย 0.5 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงตำแหน่งรอยกดบนชิ้นตัวอย่าง

3.2 หาค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้น และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละชิ้นฟัน

3.3 ชิ้นฟันที่จะใช้ในการทดลอง ต้องมีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นอยู่ระหว่าง 40 - 60 VHN (Vicker' s hardness number) และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 10 ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นสูงกว่า 60 VHN ให้นำชิ้นฟันไปแช่ในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชันต่อ แล้วนำมาวัดค่าความแข็งผิวฟันอีกครั้ง เพื่อให้ได้ค่าความแข็งผิวฟันอยู่ในช่วงที่กำหนด (Riley, 1998)

4. การเลือกชิ้นพื้เข้ากลุ่มทดลอง

นำชิ้นพื้ที่มีค่าความแข็งผิวพื้เบื้องต้นอยู่ในช่วงที่กำหนด จำนวน 108 ชิ้น มาแบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 36 ชิ้น โดยให้แต่ละกลุ่มมีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวพื้เบื้องต้นใกล้เคียงกัน และเลือกกลุ่มที่แบ่งได้มาเข้ากลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม โดยวิธีจับฉลาก ได้แก่

1. กลุ่มควบคุม : ไม่ได้รับยาสีพื้
2. กลุ่มทดลอง : ยาสีพื้ผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน
3. กลุ่มทดลอง : ยาสีพื้ผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

นำชิ้นพื้ที่อยู่ในกลุ่มทดลองเดียวกัน มายึดด้วยกันกับแผ่นพลาสติกขนาด 2.5x2.5 เซนติเมตร โดยยึดชิ้นพื้ 6 ชิ้นต่อแผ่นพลาสติก 1 แผ่น จะได้เป็นกลุ่มย่อย 6 กลุ่ม (กลุ่มย่อย ก, ข, ค, ง, จ, ฉ) ต่อ 1 กลุ่มทดลอง จากนั้นนำแผ่นพลาสติกขนาด 1 x 4 เซนติเมตรมาติดเพื่อเป็นด้ามจับ และติดชื่อกลุ่มย่อยที่ได้แบ่งไว้แล้ว ดังนั้นจะมีทั้งหมด 18 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มควบคุม : 0_ก, 0_ข, 0_ค, 0_ง, 0_จ, 0_ฉ
2. กลุ่มทดลอง : 500_ก, 500_ข, 500_ค, 500_ง, 500_จ, 500_ฉ.
3. กลุ่มทดลอง : 1,000_ก, 1,000_ข, 1,000_ค, 1,000_ง, 1,000_จ, 1,000_ฉ

5. รูปแบบการทดลอง

รูปแบบการทดลองเป็นการเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ภายในช่องปาก โดยให้ชิ้นฟันแช่อยู่ในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น ที่มี pH ต่ำ (pH 5.0) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อจำลองสภาวะช่วงที่ pH ในคราบจุลินทรีย์ลดต่ำลงภายหลังการรับประทานอาหาร และแช่ในสารละลายยาสีฟันครั้งละ 1 นาที 4 ครั้งต่อวัน ส่วนช่วงเวลาที่เหลือแช่ชิ้นฟันอยู่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น โดยสรุปรูปแบบการทดลองในแต่ละวันได้ (ตารางที่ 4) (ดัดแปลงจาก White, 1987; Riley, 1988)

ตารางที่ 4 ขั้นตอนการทดลองเลียนแบบสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ภายในช่องปาก

เวลา	ระยะเวลา	ขั้นตอนทดลอง	ช่วงการทดลอง
8.00 น.	1 นาที ~10 วินาที 5 นาที ~1 ชั่วโมง	แช่ในสารละลายยาสีฟัน ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	1
9.00 น.	1 นาที ~10 วินาที 5 นาที ~2 ชั่วโมง	แช่ในสารละลายยาสีฟัน ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	2
11.00 น. 13.00 น.	2 ชั่วโมง ~10 วินาที ~2 ชั่วโมง	แช่ในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	
15.00 น.	1 นาที ~10 วินาที 5 นาที ~1 ชั่วโมง	แช่ในสารละลายยาสีฟัน ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	3
16.00 น.	1 นาที ~10 วินาที 5 นาที ~16 ชั่วโมง	แช่ในสารละลายยาสีฟัน ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร แช่ในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	4

หมายเหตุ : ในวันแรกของการทดลองให้เริ่มแช่ชิ้นฟันในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนเริ่มการทดลองในตาราง เพื่อให้เกิดเพลลิเคิล (Pellicle) บนผิวฟัน

รายละเอียดขั้นตอนการทดลอง

1. **แช่พื้นในสารละลายยาสีพื้น** : แช่ชิ้นพื้นลงในสารละลายยาสีพื้นบรรจุในขวดพลาสติกซึ่งวางอยู่บนเครื่องเขย่า ด้วยอัตรา 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

สำหรับกลุ่มควบคุมให้แช่ชิ้นพื้นลงในสารละลายรีมินเนอร์ไรเซชัน 15 มิลลิลิตร โดยไม่ต้องผสมยาสีพื้น

2. **ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน** : นำชิ้นพื้นขึ้นจากสารละลายยาสีพื้น แล้วนำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกชนิดใช้แล้วทิ้ง เพื่อกำจัดสารละลายยาสีพื้นที่ติดค้างอยู่ที่ผิวพื้นออก

3. **แช่ชิ้นพื้นในน้ำปราศจากไอออน** : แช่ชิ้นพื้นในขวดใส่น้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร ซึ่งวางอยู่บนเครื่องเขย่า ด้วยอัตรา 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัดยาสีพื้นที่ยังอาจตกค้างอยู่บนพื้นผิว

4. **แช่ชิ้นพื้นในสารละลายรีมินเนอร์ไรเซชัน** : แช่ชิ้นพื้นในสารละลายรีมินเนอร์ไรเซชัน 15 มิลลิลิตร ซึ่งวางอยู่บนเครื่องเขย่า ด้วยอัตรา 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 – 120 นาที แล้วแต่ช่วงการทดลอง

5. **แช่ชิ้นพื้นในสารละลายดีมินเนอร์ไรเซชัน** : แช่ชิ้นพื้นในสารละลายดีมินเนอร์ไรเซชัน 15 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6. **ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน** : นำชิ้นพื้นขึ้นจากสารละลายดีมินเนอร์ไรเซชัน แล้วนำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน 15 มิลลิลิตร โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกชนิดใช้แล้วทิ้ง เพื่อกำจัดสารละลายดีมินเนอร์ไรเซชัน ที่ติดค้างอยู่ที่ผิวพื้นออก

7. **แช่ชิ้นพื้นในสารละลายรีมินเนอร์ไรเซชัน** : แช่ชิ้นพื้นในสารละลายรีมินเนอร์ไรเซชัน 15 มิลลิลิตร ซึ่งวางอยู่บนเครื่องเขย่า ด้วยอัตรา 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 120 นาที หลังจากนั้นเริ่มเข้าช่วงการทดลองที่ 3 และ 4 ต่อไป

ชิ้นพื้นทั้ง 108 ชิ้นจะถูกแช่ในสารละลายต่างๆ ดังตาราง จนครบทั้ง 4 ช่วงการทดลองในแต่ละวัน โดยแต่ละกลุ่มย่อยจะถูกจุ่มในสารละลายต่างๆ ในช่วงระยะเวลาที่ห่างกัน 30 วินาที ทำเช่นนี้จนกระทั่งครบ 14 วัน

6. การวัดค่าความแข็งผิวพื้นวิกเคอร์หลังการทดลอง

6.1 ภายหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง แต่ละกลุ่มย่อยจะถูกลบชื่อกลุ่มที่ติดอยู่ออก และให้บุคคลซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองทำการเปลี่ยนหมายเลขประจำชิ้นพื้นโดยใช้กระดาษทาบหมายเลขเดิม และให้หมายเลขประจำชิ้นพื้นใหม่ โดยไม่ให้ซ้ำกับหมายเลขเดิม ก่อนนำไปวัดค่า

ความแข็งแรงพื้พริกเคอร์หลังการทดลอง เพื่อไม่ให้ผู้วัดทราบว่ซึ้พื้ที่วัดอยู่ในกลุ่มทดลองใด เพื่อเป็นการลดอคติที่อาจเกิดขึ้น (Blindness)

6.2 นำซึ้พื้ทั้งหมดมาวัดค่าความแข็งแรงพื้พริกเคอร์หลังการทดลอง ซึ้พื้ละ 4 ตำแหน่ง โดยวัดให้ใกล้กับตำแหน่งที่วัดความแข็งแรงพื้พื้เบื้องต้นให้มากที่สุด โดยใช้แรงกด 200 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที

6.3 หาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพื้พริกเคอร์หลังการทดลอง และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละซึ้พื้

6.4 หาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพื้พื้ที่เพิ่มขึ้นของซึ้พื้ โดยนำค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพื้พริกเคอร์หลังการทดลอง ลบด้วยค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพื้พื้เบื้องต้นของแต่ละซึ้พื้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



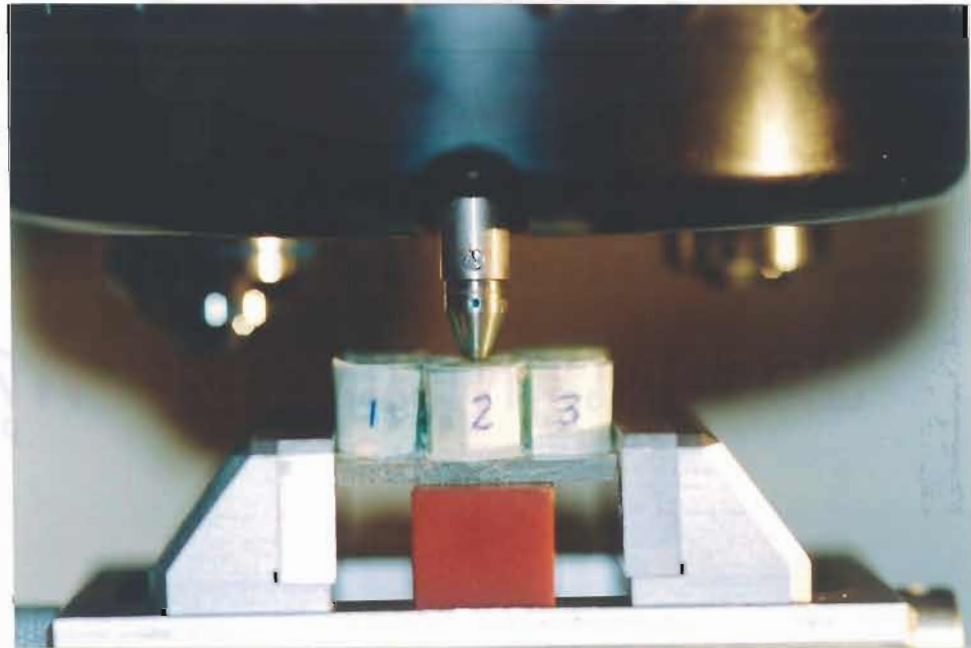
ภาพที่ 3 เครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพรชชนิดความเร็วต่ำ (Isomet 2000 low speed saw)



ภาพที่ 4 เครื่องขัดฟัน (Isomet 2000 specimen preparation equipment)



ภาพที่ 5 เครื่องวัดความแข็งแบบจุลภาค (Microhardness tester, Mitutoyo MVK-G3)



ภาพที่ 6 การวัดความแข็งผิวพื้น โดยใช้ตัวกดกดลงบนชิ้นตัวอย่าง

2. การศึกษาผลต่อปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟัน

1. การเตรียมชิ้นฟัน

1.1 ทำความสะอาดฟันโดยการล้างคราบเลือดและน้ำลาย ขูดเศษเนื้อเยื่อรอบๆ ปลายรากฟันให้สะอาด แล้วแช่ฟันไว้ในน้ำเกลือ

1.2 ขัดผิวเคลือบฟันด้านใกล้ริมฝีปากด้วยผงขัดฟันpumice (Pumice) ชนิดละเอียดด้วย เครื่องกรอช้า (Micromotor) และหัวขัดยาง (Rubber cup) โดยวิธีขัดเปียกเป็นเวลา 5 วินาที แล้วล้าง ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น

1.3 คัดเลือกฟันที่ปราศจากรอยผุ รอยขาวขุ่น หรือ รอยขีดข่วนบริเวณผิวเคลือบฟัน จำนวน 20 ซี่

1.4 นำฟันมาตัดแบ่งครึ่งตามแนวความยาวของฟันด้วยเครื่องตัดฟันใบเลื่อยเพชร ชนิดความเร็วต่ำ จากนั้นตัดชิ้นฟันให้ได้ขนาด 2.5x2.5 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น จากชิ้นฟันที่ตัดแบ่ง ครึ่งในครั้งแรก ซึ่งชิ้นฟันทั้ง 2 ชิ้นจะมาจากตำแหน่งระดับเดียวกันในแนวปลายฟัน - คอฟัน โดยพยายามให้พื้นที่ผิวอยู่บนด้านเรียบที่สุดของฟันเพื่อที่จะควบคุมพื้นที่ผิวเคลือบฟันแต่ละซี่ให้ทำ ปฏิกริยาเท่ากัน

1.5 ฝังชิ้นฟันลงในท่อพลาสติกกกลมวง ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร สูง 8 มิลลิเมตร ด้วยอะคริลิกชนิดบ่มได้เอง โดยให้เฉพาะด้านเรียบของผิวเคลือบฟันเท่านั้น ที่ใส่ฟัน อะคริลิกขึ้นมา

1.6 ภายหลังการเตรียมชิ้นฟันเสร็จแล้ว กอนนำมาใช้ในการทดลอง ให้เก็บชิ้นฟันใน กล่องพลาสติกมีฝาปิดเก็บความชื้น

2. กำหนดหมายเลขประจำชิ้นฟัน โดยฟันที่มาจากฟันซี่เดียวกันจะกำหนดให้ใช้หมายเลข เดียวกัน และเขียนหมายเลขด้วยปากกานมิกชนิดกันน้ำ ลงบนด้านข้างของท่อพลาสติก

3. การสร้างรอยผุจำลอง (Artificial carious lesions formation)

นำชิ้นฟันมาแช่ในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชันเพื่อทำให้เกิดรอยผุเริ่มแรก (Incipient carious lesion) บนชั้นเคลือบฟัน โดยแช่ชิ้นฟันในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชันปริมาณ 12.5 มิลลิลิตรในขวดพลาสติกมีฝาปิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 22 ชั่วโมง

เมื่อครบ 22 ชั่วโมง นำชิ้นฟันมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนประมาณ 10 นาที แล้ว ให้เก็บชิ้นฟันในกล่องพลาสติกมีฝาปิดเก็บความชื้น

4. แบ่งกลุ่มตัวอย่าง

4.1 สุ่มหมายเลขชิ้นพื้นมาจำนวน 10 หมายเลข จากนั้นทำการแบ่งชิ้นพื้น 2 ชั้นที่มีหมายเลขเดียวกันเข้าสู่กลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับยาสีพื้น) และกลุ่มทดลองที่ได้รับยาสีพื้นผสมฟลูออไรด์ ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน

4.2 ทำการแบ่ง 10 หมายเลขที่เหลือเข้าสู่กลุ่มควบคุม และ กลุ่มทดลองที่ได้รับยาสีพื้นผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน

ดังนั้น กลุ่มควบคุม	จะมีจำนวน	20	ชิ้นพื้น
กลุ่มทดลอง (500 ส่วนในล้านส่วน)	จะมีจำนวน	10	ชิ้นพื้น
กลุ่มทดลอง (1,000 ส่วนในล้านส่วน)	จะมีจำนวน	10	ชิ้นพื้น

นำชิ้นพื้นที่อยู่ในกลุ่มทดลองเดียวกัน มายึดด้วยกันกับแผ่นพลาสติกขนาด 2.5x2.5 เซนติเมตร โดยยึดชิ้นพื้น 5 ชิ้นต่อแผ่นพลาสติก 1 แผ่น และนำแผ่นพลาสติกขนาด 1x4 เซนติเมตรมาติดเพื่อเป็นด้ามจับ

5. รูปแบบการทดลอง ทำการทดลองขั้นตอนตามตารางที่ 4 จนครบ

6. การเตรียมชิ้นพื้นก่อนนำมาวัดปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟัน

นำกระดาษกวขนาดประมาณ 8x8 มิลลิเมตร มาเจาะรูโดยใช้เครื่องเจาะแผ่นยางกันน้ำลาย (Rubber dam punch) ให้ได้รูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร นำกระดาษกวที่เจาะรูไว้แล้วไปปิดทับบนชิ้นพื้น โดยให้รูอยู่กึ่งกลางของชิ้นพื้นที่ตัด จากนั้นใช้เบอร์นิชเซอร์ชนิดปลายกลม (Ball burnisher) รีดกระดาษกวให้แนบกับผิวเคลือบฟันให้สนิท จะได้ขนาดพื้นที่ของผิวเคลือบฟันสำหรับทำปฏิกิริยา ขนาดเท่ากับขนาดของรูที่เจาะไว้บนกระดาษกว (ภาพที่ 7)

7. การเก็บตัวอย่างปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันภายหลังการทดลอง

หยดกรดเพอคคลอริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาณ 4 ไมโครลิตรลงบนผิวเคลือบฟันบริเวณช่องวงกลมของกระดาษกวโดยใช้ไมโครปิเปตอัตโนมัติ ทิ้งไว้ 60 วินาที (ภาพที่ 8) แล้วดูดกลับใส่ในหลอดเก็บสารละลาย ขนาด 200 ไมโครลิตร

เปลี่ยนปลายพลาสติกของไมโครปิเปตหยดสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ปริมาณ 4 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 60 วินาที แล้วดูดกลับใส่หลอดเก็บสารละลายเดิมและหยดสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ อีก 4 ไมโครลิตร หยดในหลอดเก็บสารละลาย (ภาพที่ 9)

นำสารละลายที่ได้จากการเก็บตัวอย่างผิวน้ำเค็มมาทำให้เจือจาง 10 เท่า ด้วยการเติมน้ำปราศจากไอออน เพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการวัดปริมาณฟลูออไรด์ และแคลเซียม

8. การวัดปริมาณฟลูออไรด์จากสารละลายที่ได้จากการเก็บตัวอย่างผิวน้ำเค็ม

ภายหลังการเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน นำสารละลายที่ได้มาแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 สำหรับวัดปริมาณฟลูออไรด์ และส่วนที่ 2 สำหรับวัดปริมาณแคลเซียม โดยแบ่งส่วนที่ 2 ใส่ในขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร

เติมสารละลายทีเอสพี ลงในสารตัวอย่างที่จะทำการวัด ในอัตราส่วน สารตัวอย่าง : สารละลายทีเอสพี เท่ากับ 10 : 1 เพื่อปรับความเป็นกรดต่างของสารตัวอย่าง

สุ่มหยิบหลอดพลาสติกใส่สารตัวอย่าง นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดปริมาณฟลูออไรด์ด้วยฟลูออไรด์อิเล็กโทรด (ภาพที่ 10)

9. การวัดปริมาณแคลเซียมจากสารละลายที่ได้จากการเก็บตัวอย่างผิวน้ำเค็ม

นำสารละลายส่วนที่ 2 มาเจือจาง 50 เท่า ด้วยการเติมน้ำปราศจากไอออน แล้วเติมแลนทานัมคลอไรด์ ให้สารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นร้อยละ 1 เพื่อกำจัดสารฟอสเฟตที่อยู่ในสารละลาย ซึ่งจะรบกวนการวัดปริมาณแคลเซียมก่อนนำไปวัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน-สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometry)

10. นำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณฟลูออไรด์ในผิวน้ำเค็ม

$$\text{ปริมาณฟลูออไรด์ในผิวน้ำเค็ม (ส่วนในล้านส่วน)} = \frac{\text{ปริมาณฟลูออไรด์ (ไมโครกรัม)} \times 10^3}{\text{น้ำหนักผิวน้ำเค็ม (ไมโครกรัม)}}$$

$$\text{โดย น้ำหนักผิวน้ำเค็ม (ไมโครกรัม)} = \frac{\text{ปริมาณแคลเซียมที่วัดได้ (ไมโครกรัม)}}{0.37}$$

ความลึกผิวฟันที่เก็บตัวอย่าง (ไมโครเมตร)

$$\text{ความลึก} = \frac{\text{น้ำหนักผิวเคลือบฟัน (ไมโครกรัม)}}{\text{ความหนาแน่นผิวเคลือบฟัน} \times \text{พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร)}}$$

11. คำนวณปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น โดยนำค่าปริมาณฟลูออไรด์จากที่ได้จากกลุ่มทดลอง ลบด้วยปริมาณฟลูออไรด์จากกลุ่มควบคุมที่มาจากหมายเลขเดียวกัน

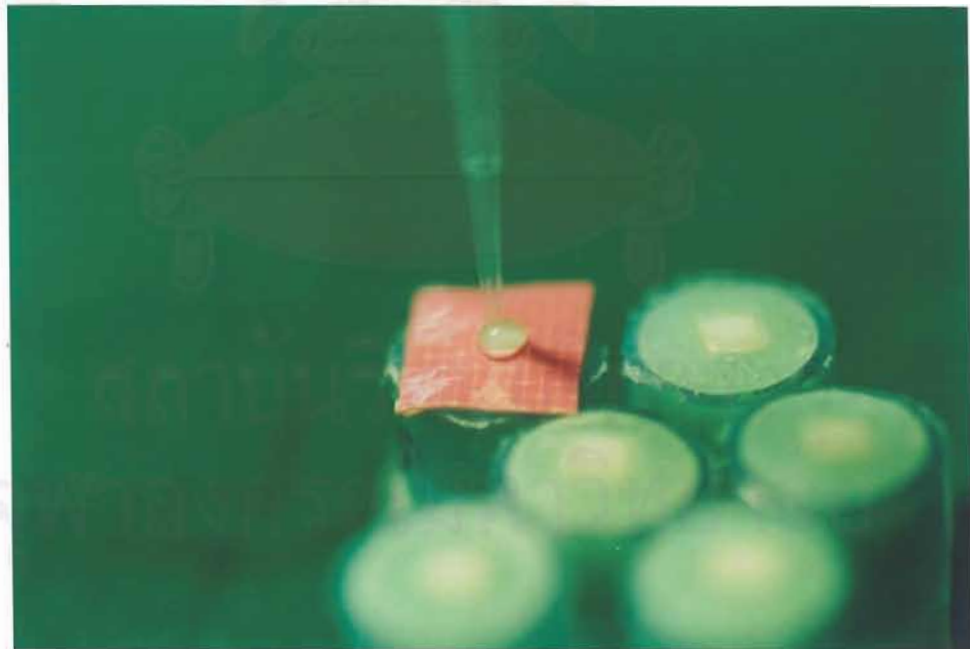
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (ค่าเฉลี่ย) การวัดการกระจาย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
2. ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันวิกเคอร์ที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากทดลองด้วยยาสีฟันไม่ผสมฟลูออไรด์ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน
3. ใช้สถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากทดสอบความแปรปรวน (Multiple comparison or Post Hoc comparison)
4. ใช้สถิติชนิดแมนวิทนียู (Mann - Whitney U test) เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณ ฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากทดลองด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

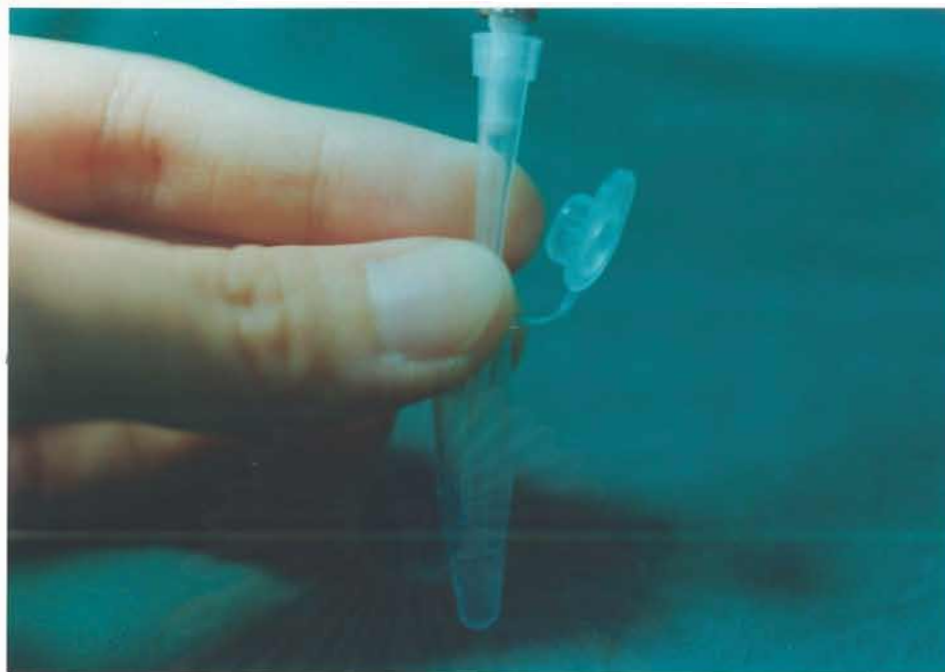
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 7 ติดกระดาษกาวที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.8 มิลลิเมตร โดยให้รูอยู่กึ่งกลางของ ชั้นพื้นที่ตัด จากนั้นใช้เบอร์นิชเซอร์ชนิดปลายกลม (Ball burnisher) รีดกระดาษกาวให้ แนบกับผิวเคลือบฟันให้สนิท



ภาพที่ 8 หยดกรดเพอคลอริกความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ปริมาณ 4 ไมโครลิตรลงบนผิวเคลือบฟัน บริเวณช่องวงกลมของกระดาษกาวโดยใช้ไมโครปิเปตอัตโนมัติ ทิ้งไว้ 60 วินาที



ภาพที่ 9 ดูดกรดเพอคลอริก หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ บนผิวเคลือบพื้นใสในหลอดเก็บสารละลายขนาด 200 ไมโครลิตร



ภาพที่ 10 เครื่องวัดปริมาณฟลูออไรด์ (Fluoride selective electrode, Orion Research Incorporated, Boston, USA)

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลต่อความแข็งผิวฟันน้ำนม

ผลของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นภายหลังสร้างรอยจุลช่อง โดยการแช่ฟันลงในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน เป็นเวลา 22 ชั่วโมง ภายหลังทำการคัดเลือกชิ้นฟันที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นอยู่ระหว่าง 40 - 60 VHN และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 10 เข้าในการทดลอง และทำการแบ่งชิ้นฟันที่ได้ ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 36 ซี่ ได้แก่ กลุ่มควบคุม กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน และกลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน พบว่า กลุ่มควบคุม กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน และกลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 51.94 ± 5.30 VHN, 51.93 ± 5.20 VHN และ 52.20 ± 5.08 VHN ตามลำดับ

เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นมาทดสอบทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นของแต่ละกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้นของแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.977$) (ตารางที่ 5)

ภายหลังการทดลองจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปาก (pH cycling experiment) เป็นเวลา 14 วัน ทำการวัดความแข็งผิวฟันหลังการทดลอง และหาค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน (134.03 ± 48.12 VHN) รองลงมาคือ กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน (107.76 ± 30.70 VHN) และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด คือ กลุ่มควบคุม (18.03 ± 10.49 VHN) (ตารางที่ 5)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นมาทดสอบทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้นของแต่ละกลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และการเปรียบเทียบ

เชิงซ้อน (Multiple comparison) ด้วยสถิติชนิดต้นเน็ตที่ 3 (Dunnett T3) พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรง
พื้นที่เพิ่มขึ้นของทั้งสามกลุ่ม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันเบื้องต้น ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันหลังการทดลอง ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันที่เพิ่มขึ้น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ในกลุ่มควบคุม, กลุ่มยาสี่ฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันเบื้องต้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (VHN)	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันหลังการทดลอง \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (VHN)	ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันที่เพิ่มขึ้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (VHN)
กลุ่มควบคุม 0 ส่วนในล้านส่วน	36	51.94 \pm 5.30	69.97 \pm 10.74	18.03 \pm 10.49
กลุ่มยาสี่ฟัน 500 ส่วนในล้านส่วน	36	51.93 \pm 5.20	159.69 \pm 31.25	107.76 \pm 30.70
กลุ่มยาสี่ฟัน 1,000 ส่วนในล้านส่วน	36	52.02 \pm 5.08	186.04 \pm 48.95	134.03 \pm 48.12

หมายเหตุ ตัวเลขในเครื่องหมายวงเล็บแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1 : มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $P < 0.0001$

2 : มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $P = 0.023$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลต่อปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันน้ำนม

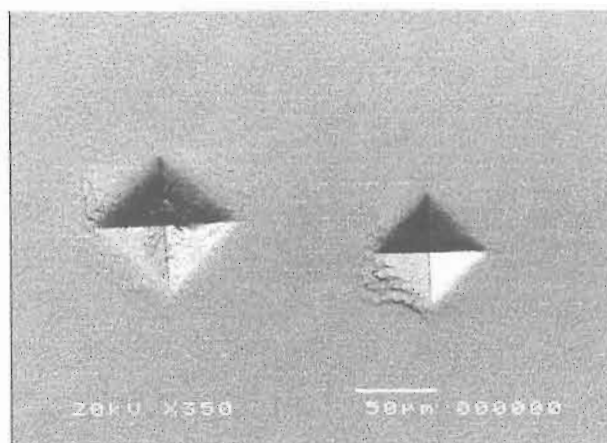
ผลการศึกษาหาปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากทดลองจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปาก เป็นเวลา 14 วัน ในกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน และ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน กลุ่มละ 10 ซึ้นฟัน และ กลุ่มควบคุม จำนวน 20 ซึ้นฟัน ผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 264.69 ± 180.59 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้น \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 256.73 ± 175.37 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 6)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันที่เพิ่มขึ้นของทั้ง 2 กลุ่ม มาทดสอบทางสถิติเปรียบเทียบ ด้วยสถิติชนิดแมนวิทนียู (Mann – Whitney U test) พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้นของกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.971$)

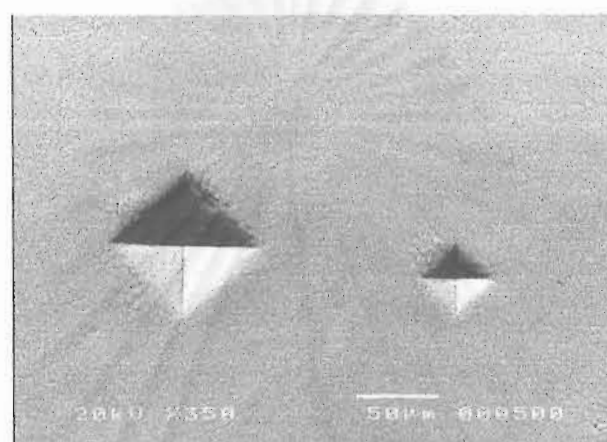
ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันของกลุ่มควบคุม, กลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณฟลูออไรด์ในกลุ่มควบคุม ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ส่วนในล้านส่วน)	ปริมาณฟลูออไรด์ในกลุ่มยาสีฟัน ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ส่วนในล้านส่วน)	ปริมาณฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้น ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ส่วนในล้านส่วน)
กลุ่มยาสีฟัน 500 ส่วนในล้านส่วน	10	377.36 ± 190.98	634.09 ± 228.50	256.73 ± 175.37
กลุ่มยาสีฟัน 1,000 ส่วนในล้านส่วน	10	358.57 ± 174.56	623.26 ± 194.83	264.69 ± 180.59

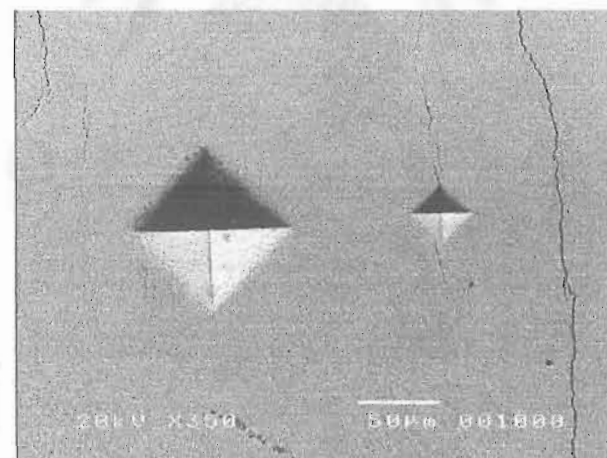
ก



ข



ค



ภาพที่ 11 ภาพถ่ายผิวเคลือบฟันจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด กำลังขยาย 350 เท่า

ก รอยกดบนผิวเคลือบฟันในกลุ่มควบคุม

ข รอยกดบนผิวเคลือบฟันในกลุ่มยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน

ค รอยกดบนผิวเคลือบฟันในกลุ่มยาตีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

หมายเหตุ

รอยกดด้านซ้ายและขวา คือ รอยกด ก่อน และ หลังการทดลองตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของยาดีฟอสฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน โดยรูปแบบการทดลองที่ใช้เป็นการจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปาก ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมใช้ ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผสมฟลูออไรด์ โดยมีการกำหนดระยะเวลาที่จะเพิ่มขึ้นตัวอย่างในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น รีมีเนอรัลโรเซชั่น และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบ รูปแบบการทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดัดแปลงจากของ White, 1987 และ Riley, 1998 โดยกำหนดระยะเวลาช่วงดีมินเนอรัลโรเซชั่น ให้เท่ากับ 2 ชั่วโมง เพื่อให้เหมาะสมกับขึ้นตัวอย่างในการวิจัยนี้ ซึ่งใช้ฟันน้ำนม เนื่องจากฟันน้ำนมมีความหนาของเคลือบฟันน้อยกว่าเคลือบฟันแท้ (Mathewson และ Primosch, 1995) และมีโครงสร้างที่มีรูพรุนมากกว่า ทำให้สารต่างๆ สามารถซึมผ่านเคลือบฟันน้ำนมได้มากกว่าเคลือบฟันแท้ (Linden และคณะ, 1986)

ค่าความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น

ผลการทดลองพบว่าขึ้นฟันจากทั้งสามกลุ่ม มีค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันสูงขึ้นภายหลังสิ้นสุดการทดลอง แม้ในกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับยาดีฟอสฟลูออไรด์เลย จึงเป็นการสนับสนุนว่าน้ำลายมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุ และสามารถทำให้ผิวฟันแข็งขึ้นได้ ซึ่งถือเป็นกลไกของธรรมชาติในการซ่อมแซมผิวฟันที่ถูกทำลายจากกระบวนการเกิดฟันผุ (White, 1987) ผลที่เกิดขึ้นนี้ยืนยันได้ด้วยการทดลองของ Silverstone และ Poole (1969) ซึ่งทำการแช่ฟันที่มีรอยผุจำลองในน้ำลาย ซึ่งมี pH เท่ากับ 6.5 - 7.0 การเปลี่ยนแปลงที่พบคือ ปริมาณรูพรุนในรอยผุดลดลง และ มีความที่บร้งสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ Silverstone และ Poole กล่าวว่า การลดลงของรูพรุนนี้เกิดจากการสะสมของแร่ธาตุในรูปของผลึกไฮดรอกซีแอพาไทท์ หรือผลึกแร่ธาตุชนิดอื่น

ส่วนในกลุ่มที่ได้รับยาดีฟอสฟลูออไรด์ทั้งสองกลุ่ม มีค่าความแข็งผิวฟันเพิ่มมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Koulourides และคณะ (1961) ที่พบว่าฟลูออไรด์มีผลต่อการแข็งขึ้นของเคลือบฟัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความแข็งผิวฟันนี้ เกิดจากการสะสมของแร่ธาตุ รวมทั้งฟลูออไรด์ ในรูพรุนของเคลือบฟันภายหลังการสร้างรอยผุจำลอง

(Koulourides และคณะ, 1974) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ฟลูออไรด์ในยาสีฟันมีคุณสมบัติในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุในรอยผุจำลองได้มากกว่าผลของน้ำลายเพียงอย่างเดียว

ค่าความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น (Δ VHN) จากการทดลองนี้มีค่ามากกว่าจากการทดลองของ Schemehorn และคณะ (1994) ซึ่งทำการทดลองในลักษณะเดียวกัน แต่ใช้ฟันแท้ ประมาณ 3 เท่า ซึ่งน่าจะอธิบายได้จากการที่เคลือบฟันน้ำนมมีรูพรุนและช่องว่างระหว่างผลึกแอฟาไทท์มากกว่าเคลือบฟันแท้ (Skaleric และคณะ, 1982; Silverstone, 1970; Ripa, 1966) จึงมีช่องว่างให้แร่ธาตุมาสะสมได้มากกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก อัตราการซึมผ่านของสารในฟันน้ำนมเร็วกว่าในฟันแท้ โดยเฉพาะฟลูออไรด์มีอัตราการซึมผ่านฟันน้ำนมเร็วกว่าในฟันแท้ถึง 150 เท่า (Linden และคณะ, 1986) การสะสมของแคลเซียมฟอสเฟต และฟลูออไรด์ ในฟันน้ำนมจึงเกิดได้รวดเร็วกว่าในฟันแท้ นอกจากนี้ค่าความแข็งผิวฟันเบื้องต้นที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ 40 – 60 VHN ซึ่งมีค่ามากกว่าการทดลองของ Schemehorn และคณะ (1994) แสดงว่ามีปริมาณแร่ธาตุในเคลือบฟันเบื้องต้นมากกว่า ซึ่งอาจจะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งผิวฟันภายหลังการทดลองมากกว่าการทดลองอื่น (White, Chen และ Nancollas, 1988)

เมื่อเปรียบเทียบความแข็งผิวฟันที่เพิ่มขึ้น พบว่ากลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วนมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($p = 0.023$) แสดงให้เห็นว่ายาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน สามารถส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุในเคลือบฟันน้ำนมได้มากกว่า ในลักษณะเช่นเดียวกับผลในฟันแท้ และฟันวัว จากการศึกษาของ Schemehorn และคณะ (1994), Dundon และคณะ (1994) และ Zero และคณะ (1994)

ปริมาณฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้นในผิวเคลือบฟัน

สิ่งที่น่าสนใจจากการวิจัยพบว่า ปริมาณฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้นในผิวเคลือบฟันในกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.971$) ซึ่งวิธีการวัดปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีการกัด (Acid etching) โดยใช้กรดเพอคลอริก (HClO_4) ซึ่งสามารถละลายฟลูออไรด์ทั้งที่เป็นส่วนประกอบในเคลือบฟัน และสารประกอบฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวเคลือบฟัน (Venkateswarlu และ Vogel, 1996) โดยจากการคำนวณ (ดูภาคผนวก) พบว่า ความลึกของเคลือบฟันที่โดนกัดกัด มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.98-5.75 ไมโครเมตร แสดงว่า ปริมาณฟลูออไรด์ที่เป็นส่วนประกอบในเคลือบฟัน และ สาร

ประกอบฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวฟัน ในระดับความลึก 5 ไมโครเมตร ของกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ พบเช่นเดียวกับการทดลองของ De Kloet และคณะ (1986) ซึ่งทำการเปรียบเทียบผลของยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์ 300 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน พบว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณ ฟลูออไรด์ในเคลือบฟัน จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงความเข้มข้นฟลูออไรด์ 0-300 ส่วนในล้านส่วน แต่ความเข้มข้นที่สูงกว่านี้ จะเพิ่มปริมาณฟลูออไรด์ในเคลือบฟันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่ง De Kloet ให้ข้อเสนอแนะว่าอาจเกิดจากการที่เคลือบฟันจะอิ่มตัวด้วยฟลูออไรด์ที่ระดับความเข้มข้นฟลูออไรด์เท่ากับ 300 ส่วนในล้านส่วน เช่นเดียวกับการทดลองของ Schemehorn และคณะ (1994) ที่พบว่า ปริมาณฟลูออไรด์ในเคลือบฟันที่ได้รับ ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 550 และ 1,100 ส่วนในล้านส่วน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ ความแข็งผิวฟันของกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์ 1,100 ส่วนในล้านส่วน มีค่ามากกว่ากลุ่ม 550 ส่วนในล้านส่วน อย่างมีนัยสำคัญ

White, Bowman และคณะ (1988) พบว่าการดูดซับฟลูออไรด์ของผงไฮดรอกซีแอพาไทท์สังเคราะห์ (Synthetic hydroxyapatite) และผงเคลือบฟัน (Powdered human enamel) มีลักษณะเหมือนกัน คือ จะสามารถดูดซับฟลูออไรด์ได้มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของฟลูออไรด์สูงขึ้น จนกระทั่งถึงระดับระนาบ (Plateau level) ซึ่ง White, Bowman และคณะ คาดว่า น่าจะแสดงถึงการอิ่มตัวในการดูดซับฟลูออไรด์ของแอพาไทท์

จากผลการทดลองดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวฟัน อาจไม่ได้มีความสัมพันธ์กับการสะสมกลับของแร่ธาตุในรอยบุ๋มร่อง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวฟัน และการสะสมกลับของแร่ธาตุ (Clark และคณะ, 1988; Dunipace และคณะ, 1997) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยในครั้งนี้ ที่พบว่าปริมาณการสะสมกลับของแร่ธาตุนั้นไม่ได้มีความสอดคล้องกับปริมาณฟลูออไรด์ที่ผิวฟัน เนื่องจากปริมาณฟลูออไรด์ในเคลือบฟันนั้นเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อเทียบระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์เลย (กลุ่มควบคุม) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน กลับพบว่า มีความแตกต่างกันน้อยมากในขณะที่ค่าความแข็งผิวฟันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าเคลือบฟันมีความสามารถในการรับฟลูออไรด์ได้ในระดับหนึ่ง ถ้าหากความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในยาสีฟันเพิ่มมากขึ้นกว่าระดับนี้ ปริมาณฟลูออไรด์ในผิวฟันก็จะไม่เพิ่มมากขึ้นไปกว่านี้ (De Kloet และคณะ, 1986)

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผลต่อปริมาณฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันในการวิจัยครั้งนี้ ใ้กลุ่มตัวอย่างเพียง 10 ชิ้นต่อกลุ่มทดลอง และใช้วิธีการกัด ในการวัดปริมาณฟลูออไรด์ ซึ่งมีผู้กล่าวว่าเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม ในการวัดปริมาณ ฟลูออไรด์ในตัวอย่างที่มีรูพรุนสูง เช่นบริเวณที่มีรอยผุ (Venkateswarlu และ Vogel, 1996) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้ ไม่สามารถบอกได้ว่าแร่ธาตุที่สะสมเพิ่มมากขึ้นในรอยผุจำลองหลังจากผ่านการทดลองนั้นเป็นแร่ธาตุชนิดใด เพียงแต่บอกได้ว่าภายหลังการทดลอง เคลือบฟันมีการสะสมกลับของแร่ธาตุเพิ่มขึ้น ทำให้มีความต้านทานต่อแรงกดของตัวกดมากขึ้นเท่านั้น White, Nelson และ Faller (1994) ทำการศึกษาโดยนำตัวอย่างเคลือบฟันที่มีรอยผุจำลองที่ได้ผ่านการทดลองจำลองการเปลี่ยนแปลง pH ในช่องปากมาแล้ว (pH cycling demineralization / remineralization study) มาทำการศึกษาด้วยเครื่อง ^{19}F MAS-NMR (Magnetic Angle Spinning – Nuclear Magnetic Resonance) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจหาฟลูออไรด์ได้ทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะอยู่ในรูปที่เป็นส่วนประกอบของผลึกเคลือบฟัน หรือดูดซับอยู่บนผิวฟัน และสามารถแยกความแตกต่างระหว่างฟลูออไรด์ในรูปของ ฟลูออราพาไทท์, ฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ หรือ แคลเซียมฟลูออไรด์ได้ White, Nelson และ Faller พบว่าเคลือบฟันที่ได้รับยาสีฟันผสมโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1,100 ส่วนในล้านส่วน สามารถตรวจพบฟลูออไรด์ ในรูป ฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ และฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวเคลือบฟันแบบไม่สามารถบ่งชี้ชนิด (NSAF : Non Specifically Adsorbed Fluoride) ซึ่งหมายถึง ฟลูออไรด์ที่อยู่ในชั้นสเตร็นบนผิวเคลือบฟัน ซึ่งทำปฏิกิริยาเกิดเป็นพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) กับ ฟอสเฟตไอออนบนผิวผลึกแอฟาไทท์ โดยที่ไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง ฟลูออไรด์ไอออน และ ไฮดรอกซิลไอออนของผลึกแอฟาไทท์ (Arends และคณะ, 1984)

White และ คณะ (1994) ให้ข้อสรุปว่าการที่พบทั้งรูปฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ และ ฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวเคลือบฟันแบบไม่สามารถบ่งชี้ชนิดนี้ น่าจะเกิดจาก ในระหว่างที่ผ่านกระบวนการจำลองการเปลี่ยนแปลง pH ภายในช่องปาก ในช่วงเริ่มแรก จะมีการสะสมฟลูออไรด์ในรูปของ ฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวเคลือบฟันแบบไม่สามารถบ่งชี้ชนิดก่อน แล้วจึงมีการเปลี่ยนรูปเป็นฟลูออไรเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ในระหว่างการทดลอง แต่จากผลการทดลองของ White และคณะ เป็นที่น่าแปลกใจว่าไม่พบฟลูออไรด์ในรูปแคลเซียมฟลูออไรด์ในชั้นฟันเลย แต่ผู้เขียนไม่ได้ให้อธิบายถึงสาเหตุที่ไม่พบแคลเซียมฟลูออไรด์

ข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ไม่สามารถสรุปได้ว่าสารประกอบในรูปแบบใดบ้าง เป็นผลให้ชั้นฟันมีค่าความแข็งผิวฟันที่สูงขึ้น

กลไกการเกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุ เปรียบเทียบขั้นตอนในห้องทดลอง และสภาพภายในช่องปาก

โดยสรุป กลไกที่เกิดขึ้นจากการวิจัยนี้ สามารถเปรียบเทียบขั้นตอนในห้องทดลอง และสภาพภายในช่องปาก ได้ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 กลไกการเกิดการสะสมกลับของแร่ธาตุ เปรียบเทียบขั้นตอนในห้องปฏิบัติการ และสภาพภายในช่องปาก

ลำดับที่	ขั้นตอนการทดลอง	เปรียบเทียบสภาพภายในช่องปาก	กลไกที่เกิด
1	การแช่ฟันในสารละลายยาสีฟัน	การแปร่งฟันด้วยยาสีฟันผสมฟลูออไรด์	เกิดการสะสมของสารเคลือบแคลเซียมฟลูออไรด์บนผิวเคลือบฟัน
2	การล้างและแช่ฟันด้วยน้ำปราศจากไอออน	การบ้วนปากภายหลังการแปร่งฟัน	กำจัดยาสีฟันที่เหลือออกจากช่องปาก
3	การแช่ฟันในสารละลายรีมินเนอรัลโรเซชั่น	การที่ฟันอยู่ในน้ำลาย ซึ่งอยู่ในสภาพช่องปากที่มี pH เป็นกลาง	ฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆ ในสารละลายรอบตัวฟัน จะทำให้ส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ผิวฟัน
4	การแช่ฟันในสารละลายดีมินเนอรัลโรเซชั่น pH 5.0	การที่ฟันอยู่ในสภาพช่องปากที่มี pH ต่ำ เนื่องจากกรด ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต ของแบคทีเรีย	สารเคลือบแคลเซียมฟลูออไรด์ที่สะสมอยู่บนผิวเคลือบฟัน รวมทั้งฟลูออราฟาไทท์ และ ฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอพาไทท์ จะละลายทำให้เกิดฟลูออไรด์ไอออนอิสระออกมาอยู่ในสารละลายรอบๆ ตัวฟัน เป็นการกระตุ้นให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุ ทำให้อัตรารวมของการสูญเสียแร่ธาตุลดลง

ขั้นตอนที่ 1 การแช่ฟันในสารละลายยาสีฟัน

เมื่อเคลือบฟันได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์จะเกิดการสะสมของสารคล้ายแคลเซียมฟลูออไรด์บนผิวเคลือบฟัน

ขั้นตอนที่ 2 การล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน

เมื่อนำฟันถูกล้างและแช่ในน้ำปราศจากไอออน เปรียบเทียบได้กับการบ้วนปาก และกำจัดยาสีฟันที่เหลือออกจากช่องปาก

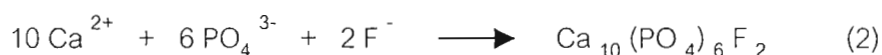
ขั้นตอนที่ 3 การแช่ฟันในสารละลายรีมินเนอรัลไรเซชัน

เมื่อนำฟันกลับมาในสารละลายรีมินเนอรัลไรเซชัน ในขณะนี้ จะมีฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำๆ อยู่ในสารละลายรีมินเนอรัลไรเซชัน โดยความเข้มข้นของฟลูออไรด์เพียง 0.01 – 10 ส่วนในล้านส่วน ในสารละลายรีมินเนอรัลไรเซชัน ก็จะมีผลในการส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุได้ (White และ Nancollas, 1990) ซึ่งฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำนี้ จะทำปฏิกิริยากับผิวเคลือบฟัน โดยอาจเกิดเป็น ฟลูออไรด์ที่ดูดซับอยู่บนผิวเคลือบฟันแบบไม่สามารถบ่งชี้ชนิดในชั้นสเตร็น (ภาพที่17) หรือเกิดเป็นฟลูออราพาไทท์ หรือ ฟลูออริเดตไฮดรอกซีแอฟาไทท์ ซึ่งเกิดได้ 2 กระบวนการ คือ

1. การแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างฟลูออไรด์ไอออนและไฮดรอกซิลไอออนในผลึกแอฟาไทท์ (Ion Exchange) ดังสมการที่ 1



2. การเพิ่มขนาดของผลึกแอฟาไทท์ โดยการสะสมของแร่ธาตุจากสารละลายรอบผิวเคลือบฟันที่อิ่มตัว (Crystal Growth) ดังสมการที่ 2



ปฏิกิริยาดังสมการที่ 1 และ 2 จะเกิดได้ในกรณีที่เคลือบฟันสัมผัสกับฟลูออไรด์ไอออนที่มีความเข้มข้นต่ำ ระหว่าง 0.01 – 10 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่าง ฟลูออไรด์

และ ไฮดรอกซิลไอออน หรือการเพิ่มขนาดของผลึกนี้ ไม่ได้เกิดเป็นฟลูออราพาไทท์ทั้งหมด อาจมีบางส่วนเกิดเป็นฟลูออไรด์ไฮดรอกซีแอฟาไทท์ ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_x\text{OH}_{(2-x)}$) ก็ได้ ขึ้นกับปริมาณฟลูออไรด์ที่สะสมเข้าไปในผลึกแอฟาไทท์ (White และ Nancollas, 1990) ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาดังสมการ 1 และ 2 ดังกล่าว จะทำให้มีการสะสมของแร่ธาตุในรูพรุนของเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 การแช่ฟันในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน

เมื่อนำฟันตัวอย่างมาแช่ในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน pH 5.0 สารละลายแคลเซียม - ฟลูออไรด์ที่สะสมอยู่บนผิวเคลือบฟัน รวมทั้ง ฟลูออราพาไทท์ และ ฟลูออไรด์แอฟาไทท์ จะละลายทำให้เกิดฟลูออไรด์ไอออนอิสระออกมาอยู่ในสารละลายรอบๆ ฟัน ฟลูออไรด์ไอออนอิสระเหล่านี้จะรวมตัวกับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ของกรด เกิดเป็นไฮโดรฟลูออริก (HF) ซึ่งจะซึมผ่านเคลือบฟันได้อย่างรวดเร็วไปพร้อมๆ กับกรด (Featherstone, 1984) ทำให้มีฟลูออไรด์อยู่ในบริเวณผลึกแอฟาไทท์เป็นการเพิ่มระดับความอึดตัวของสารละลาย และกระตุ้นให้มีการสะสมกลับของแร่ธาตุ ทำให้อัตรารวมของการสูญเสียแร่ธาตุลดลง

ในระหว่างการทดลอง 14 วัน เคลือบฟันก็จะอยู่ในสารละลาย pH สูงและต่ำ และเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวสลับกันไป การสะสมของแร่ธาตุในรูพรุนก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความแข็งผิวฟันภายหลังการทดลองมีค่าสูงขึ้น และการเพิ่มความเข้มข้นฟลูออไรด์ เป็นการเร่งอัตราการเพิ่มขนาดของผลึกแอฟาไทท์ และการสะสมของแร่ธาตุมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มระดับความอึดตัวของสารละลายนั่นเอง (White และ Nancollas, 1990) และนอกจากนี้ ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในสารละลายดีมินเนอรัลไรเซชัน มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุและความหนาของชั้นผิวของรอยผุด้วย โดยถ้าเพิ่มความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนในสารละลาย ชั้นผิวของรอยผุจะหนามากขึ้น และการสูญเสียแร่ธาตุออกจากส่วนลึกของรอยผุ (Body of lesion) ก็จะลดลงด้วย (ten Cate และ Duijster, 1983b) ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เคลือบฟันที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน มีความแข็งเพิ่มขึ้นมากกว่าเคลือบฟันที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 500 ส่วนในล้านส่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มีหลายการศึกษาที่แสดงถึงประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการทดลองโดยการฝังชิ้นฟันในฟันปลอมถอดได้และให้อาสาสมัครใส่ เพื่อให้อยู่ในสภาวะช่องปากที่แท้จริง หรือเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้ค่าความแข็งผิวฟันเป็นตัววัด ซึ่งผลการทดลองส่วนใหญ่ (ตารางที่ 8) พบว่า ยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วนมีประสิทธิภาพแตกต่างจากยาสีฟันผสม ฟลูออไรด์ 1,000 ส่วนในล้านส่วน

(Dundon และคณะ, 1994; Schemehorn และคณะ, 1994; Zero และคณะ, 1994) รวมถึงผลการทดลองในครั้งนี้ด้วย มีเพียงการทดลองของ Peres และคณะ (1999) ที่พบว่าการแข่งขันของเคลือบฟันในกลุ่มที่ได้รับยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ 550 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การศึกษาที่กล่าวมา เป็นเพียงบทคัดย่อ ไม่มีรายละเอียดวิธีการทดลอง ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุความแตกต่างของผลการทดลองได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้นต่ำ ในห้องปฏิบัติการ

ผู้ทำการทดลอง	ชนิดฟัน	F ⁻ concentration	ระยะเวลา	ผล
Dundon และคณะ (1994) (<i>In Situ</i>) (บทคัดย่อ)	ฟันวีว	0 ppm 250 ppm NaF 500 ppm NaF 1,000 ppm NaF	14 วัน	meanSMH (K) (1) 112 139 164 200
Zero และคณะ (1994) (<i>In Situ</i>) (บทคัดย่อ)	ฟันวีว (Demin. Model)	0 ppm 250 ppm NaF 500 ppm NaF 1,100 ppm NaF	14 วัน	%change in SMH(K) ± S.D. (2) 42.4 ± 29.4 29.5 ± 13.3 13.1 ± 5.9 12.5 ± 24.4
	ฟันวีว (Remin. Model)	0 ppm 250 ppm NaF 500 ppm NaF 1,100 ppm NaF	14 วัน	% recovery in SMH(K) ± S.D. 9.4 ± 8.9 14.8 ± 16.2 22.3 ± 10.2 30.5 ± 24.4
Schemehorn และคณะ (1994) (<i>In Vitro</i>) (บทคัดย่อ)	ฟันแท้	0 ppm 250 ppm NaF 500 ppm NaF 1,100 ppm NaF	20 วัน	Δ VHN ± S.E. (3) 4 ± 1 15 ± 2 30 ± 4 51 ± 4
Peres และ คณะ (1999) (<i>In Situ</i>) (บทคัดย่อ)	ฟันวีว	0 ppm 275 ppm NaF 550 ppm NaF 1,100 ppm NaF	ไม่ระบุ	%change in SMH(K) ± S.D. (4) 10.9 ± 1.02 14.3 ± 1.15 25.8 ± 2.50 27.1 ± 2.77

หมายเหตุ

K : Knoop hardness number

SMH : Surface microhardness

(1) : ทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

(2) : ผู้เขียนสรุปเพียงว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่เพิ่มขึ้นและการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการสูญเสียแร่ธาตุ และ การส่งเสริมการสะสมกลับของแร่ธาตุ

(3) : ทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, ไม่ระบุระดับนัยสำคัญทางสถิติ

(4) : กลุ่ม 550 และ 1,100 ส่วนในล้านส่วน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คงเหมาะสมมากกว่า เมื่อพิจารณาในแง่ของประโยชน์ที่ได้รับเทียบกับความเสี่ยงต่อการเกิดพันต
กระ (Warren และ Levy,1999)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- แพรวพัชร ปัจฉิมสวัสดิ์. ความสัมพันธ์ระหว่างฟันตกกระกับการได้ฟลูออไรด์เสริมในเด็ก กรุงเทพมหานคร. 24 กรกฎาคม 2539. รายงานการประชุมเรื่อง Symposium on supplemental fluoride หน้า 101-102. ณ. อาคาร ศศปฐศาลา.
- สาธารณสุข. กระทรวง.. 2538. รายงานผลการสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติ ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2537 ประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย.

ภาษาอังกฤษ

- Aoba, T. 1997, February. The effect of fluoride on apatite structure and growth. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 8: 136-153.
- Arends, J. ; Nelson, D. G. A. ; Dijkman, A. G. ; and Jongebloed, W. L. 1984. Effect of various fluorides on enamel structure and chemistry. In. B. Guggenheim (ed.), *Cariology today*, pp. 245-258. Basel: Kager.
- Arends, J. ; Reintsema, H. ; and Dijkman, T. G. 1988, December. 'Calcium fluoride-like' material formed in partially demineralized human enamel in vivo owing to the action of fluoridated toothpastes. *Acta Odontologica Scandinavica* 46: 347-353.
- Arends, J. ; Schuthof, J. ; and Jongebloed, W. G. 1980, May-June. Lesion depth and microhardness indentations on artificial white spot lesions. *Carries Research* 14: 190-195.
- Barnhart, W. E. ; Hiller, L. K. ; Leonard, G. L. ; and Michaels, S. E. 1974, November-December. Dentifrice usage and ingestion among four age groups. *Journal of Dental Research* 53: 1317-1322.
- Bawden, J. W. 1992, May. Changing patterns of fluoride intake. Proceedings of the working at University of North Carolina. *Journal of Dental Research* 71: 1212-1265.
- Baxter, P. M. 1980, March. Toothpaste ingestion during toothbrushing by school children. *British Dental Journal* 148: 122-128.

- Beltran, E. D. ; and Burt, B. A. 1988, Fall. The pre- and post-eruptive effect of fluoride in the caries decline. *Journal of Public Health Dentistry* 48: 233-240.
- Beltran, E. D. ; and Szpunar, S. M. 1988, September. Fluoride in toothpaste for children : Suggestion for change. *Pediatric Dentistry* 10: 185-188.
- Bird, M. J. ; French, E. L. ; Woodside, M. R. ; Morrison, M. I. ; and Hodge, H. C. 1940. Chemical analyses of deciduous enamel and dentin. *Journal of Dental Research* 19: 413-423.
- Burt, B. A. 1992, May. The changing patterns of systemic fluoride intake. *Journal of Dental Research* 71 (Spec Iss): 1228-1237.
- Clark, D. C. 1993, March. Appropriate use of fluoride in 1990s. *Journal of the Canadian Dental Association* 59: 272-279.
- Clark, J. W. ; Corpron, R. E. ; More, F. G. ; Easton, J. W. ; Merrill, D. F. ; and Kowalski, C. J. 1988, June. Comparison of the effects of two topical fluoride regimens on demineralized enamel in vitro. *Journal of Dental Research* 67: 954-958.
- Corpron, R. E. ; More, F. G. ; Clark, J. W. ; Korytnicki, D. ; and Kowalski, G. J. 1986, January-February. In vitro remineralization of artificial enamel lesions by a fluoride dentifrice or mouthrinse. *Caries Research* 20: 48-55.
- De Kloet, H. J. ; Exterkate, R. A. M. ; Rempt, H. E. ; and ten Cate, J. M. 1986, December. In vitro bovine enamel remineralization and fluoride uptake from two dentifrices containing different fluoride concentrations. *Journal of Dental Research* 65: 1410-1414.
- De Paola, P. F. 1974, January-February. The interpretation of findings in clinical caries trial. *Journal of Dentistry for Children* 41: 11-18.
- Dowell, T. B. 1981, May. The use of toothpaste in infancy. *British Dental Journal* 150: 247-249.
- Dunipace, A. J. et al. 1997, January-February. An in situ interproximal model for studying the effect of fluoride on enamel. *Caries Research* 31: 60-70.
- Dundon, K. A. ; Huntington, E. ; Morrison, T. ; and Roberts, A. J. 1994, May-June. Effect of various levels of fluoride (NaF) on demineralization of enamel in situ. *Caries Research* 28: Abstract no. 74: 201-202.

- Eliseman, D. R. 1994. Enamel structure. In A.R. ten Cate (ed.), *Oral Histology, Structure and Function*, pp. 239-256. St. Louis: Mosby.
- Ekstrand, J. ; and Ehrnebo, M. 1980, March-April. Absorption of fluoride from fluoride dentifrice. *Caries Research* 14: 96-102.
- Englander, H. R. ; and Mellberg, J. R. 1976, July-August. Failure to demonstrate an association between enamel fluoride concentration and dental caries in deciduous dentition. *Journal of Dental Research* 55: 707.
- Evans, R. W. ; and Darvell, B. W. 1995, Fall. Refining the estimate of the critical period for susceptibility to enamel fluorosis in human maxillary incisors. *Journal of Public Health Dentistry* 55: 238-249.
- Featherstone, J. D. B. 1984. Diffusion phenomena and enamel caries development. In B. Guggenheim, (ed.), *Cariology Today*, pp. 259-268. Basel: Karger.
- Featherstone, J. D. B. ; and Mellberg, J. R. 1981, January-February. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. *Caries Research* 15: 109-114.
- Featherstone, J. D. B. ; ten Cate, J. M. ; shariati, M. ; and Arends, J. 1983, September-October. Comparison of Artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Research* 17: 385-391.
- Fejerskov, O. ; Thylstrup, A. ; and Larson, M. J. 1981, July-August. Rational use of fluorides in caries prevention. A concept based on possible cariostatic mechanisms. *Acta Odontologica Scandinavica* 39: 241-249.
- Forsman B. 1974, July-August. Studies on the effect of dentifrices with low fluoride content. *Community Dental and Oral Epidemiology* 2: 166-175.
- Gerould, C. H. 1945, October. Electron microscope study of the mechanism of fluoride deposition in teeth. *Journal of Dental Research* 24: 223-233.
- Grobler, S. R. ; and Louw, A. J. 1986, July. Enamel – fluoride levels in deciduous and permanent teeth of children in high, medium and low fluoride area. *Archives of Oral Biology* 31: 423-426.
- Groeneveld, A. ; Van Eck, A. A. M. J. ; and Backer Dirks, O. 1990, February. Fluoride in caries prevention: Is the effect pre- or post-eruptive? *Journal of Dental Research* 69 (Spec Iss): 751-755.

- Gwinnet, A. J. 1966, January – February. Normal enamel. I. Quantitative polarized light study. *Journal of Dental Research* 45: 120-127.
- Hargreaves, J. A. ; Ingram, G. S. ; and Wagg, B. J. 1972, July-September. A gravimetric study of the ingestion of toothpaste by children. *Caries Research* 6: 237-243.
- Holm, A. K. ; and Andersson, R. 1982, December. Enamel mineralization disturbances in 12-year-old children with known early exposure to fluorides. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 10: 335-339.
- Horowitz, H. S. 1992, Summer. The need for toothpastes with lower than conventional fluoride concentrations for preschool-aged children. *Journal of Public Health Dentistry* 52: 216-221.
- Horowitz, H. S. 1995, Winter. Commentary on and recommendations for the proper uses of fluoride. *Journal of Public Health Dentistry* 55: 57-62.
- Houwink, R. ; and Wagg, B. J. 1979, July-August. Effect of fluoride dentifrice usage during infancy upon enamel mottling of the permanent teeth. *Caries Research* 13: 231-237.
- Iijima, Y. ; and Koulourides, T. 1988, March. Mineral density and fluoride content of in vitro remineralized lesions. *Journal of Dental Research* 67: 577-581.
- Katz, S. ; Beck, C. W. ; and Muhler, J. C. 1969, November-December. Crystallographic evaluation of enamel from carious and noncarious teeth. *Journal of Dental Research* 48: 1280-1283.
- Koch, G. ; Bergmann-Arnadoltir, I. ; Bjarnason, S. ; Finnbogason, S. ; Hoskuldsson, O. ; and Karlsson, R. 1990, January-February. Caries preventive effect of fluoride dentifrices with and without anticalculus agents : A 3-year controlled clinical trial. *Caries Research* 24: 72-79.
- Koch, G. ; Petersson, L. G. ; Kling, E. ; and Kling, L. 1982, November-December . Effect of 250 and 1000 ppm fluoride dentifrice on caries. *Swedish Dental Journal* 6: 233-238.
- Koulourides, T. 1968. Experimental changes of enamel mineral density. In. R. S. Harris (ed.), *Art and Science of Dental Caries Research*, pp. 355-378. New York: Academic Press.

- Koulourides, T. ; Cueto, H. ; and Pigman, W. 1961, January. Rehardening of softened enamel surfaces of human teeth by solution of calcium phosphates. *Nature* 189: 226-227.
- Koulourides, T. ; Phantumvanit, P. ; Munksgaard, E. C. ; and Housch, T. 1974, July-August. An intraoral model used for studies of fluoride incorporation in enamel. *Journal of Oral Pathology* 3: 185-196.
- Koulourides, T. ; and Reed, J. L. 1964, September-October. Effects of calcium phosphate and fluoride ions on the rate of softening and dissolution of tooth enamel. *Archives of Oral Biology* 9: 585-594.
- Larson, R. H. ; Mellberg, J. R. ; Englander, H. R. ; and Senning, R. 1976, September-October. Caries inhibition in the rat by water – borne and enamel – borne fluoride. *Caries Research* 10: 321-331.
- Linden, L. A. ; Bjorkman, S. ; and Hattab, F. 1986, January. The diffusion in vitro of fluoride and chlorhexidine in the enamel of human deciduous and permanent teeth. *Archives of Oral Biology* 31: 33-37.
- Margolis, H. C. ; Moreno, E. C. 1990, February. Physicochemical perspectives on the cariostatic mechanisms of systemic and topical fluorides. *Journal of Dental Research* 69 (Spec Iss): 606-613.
- Margolis, H. C. ; Moreno, E. C. ; and Murphy, B. J. 1986, January. Effects of low levels of fluoride in solution on enamel demineralization in vitro. *Journal of Dental Research* 65: 23-29.
- Mathewson, R. J. ; and Primosch, R. E. 1995. Morphology of primary teeth. In R.J. Mathewson and R.E. Primosch (ed.), *Fundamentals of Pediatric Dentistry*, pp 197-205. Chicago: Quintessence Publishing Co.
- McCann, H. G. 1968, August. The solubility of fluoroapatite and its relationship to that of calcium fluoride. *Archives of oral biology* 13: 987-1001.
- Mellberg, J. R. 1980, March-April. Penetration of fluoride from sodium monofluorophosphate into artificially produced incipient enamel lesions. *Caries Research* 14: 115-120.

- Mellberg, J. R. ; and Chomiki, W. G. 1983, May. Fluoride uptake by artificial caries lesions from fluoride dentifrices in vivo. *Journal of Dental Research* 62: 540-542.
- Mellberg, J. R. ; and Mallon, D. E. 1984, September. Acceleration of remineralization in vitro by sodium monofluorophosphate and sodium fluoride. *Journal of Dental Research* 63: 1130-1135.
- Mellberg, J. R. ; Petrou, I. D. ; and Grote, N. E. 1992, September-October. A study of the ability of an in situ remineralization model to differentiate between the effects of two fluoride dentifrices that produced significantly different clinically caries results. *Journal of Dental Research* 71: 1169-1172.
- Mitropoulos, C. M. ; Holloway, P. J. ; Davies, T. G. H. ; and Worthington, H. V. 1984, November. Relative efficacy of dentifrices containing 250 or 1000 ppm F in dental caries – report of a 32 month clinical trial. *Community Dental Health* 1: 193-200.
- Moreno, E. C. ; Kresak, M. ; and Zahradnik, R. T. 1974, January. Fluoridated hydroxyapatite solution and caries formation. *Nature* 274: 64-65.
- Mortimer, K. V. 1970, May-June. The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries research* 4: 206-223.
- Ogaard, B. ; Cruz, R. ; and Rolla, G. 1992. Fluoride dentifrices : a possible mechanism. In G. Emberry and G. Rolla (ed.), *Clinical and Biological Aspects of Dentifrices*, pp. 305-312. Oxford: Oxford university press.
- Ogaard, B. ; Rolla, G. ; Ruben, J. ; Dijkman, T. ; and Arends, J. 1988, June. Microradiographic study of demineralization of shark enamel in human caries model. *Scandinavian Journal of the Dental Research* 96: 209-211.
- Osuji, O. O. ; Leake, J. L. ; Chipman, M. L. ; Nikiforuk, G. ; Locker, D. ; and Levine, N. 1988, December. Risk factors for dental fluorosis in a fluoridated in a fluoridated community. *Journal of Dental Research* 67: 1488-1492.
- Pendry, D. G. 1995, December. Risk of fluorosis in a fluoridated population ; Implication for the dentist and hygienist. *Journal of the American Dental Association* 126: 1617-1624.

- Peres, R. E. C. ; Cury, A. A. D. B. ; Kleine, A. ; and Cury, J. A. 1999, March. In situ evaluation dentifrice formulation with low fluoride concentration. *Journal of Dental Research* 78 (Spec Iss). Abstract no. 526: 171.
- Purdell-Lewis, D. J. ; Groeneveld, A. ; and Arends, J. 1976, May-June. Hardness tests on sound enamel and artificially demineralized white spot lesions. *Caries Research* 10: 201-215.
- Reed, M. W. 1973, December. Clinical evaluation of three concentration of sodium fluoride in dentifrices. *Journal of the American Dental Association* 87: 1404-1403.
- Riley, E. 1998. Standard laboratory operating procedures, An 'in vitro' remineralization /demineralization model. Oral Health Research Institute, Indianapolis, Indiana.
- Riodan, P. J. ; and Bank, J. A. 1991, July. Dental fluorosis and fluoride exposure in Western Australia. *Journal of Dental Research* 70: 1022-1028.
- Ripa, L. W. 1991, Winter. A Critique of topical fluoride methods (Dentifrices, mouthrinses, operator-, and self-applied gel) in an era of decreased caries and increased fluorosis prevalence. *Journal of Public Health Dentistry* 51: 23-41.
- Ripa, L. W. 1966. The historogic of the early carious lesion in primary teeth with special reference to a "Prismless" outer layer of primary enamel. *Journal of Dental Research* 45: 5-11.
- Rolla, G. ; and Saxegaard, E. 1990, February. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. *Journal of Dental Research* 69 (Spec Iss): 780-785.
- Ryge, G. ; Foley, D. E. ; and Fairhurst, C. W. 1961, November-December. Micro-indentation hardness. *Journal of Dental Research* 40: 1116-1126.
- Schamschula, R. G. ; Agus, H. ; Charlton, G. ; Duppenhaler, J. L. ; and Un, P. 1979, October-November. Associations between fluoride concentration in successive layers of human enamel and individual dental caries experience. *Archives of Oral Biology* 24: 847-852.
- Sakkab, N. Y. ; Cilley, W. A. ; and Haberman, J. P. 1984, October. Fluoride in deciduous teeth from an anti-caries clinical study. *Journal of Dental Research* 63: 1201-1205.

- Schemehorn, B. R. ; Robert, J. A. ; and Wood, G. D. 1994, January. An in – vitro remin / demin model showing a fluoride dose response. *Journal of Dental Research* 73 (Spec Iss) Abstract no. 1117: 241.
- Shellis, R. P. 1984, December. Relationship between human enamel and the formation of caries-like lesions in vitro. *Archives of oral biology* 29: 975-981.
- Shellis, R. P. ; and Duckworth, R. M. 1994, June. Study on the cariostatic mechanism of fluoride. *International Dental Journal* 44: 263-273.
- Silverstone, L. M. 1970, May-June. The histopathology of early approximal caries in the enamel of primary teeth. *Journal of Dentistry for Children* 37: 201-210.
- Silverstone, L. M. ; and Poole, D. F. G. 1969, September-October. Histologic and ultrastructural features of remineralized carious enamel. *Journal of Dental Research* 48: 766-770.
- Silverstone, L. M. ; Wefel, J. S. ; Zimmerman, B. F. ; Clarkson, B. H. ; and Featherstone, M. J. 1981, January-February. Remineralization of natural and artificial lesions dental enamel in vitro. *Caries Research* 15: 138-157.
- Skaleric, U. ; Ravnik, C. ; Cevc, P. ; and Schara, M. 1982, January-February. Microcrystal arrangement in human deciduous enamel structure by electron paramagnetic resonance. *Caries Research* 16: 47-50.
- Stookey, G. K. 1994, June. Review of fluorosis risk of self – applied topical fluorides : dentifrices, mouthrinses and gels. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 22: 181-186.
- Stookey, G. K. ; Schemehorn, B. R. ; Cheetham, B. L. ; Wood, G. D. ; and Walton, G. V. 1985, June. In situ fluoride uptake from fluoride dentifrices by carious enamel. *Journal of Dental Research* 64: 900-903.
- ten Cate, J. M. 1990, February. In vitro studies on the effects of fluoride on de- and remineralization. *Journal of Dental Research* 69 (Spec Iss): 614-619.
- ten Cate, J. M. , and Arends, J. 1977, September-October. Remineralization of artificial enamel lesions in vitro. *Caries Research* 11: 277-286.
- ten Cate, J. M. ; Buijs, M. J. ; and Damen, J. J. M. 1995, December. pH – cycling of enamel and dentin lesions in the presence of low concentration of fluoride. *European Journal of Oral Science* 103: 362-367.

- ten Cate, J. M. ; and Duijster, P. P. E. 1983a, May-June. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. I Chemical data. *Caries Research* 17: 193-199.
- ten Cate, J. M. ; and Duijster, P. P. E. 1983b, November-December. Influence of fluoride in solution on tooth demineralization. II Microradiography. *Caries Research* 17: 513-519.
- ten Cate, J. M. ; and Featherstone, J. D. B. 1991, April-June. Mechanistic aspects of the interactions between fluoride and dental enamel. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine* 2: 283-296.
- ten Cate, J. M. ; and Rempt, H. E. 1986, May-June. Comparison of the in vivo effect of a 0 and 1,500 ppmF MFP toothpaste on fluoride uptake, acid resistance and lesion remineralization. *Caries Research* 20: 193-201.
- ten Cate, J. M. ; and Simons, Y. 1986. The efficacy of toothpastes with different fluoride contents, a pH-cycling study. In H. A. Leach. (ed.), *Factors Relating to Demineralization and Remineralization of the Teeth*, pp. 35. Oxford: IRL Press.
- Tyler, J. E. ; Poole, D. F. G. ; Stack, M. V. ; and Dowell, T. B. 1986 , May. Superficial fluoride levels and response to in vitro caries – like lesion induction of enamel from Bristol (U.K.) and Birmingham (U.K.) human deciduous teeth. *Archives of Oral Biology* 31: 201-204.
- Varughese, K. ; and Moreno, E. C. 1981, July-August. Crystal growth of calcium apatites in dilute solutions containing fluoride. *Calcified Tissue International* 33: 431-439.
- Venkateswarlu, P. ; and Vogel, G. 1996. Fluoride analytical methods. In O.. Fejerskov; J. Ekstrand; and B. A. Burt. (ed.), *Fluoride in Dentistry*, pp 27-35. Copenhagen: Munksgaard.
- Warren, J. J. ; and Levy, S. M. 1999, July-August. A review of fluoride dentifrice related to dental fluorosis. *Pediatric Dentistry* 21: 265-271.
- White, D. J. 1987, March-April. Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. I. Effect on early lesion : fluoride uptake, surface hardening and remineralization. *Caries Research* 21: 126-140.

- White, D. J. 1988, January-February. Reactivity of fluoride dentifrices with artificial caries. II Effect on subsurface lesions : F uptake, F distribution surface hardening and remineralization. *Caries Research* 22: 27-36.
- White, D. J. ; Bowman, W. D. ; Faller, R. V. ; Mobley, M. J. ; Wolfgang, R. A. ; and Yesinowski, I. 1988, December. ¹⁹F MAS-NMR and solution chemical characterization of the reactions of fluoride with hydroxyapatite and powdered enamel. *Acta Odontologica Scandinavica* 46: 375-389.
- White, D. J. ; Chen, W. C. ; and Nancollas, G. H. 1988, January-February. Kinetic and physical aspects of enamel remineralization. A constant composition study. *Caries Reserach* 22: 11-19.
- White, D. J. ; and Featherstone, J. D. B. 1987, November-December. A longitudinal microhardness analysis of fluoride dentifrice effects on lesion progression in vitro. *Caries Research* 21: 502-512.
- White, D. J. ; and Nancollas, G. H. 1990, February. Physical and chemical consideration of the role of firmly and loosely bound fluoride in caries prevention. *Journal of Dental Research* 69 (spec Iss): 587-594.
- White, D. J. ; Nelson, D. G. A. ; and Faller, K. V. 1994, July. Model of action of fluoride : Application of new techniques and test methods to the examination of the mechanism of action of topical fluoride. *Advance Dental Research* 8: 166-174.
- Wilson, P. R. ; and Beynon, A. D. 1988, February. Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography. *Archives of Oral Biology* 34: 85-88.
- Winter, G. B. ; Holt, R. D. ; and Williams, B. F. 1989, December. Clinical trial of a low-fluoride toothpaste for young children. *International Dental Journal* 39: 227-235.
- Wong, L. ; Cutress, J. W. ; and Duncan, J. F. 1987, December. The influence of incorporated and adsorbed fluoride on the dissolution of powdered and pelletized hydroxyapatite in fluoride and non-fluoridated acid buffer. *Journal of Dental Research* 66: 1735-1741.

Zero, D. T. ; Featherstone, J. D. B. ; Fu, J. ; Hayes, A. L. ; and Vogel, G. L. 1994, May-June. Response of a de-/ remineralization in situ caries model to fluoride dentifrices. Caries Research 28: Abstract no. 99: 208.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ผลของยาสี่พินผสมฟลูออไรด์ 500 และ 1000 ส่วนในล้านส่วน ต่อความแข็ง
ผิวฟันน้ำนม

กลุ่ม	0 (PPM)			500 (PPM)			1000 (PPM)		
	Initial VHN	Post VHN	Δ VHN	Initial VHN	Post VHN	Δ VHN	Initial VHN	Post VHN	Δ VHN
1	49.70	67.33	17.63	49.60	160.50	110.90	49.90	217.50	167.60
2	49.00	82.10	33.10	49.90	141.25	91.35	49.85	123.25	73.40
3	40.43	60.80	20.37	54.73	179.75	125.02	41.50	221.75	180.25
4	59.88	65.73	5.84	40.75	170.75	130.00	54.40	219.50	165.10
5	54.98	70.28	15.30	55.00	164.75	109.75	55.73	238.25	182.52
6	54.80	63.70	8.90	59.83	194.25	134.42	59.83	219.00	159.17
7	42.38	64.28	21.90	54.20	189.00	134.80	42.75	128.00	85.25
8	49.18	68.80	19.62	55.88	186.25	130.37	48.85	248.00	199.15
9	50.55	62.80	12.25	59.48	188.25	128.77	50.63	110.00	59.37
10	59.58	75.28	15.70	50.63	182.25	131.62	54.08	184.75	130.67
11	55.83	81.90	26.07	48.90	160.00	111.10	56.08	187.00	130.92
12	54.73	90.53	35.80	42.73	168.00	125.27	59.13	221.00	161.87
13	42.85	59.20	16.35	42.95	134.00	91.05	43.23	115.25	72.02
14	48.83	83.30	34.47	48.73	146.75	98.02	48.68	223.50	174.82
15	50.78	75.85	25.07	50.88	164.50	113.62	51.05	173.50	122.45
16	59.43	84.48	25.05	53.65	130.75	77.10	53.58	245.50	191.92
17	56.20	95.95	39.75	56.23	204.75	148.52	56.33	242.25	185.92
18	53.88	82.63	28.75	59.13	137.50	78.37	59.13	233.25	174.12
19	58.68	70.23	11.55	43.88	178.75	134.87	58.33	190.25	131.92
20	56.38	75.45	19.07	48.05	186.00	137.95	56.60	109.50	52.90
21	53.48	62.43	8.95	51.28	162.50	111.22	53.08	88.68	35.60
22	43.28	62.15	18.87	58.63	193.50	134.87	51.63	215.25	163.62
23	48.53	69.45	20.92	56.53	180.75	124.22	47.78	208.25	160.47
24	51.15	78.90	27.75	53.20	92.95	39.75	44.58	179.50	134.92
25	51.85	47.33	-4.53	58.00	134.75	76.75	57.93	172.75	114.82
26	47.63	70.18	22.55	56.68	171.75	115.07	47.30	149.00	101.70
27	45.08	62.98	17.90	52.88	158.00	105.12	52.00	76.05	24.05
28	52.98	72.58	19.60	45.10	152.75	107.65	52.80	199.75	146.95
29	56.65	56.35	-0.30	47.53	66.63	19.10	56.88	225.75	168.87
30	58.15	78.38	20.23	51.85	182.00	130.15	45.88	178.25	132.37
31	57.75	64.23	6.47	52.38	106.88	54.50	46.48	170.50	124.02
32	57.15	67.75	10.60	46.80	157.75	110.95	46.70	198.25	151.55
33	52.73	47.25	-5.48	46.23	144.00	97.77	52.38	209.25	156.87
34	46.18	68.33	22.15	52.43	182.00	129.57	52.43	231.00	178.57
35	46.93	69.30	22.37	57.25	192.00	134.75	57.50	111.00	53.50
36	52.18	60.95	8.77	57.68	102.65	44.97	57.53	233.25	175.72
Mean	51.94	69.97	18.04	51.93	159.69	107.76	52.02	186.04	134.03
S.D.	5.30	10.74	10.46	5.20	31.25	30.71	5.08	48.95	48.12

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันเบื้องต้น, ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงผิวฟันหลังการทดลอง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของชั้นฟันในกลุ่มควบคุม

NO.	Initial VHN						Post VHN						Δ
	1	2	3	4	Mean	S.D.	1	2	3	4	Mean	S.D.	
1	42.80	42.70	55.90	57.40	49.70	8.05	57.90	62.10	73.20	76.10	67.33	3.71	17.63
2	44.00	52.50	44.50	55.00	49.00	5.58	92.20	71.20	79.60	85.40	82.10	8.91	33.10
3	38.00	39.00	42.70	42.00	40.43	2.28	61.40	59.50	56.70	65.60	60.80	3.74	20.37
4	53.10	65.30	55.40	65.70	59.88	6.56	56.70	75.00	57.00	74.20	65.72	10.25	5.84
5	48.00	48.30	63.40	60.20	54.98	7.99	71.20	67.20	73.90	68.80	70.28	2.92	15.30
6	49.60	57.00	52.00	60.60	54.80	4.95	53.90	63.40	63.30	74.20	63.70	8.30	8.90
7	36.70	35.40	51.30	46.10	42.38	7.62	59.60	59.20	74.20	64.10	64.28	6.98	21.90
8	42.50	42.00	57.10	55.10	49.18	8.04	60.00	64.00	80.30	70.90	68.80	8.89	19.62
9	42.50	46.60	56.10	57.00	50.55	7.14	62.50	56.90	71.60	60.20	62.80	6.30	12.25
10	55.80	59.60	55.00	67.90	59.58	5.90	65.90	83.70	77.70	73.80	75.28	7.46	15.70
11	54.40	48.10	63.40	57.40	55.83	6.37	84.00	72.40	87.00	84.20	81.90	6.48	26.07
12	45.50	58.70	51.40	63.30	54.73	7.86	89.40	92.10	90.80	89.80	90.53	1.20	35.80
13	39.40	38.80	47.70	45.50	42.85	4.43	59.20	57.60	60.40	59.60	59.20	1.18	16.35
14	37.00	52.10	48.60	57.60	48.83	8.71	77.10	79.00	79.70	97.40	83.30	9.46	34.47
15	55.10	48.40	54.60	45.00	50.78	4.91	76.70	74.50	85.00	67.20	75.85	7.33	25.07
16	58.30	51.40	63.20	64.80	59.43	6.02	84.60	75.90	91.20	86.20	84.48	6.37	25.05
17	49.70	60.70	57.40	57.00	56.20	4.64	95.40	98.80	96.00	93.60	95.95	2.16	39.75
18	52.70	47.30	55.20	60.30	53.88	5.41	77.30	86.00	78.20	89.00	82.63	5.77	28.75
19	55.10	56.60	63.70	59.30	58.68	3.77	62.80	70.30	72.20	75.60	70.23	5.41	11.55
20	49.70	51.20	57.60	67.00	56.38	7.87	71.10	70.50	70.90	89.30	75.45	9.24	19.07
21	47.80	46.20	58.00	61.90	53.48	7.67	55.30	61.00	55.30	78.10	62.43	10.79	8.95
22	45.90	33.70	49.40	44.10	43.28	6.75	63.30	62.20	59.40	63.70	62.15	1.94	18.87
23	41.50	45.70	46.30	60.60	48.53	8.33	65.60	74.30	63.00	74.90	69.45	6.05	20.92
24	49.40	46.50	49.00	59.70	51.15	5.84	77.70	73.10	81.50	83.30	78.90	4.52	27.75
25	54.60	50.40	59.60	42.80	51.85	7.11	45.30	47.50	44.20	52.30	47.32	3.59	-4.53
26	48.00	38.90	53.20	50.40	47.63	6.19	69.30	63.40	80.20	67.80	70.18	7.14	22.55
27	44.20	44.30	37.60	54.20	45.08	6.84	56.70	68.00	57.60	69.60	62.98	6.77	17.90
28	46.80	55.80	57.20	52.10	52.98	4.64	62.70	71.80	76.40	79.40	72.58	7.29	19.60
29	48.90	63.40	54.10	60.20	56.65	6.45	62.90	50.30	56.20	56.00	56.35	5.15	-0.30
30	53.80	49.60	62.80	66.40	58.15	7.78	75.40	72.70	85.80	79.60	78.38	5.71	20.23
31	59.10	53.10	60.10	58.70	57.75	3.16	63.90	60.30	67.90	64.80	64.23	3.13	6.47
32	64.10	47.20	60.20	57.10	57.15	7.23	76.30	58.50	65.70	70.50	67.75	7.54	10.60
33	44.70	59.50	47.60	59.10	52.73	7.69	47.40	42.60	54.70	44.30	47.25	5.35	-5.48
34	44.00	46.70	44.00	50.00	46.18	2.85	66.70	64.90	73.50	68.20	68.33	3.70	22.15
35	38.00	43.10	49.70	56.90	46.93	8.20	60.20	76.40	63.40	77.20	69.30	8.76	22.37
36	58.20	49.30	54.00	47.20	52.18	4.92	60.60	54.20	64.70	64.30	60.95	4.86	8.77
Mean	51.93						69.97						18.04
S.D.	5.30						10.74						10.46

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้น,ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันหลังการทดลอง และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของชั้นฟันในกลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน

NO.	Initial VHN						Post VHN						Δ
	1	2	3	4	Mean	S.D.	1	2	3	4	Mean	S.D.	
1	45.10	42.60	62.40	48.30	49.60	8.85	165.00	145.00	181.00	151.00	160.50	16.03	110.90
2	46.40	46.90	51.20	55.10	49.90	4.08	131.00	168.00	132.00	134.00	141.25	17.88	91.35
3	61.70	57.40	51.50	48.30	54.73	5.99	175.00	184.00	176.00	184.00	179.75	4.92	125.02
4	45.50	40.50	38.80	38.20	40.75	3.31	177.00	185.00	159.00	162.00	170.75	12.34	130.00
5	59.90	51.10	59.60	49.40	55.00	5.53	171.00	170.00	154.00	164.00	164.75	7.80	109.75
6	59.70	61.10	52.50	66.00	59.83	5.58	190.00	208.00	171.00	208.00	194.25	17.67	134.42
7	52.10	51.00	54.50	59.20	54.20	3.64	202.00	176.00	180.00	198.00	189.00	12.91	134.80
8	45.80	53.10	58.80	65.80	55.88	8.49	169.00	199.00	181.00	196.00	186.25	13.94	130.37
9	58.20	65.70	47.40	66.60	59.48	8.89	179.00	175.00	202.00	197.00	188.25	13.25	128.77
10	56.90	49.10	49.90	46.60	50.63	4.41	188.00	178.00	185.00	178.00	182.25	5.06	131.62
11	44.20	43.60	60.00	47.8	48.90	7.63	168.00	150.00	168.00	154.00	160.00	9.38	111.10
12	36.90	43.00	45.60	45.40	42.73	4.06	158.00	167.00	167.00	180.00	168.00	9.06	125.27
13	40.20	37.90	48.40	45.30	42.95	4.77	130.00	143.00	115.00	148.00	134.00	14.76	91.05
14	54.00	53.20	41.30	46.40	48.73	6.01	152.00	132.00	156.00	147.00	146.75	10.50	98.02
15	49.60	53.60	50.30	50.00	50.88	1.84	172.00	176.00	151.00	159.00	164.50	11.56	113.62
16	52.70	53.50	59.40	49.00	53.65	4.31	148.00	128.00	123.00	124.00	130.75	11.70	77.10
17	45.90	53.70	61.60	63.70	56.23	8.12	200.00	200.00	219.00	200.00	204.75	9.50	148.52
18	49.00	61.90	58.50	67.10	59.13	7.62	137.00	137.00	130.00	146.00	137.50	6.56	78.37
19	34.00	40.60	48.30	52.60	43.88	8.25	176.00	170.00	184.00	185.00	178.75	7.09	134.87
20	48.50	53.80	42.80	47.10	48.05	4.54	196.00	196.00	176.00	176.00	186.00	11.55	137.95
21	48.90	55.20	49.30	51.70	51.28	2.89	154.00	159.00	166.00	171.00	162.50	7.51	111.22
22	55.30	65.60	51.50	62.10	58.63	6.39	207.00	181.00	196.00	190.00	193.50	10.91	134.87
23	64.50	53.80	57.70	50.10	56.53	6.16	168.00	189.00	180.00	186.00	180.75	9.29	124.22
24	46.80	52.70	59.10	54.20	53.20	5.07	93.60	90.50	95.20	92.50	92.95	1.97	39.75
25	56.20	60.90	60.90	54.00	58.00	3.47	122.00	124.00	143.00	150.00	134.75	13.89	76.75
26	62.80	62.90	55.50	45.50	56.68	8.22	181.00	181.00	163.00	162.00	171.75	10.69	115.07
27	48.70	48.90	54.60	59.30	52.88	5.08	159.00	154.00	164.00	155.00	158.00	4.55	105.12
28	45.00	41.30	56.90	37.20	45.10	8.49	142.00	150.00	157.00	162.00	152.75	8.69	107.65
29	57.60	45.60	42.60	44.30	47.53	6.83	67.70	77.00	53.60	68.20	66.63	9.68	19.10
30	58.90	56.10	49.80	42.60	51.85	7.25	188.00	186.00	170.00	184.00	182.00	8.16	130.15
31	49.30	59.30	44.00	56.90	52.38	7.02	92.40	119.00	83.10	133.00	106.88	23.13	54.50
32	46.60	40.50	47.40	52.70	46.80	5.00	147.00	147.00	168.00	169.00	157.75	12.42	110.95
33	40.00	46.30	51.40	47.20	46.23	4.71	148.00	153.00	145.00	130.00	144.00	9.90	97.77
34	39.80	56.80	52.70	60.40	52.43	8.99	183.00	189.00	172.00	184.00	182.00	7.16	129.57
35	56.70	56.30	62.10	53.90	57.25	3.46	191.00	185.00	196.00	196.00	192.00	5.23	134.75
36	49.50	59.60	57.60	64.00	57.68	6.07	108.00	91.80	87.80	123.00	102.65	16.13	44.97
Mean	51.93						159.69						107.76
S.D.	5.20						31.25						30.71

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันเบื้องต้น, ค่าเฉลี่ยความแข็งผิวฟันหลังการทดลอง และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของหินฟันในกลุ่มยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน

NO.	Initial VHN						Post VHN						Δ
	1	2	3	4	Mean	S.D.	1	2	3	4	Mean	S.D.	
1	44.80	42.50	61.50	50.80	49.90	8.49	220.00	223.00	221.00	206.00	217.50	7.77	167.60
2	45.70	48.10	46.90	58.70	49.85	5.98	165.00	159.00	80.00	89.00	123.25	44.96	73.40
3	34.80	36.60	47.00	47.60	41.50	6.74	214.00	225.00	217.00	231.00	221.75	7.72	180.25
4	55.60	60.00	52.50	49.50	54.40	4.49	206.00	235.00	213.00	224.00	219.50	12.71	165.10
5	49.80	50.40	64.60	58.10	55.73	7.02	232.00	239.00	232.00	250.00	238.25	8.50	182.52
6	56.70	63.80	55.40	63.40	59.83	4.39	193.00	231.00	228.00	224.00	219.00	17.57	159.17
7	35.00	46.20	40.50	49.30	42.75	6.32	134.00	106.00	138.00	134.00	128.00	14.79	85.25
8	46.90	50.70	44.20	53.60	48.85	4.14	243.00	260.00	241.00	248.00	248.00	8.52	199.15
9	57.40	57.90	44.60	42.60	50.63	8.16	107.00	107.00	124.00	102.00	110.00	9.63	59.37
10	51.00	47.10	59.60	58.60	54.08	6.03	185.00	180.00	165.00	209.00	184.75	18.26	130.67
11	56.40	48.90	57.70	61.30	56.08	5.21	181.00	182.00	180.00	205.00	187.00	12.03	130.92
12	53.50	63.60	62.52	56.90	59.13	4.77	206.00	220.00	226.00	232.00	221.00	11.14	161.87
13	37.00	39.40	45.20	51.30	43.23	6.39	113.00	108.00	125.00	115.00	115.25	7.14	72.02
14	47.30	51.00	51.60	44.80	48.68	3.21	238.00	225.00	212.00	219.00	223.50	11.03	174.82
15	48.50	57.50	41.20	57.00	51.05	7.76	187.00	157.00	192.00	158.00	173.50	18.59	122.45
16	62.30	46.30	57.40	48.30	53.58	7.56	243.00	250.00	238.00	251.00	245.50	6.14	191.92
17	49.60	49.40	59.90	66.40	56.33	8.32	246.00	226.00	241.00	256.00	242.25	12.50	185.92
18	57.60	54.90	55.80	68.20	59.13	6.15	244.00	226.00	238.00	225.00	233.25	9.29	174.12
19	59.60	58.80	57.80	57.10	58.33	1.10	207.00	176.00	208.00	170.00	190.25	20.07	131.92
20	53.90	57.90	61.70	52.90	56.60	4.03	109.00	109.00	113.00	107.00	109.50	2.52	52.90
21	44.80	54.50	58.70	54.30	53.08	5.88	74.10	100.00	88.40	92.20	88.68	10.85	35.60
22	45.20	48.00	58.30	55.00	51.63	6.07	201.00	213.00	215.00	232.00	215.25	12.76	163.62
23	50.00	42.20	58.80	40.10	47.78	8.49	214.00	194.00	212.00	213.00	208.25	9.54	160.47
24	38.60	49.70	44.20	45.80	44.58	4.60	173.00	186.00	196.00	163.00	179.50	14.48	134.92
25	56.10	51.90	64.80	58.90	57.93	5.41	183.00	165.00	177.00	166.00	172.75	8.73	114.82
26	46.70	41.20	46.80	54.50	47.30	5.47	92.00	112.00	207.00	185.00	149.00	55.61	101.70
27	47.40	59.90	47.30	53.40	52.00	5.99	72.10	83.20	74.80	74.10	76.05	4.90	24.05
28	44.70	46.90	62.60	57.00	52.80	8.45	188.00	212.00	197.00	202.00	199.75	10.01	146.95
29	50.20	49.20	66.70	61.40	56.88	8.57	226.00	227.00	215.00	235.00	225.75	8.22	168.87
30	39.70	39.60	51.60	52.60	45.88	7.20	162.00	196.00	166.00	189.00	178.25	16.78	132.37
31	48.80	40.50	56.90	39.70	46.48	8.08	166.00	164.00	166.00	186.00	170.50	10.38	124.02
32	55.50	44.60	45.40	41.30	46.70	6.13	181.00	209.00	198.00	215.00	198.25	16.32	151.55
33	47.20	44.30	57.80	60.20	52.38	7.80	219.00	212.00	200.00	206.00	209.25	8.14	156.87
34	48.60	53.20	55.80	52.10	52.43	2.98	221.00	229.00	232.00	242.00	231.00	8.68	178.57
35	54.90	48.80	65.90	60.40	57.50	7.34	117.00	103.00	120.00	104.00	111.00	8.76	53.50
36	55.10	55.60	63.00	56.40	57.53	3.69	236.00	235.00	232.00	230.00	233.25	2.75	175.72
Mean	52.02						186.04						134.03
S.D.	5.08						48.95						48.12

ตารางที่ 13 ผลของยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ส่วนในล้านส่วน ต่อฟลูออไรด์ในผิวเคลือบฟันน้ำนม

TREATMENT GROUP – 500 ppm					
NO.	Control (0 ppm)		Treatment (500 ppm)		Δ F uptake (ppm)
	F in enamel (ppm)	Depth (μm)	F in enamel (ppm)	Depth (μm)	
1	228.37	5.81	352.99	5.85	124.63
2	455.19	4.89	568.41	5.29	113.22
3	541.39	4.46	632.75	5.26	91.35
4	301.13	3.91	730.03	4.93	428.90
5	182.39	8.43	401.48	3.86	219.09
6	233.26	6.06	750.27	4.03	517.00
7	243.67	4.60	376.72	7.69	133.05
8	370.49	6.61	924.20	4.64	553.71
9	404.63	6.45	575.12	4.40	170.49
10	813.08	2.68	1028.92	3.90	215.84
Mean	377.36	5.39	634.09	4.98	256.73
S.D.	190.98	1.62	228.50	1.16	175.37

TREATMENT GROUP – 1,000 ppm					
NO.	Control (0 ppm)		Treatment (1,000 ppm)		Δ F uptake (ppm)
	F in enamel (ppm)	Depth (μm)	F in enamel (ppm)	Depth (μm)	
1	475.53	5.68	592.37	5.67	118.83
2	595.86	4.11	1068.47	6.68	472.60
3	195.85	7.05	622.00	5.94	426.14
4	94.35	8.75	688.73	5.60	594.38
5	271.48	6.60	360.30	6.75	88.82
6	642.01	2.97	737.18	4.49	95.17
7	394.21	4.26	687.10	4.35	292.89
8	220.72	6.60	506.63	3.92	285.91
9	353.35	4.94	478.52	5.78	125.17
10	344.31	6.60	491.27	4.59	146.97
Mean	358.57	5.75	623.26	5.38	264.69
S.D.	174.56	1.71	194.83	0.99	180.59

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวขวัญชนก รัตนอุบล เกิดวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตร์ จากคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี การศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540 ปัจจุบัน รับราชการที่คณะ ทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย