

ผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเงื่อนไขและความยาวของเรซินแทก
ของวัสดุผนึกหลุมร่องฟันชนิดหนึ่งในฟันกรามน้ำนม

นางสาวดวงธิดา ชูติมานุตสกุล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาทันตแพทยศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-332-905-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF THE TIME-LAPSE BEFORE LIGHT CURING ON THE SHEAR BOND STRENGTH
AND THE TAG LENGTH OF A SEALANT IN PRIMARY MOLARS

Ms. Duangthida Chutimanutskul

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

Department of Pediatric Dentistry

Graduate School

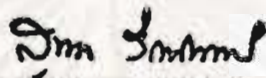
Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-332-905-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเข็มนาและความยาว
ของเรซินแทรกของวัสดุเมทัลลุ่มร่องฟันชนิดหนึ่งในฟันกรามน้ำนม
โดย นางสาวดวงธิดา ชูติมานุตสกุล
ภาควิชา ทันตกรรมสำหรับเด็ก
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภินทสมิต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กิระนันท์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



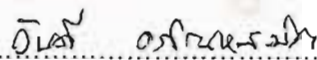
.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ นิส เหมินทร์)

ประธานกรรมการ




.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



.....
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภินทสมิต)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ)

กรรมการ



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

กรรมการ

ดวงจิตา ชูติมานุตสกุล : ผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเงื่อนและความยาวของเรซินแทกของวัสดุฟันกลุ่มร่องฟันชนิดหนึ่งในฟันกรามน้ำนม (EFFECT OF THE TIME-LAPSE BEFORE LIGHT CURING ON THE SHEAR BOND STRENGTH AND THE TAG LENGTH OF A SEALANT IN PRIMARY MOLARS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ทพ. สมหมาย ขอบอิสระ , อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ทพ.ญ. ดร. วันดี อภินสมิต, 67 หน้า. ISBN 974-332-905-6.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาที่แตกต่างกันก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเงื่อนและความยาวของเรซินแทกของวัสดุฟันกลุ่มร่องฟัน Concise™ ในฟันกรามน้ำนม การศึกษากำลังแรงยึดแบบเงื่อนทำการทดลองโดยใช้ชิ้นส่วนของฟันกรามน้ำนมด้านทางแก้มหรือด้านทางลิ้นจำนวน 60 ชิ้น แบ่งโดยการสุ่มเป็น 3 กลุ่มทดลองๆ ละ 20 ชิ้น ตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที หลังจากหล่อแบบวัสดุฟันกลุ่มร่องฟันบนชิ้นตัวอย่างและบ่มด้วยแสงให้แข็งตัวแล้ว นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบเงื่อนด้วยเครื่องทดสอบทั่วไป ส่วนการศึกษาความยาวของเรซินแทกทำการทดลองโดยใช้ชิ้นส่วนของฟันกรามน้ำนมด้านทางแก้มจำนวน 12 ชิ้น ทำการศึกษาโดยเตรียมกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 กับ 10 วินาทีในชิ้นตัวอย่างเดียวกันจำนวน 6 ชิ้น และเตรียมกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 กับ 30 วินาทีในชิ้นตัวอย่างเดียวกันจำนวน 6 ชิ้น หลังจากทำวัสดุฟันกลุ่มร่องฟันบนชิ้นตัวอย่างและบ่มด้วยแสงให้แข็งตัวแล้ว นำชิ้นตัวอย่างไปแช่ในน้ำกลั่นนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปฝังในเรซินอีพ็อกซี รอยนเรซินอีพ็อกซีแข็งตัวจึงตัดชิ้นตัวอย่างตามแนวแกนฟันเพื่อแบ่ง 2 กลุ่มทดลองออกจากกัน ซัดผิวบริเวณรอยตัดให้เรียบก่อนละลายส่วนของผิวเคลือบฟันออกด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก ล้างน้ำ รอให้ชิ้นตัวอย่างแห้งจึงนำไปเคลือบด้วยอนุภาคทอง เพื่อศึกษาความยาวของเรซินแทกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ผลการวิจัยพบว่ากำลังแรงยึดแบบเงื่อนมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่นานขึ้น โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเงื่อนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที มีค่าเท่ากับ 10.76 ± 2.42 , 11.96 ± 1.76 และ 14.66 ± 3.23 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเงื่อนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีมีค่ามากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ ส่วนค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเงื่อนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาทีมีค่าน้อยที่สุด แต่มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 วินาที สำหรับค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที มีค่าเท่ากับ 7.93 ± 1.40 , 9.08 ± 2.15 และ 8.68 ± 1.59 ไมครอน ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 วินาทีมีค่ามากที่สุดและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$ เฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาทีซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่มีค่าน้อยที่สุด แต่ค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาทีนี้มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาที การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงมีผลต่อกำลังแรงยึดแบบเงื่อนมากกว่าที่จะมีผลต่อความยาวของเรซินแทกของวัสดุฟันกลุ่มร่องฟัน Concise™ ที่เกิดขึ้นในฟันกรามน้ำนม

ภาควิชาทันตกรรมสันแน้วนัด.....
สาขาวิชาทันตกรรมสันแน้วนัด.....
ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิติตดวงจิตา ชูติมานุตสกุล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวันดี อภินสมิต.....

4076106632 : MAJOR PEDIATRIC DENTISTRY.

KEY WORD:

TIME-LAPSE BEFORE LIGHT CURING, SEALANT, SHEAR BOND STRENGTH, RESIN TAG

DUANGTHIDA CHUTIMANUTSKUL : EFFECT OF THE TIME-LAPSE BEFORE LIGHT CURING ON THE SHEAR BOND STRENGTH AND THE TAG LENGTH OF A SEALANT IN PRIMARY MOLARS. THESIS

ADVISOR : ASSIST. PROF. SOMMAI CHOBISARA , THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. WANDEE

APINHASMIT , Ph.D. 67 pp. ISBN 974-332-905-6.

The objectives of this study were to compare the effect of the time-lapse before light curing on the shear bond strength and the tag length of the commercial sealant, Concise™ in primary molars. To study the shear bond strength, sixty samples of buccal or lingual surfaces of primary molars were divided randomly into three groups of 20 samples each, corresponding to the time-lapse of 5, 10 and 30 seconds before light curing of the sealant buttons built on the enamel surfaces. After curing, all samples were stored in distilled water for 24 hours before the shear bond strength was tested with a universal testing machine. The study of tag length was performed using 12 buccal surfaces of primary molars. They were divided into 2 groups of 6 samples each. Two different intervals of time-lapse before light curing were studied on the same sample. The first group were 5 and 10 seconds ; the second group were 10 and 30 seconds. After curing, all samples were stored in distilled water for 24 hours. Then each sample was embedded in epoxy resin. Two different intervals of time-lapse before light curing were obtained from each sample by long axis sectioning. The samples were polished until the cutting surfaces were smooth then etched with a phosphoric acid solution. The samples were rinsed thoroughly with water, allowed to dry and coated with gold particles. They were then examined by a scanning electron microscope.


The study of the shear bond strength shows that the longer the time-lapse before light curing is, the higher the shear bond strength is. The average shear bond strengths of 5-, 10- and 30-second groups are 10.76 ± 2.42 , 11.96 ± 1.76 and 14.66 ± 3.23 Mpa, respectively. The average shear bond strength of 30-second group is significantly highest among the other groups at $p < 0.05$. The average shear bond strength of 5-second group is the lowest one but statistically insignificant compared with the 10-second group. The study of the tag length shows that the average tag length of 5-, 10- and 30-second intervals are 7.93 ± 1.40 , 9.08 ± 2.15 and 8.68 ± 1.59 μm , respectively. The average tag length of 10-second interval is the longest and has statistically significant difference only when compared with that of 5-second interval at $p < 0.05$. The average tag length of 5-second interval is the shortest one but statistically insignificant compared with that of 30-second interval. This study indicates that the time-lapse before light curing has more effect on the shear bond strength than that on the tag length of the commercial sealant, Concise™ in primary molars.


ภาควิชา.....ทันตกรรมสำหรับเด็ก.....

สาขาวิชา.....ทันตกรรมสำหรับเด็ก.....

ปีการศึกษา.....25๖2.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ดวงใจดา ชุติมานุตกุล.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..........

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากหลายๆฝ่าย ซึ่งผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สมหมาย ขอบอิสระ และ รอง
ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร. วันดี อภินหสมิต ที่กรุณาให้คำแนะนำทางด้านวิชาการที่มี
คุณค่าและตรวจทานแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ด้านการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่ง
ชาติ ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. บัญชา ธนบุญสมบัติ ที่เอื้อเฟื้อในการใช้กล้องจุลทรรศน์
อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ขอขอบคุณ ดร. จินตมัย สุวรรณประทีป ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับ
การทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน และ นายธีรพัฒน์ สมบัติวงศ์ ซึ่งอำนวยความสะดวกในการ
รวบรวมข้อมูลด้วยดีตลอดมา และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกคนในศูนย์ที่เคยให้
ความช่วยเหลือและมิตรไมตรีในระหว่างการรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไชยรัตน์ วิวัฒน์วรพันธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษาด้านวิชา
การและให้คำแนะนำในการใช้เครื่องทดสอบทั่วไป ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ศิริรักษ์
นครชัย ซึ่งกรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องมือสำหรับจับชิ้นงานในการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน และขอ
ขอบคุณทันตแพทย์ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างฟันกรามน้ำนม

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุพา อ่อนท้วม และอาจารย์ ไพพรรณ พิทยานนท์ เป็น
อย่างยิ่งในการให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้สถิติ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุนทรา พันธุ์มีเกียรติ และ ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. ประสิทธิ์ ภวสันต์ ตลอดจนคณะกรรมการทุกท่านที่กรุณาให้คำ
แนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทุนส่งเสริมการวิจัยของเงินกอง
ทุนเพื่อการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณหน่วยงานต่างๆในคณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนี้คือ
ศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก หน่วยงานบริการวิจัยและพัฒนา และภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก ที่
ให้ความสะดวกในการทำงานมาโดยตลอด และเจ้าหน้าที่ห้องสมุดที่ช่วยเหลือในการค้นคว้าข้อมูล

ขอขอบคุณบริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุ ConciseTM

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ของผู้วิจัย ตลอดจนขอขอบคุณ
คุณบุญชัย ไพบุลย์วรชาติและครอบครัว ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา
ประโยชน์และความดีใดๆที่พึงได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฎ

บทที่

1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	5
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	5
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	6
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	6
1.7 ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย.....	7
1.8 คำจำกัดความ.....	7
2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 ผีวเคลือบฟัน.....	10
2.2 โครงสร้างของผีวเคลือบฟัน.....	10
2.3 ผีวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟัน.....	14
2.4 รูปแบบของผีวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรด.....	16
2.5 ระยะเวลาในการใช้กรดกัดผีวเคลือบฟัน.....	19
2.6 การทำให้พื้นผิวเปียก แรงดึงผิวและความหนืด.....	20
3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	21
3.1 ประชากร.....	21
3.2 กลุ่มตัวอย่าง.....	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	22
3.4 การรวบรวมข้อมูล.....	26
3.5 การจัดกระทำ.....	28
3.6 ตัวแปรของการวิจัย.....	34
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	44
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	44
5.2 อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก.....	60
ประวัติผู้เขียน.....	67

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ภาพถ่ายแท่งเคลือบฟันจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภายหลังจากใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน.....	11
2 แผนภาพแสดงแท่งเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวาง อาจพบรูปแบบของแท่งเคลือบฟันที่แตกต่างกัน.....	11
3 ภาพแสดงแท่งเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวาง มักพบลักษณะคล้ายรูกุญแจ.....	11
4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชชัน แสดงลักษณะผลึกของเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวาง.....	12
5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชชัน แสดงลักษณะผลึกของเคลือบฟันเมื่อตัดตามยาว.....	12
6 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึกภายในแท่งเคลือบฟัน.....	13
7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโคมโปรเซสของเซลล์อะมีโลบลาสต์กับลักษณะการสร้างผลึกในแท่งเคลือบฟันและบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟัน.....	13
8 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึกภายในผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในฟันน้ำนม.....	15
9 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึกภายในผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในฟันแท้.....	15
10 แผนภาพแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันปกติ ภายหลังจากกัดด้วยกรด.....	16
11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงรูปแบบต่างๆของผิวเคลือบฟันภายหลังจากกัดด้วยกรด.....	17
12 แผนภาพแสดงมุมสัมผัสของของเหลวซึ่งแตกต่างกัน ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของแข็ง.....	20
13 เครื่องทดสอบทั่วไป.....	22
14 เครื่องมือส่วนที่ติดกับฟิกซ์ เฮด ใช้ในการจับชิ้นตัวอย่าง.....	23
15 เครื่องมือส่วนที่ติดกับครอส เฮด ใช้ในการให้แรงเฉือน	23

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
16 แสดงส่วนขอบคมคล้ายใบมีดของครอท เฮด อยู่ตรงบริเวณ รอยต่อระหว่างวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน.....	24
17 แคลลิปเปอร์ชนิดสไลดิง.....	25
18 แผนภาพแสดงวิธีการวัดความยาวของเรซินแทก.....	27
19 แสดงชิ้นตัวอย่างที่เป็นส่วนตัวฟันด้านทางแก้มและด้านทางลิ้น.....	28
20 แสดงการใช้แท่งเหล็กเรียบช่วยในการสังเกตระนาบของผิวเคลือบฟัน.....	29
21 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ยึดลงในกระบอกลาสติกด้วยพลาสติกเทอร์นิน.....	29
22 แสดงแบบสำหรับหล่อวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟัน.....	30
23 แสดงแบบสำหรับหล่อวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันที่กดให้แนบบนผิวเคลือบฟัน.....	30
24 วัสดุฉนวนหุ้มร่องฟัน Concise™	31
25 แสดงการแกะแบบสำหรับหล่อวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันออกและ ชิ้นตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อน.....	31
26 แสดงการเตรียมกรอบศึกษา 2 กรอบบนชิ้นตัวอย่างเดียวกัน.....	32
27 แสดงชิ้นตัวอย่างภายหลังการทาววัสดุฉนวนหุ้มร่องฟัน ลงในกรอบศึกษา.....	33
28 แสดงแนวการตัดชิ้นตัวอย่างที่ฝังอยู่ในเรซินอีพ็อกซี่.....	33
29 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคทอง.....	34
30 กราฟแสดงค่าแรงเขื่อนจากเครื่องทดสอบทั่วไป.....	38
31 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ แสดงการทำลายการยึดเกาะแบบผสม.....	39
32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในบริเวณที่มีการหลุดของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันบนผิวชิ้นตัวอย่าง ที่มีรูปแบบของกราฟแสดงค่าแรงเขื่อนที่ต่างไปจากการทดสอบ ชิ้นตัวอย่างส่วนใหญ่.....	39
33 ภาพถ่ายเรซินแทกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากชิ้นตัวอย่างในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที.....	41

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพินชนิดต่างๆ.....	4
2	แสดงจำนวนชั้นตัวอย่างที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบเงื่อนไข ของวัสดุผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน.....	36
3	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังแรงยึดแบบเงื่อนไขของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว.....	37
4	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังแรงยึดแบบเงื่อนไขของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบของทูก็ย์.....	37
5	แสดงจำนวนเรซินแทกที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบพินกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน.....	42
6	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบพินกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว.....	43
7	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุ ผืนกหลุมร่องพิน Concise™ บนผิวเคลือบพินกราฟม้าน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบของแทมเฮน.....	43



ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคฟันผุยังคงเป็นปัญหาทางทันตสาธารณสุขที่สำคัญในประเทศไทย จากการสำรวจสถานะทันตสุขภาพแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ. 2537 พบอัตราการผุของฟันน้ำนมในเด็กอายุ 3 ปี มีค่าร้อยละ 61.7 โดยมีค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด 3.4 ซี่/คน และลักษณะการผุของฟันส่วนใหญ่จะกระจายตัวอยู่ในบริเวณฟันตัด (incisor) น้ำนมบนทั้ง 4 ซี่ รองลงมาคือบริเวณฟันกราม (molar) น้ำนมทั้งบนและล่าง ส่วนในเด็กอายุ 6 ปี มีอัตราการผุของฟันน้ำนมร้อยละ 85.1 ค่าเฉลี่ยฟันผุ ถอน อุด เท่ากับ 5.7 ซี่/คน โดยลักษณะการผุส่วนใหญ่จะอยู่ที่ฟันกรามน้ำนม⁽¹⁾ เนื่องจากด้านบดเคี้ยว (occlusal surface) ของฟันกรามที่มีหลุมร่อง (pit, fissure) ลึกจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดฟันผุสูง⁽²⁾ เพราะหลุมร่องเหล่านี้มีขนาดเล็กมาก มีความแคบแคบขรุขระและอาจมีรูปร่างแตกแขนงเป็นหลายสาขา (branch) จึงเป็นที่เก็บกักของเศษอาหารและเชื้อจุลินทรีย์ (microorganism) โดยที่แปรงสีฟันหรือน้ำลายไม่สามารถผ่านเข้าไปทำความสะอาดได้^(3,4) และฟลูออไรด์ (fluoride) ซึ่งสามารถป้องกันการผุของผิวฟันด้านเรียบ (smooth surface) ได้ดี ก็กลับให้ผลน้อยในการป้องกันฟันผุบริเวณด้านบดเคี้ยว^(2,3,5,6) อาจเป็นเพราะผิวฟันด้านเรียบมีความหนาของเคลือบฟัน (enamel) มากกว่า เมื่อเริ่มเกิดฟันผุในบริเวณนี้จึงใช้เวลานานกว่าที่รอยโรค (lesion) จะลุกลามเข้าสู่ชั้นเนื้อฟัน (dentine) ในระหว่างเวลานั้นฟลูออไรด์จะช่วยส่งเสริมให้เกิดขบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุ (mineralization) ทำให้รอยโรคหยุดการลุกลาม (arrest) หรือเกิดการคืนกลับ (reverse) ของรอยโรคได้ ในขณะที่เคลือบฟันบริเวณใต้หลุมร่องฟันมีความหนาน้อยเนื่องจากร่องฟันอาจยื่นลึกลงไปใกล้รอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเนื้อฟัน (dentinoenamel junction) หรือไปสิ้นสุดใกล้กับชั้นเนื้อฟัน⁽⁷⁾ เมื่อเกิดฟันผุในบริเวณหลุมร่องฟันจึงมีการลุกลามของรอยโรคเข้าไปในชั้นเนื้อฟันอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นรอยผุที่ตรวจพบได้ทางคลินิก⁽²⁾ ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาวัสดุผนึกหลุมร่องฟัน (sealant) มาใช้ เนื่องจากมีประสิทธิภาพดีและปลอดภัยในการใช้ป้องกันฟันผุด้านบดเคี้ยว⁽⁸⁻¹¹⁾ วัสดุผนึกหลุมร่องฟันจะทำหน้าที่ปิดกั้นหลุมร่องฟันจากแบคทีเรีย (bacteria) และอาหารซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดฟันผุ⁽¹²⁾ โดยประสิทธิภาพในการลดฟันผุจะสัมพันธ์กับระดับ (degree) ของการยึดติด (retention) และระยะเวลา (duration) ของการยึดติด⁽¹³⁾ โดยการยึดติดของวัสดุผนึกหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟันนั้นเป็นการยึดแบบเชิงกล (mechanical lock) ที่เกิดจากการแทรกซึม (penetrate) ของสารเรซิน (resin) เข้าไปในรูพรุนขนาดเล็ก (micropores) ของผิวเคลือบฟันซึ่งถูกกัดด้วยกรดแล้วแข็งตัวเป็นเรซินแทรก

(resin tag)^(14,15) มีผู้เสนอว่าความสามารถในการยึด (bonding potential) ระหว่างเรซินกับผิวเคลือบฟันนั้น อาจทดสอบได้จากวิธีการต่างๆ⁽¹⁶⁾ ดังนี้คือ การทดสอบการรั่วซึม (microleakage) การทดสอบกำลังแรงยึด (bond strength) และการศึกษาความยาวของเรซินแทรกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) สำหรับการทดสอบกำลังแรงยึดทำได้ 2 วิธี⁽¹⁷⁾ วิธีแรกคือ การทดสอบกำลังแรงยึดด้านทานการดึง (tensile bond strength) โดยการให้แรงผ่านในแนวตั้งฉากกับรอยต่อระหว่างผิวฟันกับเรซิน (tooth/resin interface) จากการศึกษาด้วยวิธีนี้จะพบว่าตำแหน่งของการหลุด (sites of bond failure) มักเกิดขึ้นภายในเนื้อของวัสดุเองเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากแรงจะถูกถ่ายทอดมาตามมวล (bulk) ของวัสดุทำให้บังคับกำลังแรงยึดที่แท้จริง อีกวิธีคือการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน (shear bond strength) โดยการให้แรงขนานกับรอยต่อระหว่างผิวฟันกับเรซิน พบว่าการหลุดส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณรอยต่อระหว่างผิวฟันกับเรซินมากกว่าที่จะเกิดการหลุดขึ้นภายในเนื้อวัสดุเอง Choi และคณะ⁽¹⁸⁾ เชื่อว่าค่ากำลังแรงยึดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้วัสดุผนึกหลุมร่องฟันมีการยึดติดที่ดีขึ้นทางคลินิก ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างเรซินแทรกกับกำลังแรงยึด มีผู้เสนอความคิดเห็นแตกต่างกันเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มแรกเสนอว่าคุณภาพและอุบัติการ (incidence) ของเรซินแทรก ความลึก (depth) ในการแทรกซึม หรือความยาวของเรซินแทรกตลอดจนจำนวนและขนาดของเรซินแทรกมีผลต่อความแข็งแรงของการยึดเชิงกล^(15,19,20) ในขณะที่กลุ่มที่สองเชื่อว่า กำลังแรงยึดไม่จำเป็นต้องสัมพันธ์กับความยาวของเรซินแทรกหรือปริมาณการสูญเสียแร่ธาตุ^(21,22)

เทคนิคต่างๆในการผนึกหลุมร่องฟัน เป็นสิ่งสำคัญมากต่อการยึดติดของวัสดุผนึกหลุมร่องฟัน (technique sensitive) กล่าวคือขณะทำ ผิวฟันต้องมีพื้นที่ผิว (surface area) สำหรับการยึดมาก ผิวฟันควรสะอาดและแห้ง ไม่มีการปนเปื้อน (contamination) จากน้ำลาย⁽²³⁾ มีหลายการศึกษาที่จัดทำเพื่อปรับปรุงเทคนิคการผนึกหลุมร่องฟันเช่น ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน⁽²⁴⁻²⁶⁾ การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำความสะอาดผิวเคลือบฟันว่าอาจใช้หัวขัดยางรูปถ้วย (rubber cup) ร่วมกับผงขัดพัมมิช (pumice) ผสมน้ำ⁽²⁷⁾ หรือใช้การขัดด้วยลม (air polishing)^(28,29) ชนิดและความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมซึ่งกรดที่นิยมใช้คือกรดออร์โธฟอสฟอริก (orthophosphoric acid) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37⁽²⁷⁾ ซึ่งจะใช้ในรูปแบบเจล (gel) หรือของเหลว (liquid) ก็ให้ประสิทธิภาพดีไม่แตกต่างกัน⁽³⁰⁾ สำหรับการล้างกรดออก อาจล้างด้วยน้ำหรือน้ำพร้อมลม (water/air spray) จากกระบอกฉีดแบบสามทาง (triple syringe) โดยระยะเวลาที่เหมาะสมคือ 10 ถึง 30 วินาที⁽³¹⁾ แต่เวลาที่เหมาะสมในการล้างก็ไม่สำคัญเท่ากับการล้างนั้นต้องนานเพียงพอที่จะขจัดกรดออกจากผิวฟันได้หมด⁽²⁷⁾ ส่วนระยะเวลาของการบ่มด้วยแสง (curing time) เพื่อให้เกิด

กระบวนการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) ใช้งาน 20 ถึง 30 วินาทีตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งความลึกของการบ่มด้วยแสง (depth of cure) ขึ้นอยู่กับความเข้ม (intensity) ของแสงที่จะแปรผันไปตามเครื่องฉายแสงแต่ละเครื่อง และระยะห่างระหว่างส่วนปลายของเครื่องฉายแสงกับวัสดุ (length of exposure)⁽³²⁾ โดยควรให้ส่วนปลายของเครื่องฉายแสงอยู่ใกล้กับวัสดุเล็กน้อยร่องฟันมากที่สุด และการบ่มด้วยแสงให้นานขึ้นอีก 5 ถึง 10 วินาทีจะช่วยให้มั่นใจว่ากระบวนการเกิดพอลิเมอร์เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์^(27,32)

มีเพียงการศึกษาเดียวเท่านั้นที่ศึกษาถึงระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง⁽²⁰⁾ ซึ่งคือช่วงเวลาที่ปล่อยให้วัสดุพอลิเมอร์ร่องฟันอยู่บนผิวเคลือบฟันโดยยังไม่เกิดกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ โดยการศึกษาชิ้นนี้ทำในฟันแท้และพบว่าถ้าทิ้งระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงไว้ 20 วินาที ความยาวของเรซินแทกที่เกิดขึ้นจะยาวกว่าเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 หรือ 10 วินาที ประมาณสามเท่า

เนื่องจากการทำฟันพอลิเมอร์ร่องฟันในผู้ป่วยเด็ก ทันตแพทย์ต้องทำงานด้วยความรวดเร็วจึงนิยมใช้วัสดุพอลิเมอร์ร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสง (photoactivated polymerization) เพราะสามารถประหยัดเวลาในการทำงานได้มากกว่า โดยวัสดุจะแข็งตัวเมื่อบ่มด้วยแสงนานเพียง 20 วินาที และจากการศึกษาของ Duggal และคณะ⁽³³⁾ ซึ่งรายงานว่า เมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี การยึดติดอย่างสมบูรณ์ทางคลินิกของวัสดุพอลิเมอร์ร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงบนฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้เวลาในการกัดกรदनาน 60 วินาที มีค่าเพียงร้อยละ 58.1 ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่านอกจากปัจจัยต่างๆ ที่กล่าวมา อาจมีผลทำให้การพอลิเมอร์ร่องฟันล้มเหลวแล้ว ปัจจัยในเรื่องระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงจะมีผลด้วยหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการพอลิเมอร์ร่องฟันในผู้ป่วยเด็กที่ไม่ยอมให้ความร่วมมือหรือผู้ป่วยเด็กที่อาเจียนได้ง่าย ซึ่งทันตแพทย์มักรีบบ่มด้วยแสงแทบจะทันทีที่ทาวัสดุพอลิเมอร์ร่องฟันบนผิวเคลือบฟันเสร็จ

งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการยึดติดของวัสดุพอลิเมอร์ร่องฟันในฟันกรามน้ำนม เมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน 5, 10 และ 30 วินาที โดยประเมินจากค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนและความยาวของเรซินแทกที่เกิดขึ้น สำหรับระยะเวลาต่างๆก่อนการบ่มด้วยแสงที่กำหนดขึ้นเพื่อศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากแบบสอบถามเกี่ยวกับระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่คณาจารย์ในภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยปฏิบัติอยู่ในการทำฟันพอลิเมอร์ร่องฟันแก่ผู้ป่วยเด็กที่ให้ความร่วมมือได้แตกต่างกันในคลินิก ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่ใช้คือในผู้ป่วยเด็กที่

ให้ความร่วมมือได้ดีจะใช้ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 วินาที ส่วนในเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือหรือกันน้ำลายได้ยาก จะใช้ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงสั้นกว่าคือประมาณ 5 วินาที ในขณะที่ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีนั้น เป็นเวลาที่คาดว่าเกิดขึ้นกับฟันซี่ที่สอง ในกรณีที่ทันตแพทย์ทำแผ่นiculumร่องฟันพร้อมกันสองซี่ โดยทาว์สตูมึนึกหุลุมร่องฟันพร้อมกัน แล้วบ่มด้วยแสงครั้งละซี่ โดยซี่แรกบ่มด้วยแสงนาน 20 วินาที

วัสดุเม็นึกหุลุมร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงที่ผู้วิจัยเลือกนำมาศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้คือ Concise™ (บริษัท 3M ประเทศสหรัฐอเมริกา) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ ไตรเอทิลีนกลัยคอลล ไดเมธาครายเลท (triethylene glycol dimethacrylate) ร้อยละ 45-55 บิสฟีนอล-เอ กลัยซิดิล ไดเมธาครายเลท (Bisphenol A glycidyl dimethacrylate) ร้อยละ 45-50 ซิลิกา (silica) ร้อยละ 5-10 และไทตาเนียม ไดออกไซด์ (titanium dioxide) น้อยกว่าร้อยละ 1 โดยวัสดุเม็นึกหุลุมร่องฟันชนิดนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึม (penetration coefficient) ต่ำเพียง 0.008 เซ็นติเมตรต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเม็นึกหุลุมร่องฟันที่ผลิตจากบริษัทอื่นๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ข้อมูลจากเอกสารแนะนำเกี่ยวกับวัสดุเม็นึกหุลุมร่องฟัน บริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด)

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การแทรกซึม (penetration coefficient : P.C.) ของวัสดุเม็นึกหุลุมร่องฟันชนิดต่างๆ

Sealants	Product	Company	Filler Weight Percent	P.C. cm/sec
	DELTON OPAQUE	J & J	14.5	2.07
LIGHT-CURED	HELIO-SEAL	VIVADENT	1.2	1.24
(unfilled)	LIGHT CURED	3 M	9.9	0.008
	WHITE SEALANT			
	VISIO-SEAL	ESPE- PREMIER	<1	1.75
LIGHT-CURED	ESTISEAL-LC	KUIZER	27.6	0.72
(filled)	PRISMA SHIELD	L.D.CAULK	46.4	0.007
SELF-CURED	DELTON	J & J	<1	4.92
(unfilled)	WHITE SEALANT	3 M	7.4	0.94

เนื่องจากผู้วิจัยคิดว่าปัจจัยเรื่องระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสง ซึ่งคือเวลาที่รอให้มีการไหลของวัสดุเข้าไปตามรูพรุนของผิวเคลือบฟันที่เกิดจากการกัดด้วยกรดก่อนการเกิดกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน น่าจะมีความสำคัญมากต่อวัสดุที่มีความหนืดสูง และจากข้อมูลของฝ่ายการตลาด บริษัท 3M ประเทศไทย จำกัด ซึ่งรายงานว่ายอดขายวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟัน Concise™ ในประเทศไทยมีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 37 ของตลาดการขายวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันในปีพ.ศ. 2540 เป็นร้อยละ 50 ในช่วง 6 เดือนแรกของปีพ.ศ. 2542 ในขณะที่ยอดขายวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟัน Delton® เมื่อเปรียบเทียบในช่วงเวลาเดียวกันมีค่าประมาณร้อยละ 45 ของตลาดการขายมาโดยตลอด ส่วนวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันที่ผลิตจากบริษัทอื่นๆ มียอดขายรวมกันไม่เกินประมาณร้อยละ 10 ของตลาดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการผลิตวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟัน Concise™ ให้มีประสิทธิภาพการยึดติดที่ดีในทางคลินิกต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสงแตกต่างกัน 5, 10 และ 30 วินาที
2. เพื่อเปรียบเทียบความยาวของเรซินแทรกของวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสงแตกต่างกัน 5, 10 และ 30 วินาที

สมมติฐานของการวิจัย

1. กำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาทีที่มีความแตกต่างกัน
2. ความยาวของเรซินแทรกของวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบำบัดด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาทีที่มีความแตกต่างกัน

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบผลของระยะเวลาที่แตกต่างกันก่อนการบำบัดด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเฉือนและความยาวของเรซินแทรกของวัสดุชนิดนี้กลุ่มร่องฟันชนิดแปดด้วยแสงซึ่งมีความหนืดสูงในฟันกรามน้ำนม

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางสำหรับการพัฒนาวิธีการฉีกหุ้มร่องฟันด้วยวัสดุฉีกหุ้มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงซึ่งมีความหนืดสูงให้มีประสิทธิภาพในการยึดติดที่ติดบนฟันกรามน้ำนมในทางคลินิกต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)
2. ตัวอย่างที่นำมาศึกษาคือ ฟันกรามน้ำนมที่ไม่บ่มและกำลังจะหลุดตามธรรมชาติ หรือ ฟันกรามน้ำนมที่มีรอยผุของฟันด้านอื่นๆ แต่ด้านทางแก้ม (buccal surface) หรือด้านทางลิ้น (lingual surface) ของตัวฟัน (crown) ไม่มีรอยผุ
3. บริเวณที่จะทำการศึกษาคือ ตำแหน่งระหว่างส่วนกลางหนึ่งในสาม (middle third) กับด้านบดเคี้ยวหนึ่งในสามของตัวฟัน (occlusal third) บนผิวเคลือบฟันทางด้านทางแก้ม หรือด้านทางลิ้นของฟันกรามน้ำนมซึ่งไม่มีรอยผุ รอยร้าว และความผิดปกติต่างๆของผิวเคลือบฟัน เช่น การเจริญพร่อง (hypoplasia) หรือ ฮัยโปแคลซิฟิเคชัน (hypocalcification) และจะเลือกทำการศึกษาในบริเวณที่ผิวเคลือบฟันมีความเป็นระนาบมากที่สุดโดยไม่กรอผิวเคลือบฟัน
4. ตัวอย่างที่นำมาศึกษาจะเก็บอยู่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride solution) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9
5. วัสดุฉีกหุ้มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงที่ใช้คือ Concise™ (บริษัท 3M ประเทศสหรัฐอเมริกา)
6. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง ทำโดยทันตแพทย์คนเดียวกันและใช้อุปกรณ์เดียวกันตลอดการศึกษา และทำในคลินิกภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. การทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน การสังเกตการหลุดของวัสดุ ตลอดจนการวัดความยาวของเรซินแทรกทำโดยทันตแพทย์คนเดียวกันตลอดการศึกษา

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. งานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ
 - 1.1 การศึกษามลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุฉีกหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนม ซึ่งจะแบ่งชิ้นตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มทดลองตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที

1.2 การศึกษาผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อความยาวของเรซินแทกของวัสดุฉีกหลุมร่องฟันในฟันกรามน้ำนม ซึ่งจะแบ่งขึ้นตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่มทดลองตามระยะเวลา ก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที

2. กรดที่ใช้กัดผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมคือ กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ชนิดเจลที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35

3. วิธีการเตรียมขึ้นตัวอย่าง การทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อน การสังเกตการหลุดของวัสดุ ตลอดจนการวัดความยาวของเรซินแทกถือเป็นมาตรฐานเดียวกัน เนื่องจากมีขั้นตอนที่เหมือนกันทุกขั้นตอน และกระทำโดยทันตแพทย์คนเดียวกันตลอดการศึกษา

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนจำกัด และเนื่องจากฟันกรามน้ำนมที่ไม่ผู้หาได้ยากจึงอนุโลมให้ใช้ฟันกรามน้ำนมที่ผู้เข้าร่วมในกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาได้ แต่จะต้องมีผิวเคลือบฟันด้านทางแก้มหรือด้านทางลิ้นที่ไม่ผู้และไม่มีความผิดปกติต่างๆ

2. ผลการวิจัยไม่สามารถใช้อ้างอิงไปถึงวัสดุฉีกหลุมร่องฟันชนิดอื่น ที่ไม่ใช่ Concise™

3. การวิจัยนี้ไม่สามารถควบคุมถึงตัวแปรเกิน ได้แก่ความหนาของชั้นผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะปราศจากแท่งเคลือบฟัน (rodless enamel, prismless enamel) ในฟันแต่ละซี่หรือแต่ละบริเวณ ความโค้งของผิวฟันที่จะมีผลต่อพื้นที่ทำการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อน และอายุของฟันที่นำมาศึกษาซึ่งจะมีผลต่อการสะสมแร่ธาตุบนผิวเคลือบฟัน

4. การวิจัยครั้งนี้กระทำในห้องปฏิบัติการ และทำบนผิวเคลือบฟันด้านทางแก้มหรือด้านทางลิ้น ผลของการวิจัยที่ได้จึงแตกต่างไปจากการปฏิบัติงานจริงภายในช่องปากของผู้ป่วยเด็ก แต่การทดลองในห้องปฏิบัติการจะสามารถกำจัดปัจจัยอื่นๆที่อาจมีผลรบกวนต่อตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษาได้ เช่นสภาพแวดล้อมภายในช่องปากซึ่งได้แก่ น้ำลายและความชื้น รวมทั้งปัญหาเรื่องความร่วมมือหรือพฤติกรรมของผู้ป่วยเด็ก

คำจำกัดความ

1. ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง (time-lapse before light curing) หมายถึง ระยะเวลาหลังการทาวัสดุฉีกหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันจนถึงเวลาที่เริ่มบ่มด้วยแสงเพื่อให้วัสดุแข็งตัว

2. วัสดุฉีกหลุมร่องฟัน หมายถึง วัสดุพอลิเมอร์ (polymer) ซึ่งใช้เคลือบบนผิวเคลือบฟันเพื่อป้องกันฟันผุ

3. แรงเฉือน (shear force) หมายถึง แรงที่กระทำต่อแท่งวัสดุหนึ่งหลุมร่องฟันที่ยึดติดกับผิวเคลือบฟันในทิศทางขนานกับรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันกับแท่งวัสดุจนกระทั่งแท่งวัสดุหลุดออกจากผิวเคลือบฟัน

4. กำลังแรงยึดแบบเฉือน หมายถึง แรงเฉือนต่อหน่วยพื้นที่

5. เรซินแทรก หมายถึง วัสดุพอลิเมอร์ที่แทรกซึมลงไปตามรูพรุนขนาดเล็กของผิวเคลือบฟันที่เกิดจากการกัดด้วยกรดแล้วแข็งตัว ทำให้เกิดการยึดติดของวัสดุกับผิวเคลือบฟันแบบเชิงกล

6. วิธีการใช้กรดกัด (acid etching) หมายถึง วิธีการใช้กรดทาบนผิวเคลือบฟันเพื่อละลายผิวเคลือบฟันบางส่วนออกทำให้เกิดเป็นรูพรุนขนาดเล็ก

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในปีค.ศ. 1955 Buonocore⁽³⁴⁾ เป็นบุคคลแรกที่เสนอวิธีการใช้กรดกัดบนผิวเคลือบฟัน เพื่อช่วยในการยึดเรซินอะคริลิก (acrylic resin) ให้ติดกับผิวเคลือบฟันได้นานขึ้น โดยใช้กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 85 ทาบนผิวเคลือบฟันนาน 30 วินาที และได้เสนอให้นำวิธีการใช้กรดกัดนี้มาใช้ในงานทันตกรรมป้องกัน (preventive dentistry) โดยการทำผิวนอกหลุมร่องฟันเพื่อป้องกันฟันผุนด้านบดเคี้ยว

ต่อมาในปีค.ศ. 1967 Cueto และ Buonocore⁽¹²⁾ ได้นำไซอะโนอะครายเลท (cyanoacrylate) มาเป็นวัสดุผนึกหลุมร่องฟันร่วมกับวิธีการใช้กรดกัดในคลินิกเป็นครั้งแรก พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 1 ปี สามารถลดการเกิดฟันผุด้านบดเคี้ยวได้ร้อยละ 86.3 แต่เนื่องจากวัสดุชนิดนี้เมื่ออยู่ในช่องปากจะสลายตัว (decompose) ได้เร็วจากการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis)⁽³⁵⁾ จึงได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาวัสดุที่ใช้สำหรับการผนึกหลุมและร่องฟันให้มีคุณสมบัติที่ดียิ่งขึ้น

ปัจจุบันวัสดุผนึกหลุมร่องฟันที่นิยมใช้เป็นสารเรซินที่มีองค์ประกอบหลักคือ บิสฟีนอล เอ กลัยซิดิล ไดเมธาครายเลท หรือเรียกย่อว่า บิส-จีเอ็มเอ (BIS-GMA)⁽³²⁾ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดตามกระบวนการเกิดพอลิเมอร์คือ ชนิดบ่มด้วยตัวเองและชนิดบ่มด้วยแสง⁽²⁾ ซึ่งทั้งสองชนิดมีการยึดติดทางคลินิกได้ไม่แตกต่างกันเมื่อเวลานาน 5 ปี⁽³⁶⁾ ข้อดีของเรซินชนิดบ่มด้วยแสงคือ วัสดุแข็งตัวได้ในเวลารวดเร็วกว่า ผู้ใช้สามารถควบคุมการเกิดพอลิเมอร์ได้ในเวลาที่ต้องการ และเนื่องจากไม่ต้องมีขั้นตอนการผสมสารจึงลดการเกิดฟองอากาศในเนื้อวัสดุ^(2,32) วัสดุผนึกหลุมร่องฟันบางชนิดมีการเติมวัสดุอัดแทรก (filler) เช่น ควอตซ์ (quartz) แก้ว (glass) หรือพอร์ซเลน (porcelain) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงและความต้านทานต่อการสึก (wear resistance)⁽²⁾ จากการศึกษาพบว่าวัสดุผนึกหลุมร่องฟันทั้งชนิดที่ไม่มี และไม่มีวัสดุอัดแทรกต่างก็สามารถแทรกซึมลงไปนร่องฟันได้ดี⁽³⁷⁾ และผลการยึดติดทางคลินิกไม่แตกต่างกัน⁽³⁸⁾ นอกจากนี้สามารถแบ่งวัสดุผนึกหลุมร่องฟันตามสีของมันออกเป็น 2 ชนิดคือ ชนิดไม่มีสีหรือใส (clear) และชนิดมีสี ซึ่งการทำให้วัสดุผนึกหลุมร่องฟันมีสีจาง (tint) หรือสีทึบ (opaque) จะช่วยให้มองเห็นและตรวจสอบการยึดติดได้ง่ายในช่องปาก⁽²⁷⁾

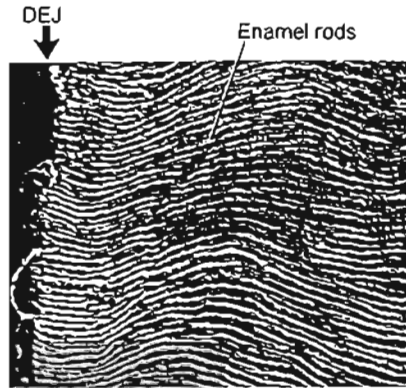
วัสดุฉีกหลุมร่องฟันสามารถป้องกันฟันผุได้นานเท่าที่วัสดุยังยึดติดอยู่บนหลุมร่องฟันได้อย่างสมบูรณ์และต่อเนื่อง (intact) ⁽²³⁾ เนื่องจากการยึดติดที่เกิดขึ้นเป็นการยึดแบบเชิงกลระหว่างเรซินแทกกับรูพรุนขนาดเล็กของผิวเคลือบฟัน จึงอาจกล่าวได้ว่าความสำเร็จในการยึดติดของวัสดุฉีกหลุมร่องฟันขึ้นอยู่กับสิ่งสำคัญคือการแทรกซึมของสารเรซินเข้าไปในผิวเคลือบฟัน ⁽³⁹⁾ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกซึมของสารเรซินได้แก่ รูปแบบ (pattern) ของผิวเคลือบฟันที่เกิดขึ้นภายหลังจากการกัดด้วยกรด การทำให้พื้นผิวเปียก (wettability) ของผิวเคลือบฟัน และคุณสมบัติของสารเรซินเองได้แก่ แรงตึงผิว (surface tension) ความหนืด (viscosity) ตลอดจนอัตราเร็วของกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ ^(15,40)

ผิวเคลือบฟัน

ผิวเคลือบฟันเป็นเนื้อเยื่อที่มีความแข็งมากที่สุดในร่างกาย โดยคุณสมบัติของผิวเคลือบฟันในแต่ละบริเวณจะมีความแตกต่างกันคือ บริเวณผิวจะมีความแข็ง ความหนาแน่น (density) มากกว่า และมีรูพรุน (porous) น้อยกว่าบริเวณที่อยู่ใต้ผิวลงไป และบริเวณปุ่มฟัน (cusp) หรือปลายฟันตัด (incisal tip) จะมีความแข็งและความหนาแน่นมากกว่าบริเวณคอฟัน (cervical) ส่วนประกอบทางเคมีของผิวเคลือบฟันเมื่อพิจารณาโดยน้ำหนักประกอบด้วย สารอนินทรีย์ (inorganic material) ร้อยละ 96 สารอินทรีย์ (organic material) ร้อยละ 1 และน้ำอีกร้อยละ 3 สารอนินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบหลักคือ แคลเซียม (calcium) และ ฟอสฟอรัส (phosphorus) ซึ่งประกอบกันอยู่ในรูปของผลึกไฮดรอกซีอะปาทาइट (hydroxyapatite crystal) ⁽⁴¹⁾

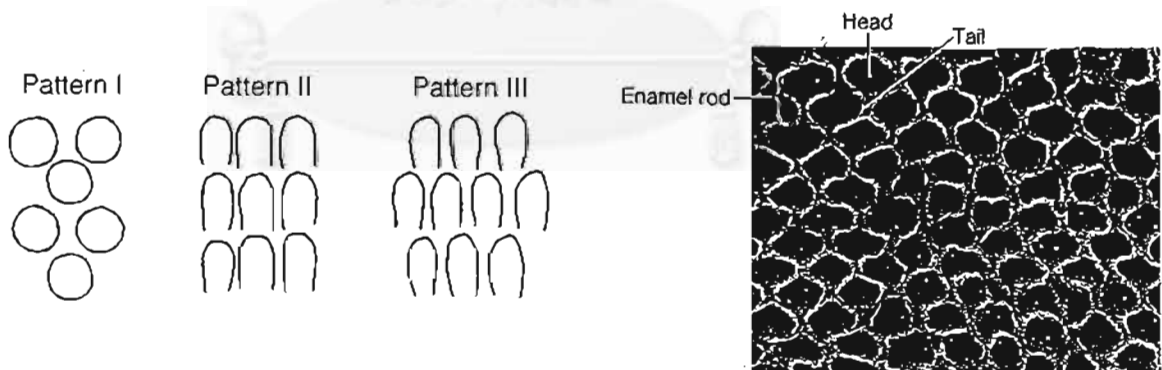
โครงสร้างของผิวเคลือบฟัน

ผิวเคลือบฟันประกอบด้วยแท่งเคลือบฟัน (enamel rod, enamel prism) เป็นจำนวนมากเรียงตัวกันแน่นโดยแต่ละแท่งมีความยาวตั้งแต่รอยต่อระหว่างชั้นเคลือบฟันกับเนื้อฟันไปจนถึงบริเวณผิวของเคลือบฟัน (ภาพที่ 1) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเคลือบฟันที่บริเวณใกล้กับเนื้อฟันมีค่าประมาณ 4 ไมครอน (micron) และมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 8 ไมครอนที่บริเวณผิวของเคลือบฟัน ⁽⁴²⁾ โดยขนาดของแท่งเคลือบฟันจะสัมพันธ์กับขนาดของเซลล์อะมีโลบลาสต์ (ameloblast) ที่ทำหน้าที่สร้างแท่งเคลือบฟัน ⁽⁴³⁾



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายแท่งเคลือบฟันจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ภายหลังจากการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน แสดงให้เห็นว่าผิวเคลือบฟันประกอบด้วยแท่งเคลือบฟันจำนวนมาก⁽⁴³⁾

ถ้าตัดแท่งเคลือบฟันตามขวาง (cross section) อาจพบรูปแบบต่างกันได้ขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมเนื้อเยื่อและแนวการตัด (ภาพที่ 2) แต่ส่วนใหญ่จะพบลักษณะคล้ายรูกุญแจ (keyhole)⁽⁴¹⁾ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหัว (head) ที่ชี้ไปยังขอบด้านตัดหรือปุ่มฟัน และส่วนหาง (tail) ที่ชี้ลงบริเวณคอฟัน โดยส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันแต่ละแท่งจะอยู่ระหว่างส่วนหางของแท่งเคลือบฟัน 2 แท่งที่อยู่ติดกัน (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงแท่งเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวาง อาจพบรูปแบบของแท่งเคลือบฟันที่ต่างกันคือ

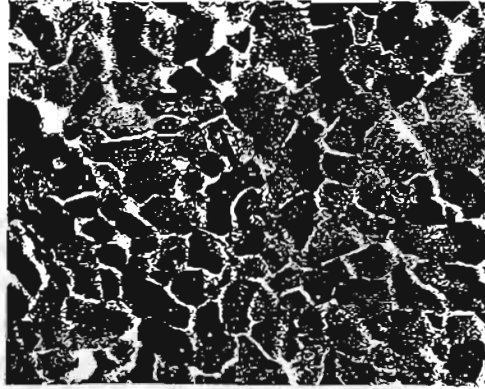
รูปแบบที่ 1 กลม

รูปแบบที่ 2 เรียงกันเป็นแถวในแนวตั้ง

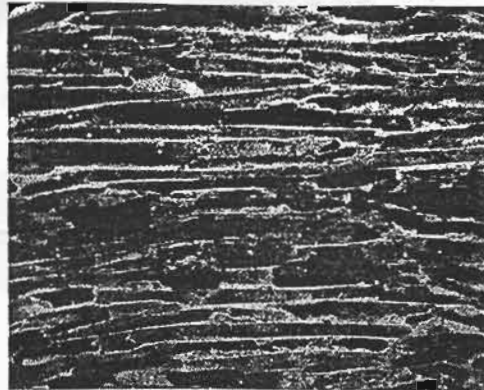
รูปแบบที่ 3 เรียงกันเป็นแถวแต่เหลื่อมซ้อนกัน⁽⁴¹⁾

ภาพที่ 3 ภาพแสดงแท่งเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวางมักพบลักษณะคล้ายรูกุญแจ โดยแบ่งเป็นส่วนหัวและส่วนหาง⁽⁴³⁾

ภายในแต่ละแห่งเคลือบฟันมีผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ กันอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อมองในภาคตัดขวางผลึกจะมีรูปร่างคล้ายหกเหลี่ยม (hexagons) (ภาพที่ 4) และเมื่อมองตามแนวยาว (longitudinal section) ผลึกจะมีลักษณะเป็นแถบเรียงต่อกันคล้ายไม้ระแนง (slatlike appearance) โดยแทบไม่มีช่องว่างระหว่างผลึกเลย⁽⁴³⁾ (ภาพที่ 5)



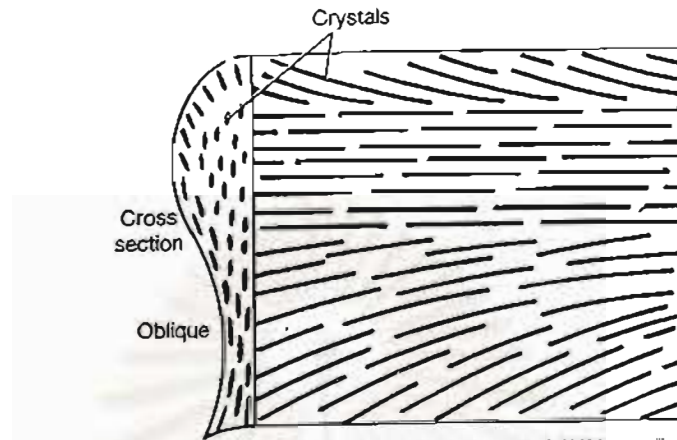
ภาพที่ 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชชัน แสดงลักษณะผลึกของเคลือบฟันเมื่อตัดตามขวาง⁽⁴³⁾



ภาพที่ 5 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชชัน แสดงลักษณะผลึกของเคลือบฟันเมื่อตัดตามยาว⁽⁴³⁾

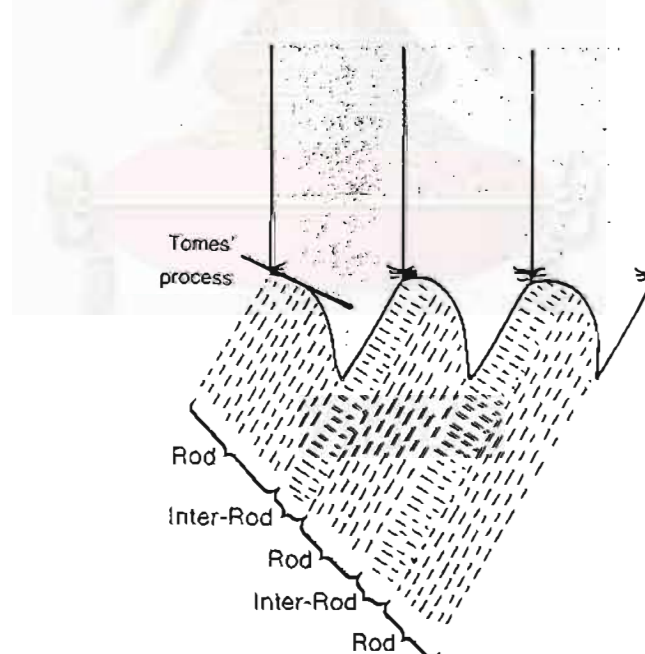
องค์ประกอบของผลึกบริเวณส่วนแกน (core) จะแตกต่างจากบริเวณขอบ (periphery) ของผลึกเล็กน้อย โดยส่วนแกนจะประกอบด้วยแมกนีเซียม (magnesium) และคาร์บอเนต (carbonate) ในปริมาณที่มากกว่า ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ส่วนแกนของผลึกละลายตัวได้ง่ายกว่าบริเวณขอบ⁽⁴¹⁾ การเรียงตัวของผลึกในบริเวณกึ่งกลางของส่วนหัวของแห่งเคลือบฟันจะเรียงตัว

ขนานกับแนวแกนของแท่งเคลือบฟัน ในขณะที่บริเวณส่วนหางของแท่งเคลือบฟันพบว่าผลึกจะค่อยๆ เรียงตัวเฉียงออกจากแนวแกนของแท่งเคลือบฟันโดย ทำมุมประมาณ 65 องศา⁽⁴²⁾ (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึกภายในแท่งเคลือบฟัน⁽⁴³⁾

บริเวณที่อยู่รอบๆ แท่งเคลือบฟันเรียกว่าบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟัน (interrod region) ซึ่งบริเวณนี้มีการเรียงตัวของผลึกในทิศทางที่แตกต่างไปจากผลึกภายในแท่งเคลือบฟัน⁽⁴¹⁾ (ภาพที่ 7)



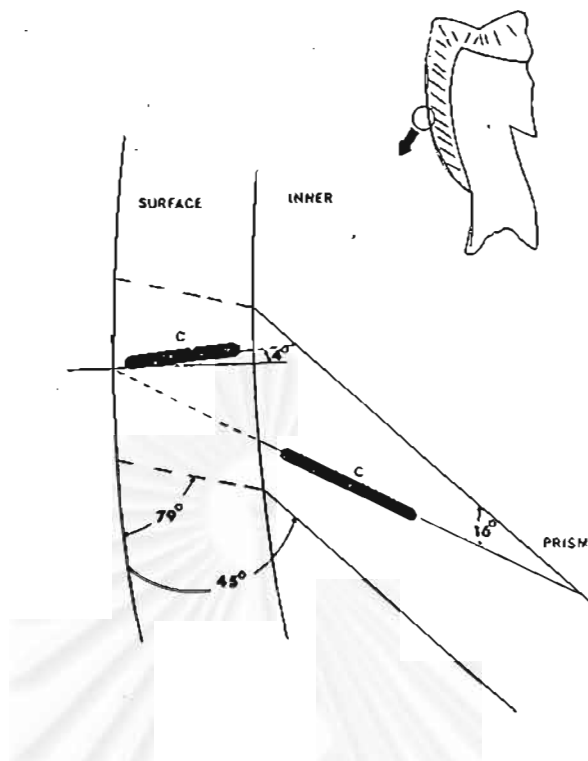
ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโทมโพรเซส (Tomes' process) ของเซลล์อะมีโลบลาสต์กับลักษณะการสร้างผลึกในแท่งเคลือบฟันและบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟัน ซึ่งจะพบว่าทั้งสองบริเวณมีการเรียงตัวของผลึกในทิศทางที่แตกต่างกัน⁽⁴¹⁾

และตำแหน่งที่ผลึกภายในแท่งเคลือบฟันทำมุมแหลม (sharp angle) กับบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟันเรียกว่า เยื่อหุ้มแท่งเคลือบฟัน (rod sheath) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีโปรตีน (protein) อยู่มากกว่าบริเวณอื่นๆ⁽⁴⁴⁾

ผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟัน

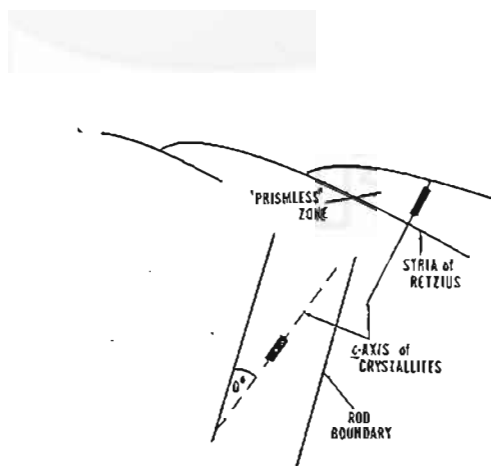
มักพบบริเวณผิวของเคลือบฟัน และอาจพบเป็นชั้นบางๆ ในบริเวณชิดกับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเนื้อฟัน ในบริเวณผิวของเคลือบฟันนี้พบว่าผลึกจะเรียงตัวขนานกันและตั้งฉากกับผิวนอกทำให้ไม่เห็นลักษณะของแท่งเคลือบฟัน ซึ่งแตกต่างจากเคลือบฟันที่อยู่ใต้ชั้นนี้ลงไปทีผลึกจะมีการเปลี่ยนแปลงการเรียงตัวอย่างชัดเจนจึงปรากฏเป็นลักษณะขอบเขตของแท่งเคลือบฟัน (prism boundaries) ผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันเกิดขึ้นได้เนื่องจากในช่วงแรกของการสร้างเคลือบฟัน จะยังไม่มีเปลี่ยนแปลงของเซลล์อะมีโลบลาสต์ให้มีลักษณะโทมโปรเซส และในช่วงสุดท้ายของการสร้างเคลือบฟันโทมโปรเซสก็จะหดสั้นลงและหายไป ทำให้แนวแกนของผลึกเรียงตั้งฉากกับผิวนอกของเคลือบฟัน^(41,43,44) Ripa และคณะ⁽⁴⁵⁾ ได้ศึกษาถึงอุบัติการณ์ของผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้ พบว่าบริเวณผิวของเคลือบฟันน้ำนมจะมีลักษณะเช่นนี้ทุกซี่ ในขณะที่ผิวเคลือบฟันแท้จะมีโอกาสพบได้เพียงร้อยละ 70 โดยผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในฟันน้ำนมจะปกคลุมพื้นที่ผิวทั้งหมดของบริเวณด้านประชิด (proximal) ส่วนบริเวณด้านทางแก้มและด้านทางลิ้นพบว่าประมาณร้อยละ 86 ของกลุ่มศึกษาจะปกคลุมมาถึงบริเวณกึ่งกลางตัวฟัน (mid-coronal region) หรือถึงปุ่มฟัน มีเพียงส่วนน้อยคือร้อยละ 14 ของกลุ่มศึกษาเท่านั้นที่ผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันจะจำกัดอยู่เฉพาะบริเวณคอฟันหนึ่งในสาม (cervical third) สำหรับในฟันแท้พบว่าร้อยละ 57 จะพบมีผิวเคลือบฟันแบบนี้จำกัดอยู่เฉพาะคอฟันหนึ่งในสาม และร้อยละ 36 จะพบมาถึงบริเวณกึ่งกลางตัวฟัน มีเพียงร้อยละ 7 เท่านั้นที่พบผิวเคลือบฟันแบบนี้ปกคลุมอยู่ตลอดทั้งด้าน นอกจากนี้ยังมีโอกาสพบในฟันที่ยังไม่งอกขึ้นสูงในช่องปากได้บ่อยกว่าฟันที่ขึ้นมาแล้ว ผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันที่พบในฟันแท้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แบบเป็นแถบอย่างต่อเนื่อง (continuous band) และแบบเปลือกหัวหอม (onion layer) ซึ่งเป็นแบบที่พบบ่อยในฟันแท้ ส่วนแบบที่พบในฟันน้ำนมมักเป็นแถบอย่างต่อเนื่อง

การเรียงตัวของผลึกในชั้นเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในฟันน้ำนมจะค่อนข้างตั้งฉากกับผิวนอกของฟัน ส่วนในเคลือบฟันที่อยู่ใต้ชั้นนี้ลงไปผลึกจะเรียงตัวออกจากแนวแท่งเคลือบฟันประมาณ 16 องศา⁽⁴⁵⁾ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึก (c) ภายในผิวเคลือบพื้นที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในพินน้ำนม⁽⁴⁵⁾

ในพินแท้พบว่าการเรียงตัวของผลึกในชั้นเคลือบพื้นที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันนี้จะขนานกันและแนวแกนของผลึกตั้งฉากกับเส้นของเรทเซียส (striae of Retzius) ที่บริเวณผิวนอกของพิน⁽⁴⁶⁾ (ภาพที่ 9)



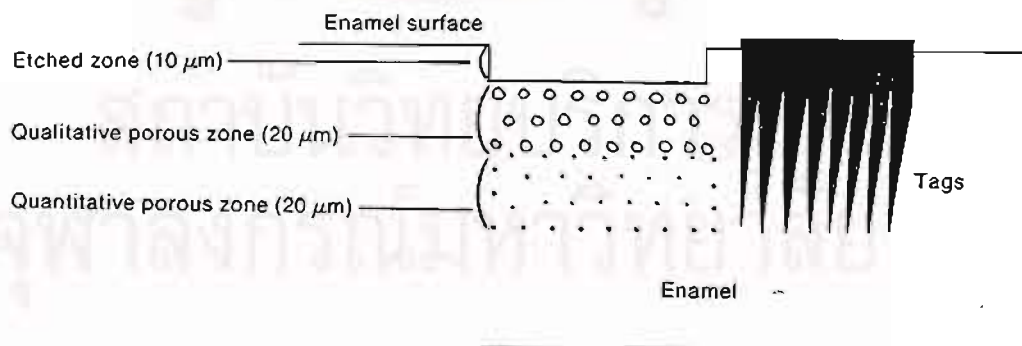
ภาพที่ 9 แผนภาพแสดงการเรียงตัวของผลึกภายในผิวเคลือบพื้นที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันในพินแท้ ซึ่งผลึกที่บริเวณผิวนอกจะเรียงตัวตั้งฉากกับเส้นของเรทเซียส⁽⁴⁶⁾

การศึกษาของ Whittaker⁽⁴⁷⁾ พบว่าความหนาของชั้นเคลือบฟันที่ปราศจากแห่งเคลือบฟันนี้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของฟันว่าเป็นฟันหน้า (anterior teeth) หรือฟันหลัง (posterior teeth) โดยในฟันหลังจะมีความหนามากกว่า และแม้ในฟันที่เดียวกันแต่ต่างบริเวณความหนาของชั้นนี้ก็อาจแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในผิวเคลือบฟันน้ำนมจะมีความหนาของชั้นนี้ประมาณ 16 - 45 ไมครอนซึ่งมากกว่าในฟันแท้อีกด้วย จากความแตกต่างนี้เองที่อาจมีผลต่อการเกิดฟันผุ (caries susceptibility) และการตอบสนองที่ไม่เหมือนกันต่อการกัดด้วยกรด

รูปแบบของผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรด

การศึกษาผิวเคลือบฟันปกติภายหลังถูกกัดด้วยกรด โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ⁽²⁾ (ภาพที่ 10)

1. Etched zone เป็นชั้นผิวเคลือบฟันที่สูญเสียไปจากการใช้กรดกัด มีความลึกประมาณ 10 ไมครอน
2. Qualitative porous zone เป็นชั้นที่มีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดใหญ่อยู่ถัดจากชั้นแรกเข้าไปลึกประมาณ 20 ไมครอน
3. Quantitative porous zone เป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุด คือลึกเข้าไปอีกประมาณ 20 ไมครอน โดยมีลักษณะเป็นรูพรุนขนาดเล็กๆ



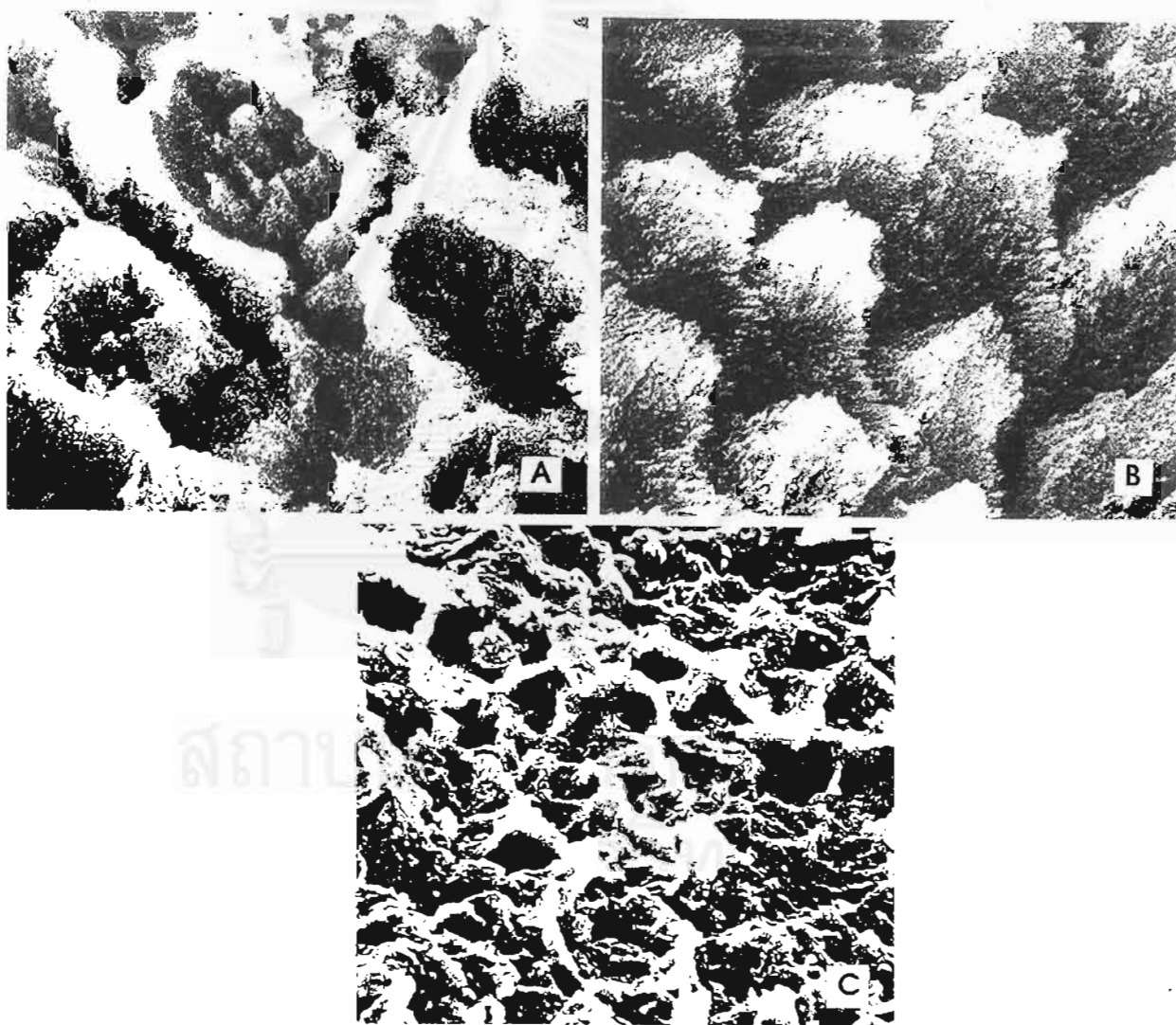
ภาพที่ 10 แผนภาพแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของผิวเคลือบฟันปกติภายหลังการกัดด้วยกรด⁽²⁾

รูปแบบของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดตามการทดลองของ Silverstone และคณะ⁽⁴⁸⁾ จะพบได้ 3 แบบคือ

แบบที่ 1 กรดจะกำจัดแกนกลางของแท่งเคลือบฟันออกโดยยังเหลือขอบของแท่งเคลือบฟันอยู่ (ภาพที่ 11 A) รูปแบบของผิวเคลือบฟันที่ถูกกัดด้วยกรดจะพบแบบนี้ได้บ่อยที่สุด

แบบที่ 2 บริเวณรอบๆของแกนกลางของแท่งเคลือบฟันถูกกำจัดออกไป เหลือบริเวณแกนกลางของแท่งเคลือบฟันไว้ (ภาพที่ 11 B) แบบนี้จะพบน้อยกว่าแบบแรก

แบบที่ 3 ผิวเคลือบฟันถูกกรดกัดออกไปแบบขรุขระ ไม่มีรูปแบบชัดเจน (ภาพที่ 11 C) เป็นแบบที่พบน้อยมาก



ภาพที่ 11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงรูปแบบต่างๆของผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรด⁽⁴⁸⁾

ผิวเคลือบฟันภายหลังจากถูกกัดด้วยกรดจะมีลักษณะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับความเร็วของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ เนื่องจากส่วนปลายของผลึกละลายเร็วกว่าส่วนขอบ ดังนั้นในบริเวณส่วนหัวของแท่งเคลือบฟันซึ่งมีการเรียงตัวของผลึกตั้งฉากกับผิวเคลือบฟันจะละลายได้ง่ายกว่าบริเวณส่วนหางซึ่งผลึกจะเอียงตัวเอาบริเวณขอบออกมาทางผิวเคลือบฟันมากกว่า ทำให้พบรูปแบบของผิวเคลือบฟันภายหลังจากการกัดด้วยกรดเป็นแบบที่ 1 ซึ่งพบได้บ่อย ส่วนบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟันแต่ละอันมาพบกันซึ่งเป็นช่องว่างที่ไม่มีผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์นั้นจะทนทานต่อการละลายได้มากที่สุด

การใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันจะทำให้เกิดผลต่อผิวเคลือบฟัน 2 ขั้นตอน คือขั้นแรกกรดจะกำจัดคราบจุลินทรีย์และเศษ (debris) ต่างๆที่คลุมอยู่บนผิวเคลือบฟันเป็นชั้นบางๆออก ต่อมาในขั้นที่สอง ผลของกรดจะทำให้เกิดรูพรุนบนผิวเคลือบฟันเนื่องจากเกิดการละลายของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ออกไป รูพรุนเหล่านี้จะทำให้มีการยึดติดของวัสดุยึดบนผิวเคลือบฟันเพิ่มมากขึ้น⁽⁴⁴⁾

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟันนั้นภายหลังจากการกัดด้วยกรดแม้จะมีลักษณะเหมือนกับที่เกิดขึ้นในผิวเคลือบฟันแท้ แต่กรดจะละลายเคลือบฟันน้ำนมออกไปได้ความลึกที่น้อยกว่า เพราะบริเวณผิวเคลือบฟันน้ำนมมีลักษณะปรากฏจากแท่งเคลือบฟันซึ่งการเรียงตัวของผลึกไฮดรอกซีอะปาไทต์ที่แน่นชิดกันในบริเวณนี้จะเป็นตัวจำกัดการแทรกซึมของกรด⁽⁴⁵⁾ และมีผลทำให้เรซินแท่งที่เกิดขึ้นในผิวเคลือบฟันน้ำนมมีลักษณะละเอียด (fine) บาง (thin) สั้นและมีจำนวนน้อยกว่าในผิวเคลือบฟันแท้ โดยการดูเรซินแท่งเหล่านี้จะเห็นได้ชัดเจนเมื่อมองจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด⁽⁵⁰⁾

จากการศึกษาของ Hosoya และ Goto⁽⁵¹⁾ ซึ่งใช้กรดฟอสฟอริกชนิดเจดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 40 ทาบนผิวเคลือบฟันด้านทางริมฝีปาก (labial) ของฟันน้ำนมโดยไม่กรอผิวเคลือบฟันออกนาน 60 วินาที พบว่ารูปแบบของผิวเคลือบฟันน้ำนมภายหลังจากการกัดด้วยกรดที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือแบบที่มีลักษณะขรุขระ ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน และที่พบรองลงมาคือแบบที่บริเวณรอบๆแกนกลางของแท่งเคลือบฟันถูกกำจัดออกไป

การศึกษาถึงอัตราการยึดติด (retention rate) ของวัสดุผนึกหลุมร่องฟันในฟันน้ำนมระยะแรก พบว่ามีค่าต่ำกว่าอัตราการยึดติดของวัสดุในฟันแท้⁽⁵²⁾ อาจเป็นเพราะผิวเคลือบฟันน้ำนมมีลักษณะที่ปรากฏจากแท่งเคลือบฟันมากกว่าในเคลือบฟันแท้⁽³⁾ เพื่อให้การยึดติดของเรซินกับผิวเคลือบฟันน้ำนมดีขึ้นจึงได้มีการแนะนำให้กรอชั้นเคลือบฟันที่ปรากฏจากแท่งเคลือบฟันนี้ออกก่อน

การกัดด้วยกรด^(53,54) แต่มีบางการศึกษาที่ไม่แนะนำให้กรอ เนื่องจากไม่สามารถหาความหนาที่แท้จริงของชั้นนี้ได้ทางคลินิก จึงไม่ทราบว่าจะต้องกรอออกมากน้อยเพียงใด⁽⁵⁵⁾ Knofl และคณะ⁽⁵⁶⁾ รายงานว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของสารเรซินบนผิวเคลือบฟันน้ำนมที่ผ่านการกรอ จะต่ำกว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนบนผิวเคลือบฟันน้ำนมปกติอย่างมีนัยสำคัญ และการกรอผิวเคลือบฟันออก จะมีโอกาสทำให้เกิดการเผย (expose) ของเนื้อฟันได้ ส่วนการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของสารเรซินบนผิวเคลือบฟันน้ำนมปกติกับผิวเคลือบฟันที่ผ่านการกรอ^(24,57) สาเหตุอีกประการหนึ่งที่อาจมีผลทำให้อัตราการยึดติดของสารเรซินบนผิวเคลือบฟันน้ำนมต่ำคือ เคลือบฟันน้ำนมมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์อยู่มากกว่าส่วนที่เป็นแร่ธาตุ (mineral content)⁽⁵⁸⁾ ด้วยเหตุนี้ในอดีตจึงมีการแนะนำให้ใช้กรดกัดบนผิวเคลือบฟันน้ำมนานถึง 120 วินาที⁽⁵⁹⁾

ระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟัน

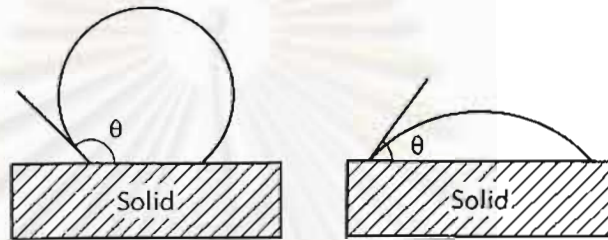
ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันในปัจจุบันมีค่าต่างๆกันตั้งแต่ 15 ถึง 60 วินาที ทั้งในฟันน้ำนมและฟันแท้⁽²⁾ Simonsen⁽²⁵⁾ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 12 เดือน อัตราการยึดติดทางคลินิกของวัสดุฉลุนีกลุมร่องฟันบนฟันน้ำนมไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบเวลาในการกัดด้วยกรดนาน 60 กับ 120 วินาที

Redford และคณะ⁽²⁶⁾ ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าลักษณะของผิวเคลือบฟันน้ำนมหลังการกัดด้วยกรด และรูปแบบของเรซินแทกที่เกิดขึ้น ตลอดจนค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุฉลุนีกลุมร่องฟัน เมื่อเวลากัดด้วยกรดนาน 15, 30, 60 และ 120 วินาที ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษานี้ทำบนผิวเคลือบฟันน้ำนมปกติที่ไม่ผ่านการกรอ

Gwinnett และ Garcia-Godoy⁽²⁴⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนระหว่างผิวเคลือบฟันน้ำนมปกติกับผิวเคลือบฟันน้ำนมที่ผ่านการกรอ โดยการใช้กรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37 และ 10 ทาบนผิวเคลือบฟันน้ำมนาน 15 และ 20 วินาทีตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน และจากการเปรียบเทียบกับกรอทดลองในลักษณะเดียวกัน แต่ทำบนผิวเคลือบฟันแท้ ก็พบว่าไม่มีความแตกต่างกันด้วย จึงแนะนำว่าวิธีการใช้กรดกัดบนผิวเคลือบฟันน้ำนมสามารถใช้แบบเดียวกันกับที่ใช้บนผิวเคลือบฟันแท้ได้

การทำให้พื้นผิวเปียก แรงตึงผิวและความหนืด

การดูดซับของเหลวบนพื้นผิวของแข็งจะเกิดได้เมื่อของเหลวนั้นทำให้พื้นผิวเปียก ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวขึ้นกับมุมสัมผัส (contact angle) ของของเหลวบนพื้นผิว การทำให้พื้นผิวเปียกได้นั้นค่ามุมสัมผัสที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่า 90 องศา ของเหลวที่มีค่ามุมสัมผัสต่ำจะทำให้พื้นผิวเปียกได้สูง และมุมสัมผัสที่มีค่าเท่ากับ 0 องศา จะทำให้เกิดการเปียกของพื้นผิวได้ดีที่สุด⁽⁶⁰⁾ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แผนภาพแสดงมุมสัมผัส (θ) ของของเหลวซึ่งแตกต่างกันที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวของแข็งโดยภาพถ่ายมือแสดงมุมสัมผัสที่กว้างและภาพขวามือแสดงมุมสัมผัสที่แคบ⁽⁶⁰⁾

แรงตึงผิวเป็นแรงที่เกิดจากการดึงดูดกัน (attraction) ระหว่างโมเลกุลที่อยู่บริเวณผิวกับโมเลกุลที่อยู่ภายในของของเหลว ถ้าแรงที่ดึงดูดกันนี้มีค่ามากของเหลวนั้นจะมีแรงตึงผิวสูงและทำให้ของเหลวมีรูปทรงกลม (sphere) นั่นคือพื้นที่ผิวสัมผัสต่อหน่วยปริมาตรจะเกิดขึ้นน้อย⁽⁶⁰⁾

ความหนืดเป็นค่าความต้านทานของของเหลวต่อแรงที่มากกระทำให้มันเกิดการไหล วัสดุยึด (adhesive) ที่มีความหนืดสูงจะมีความต้านทานต่อการไหลมากและจะไหลแผ่ (spread) ไปบนพื้นผิวได้น้อย⁽⁶⁰⁾ วัสดุยึดที่มีความหนืดจะสามารถเติมเต็ม (fill) บริเวณพื้นผิวที่มีความขรุขระได้อย่างสมบูรณ์นั้นจำเป็นต้องใช้เวลาที่นานเพียงพอ ซึ่งยังหาไม่ได้ในทางคลินิกว่าจะต้องใช้เวลานานเป็นเท่าใด⁽⁶⁰⁾ ความหนืดของสารเรซินสามารถทราบได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึม โดยสารเรซินที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมสูงแสดงว่าสารนั้นมีความหนืดน้อย ส่วนสารเรซินที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมต่ำแสดงว่าสารนั้นมีความหนืดมาก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมนั้นสามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ⁽⁶¹⁾ และมีการศึกษาที่รายงานว่าสารเรซินที่มีความหนืดน้อยจะทำให้เกิดเรซินแทรกที่มีความยาวมากกว่าสารเรซินที่มีความหนืดมาก^(62,63)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากร

พืชน้ำมันทุกชนิด

กลุ่มตัวอย่าง

พืชน้ำมันที่มีผิวเคลือบพื้นด้านทางแก้มหรือด้านทางล้นซึ่งไม่มีรอยผุ รอยร้าว หรือความผิดปกติอื่นๆ จำนวน 72 ชิ้นตัวอย่าง ซึ่งเก็บอยู่ในสสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9 แบ่งกลุ่มขึ้นตัวอย่างโดยการสุ่มด้วยวิธีการจับสลากเข้าสู่การศึกษาดังนี้

1. การศึกษาผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุผนังหลุมร่องพื้นในพืชน้ำมัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลองตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวน 20 ชิ้นตัวอย่างและประกอบด้วยชิ้นตัวอย่างที่เป็นผิวเคลือบพื้นด้านทางแก้มกับด้านทางล้นอย่างละเท่ากัน

2. การศึกษาผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อความยาวของเวซินแทกของวัสดุผนังหลุมร่องพื้นในพืชน้ำมัน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มทดลองตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที โดยใช้ชิ้นตัวอย่างที่เป็นผิวเคลือบพื้นทางด้านทางแก้มจำนวนทั้งสิ้น 12 ชิ้น มาทำการศึกษาควาระ 2 กลุ่มทดลองในชิ้นตัวอย่างเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างซีพิน การเตรียมชิ้นตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้คือ

2.1 เตรียมกลุ่มทดลองที่มีระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 กับ 10 วินาทีในชิ้นตัวอย่างเดียวกัน โดยเตรียมจำนวน 6 ชิ้นตัวอย่าง

2.2 เตรียมกลุ่มทดลองที่มีระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 กับ 30 วินาทีในชิ้นตัวอย่างเดียวกัน โดยเตรียมจำนวน 6 ชิ้นตัวอย่าง

3. การจัดกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการจัดกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลองแบบสุ่ม (random allocation) ด้วยวิธีการจับสลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องทดสอบทั่วไป (universal testing machine : Loyd model LR 10 K) (ภาพที่ 13) เป็นเครื่องมือศึกษาคุณสมบัติเชิงกล (mechanical property) ของวัสดุ ใช้ทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน ส่วนประกอบของเครื่องมีดังนี้

1.1 ฟิกซ์ เฮด (fixed head) เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือซึ่งอยู่กับที่

1.2 ครอส เฮด (cross head) เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือซึ่งเคลื่อนที่ ในการวิจัยนี้ใช้ความเร็วของการเคลื่อนที่ 0.5 มิลลิเมตร ต่อ 1 นาที

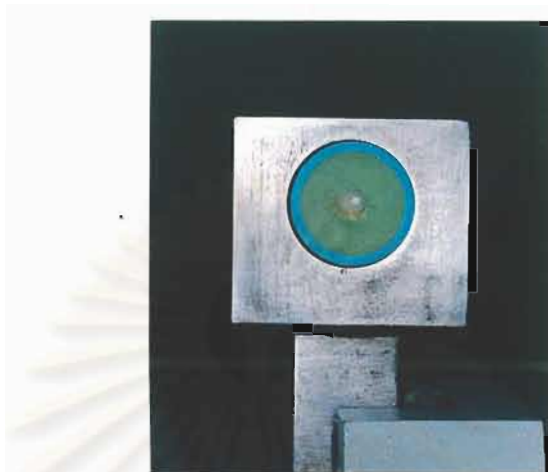
1.3 นิวแมติก กริป (pneumatic grip) คือส่วนที่ทำหน้าที่ในการจับชิ้นงานของฟิกซ์ เฮด และครอส เฮด



ภาพที่ 13 เครื่องทดสอบทั่วไป

2. เครื่องมือช่วยในการจับชิ้นงาน ประกอบด้วย

2.1 ส่วนที่ติดกับฟิกซ์ เฮด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจับชิ้นตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองซึ่งบรรจุอยู่ในระบบออปทลาสติก (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 เครื่องมือส่วนที่ติดกับฟิกซ์ เฮด ใช้ในการจับชิ้นตัวอย่าง

2.2 ส่วนที่ติดกับครอส เฮด เป็นแท่งโลหะที่เจาะช่องสี่เหลี่ยมโดยบริเวณที่ใช้งานจะมีขอบคมคล้ายใบมีด (knife edge) ใช้ในการให้แรงเฉือนเพื่อทำให้แท่งวัสดุนี้กนหมุนร่องฟันหลุดออกจากผิวเคลือบฟัน (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 เครื่องมือส่วนที่ติดกับครอส เฮด ใช้ในการให้แรงเฉือน

การใช้เครื่องมือนี้ในการวิจัยมีวิธีการดังนี้

ก. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในช่องของเครื่องมือส่วนที่ติดกับฟิกซ์ เสด โดยให้ขอบของกระบอกพลาสติกเสมอกับผิวหน้าของเครื่องมือ ในลักษณะเช่นนี้จะทำให้พื้นผิวบริเวณรอยต่อของวัสดุผนังหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟันอยู่ในแนวระนาบมากที่สุด

ข. เลื่อนส่วนของครอส เสด ขึ้นไปหาส่วนของฟิกซ์ เสด จนกระทั่งส่วนขอบคมคล้ายใบมีดอยู่ตรงบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุผนังหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน (ภาพที่ 16)

ค. ดันเครื่องให้ครอส เสด เคลื่อนที่ขึ้นเพื่อทำการวัดแรงเฉือนที่เกิดขึ้นจากการทำให้วัสดุผนังหลุมร่องฟันหลุดออกจากผิวเคลือบฟัน



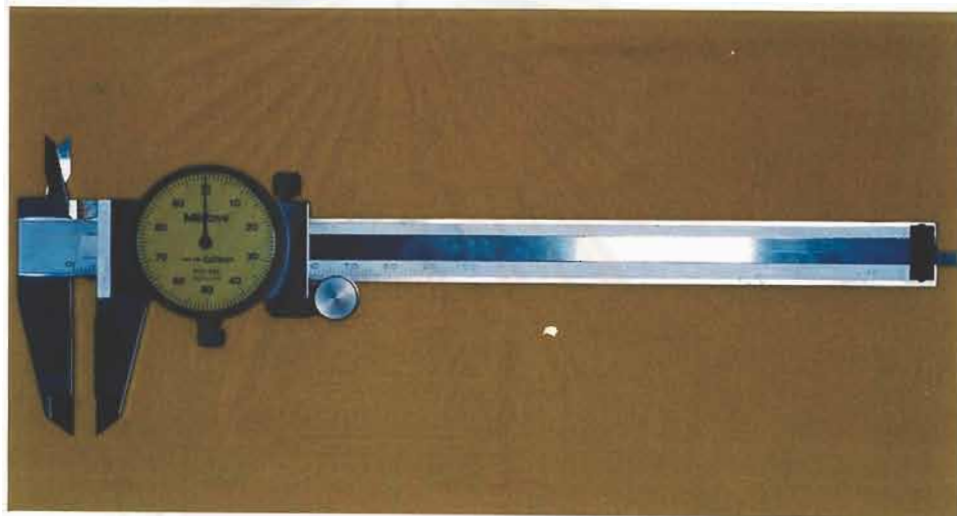
ภาพที่ 16 แสดงส่วนขอบคมคล้ายใบมีดของครอส เสด อยู่ตรงบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุผนังหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน

3. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) ใช้ควบคุมอุณหภูมิของกลุ่มตัวอย่างที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง

4. เครื่องฉายแสง (curing light XL 3000) ที่ให้แสงสีน้ำเงิน ซึ่งมีความยาวคลื่น 400-500 นาโนเมตร (nanometer) โดยมีการวัดความเข้มแสงก่อนใช้ทุกครั้ง

5. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) เพื่อใช้ศึกษาการหลุดของวัสดุภายหลังการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือน

6. เครื่องมือตัดชิ้นงาน (diamond blade : Struers Accutom-5) ใช้ตัดชิ้นงานตัวอย่าง
7. แท่นหมุนสำหรับช่วยในการขัด (Struers RotoPol-25) ใช้ร่วมกับกระดาษทรายน้ำความละเอียด 2400 และ 4000 ตามด้วย diamond suspension ขนาดอนุภาค 3 ไมครอนเพื่อขัดผิวบริเวณรอยตัดของชิ้นตัวอย่างให้เรียบ
8. เครื่องเคลือบชิ้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทอง (ion-sputtering apparatus)
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อใช้ศึกษาความยาวของเรซินแทรก
10. แคลลิเปอร์ชนิดสไลด์ดิ่ง (sliding callipers) (ภาพที่ 17) เพื่อใช้วัดความยาวของเรซินแทรกจากภาพถ่ายที่บันทึกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



ภาพที่ 17 แคลลิเปอร์ชนิดสไลด์ดิ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การรวบรวมข้อมูล

1. หาค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน โดยบันทึกค่าแรงเฉือนจากเครื่องทดสอบทั่วไปในหน่วยนิวตัน (newton) แล้วคำนวณให้เป็นค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนในหน่วยเมกะปาสคาล (megapascal)

2. ประเมินสภาพการหลุดของวัสดุภายหลังทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ ตามเกณฑ์ของ Marcushamer และคณะ⁽⁶⁴⁾ ดังนี้

2.1 การหลุดเป็นการทำลายการยึดเกาะแบบแอดฮีซีฟ (adhesive failure) คือการหลุดเกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของวัสดุผนึกหลุมร่องฟันกับผิวฟัน โดยไม่มีวัสดุเหลือติดอยู่บนผิวฟันเลย

2.2 การหลุดเป็นการทำลายการยึดเกาะแบบโคฮีซีฟในเนื้อวัสดุ (sealant cohesive failure) คือการหลุดเกิดขึ้นภายในเนื้อวัสดุเอง พบวัสดุติดอยู่บนผิวเคลือบฟันทุกส่วน

2.3 การหลุดเป็นการทำลายการยึดเกาะแบบผสม (mixed failure) คือการหลุดเกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของวัสดุกับผิวเคลือบฟันร่วมกับการหลุดภายในเนื้อวัสดุ

3. บันทึกความยาวของเรซินแทกจากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในบริเวณที่พบเรซินแทกอย่างสม่ำเสมอ ถ่ายภาพในลักษณะตั้งฉากกับพื้นผิวของชิ้นตัวอย่าง ที่กำลังขยาย 2000 เท่า โดยถ่ายกลุ่มทดลองละ 1 ภาพต่อหนึ่งชิ้นตัวอย่าง วัดความยาวของเรซินแทกที่ยาวที่สุดจำนวน 5 ชิ้นจากแต่ละภาพในหน่วยมิลลิเมตรด้วยแคลิเปอร์สชนิดสไลด์ดิ้ง แล้วคำนวณค่าความยาวของเรซินแทกให้อยู่ในหน่วยไมครอน

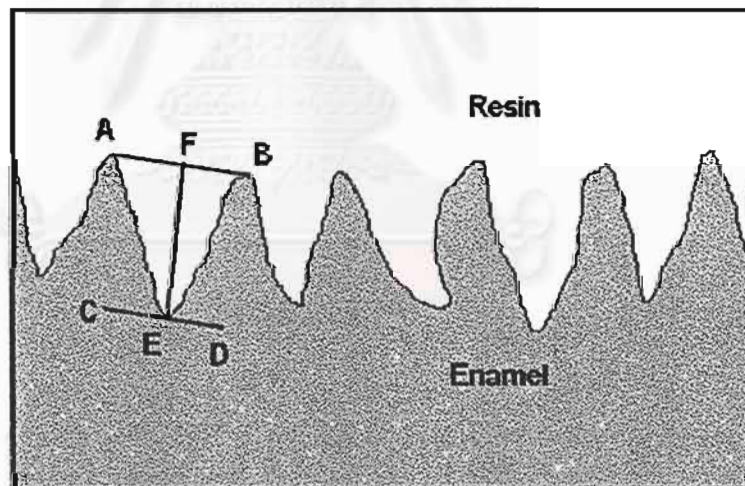
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1 เกณฑ์การวัดความยาวของเรซินแทก

3.1.1. จากภาพถ่ายของเรซินแทกที่บันทึกได้ ทำการวัดความยาวของเรซินแทกแต่ละอัน (ภาพที่ 18) โดยกำหนดเส้นอ้างอิงขึ้นเส้นหนึ่ง (เส้นตรง AB) เพื่อแทนส่วนฐานของเรซินแทกหนึ่งอันที่ปรากฏในภาพ โดยเส้นอ้างอิงนี้จะลากผ่านจุด 2 จุด (จุด A และ B) ซึ่งเป็นจุดเปลี่ยนแปลงความโค้งของร่องทางซ้ายและทางขวาที่บริเวณฐานของเรซินแทกอันนั้น

3.1.2 หากจุดลึกสุดที่เรซินแทกแต่ละอันแทรกซึมลงไปในตัวเคลือบฟัน (จุด E) ได้จากการลากเส้นขนานกับเส้นอ้างอิง (เส้นตรง CD) ให้สัมผัสกับส่วนปลายของเรซินแทก

3.1.3 วัดความยาวของเรซินแทก (เส้นตรง EF) โดยวัดระยะจากจุดกึ่งกลางของเส้นอ้างอิง (จุด F) ไปยังจุดลึกสุดที่เรซินแทกแทรกซึมลงไปในตัวเคลือบฟัน ในหน่วยมิลลิเมตร ด้วยแคลิเปอร์สชนิดสไลด์ดิ่ง



ภาพที่ 18 แผนภาพแสดงวิธีการวัดความยาวของเรซินแทก

3.1.4 ทำการวัดเรซินแทกที่สมบูรณ์ทุกอันซึ่งปรากฏในภาพถ่ายด้วยวิธีการเดียวกัน แล้วเก็บข้อมูลเฉพาะเรซินแทกที่ยาวที่สุดจำนวน 5 อันจากแต่ละภาพ จากนั้นคำนวณค่าความยาวของเรซินแทกให้อยู่ในหน่วยไมครอน

3.2 การเปรียบเทียบความแม่นยำตรงภายใน (intraexaminer reliability) ของการวัด

สุ่มเรซินแท่งจำนวน 20 อันมาจากภาพถ่ายทั้งหมดด้วยวิธีจับฉลาก วัดและบันทึกความยาวของเรซินแท่ง จากนั้นทิ้งระยะเวลาห่างจากการวัดครั้งแรกนาน 2 สัปดาห์ แล้วจึงทำการวัดความยาวของเรซินแท่ง 20 อันดังกล่าวซ้ำอีกครั้งหนึ่ง เปรียบเทียบความแม่นยำตรงภายในโดยนำค่าความยาวที่วัดได้ครั้งแรกกับครั้งที่สองมาคำนวณตามสูตร

$$\sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

เมื่อ d คือค่า

ความแตกต่างระหว่างการวัดครั้งแรกกับครั้งที่สอง และ n คือจำนวนเรซินแท่งที่ทำการวัด

การจัดกระทำ

1. การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

นำฟันกรามน้ำนมที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการมาตัดรากฟันออก แล้วตัดแบ่งตัวฟันตามแนวแกนฟัน (long axis) ออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนตัวฟันด้านทางแก้มและส่วนตัวฟันด้านทางลิ้น (ภาพที่ 19) ด้วยหัวกรรอกปากเพชรและเครื่องกรอเร็ว

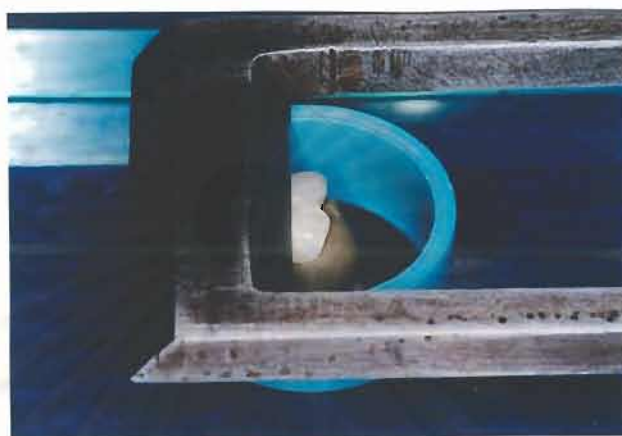


ภาพที่ 19 แสดงชิ้นตัวอย่างที่เป็นส่วนตัวฟันด้านทางแก้ม และด้านทางลิ้น

2. การทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อน

2.1 นำชิ้นตัวอย่างมายึดลงในกระบอกลวดพลาสติกที่มีหน้าตัดเรียบ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.2 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร ด้วยพลาสติกเดอรัทิน (stone plaster) กระบอกละ 1 ชิ้น

โดยให้บริเวณรอยต่อส่วนกลางหนึ่งในสามและด้านบดเคี้ยวหนึ่งในสามบนด้านทางแก้มหรือด้านทางลิ้นของฟันส่วนที่เรียบเป็นระนาบมากที่สุดอยู่ในแนวระนาบเดียวกับขอบของกระบอกพลาสติก ด้วยการใช้แท่งเหล็กเรียบช่วยในการสังเกตระนาบ (ภาพที่ 20) ระวังไม่ให้ผิวเคลือบฟันที่จะทำการศึกษาแปรรูปเป็น รอยจนพลาสติกหิ้นแข็งตัว (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 20 แสดงการใช้แท่งเหล็กเรียบช่วยในการสังเกตระนาบของผิวเคลือบฟันให้อยู่ในแนวระนาบเดียวกับขอบของกระบอกพลาสติก



ภาพที่ 21 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ยึดลงในกระบอกพลาสติกด้วยพลาสติกหิ้น

2.2 ขัดผิวเคลือบฟันด้วยผงขัดพัมมิซผสมน้ำและหัวขัดยางรูปถ้วยเป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำที่ฉีดจากกระบอกฉีดแบบสามทางนาน 15 วินาที แล้วเป่าฟันให้แห้งอีก 10 วินาที

2.3 ทากรดฟอสฟอริกชนิดเจสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 บนผิวเคลือบฟันด้วยขนแปรงขนาดเล็ก ทิ้งไว้นาน 60 วินาที ล้างด้วยน้ำ 20 วินาที และเป่าฟันให้แห้ง 10 วินาที

2.4 เตรียมแบบสำหรับหล่อวัสดุชนิดหินหลอมร่องฟัน โดยนำวงยางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และสูง 1.5 มิลลิเมตร มาทากาวติดบนด้านหลังของกระดาษกาวหน้าเดียวซึ่งถูกเจาะรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องเจาะแผ่นยางกั้นน้ำลาย จัดให้รูของวงยางและรูของกระดาษกาวหน้าเดียวตรงกัน (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 แสดงแบบสำหรับหล่อวัสดุชนิดหินหลอมร่องฟัน

2.5 นำกระดาษกาวหน้าเดียวซึ่งติดวงยางแล้ว ไปวางบนตำแหน่งของผิวเคลือบฟันที่เตรียมไว้ กดกระดาษกาวให้แนบกับผิวเคลือบฟันโดยรอบ (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 แสดงแบบสำหรับหล่อวัสดุชนิดหินหลอมร่องฟันที่กดให้แนบบนผิวเคลือบฟัน

2.6 ใส่วัสดุฉนวนกันความร้อน Concise™ (ภาพที่ 24) ลงในรูของแบบหล่อที่เตรียมไว้ ด้วยขนาดเล็กลงจนเต็ม ที่ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาทีตามกลุ่มทดลองซึ่งแบ่งโดยการสุ่มด้วยวิธีจับสลาก แล้วบ่มด้วยแสงนาน 20 วินาที เตรียมกลุ่มทดลองละ 20 ชิ้นตัวอย่าง



ภาพที่ 24 วัสดุฉนวนกันความร้อน Concise™

2.7 แกะกระดาษกาวพร้อมแบบหล่อออก โดยใช้ใบมีดคมกรีดในแนวรัศมีก่อน แล้วจึงดึงออกทีละส่วนอย่างระมัดระวัง (ภาพที่ 25) แะขึ้นตัวอย่างทั้งหมดในน้ำกลั่น เก็บไว้ในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 25 แสดงการแกะแบบสำหรับหล่อวัสดุฉนวนกันความร้อนออก (ภาพซ้ายมือ) และขึ้นตัวอย่างที่พร้อมสำหรับการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อน (ภาพขวามือ)

2.8 นำชิ้นตัวอย่างไปทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อนด้วยเครื่องทดสอบทั่วไป โดยใช้ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที ตุ่มน้ำหนักขนาด 100 นิวตัน บันทึกข้อมูลในหน่วยเมกะปาสคาล หลังจากทดสอบกำลังแรงยึดแบบเขื่อนแล้ว นำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดไปประเมินสภาพการหลุดตามเกณฑ์ของ Marcushamer และคณะ^(๘๔) ด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่กำลังขยาย 50 เท่า

3. การศึกษาความยาวของเรซินแทรก

3.1 เตรียมกรอบศึกษาในบริเวณรอยต่อระหว่างส่วนกลางหนึ่งในสามและด้านบดเคี้ยวหนึ่งในสามบนผิวเคลือบฟันด้านทางแก้มของแต่ละชั้นตัวอย่างจำนวน 2 กรอบ โดยปิดกระดาษกาวหน้าเดียวรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้างด้านละ 3 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชั้นลงบนบริเวณที่จะทำการศึกษา เว้นระยะห่างกันในแนวระนาบเล็กน้อย ใช้น้ำยาทาเล็บระบายผิวเคลือบฟันส่วนที่เหลือจนแห้งจึงลอกกระดาษกาวออก (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 26 แสดงการเตรียมกรอบศึกษา 2 กรอบ บนชิ้นตัวอย่างเดียวกัน

3.2 ขัดผิวเคลือบฟันภายในกรอบศึกษาด้วยผงขัดพัมมิซผสมน้ำ และหัวขัดยางรูปถ้วยเป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำที่ฉีดจากกระบอกฉีดแบบสามทางนาน 15 วินาที แล้วเป่าฟันให้แห้งอีก 10 วินาที

3.3 ทากรดฟอสฟอริกชนิดเจลดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 บนผิวเคลือบฟันภายในกรอบศึกษานาน 60 วินาที ล้างน้ำ 20 วินาที เป่าฟันให้แห้งอีก 10 วินาที

3.4 ทาวัสดุฉนวนกันหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันภายในแต่ละกรอบศึกษาด้วยขนแปรงขนาดเล็ก ทั้งระยะเวลาก่อนการปรมด้วยแสง 5 กับ 10 วินาที หรือ 10 กับ 30 วินาทีตามกลุ่มทดลอง ซึ่งจัดโดยการสุ่ม แล้วบ่มด้วยแสงนาน 20 วินาที (ภาพที่ 27) เตรียมแบบละ 6 ชิ้นตัวอย่าง

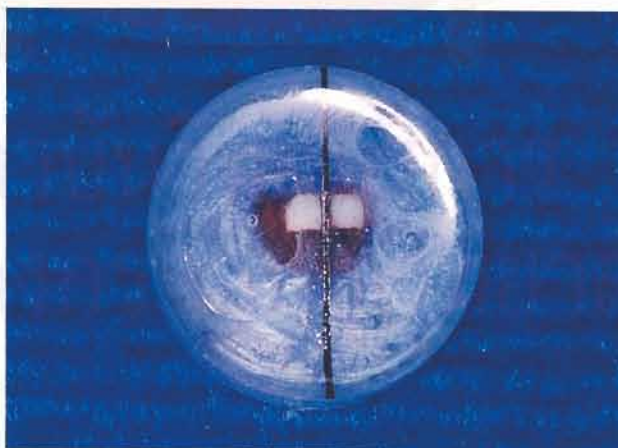


ภาพที่ 27 แสดงชิ้นตัวอย่างภายหลังการทำวัสดุเม็ทโทมร่งฟันลงในกรอบศึกษา

3.4 แซ่ชิ้นตัวอย่างทั้งหมดในน้ำกลั่น เก็บไว้ในตู้อบควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.5 ผึ่งชิ้นตัวอย่างที่เตรียมไว้ลงในเรซินอีพ็อกซีทิ้งไว้ 1 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เรซินอีพ็อกซีแข็งตัว

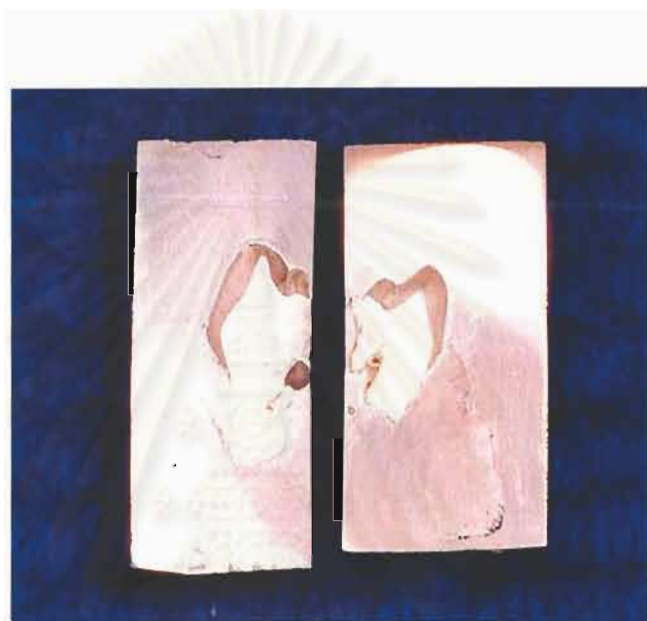
3.7 ตัดชิ้นตัวอย่างตามแนวแกนพื้นบริเวณรอยต่อของกรอบศึกษาทั้งสอง (ภาพที่ 28) ด้วยใบมีดคากเพชรซึ่งมีน้ำฉีดยุ่ตลอดเวลา นำแต่ละชิ้นตัวอย่างมาขัดผิวบริเวณรอยตัดให้เรียบ ด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียด 2400 และ 4000 ตามด้วย diamond suspension ขนาดอนุภาค 3 ไมครอน ตามลำดับบนแท่นหมุนสำหรับช่วยขัดซึ่งมีน้ำฉีดยุ่ตลอดเวลา



ภาพที่ 28 แสดงแนวการตัดชิ้นตัวอย่างที่ผึ่งอยู่ในเรซินอีพ็อกซี

3.8 ใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 50 ละลายส่วนผิวเคลือบฟันออกนาน 5 นาที ล้างน้ำเพื่อขจัดกรดออกให้หมด รวณชิ้นตัวอย่างแห้ง

3.9 เคลือบชิ้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทอง (gold particles) (ภาพที่ 29) ก่อนนำไปศึกษาความยาวของเรซินแทรกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 2000 เท่า ถ่ายภาพในบริเวณที่พบเรซินแทรกอย่างสม่ำเสมอ กลุ่มทดลองละ 1 ภาพต่อหนึ่งชิ้นตัวอย่าง โดยถ่ายในลักษณะตั้งฉากกับพื้นผิวของชิ้นตัวอย่าง



ภาพที่ 29 แสดงชิ้นตัวอย่างที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคทอง

3.10 วัดความยาวของเรซินแทรกที่ยาวที่สุดจำนวน 5 อันจากแต่ละภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในหน่วยมิลลิเมตรด้วยแคลลิปเปอร์สชนิดสไลด์ตึง แล้วคำนวณค่าความยาวของเรซินแทรกให้อยู่ในหน่วยไมครอน

ตัวแปรของการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ คือ ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที
2. ตัวแปรตาม คือ ค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อมมีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล และความยาวของเรซินแทรกที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็นไมครอน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดแบบเนียนและความยาวของเรซินแทกของวัสดุ
ผนึกหลุมร่องฟันในฟันกรามน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที โดยการ
วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และถ้า
ผลของการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน จะทดสอบความแตกต่างของแต่ละคู่ด้วยการทดสอบของ
ทูกีย์ (Tukey's Test) หรือการทดสอบของแทมเฮน (Tamhane's Test))

การวิเคราะห์ข้อมูลอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS 7.0 FAW 95

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อกำลังแรงยึดแบบเนียนของวัสดุฟันเนื้อกลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมจำนวน 60 ซี่ตัวอย่าง (ข้อมูลทั้งหมดของการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 1 ของภาคผนวก) พบว่าค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของกำลังแรงยึดแบบเนียนของวัสดุฟันเนื้อกลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที มีค่าเท่ากับ 10.76 ± 2.42 , 11.96 ± 1.76 และ 14.66 ± 3.23 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนซี่ตัวอย่างที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบเนียนของวัสดุฟันเนื้อกลุ่มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสง Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน

Time-lapse before light curing (seconds)	N	Shear bond strength (Mpa)			
		Mean	Maximum	Minimum	Standard deviation
5	20	10.76	15.15	6.91	2.42
10	20	11.96	14.87	9.27	1.76
30	20	14.66	22.84	11.06	3.23

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบของทูเกย์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สรุปได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4

กำลังแรงยึดแบบเนียนของวัสดุฟันเนื้อกลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนม ในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

กำลังแรงยึดแบบเนียนของวัสดุฟันเนื้อกลุ่มร่องฟันในฟันกรามน้ำนม ในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 10 วินาทีที่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุผนังหลุมร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

Source of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between groups	159.681	2	79.840	12.349	.000
Within groups	368.537	57	6.466		
Total	528.217	59			

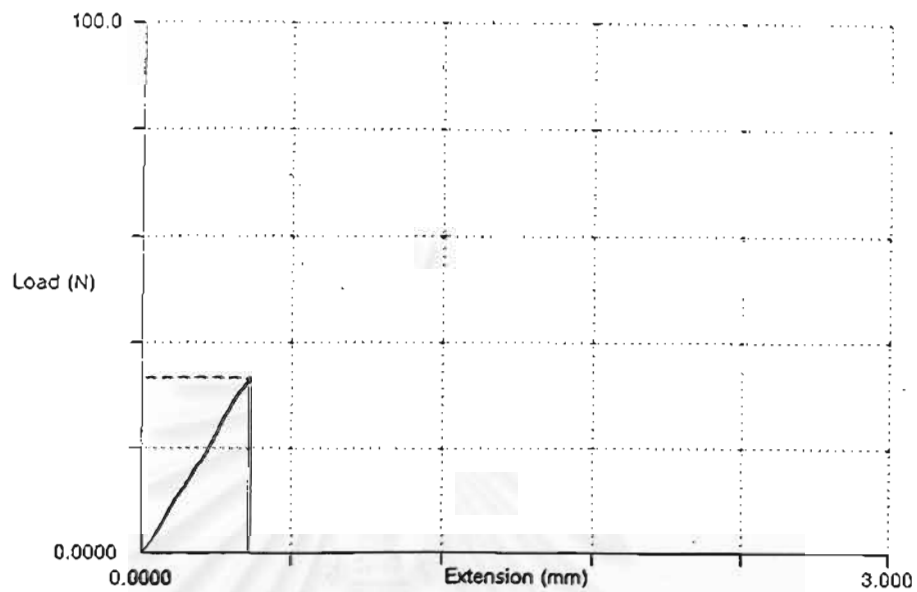
ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุผนังหลุมร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบของทูกีย์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
5 seconds	10 seconds	-1.2070	0.804	.298
	30 seconds	-3.9025*	0.804	.000
10 seconds	5 seconds	1.2070	0.804	.298
	30 seconds	-2.6955*	0.804	.004
30 seconds	5 seconds	3.9025*	0.804	.000
	10 seconds	2.6955*	0.804	.004

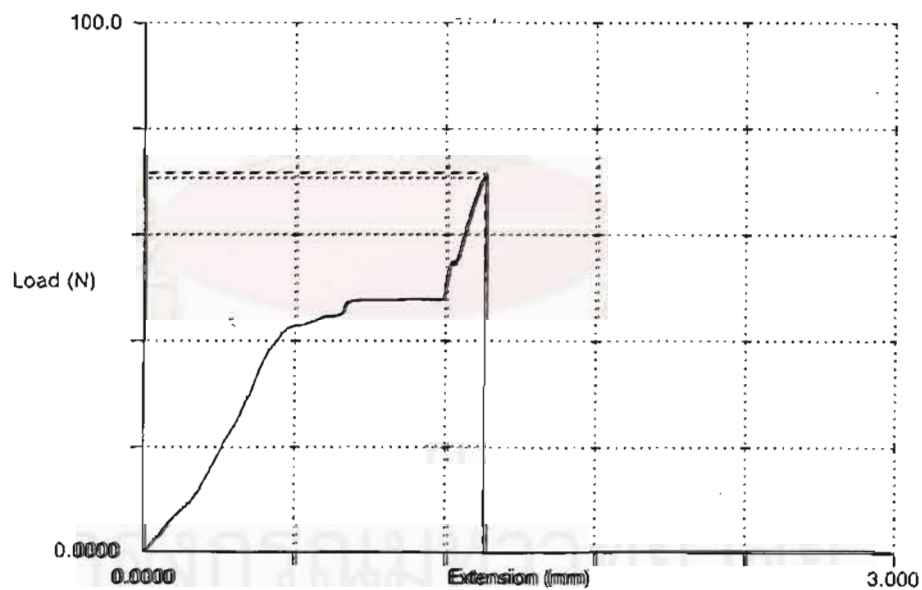
* The mean difference is significant at the 0.05 level.

การศึกษาค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนจากเครื่องทดสอบทั่วไป จะมีกราฟแสดงค่าแรงเขื่อนที่ใช้ในการทำให้แท่งวัสดุหลุดออกมาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งรูปแบบของกราฟที่เกิดขึ้นจากการทดสอบขึ้นตัวอย่างส่วนใหญ่ (จำนวน 57 ชิ้น) จะมีค่าแรงเขื่อนเพิ่มขึ้นสูงตามลักษณะความชันของเส้นกราฟ โดยไม่มีช่วงใดที่กราฟเป็นเส้นตรงในแนวระนาบซึ่งแสดงว่าแรงเขื่อนมีค่าคงที่อยู่ระยะหนึ่งเลย จนแท่งวัสดุหลุดออกจากผิวเคลือบฟัน เส้นกราฟจึงตกลงมาในแนวตั้ง (ภาพที่ 30 A) แต่มีขึ้นตัวอย่างจำนวน 3 ชิ้นซึ่งอยู่ในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีที่ให้ค่าแรงเขื่อนสูงมากกว่าขึ้นตัวอย่างอื่นๆ และมีรูปแบบของกราฟแสดงค่าแรงเขื่อนที่ต่างไปจากกราฟที่เกิดขึ้นจาก

การทดสอบชิ้นตัวอย่างส่วนใหญ่ โดยมีช่วงที่กราฟเป็นเส้นตรงในแนวระนาบแสดงว่าแรงเฉือนมีค่าคงที่อยู่ระยะหนึ่งก่อนที่แท่งวัสดุจะได้รับแรงเพิ่มมากขึ้นจนหลุดออกจากผิวเคลือบพื้น (ภาพที่ 30 B)



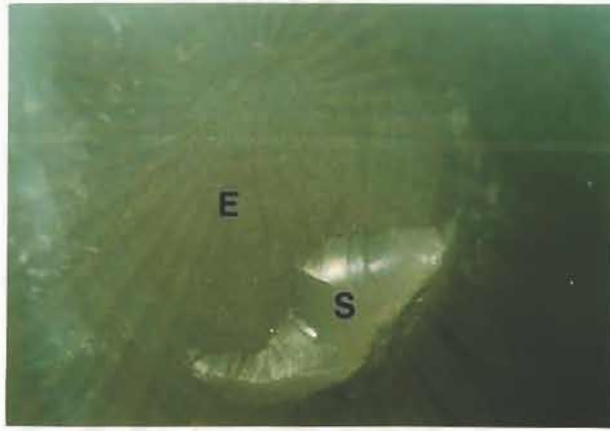
A



B

ภาพที่ 30 กราฟแสดงค่าแรงเฉือนจากเครื่องทดสอบทั่วไป โดยภาพ A แสดงรูปแบบของกราฟที่เกิดขึ้นจากการทดสอบชิ้นตัวอย่างส่วนใหญ่ ซึ่งไม่พบว่ามีช่วงใดที่แรงเฉือนมีค่าคงที่ ภาพ B แสดงรูปแบบของกราฟที่แตกต่างไปจากการทดสอบชิ้นตัวอย่างอื่น โดยพบว่าแรงเฉือนมีค่าคงที่อยู่ระยะหนึ่ง

2. การศึกษาการหลุดของวัสดุฉนวนกลุ่มร่องฟันภายหลังการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ พบว่าการหลุดเป็นการทำลายการยึดเกาะแบบผสมในทุกชั้นตัวอย่างที่ทำการทดสอบ (ภาพที่ 31) รวมทั้งชั้นตัวอย่างทั้งสามชั้นในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีซึ่งมีรูปแบบกราฟแสดงค่าแรงเฉือนที่แตกต่างไปจากชั้นตัวอย่างอื่นด้วย และเมื่อนำชั้นตัวอย่างทั้งสามไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 35 เท่า ก็ไม่พบว่ามี การแตกหักของผิวเคลือบฟัน (ภาพที่ 32)

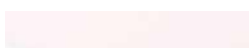


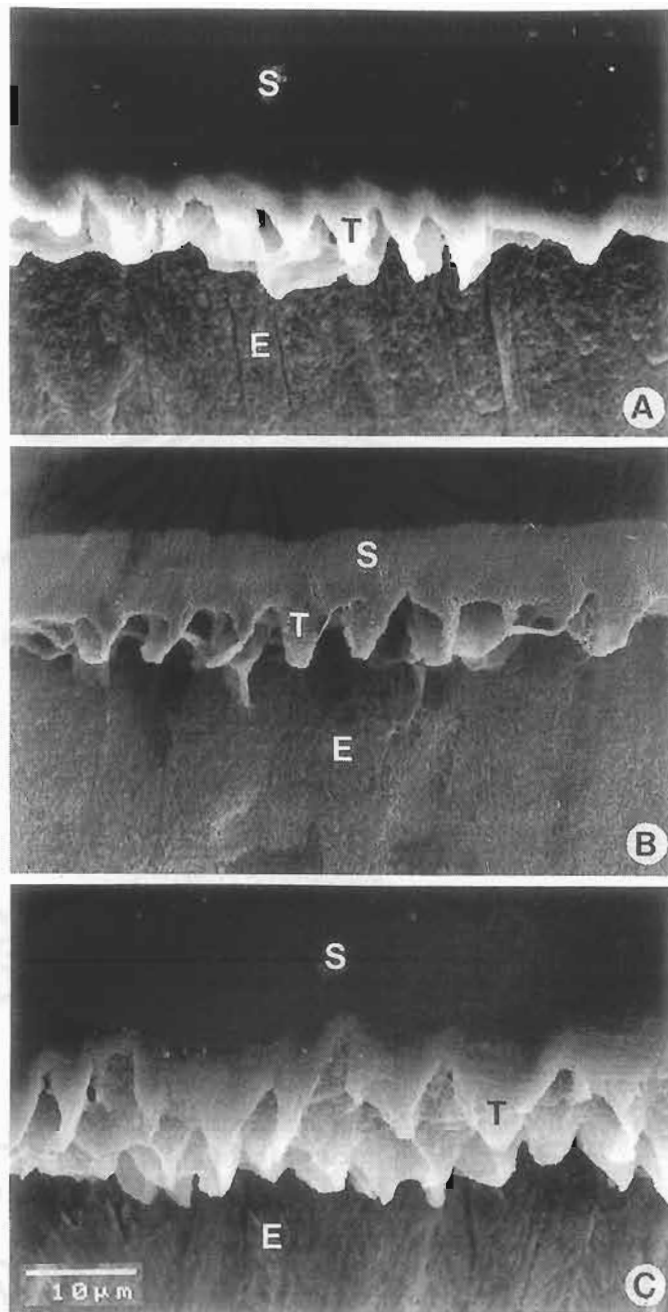
ภาพที่ 31 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแสดงการทำลายการยึดเกาะแบบผสม (กำลังขยาย 25 เท่า) โดย S แสดงวัสดุฉนวนกลุ่มร่องฟัน และ E แสดงผิวเคลือบฟัน



ภาพที่ 32 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ในบริเวณที่มีการหลุดของวัสดุฉนวนกลุ่มร่องฟันบนผิวชั้นตัวอย่างที่มีรูปแบบของกราฟแสดงค่าแรงเฉือนที่ต่างไปจากการทดสอบชั้นตัวอย่างส่วนใหญ่ โดย S แสดงวัสดุฉนวนกลุ่มร่องฟัน และ E แสดงผิวเคลือบฟัน

3. การศึกษาผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงต่อความยาวของเรซินแทกของวัสดุแผ่นคลุมร่องฟันในฟันกรามน้ำนมจำนวน 24 ซี่นตัวอย่าง (ข้อมูลทั้งหมดของการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 2 ของภาคผนวก) พบว่าภายหลังการละลายเคลือบฟันออกโดยใช้สารละลายกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 50 นาน 5 นาที จะมองเห็นลักษณะของเรซินแทกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดได้อย่างชัดเจน โดยเรซินแทกที่ปรากฏส่วนใหญ่จะมีความผันแปรในเรื่องรูปร่าง อุบัติการณ์และความสม่ำเสมอของเรซินแทกที่เกิดขึ้น ตลอดจนความเอียงของเรซินแทก แต่จากภาพถ่ายที่เลือกถ่ายเฉพาะในบริเวณที่พบเรซินแทกอย่างสม่ำเสมอแสดงให้เห็นว่าลักษณะของเรซินแทกที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับรูปแบบของผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรดซึ่งเป็นแบบที่กรดละลายเอาส่วนขอบของแท่งเคลือบฟันออกไป (ภาพที่ 33)





ภาพที่ 33 ภาพถ่ายเรซินแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากชั้น ตัวอย่างในกลุ่มระยะเวลาก่อนการป้อนด้วยแสง 5 วินาที (A) 10 วินาที (B) และ 30 วินาที (C) โดย S แสดงวัสดุฉนวนหุ้มร่องพื้น T แสดงเรซินแตก และ E แสดงผิวเคลือบพื้น

สำหรับค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวของเรซินแทกในกลุ่มระยะเวลา ก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาที มีค่าเท่ากับ 7.93 ± 1.40 , 9.08 ± 2.15 และ 8.68 ± 1.59 ไมครอนตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนเรซินแทกที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด-ต่ำสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความยาวเรซินแทกของวัสดุฉีกรุ่น ConciseTM บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนม เมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน

Time-lapse before light curing (seconds)	N	Resin tag length (μm)			
		Mean	Maximum	Minimum	Standard deviation
5	30	7.93	11.38	5.11	1.40
10	60	9.08	13.39	5.34	2.15
30	30	8.68	12.90	5.49	1.59

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบของแทมเฮนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 สรุปได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 และ 7

ความยาวของเรซินแทกของวัสดุฉีกรุ่น ConciseTM บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลา ก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 10 วินาทีที่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ความยาวของเรซินแทกของวัสดุฉีกรุ่น ConciseTM บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลา ก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 30 วินาที กับกลุ่มระยะเวลา ก่อนการบ่มด้วยแสง 10 และ 30 วินาทีที่มีค่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุชนิดหลุมร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

Source of variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between groups	26.331	2	13.166	3.805	.025
Within groups	404.803	117	3.460		
Total	431.134	119			

ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุชนิดหลุมร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงแตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบของแทมเสน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
5 seconds	10 seconds	-1.1473*	0.416	.010
	30 seconds	-0.7523	0.480	.163
10 seconds	5 seconds	1.1473*	0.416	.010
	30 seconds	0.3950	0.416	.699
30 seconds	5 seconds	0.7523	0.480	.163
	10 seconds	-0.3950	0.416	.699

* The mean difference is significant at the 0.05 level.

4. ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำตรงภายในของการวัดความยาวของเรซินแทกจำนวน 20 อันที่ได้มาโดยการสุ่มด้วยวิธีจับสลากมีค่า 0.166 มิลลิเมตร โดยค่าจากการวัดความยาวเรซินแทกครั้งแรกและครั้งที่สอง ค่าผลต่างของการวัดครั้งที่สองกับครั้งแรก ค่าผลต่างกำลังสองของการวัด และค่าผลรวมของผลต่างกำลังสองของการวัด แสดงอยู่ในตารางที่ 3 ของภาคผนวก

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่นานขึ้น โดยค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาทีมีค่าเท่ากับ 10.76 ± 2.42 , 11.96 ± 1.76 และ 14.66 ± 3.23 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ

2. ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีมีค่ามากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 10 วินาที

3. ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาที มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 วินาที

4. มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทรกของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5, 10 และ 30 วินาทีโดยมีค่าเท่ากับ 7.93 ± 1.40 , 9.08 ± 2.15 และ 8.68 ± 1.59 ไมครอน ตามลำดับ

5. ค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทรกของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 วินาทีมีค่ามากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาที

6. ค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทรกของวัสดุฉนวนหุ้มร่องฟันในฟันกรามน้ำนมในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาทีมีค่าน้อยที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาที

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือน เนื่องจากแรงเฉือนเป็นแรงหนึ่งที่เกิดขึ้นในช่องปากขณะบดเคี้ยวนอกเหนือจากแรงดึง (tensile force) และ แรงอัด (compressive force) ซึ่งเกิดขึ้นไปพร้อมๆกัน⁽⁶⁰⁾ แม้ว่าผลการทดสอบการยึดในห้องปฏิบัติการตลอดจนการเลือกทำการทดสอบบนผิวเคลือบฟันด้านทางแก้มของฟันกรามน้ำนมซึ่งไม่ใช่ด้านที่ทำหน้าที่บดเคี้ยวบดฟันจริงทำให้ไม่สามารถขยายผล (extrapolate) ไปถึงสภาพการณ์จริงทางคลินิกได้ แต่ก็มีประโยชน์ที่จะใช้เป็นการทดสอบเบื้องต้น (screening test)⁽⁶⁰⁾

จากผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบดด้วยแสง 30 วินาที (14.66 ± 3.23 เมกกะปาสคาล) จะมีค่ามากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ จึงน่าจะเป็นไปได้ว่าการรอให้เรซินมีเวลาไหลลงไปในรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟันนาน 30 วินาที จะช่วยให้เกิดการยึดติดของวัสดุฟันกรามน้ำนมกับผิวเคลือบฟันได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเวลาที่รอเพียง 5 หรือ 10 วินาที (10.76 ± 2.42 , 11.96 ± 1.76 เมกกะปาสคาล ตามลำดับ)

สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในการทดลองนี้พบว่า กลุ่มระยะเวลาก่อนการบดด้วยแสง 30 วินาทีมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกว้างที่สุดคือ ± 3.23 เมกกะปาสคาล ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการมีขึ้นตัวอย่างจำนวน 3 ชั้นที่มีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนสูง และมีรูปแบบกราฟแสดงค่าแรงเฉือนที่แตกต่างไปจากชั้นตัวอย่างอื่น (ภาพที่ 30 B) โดยมีค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนเท่ากับ 19.18, 21.65 และ 22.84 เมกกะปาสคาล จากการประเมินการหลุดของวัสดุภายหลังจากทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนพบว่าทั้งสามชั้นตัวอย่างมีการหลุดเกิดขึ้นเป็นแบบผสมคือหลุดบริเวณรอยต่อระหว่างเรซินกับผิวเคลือบฟันร่วมกับการหลุดในเนื้อของเรซินเองเช่นเดียวกับการหลุดในชั้นตัวอย่างอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Redford และคณะ⁽²⁶⁾ ที่พบว่าการหลุดของวัสดุที่เกิดขึ้นภายหลังจากทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุฟันกรามน้ำนมจะยังมีวัสดุฟันกรามน้ำนมบางส่วนติดอยู่บนผิวเคลือบฟัน สำหรับขึ้นตัวอย่างทั้งสามได้ถูกนำไปศึกษาบริเวณที่เกิดการหลุดอีกครั้งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และไม่พบว่ามี การแตกหักของผิวเคลือบฟันเกิดขึ้นในทั้งสามชั้นจึงยังคงเก็บค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่ได้จากทั้งสามชั้นตัวอย่างไว้ในการทดลอง

รูปแบบกราฟแสดงค่าแรงเฉือนจากการทดสอบขึ้นตัวอย่างทั้งสามแตกต่างไปจากรูปแบบกราฟจากการทดสอบขึ้นตัวอย่างอื่นกล่าวคือมีช่วงที่ค่าแรงเฉือนคงที่อยู่ที่ระยะหนึ่ง อาจเนื่องจากความแตกต่างของความโค้งบนผิวเคลือบฟัน ซึ่งจะมีผลต่อความหนาบางบริเวณขอบของรอยต่อระหว่างแท่งวัสดุฉีกหลุมร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน ทำให้เกิดการรับและกระจายแรงในเนื้อวัสดุอย่างไม่สม่ำเสมอ จนทำให้มีการร้าวหรือแตกของวัสดุบางส่วนในบริเวณที่เป็นจุดอ่อนดังกล่าวก่อนที่แท่งวัสดุจะได้รับแรงเพิ่มมากขึ้นจนหลุดออกมาจากผิวเคลือบฟันในที่สุด จึงทำให้เส้นกราฟแสดงค่าแรงเฉือนคงที่อยู่ในช่วงเวลานั้น หรืออาจเป็นเพราะความแตกต่างของโครงสร้างผิวเคลือบฟันได้แก่ความหนาของชั้นเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟัน และปริมาณฟลูออไรด์ที่สะสมบริเวณผิวเคลือบฟัน เป็นต้น แต่ก็ควรจะมีการศึกษาต่อไปว่าเหตุใดจึงเกิดกราฟลักษณะดังกล่าวขึ้นเฉพาะในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีเท่านั้น ในเมื่อการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเข้าสู่การทดลองได้ใช้การสุ่มด้วยวิธีการจับสลาก

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่นำค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนของขึ้นตัวอย่างทั้งสามมาพิจารณา พบว่าค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาที ยังคงมีค่ามากที่สุด แต่จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบของทูกีย์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 กับ 30 วินาทีเท่านั้น ส่วนค่าเฉลี่ยกำลังแรงยึดแบบเฉือนในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 กับ 10 วินาที หรือ 10 กับ 30 วินาทีนั้นไม่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังแรงยึดแบบเฉือนในการทดลองนี้ค่อนข้างกว้าง อาจเนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่นำมาศึกษาค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นความไม่สมบูรณ์ของการวิจัยในการรวบรวมกลุ่มตัวอย่างภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างกว้างนี้ก็ไม่แตกต่างจากผลการทดสอบกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุฉีกหลุมร่องฟันจากการศึกษาอื่นๆ เช่น

Redford และคณะ⁽²⁶⁾ ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาต่างๆที่ใช้ในการกัดผิวเคลือบฟัน น้ำนมด้วยกรดที่มีต่อกำลังแรงยึดแบบเฉือนของวัสดุฉีกหลุมร่องฟันชนิดบ่มด้วยตัวเอง Delton[®] พบว่าเมื่อใช้เวลาในการกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดฟอสฟอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็นเวลานาน 15, 30, 60 และ 120 วินาที โดยแต่ละกลุ่มทดลองประกอบด้วยขึ้นตัวอย่างจำนวน 11 ชิ้น ค่ากำลังแรงยึดแบบเฉือนที่ทดสอบได้มีค่าเท่ากับ 91 ± 77 , 91 ± 61 , 83 ± 42 และ 83 ± 45

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงได้แนะนำให้ใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันน้ำนมนานเพียง 60 วินาที โดยการศึกษาที่ทำบนด้านเรียบของผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมโดยไม่กรอแต่งให้เป็นระนาบ ทั้งนี้เพื่อคงสภาพของผิวเคลือบฟันตามธรรมชาติ

Park และคณะ⁽⁶⁶⁾ ได้เปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อนของวัสดุฟันนิเกิลหุ้มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงซึ่งไม่มีวัสดุอุดแทรกคือ Delton[®] กับชนิดที่สามารถปลดปล่อยฟลูออไรด์ได้คือ Prismashield[®] และ Fluoroshield[®] บนผิวเคลือบฟันด้านเรียบของฟันแท้ โดยแต่ละกลุ่มทดลองประกอบด้วยชิ้นตัวอย่างจำนวน 8 ชิ้น พบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อนมีค่าเท่ากับ 12.18 ± 2.70 , 22.32 ± 4.52 และ 24.20 ± 2.67 เมกกะปาสคาลตามลำดับ โดย Prismashield[®] และ Fluoroshield[®] จะมีค่ากำลังแรงยึดแบบเชื่อนมากกว่า Delton[®] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

การทดสอบกำลังแรงยึดแบบเชื่อนในงานวิจัยนี้ได้ใช้ชิ้นตัวอย่างที่เป็นผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมทั้งด้านทางแก้มและด้านทางลิ้นอย่างละเท่าๆกัน โดยไม่กรอแต่งผิวเคลือบฟันให้เป็นระนาบ เพราะผู้วิจัยต้องการลอกเลียนแบบการทำนิกหุ้มร่องฟันจริงในผู้ป่วยเด็กซึ่งไม่มีการกรอผิวเคลือบฟันออกก่อนทำ และเพื่อคงสภาพของผิวเคลือบฟันตามธรรมชาติได้เช่นเดียวกับการศึกษาของ Redford และคณะ⁽²⁶⁾ อีกทั้งมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการกรอผิวเคลือบฟันน้ำนมออกอาจทำให้เกิดการเผยของเนื้อฟันได้และกำลังแรงยึดแบบเชื่อนของสารเรซินบนผิวเคลือบฟันน้ำนมที่ผ่านการกรอจะมีค่าต่ำลง⁽⁶⁸⁾ เนื่องจากการควบคุมให้พื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ใช้ทดสอบเท่ากัน จะมีความสำคัญต่อค่ากำลังแรงยึดที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงพยายามควบคุมให้พื้นที่ของผิวเคลือบฟันที่ใช้ทดสอบเท่ากันโดยเลือกทำการศึกษาในบริเวณที่ผิวเคลือบฟันมีความเรียบเป็นระนาบมากที่สุดคือบริเวณส่วนกลางหนึ่งในสามต่อกับด้านบดเคี้ยวหนึ่งในสามของตัวฟัน จำกัดพื้นที่ที่ทำการศึกษามีขนาดเล็กเพียงวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และควบคุมไม่ให้มีการรั่วซึมของวัสดุฟันนิเกิลหุ้มร่องฟันโดยการใช้กระดาษกาวที่เจาะรูให้มีขนาดเท่ากัน กดให้ขอบแนบไปกับผิวเคลือบฟันที่เตรียมไว้ ด้วยการควบคุมปัจจัยต่างๆให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันจึงทำให้สามารถเปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละกลุ่มที่ทำการศึกษาได้

การศึกษาความยาวของเรซินแทรกจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในการวิจัยนี้ ใช้ชิ้นตัวอย่างเฉพาะที่เป็นผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมด้านทางแก้ม เนื่องจากผลการทำการ

ศึกษานำร่อง (pilot study) พบว่าเรซินแทกที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมด้านทางลิ้นมีความไม่สม่ำเสมอและมีรูปร่างแตกต่างกันมาก ผลการศึกษาพบว่าค่าต่ำสุดของความยาวของเรซินแทกในทั้งสามกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่นานขึ้นจาก 5, 10 และ 30 วินาทีโดยมีค่าเท่ากับ 5.11, 5.34 และ 5.49 ไมครอนตามลำดับ ในขณะที่ความยาวเฉลี่ยของเรซินแทกที่วัดได้ในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 10 และ 30 วินาทีมีค่าเท่ากับ 9.08 ± 2.15 ไมครอน และ 8.68 ± 1.59 ไมครอนตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 วินาที (7.93 ± 1.40 ไมครอน) แต่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ เฉพาะค่าเฉลี่ยความยาวของเรซินแทกระหว่างกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 กับ 10 วินาทีเท่านั้น ซึ่งน่าจะเป็นไปได้ว่าการรอให้มีการไหลของวัสดุเนื้อหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันนาน 10 วินาทีก่อนแล้วจึงบ่มด้วยแสง จะทำให้เรซินแทกที่เกิดขึ้นมีความยาวมากกว่ากรณีที่บ่มด้วยแสงทันทีที่ทาวัสดุเนื้อหลุมร่องฟันบนผิวเคลือบฟันเสร็จซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 วินาที ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chosack และ Eidelman⁽²⁰⁾ ที่ทำการศึกษาในฟันแท้ โดยใช้วัสดุเนื้อหลุมร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงคือ Delton[®] ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมสูงกว่า Concise[™] ที่พบว่าเมื่อทั้งระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 0.5, 5, 10 และ 20 วินาที ความยาวเฉลี่ยของเรซินแทกที่วัดได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงคือมีค่าเท่ากับ 3.56 ± 4.87 , 4.87 ± 1.19 , 5.57 ± 1.51 และ 15.53 ± 4.38 ไมครอนตามลำดับ โดยความยาวเฉลี่ยของเรซินแทกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 20 วินาทีจะยาวกว่ากลุ่มอื่นๆประมาณสามเท่า แต่ในงานวิจัยนี้กลับพบว่าเมื่อระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงนานขึ้นเป็น 30 วินาทีความยาวเฉลี่ยของเรซินแทกที่วัดได้มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 10 วินาที ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างและความผันแปรเป็นอย่างมากของรูปแบบของผิวเคลือบฟันที่เกิดขึ้นภายหลังการกัดด้วยกรดในฟันแต่ละซี่และแม้แต่ในฟันซี่เดียวกัน⁽⁶⁷⁾ โดยเฉพาะในฟันน้ำนมซึ่งมีผิวเคลือบฟันที่ปราศจากแท่งเคลือบฟันอยู่มากกว่าฟันแท้ รูปแบบของผิวเคลือบฟันน้ำนมที่เกิดขึ้นภายหลังการกัดด้วยกรดจึงยังมีความผันแปรได้มากแม้เมื่อใช้ระยะเวลาที่เท่ากันในการกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรด โดยอาจพบว่าผิวเคลือบฟันในบางบริเวณแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเลย ในขณะที่บริเวณซึ่งอยู่ติดกันมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็นแบบที่มีการละลายส่วนแกนกลางหรือบริเวณรอบๆแกนกลางของแท่งเคลือบฟัน หรือเกิดขึ้นอย่างขรุขระไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน⁽⁵³⁾ จากลักษณะของเรซินแทกที่ปรากฏในภาพถ่ายซึ่งเลือกถ่ายจากบริเวณที่เรซินแทกเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอของงานวิจัยนี้ พบว่ามีความสัมพันธ์กับรูปแบบของผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรดแบบที่กรดละลายเอาส่วนรอบๆแกนกลางของแท่งเคลือบฟันออกไป ในขณะที่เรซินแทกส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจะมีความผันแปรในเรื่องรูปร่าง ความเอียง ตลอดจนอนุบัติการหรือความสม่ำเสมอ

ของเรซินแตก ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Hosoya และ Goto⁽⁵¹⁾ ที่รายงานว่ารูปแบบของผิวเคลือบฟันน้ำนมภายหลังการกัดด้วยกรดที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือแบบที่มีลักษณะขรุขระ ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน และที่พบรองลงมาคือแบบที่บริเวณรอบๆ แกนกลางของแท่งเคลือบฟันถูกกำจัดออกไป เนื่องจากยังไม่มีข้อสรุปเกี่ยวกับรูปแบบที่เกิดขึ้นมากที่สุดของผิวเคลือบฟันน้ำนมภายหลังการกัดด้วยกรด จึงน่าจะมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องนี้ต่อไป

อีกเหตุผลหนึ่งที่อาจอธิบายว่าความยาวเฉลี่ยของเรซินแตกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 5 และ 30 วินาทีที่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ว่าอาจเป็นเพราะเรซินแตกที่มีความยาวมากขึ้นจะแตกหักไปได้ง่ายในระหว่างการเตรียมชิ้นตัวอย่างก่อนการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดอันได้แก่ ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการตัดชิ้นตัวอย่าง ในขั้นตอนการล้างหรือการทำให้ชิ้นตัวอย่างแห้ง กระบวนการเคลือบชิ้นตัวอย่างด้วยอนุภาคทอง ซึ่งจะมีความร้อนเกิดขึ้นและมีผลต่อความยาวของเรซินแตกที่ทำการศึกษา^(67, 68)

เกณฑ์การวัดความยาวของเรซินแตกในปัจจุบันยังไม่มีรูปแบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับเรซินแตกมักอธิบายถึงรูปร่าง ลักษณะ จำนวน หรือความสม่ำเสมอของเรซินแตกที่เกิดขึ้น หรือวัดความยาวของเรซินแตกเป็นค่าโดยประมาณ ซึ่งไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันทางสถิติได้^(19, 68)

de Menezes และ Chevitarrese⁽⁶²⁾ ได้ศึกษาโดยวัดความยาวของเรซินแตกทุกอันที่ปรากฏโดยใช้ไม้บรรทัดที่มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตร (millimetric ruler) และค่าของเรซินแตกอันใดที่มีความยาวน้อยกว่า 5 ไมครอนจะถูกตัดข้อมูลออก เนื่องจากไม่มีความสำคัญต่อการยึดติดและเกิดขึ้นสัมพันธ์กับผิวเคลือบฟันที่ไม่มีลักษณะของแท่งเคลือบฟัน⁽⁴⁹⁾ Chosack และ Eidelman⁽²⁰⁾ ศึกษาความยาวของเรซินแตกโดยวัดเฉพาะอันที่มีความยาวที่สุดเพียง 5 อันจากแต่ละภาพโดยใช้ซูเปอร์กริด ดิจิไทเซอร์ (supergrid digitizer) อย่างไรก็ตามการศึกษาที่กล่าวมานี้ไม่ได้ระบุเกณฑ์ในการวัดความยาวเรซินแตกที่ชัดเจนว่าเริ่มวัดจากบริเวณใดไปสิ้นสุดที่ใด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ในการวัดความยาวเรซินแตกในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้มีความชัดเจน ง่ายต่อการวัด และให้ความถูกต้องอีกทั้งยังสามารถทำซ้ำได้ โดยใช้แคลิเปอร์สไนดสไลดิงซึ่งมีความละเอียดของการวัดถึงทศนิยม 2 ตำแหน่งในหน่วยมิลลิเมตร และจากการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำภายในของการวัดความยาวเรซินแตกมีค่าเท่ากับ 0.166 มิลลิเมตร

การกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการยึดติดให้มากขึ้น ทำให้เกิดการเผยของสารอินทรีย์ของผิวเคลือบฟันเป็นโครงข่าย (network) สำหรับให้เรซินยึดเกาะ ก่อให้เกิดช่องว่างลึกลงไปในบริเวณระหว่างแท่งเคลือบฟันเพื่อให้เรซินสามารถแทรกซึมลงไปได้ ช่วยปรับสภาพของผิวเคลือบฟันให้มีความเหมาะสมต่อการยึดติด และเพิ่มความสามารถในการทำให้พื้นผิวเปียกของผิวเคลือบฟัน⁽⁶⁾ เนื่องจากชั้นผิวเคลือบฟันที่มีลักษณะปราศจากแท่งเคลือบฟันมักพบในผิวเคลือบฟันน้ำนมมากกว่าฟันแท้⁽⁴⁵⁾ และอาจมีผลทำให้การยึดติดของเรซินลดลง การกำจัดชั้นผิวเคลือบฟันดังกล่าวอาจทำได้โดยการกรอ หรือการเพิ่มระยะเวลาในการใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันให้นานขึ้น⁽⁴⁹⁾ แต่เนื่องจากไม่ทราบความหนาของชั้นนี้ในทางคลินิกจึงไม่ทราบว่าจำเป็นต้องกรอออกมากน้อยเพียงใด⁽⁵⁵⁾ และการกรอนั้นอาจทำให้เกิดการเผยของเนื้อฟันได้⁽⁵⁶⁾ ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำการศึกษาโดยไม่กรอผิวเคลือบฟัน แต่จะใช้กรดกัดผิวเคลือบฟันนานมนาน 60 วินาที เวลาที่ใช้ในการกัดผิวเคลือบฟันน้ำนมด้วยกรดนั้นแม้จะมีรายงานว่าสามารถใช้เวลานานเท่ากับการกัดด้วยกรดบนผิวเคลือบฟันแท้ได้⁽²⁴⁾ โดยเวลาที่เหมาะสมมีค่าต่างๆกันตั้งแต่ 15 ถึง 60 วินาที⁽²⁾ แต่เนื่องจากการศึกษาที่รายงานว่าเมื่อระยะเวลาในการกัดด้วยกรดสั้นลง โอกาสที่จะพบผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรดในลักษณะไม่ปรากฏโครงสร้างของแท่งเคลือบฟันมีมากขึ้น ซึ่งการยึดติดเชิงกลของเรซินนั้นจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรดมีลักษณะโครงสร้างของแท่งเคลือบฟันที่ชัดเจน⁽⁵¹⁾ ร่วมกับการศึกษาของ Symons และคณะ⁽⁶⁹⁾ ซึ่งรายงานว่าเวลาในการกัดผิวเคลือบฟันด้วยกรดที่สั้นลงทำให้เกิดมีช่องอากาศ (void) มากขึ้นตามแนวระหว่างวัสดุเนื้อกลุ่มร่องฟันกับผิวเคลือบฟัน ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติการทำให้เปียกของผิวเคลือบฟันลดลง และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ควบคุมช่วงอายุและภูมิฐานะของกลุ่มประชากรที่ทำการเก็บฟันกรามน้ำนมมาศึกษา ซึ่งฟันที่มีช่วงเวลาอยู่ในช่องปากนานจะมีความต้านทานต่อการกัดด้วยกรดสูงขึ้นเพราะมีการดูดซับ (absorption) ฟลูออไรด์เพิ่มมากขึ้น⁽⁷⁰⁾

วัสดุเนื้อกลุ่มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงที่ใช้ในการทดลองนี้คือ Concise™ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมต่ำเพียง 0.008 เซนติเมตรต่อวินาที นั่นคือวัสดุมีความหนืดสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุเนื้อกลุ่มร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงที่ผลิตจากบริษัทอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Delton® ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมสูงถึง 2.07 เซนติเมตรต่อวินาที จากความหนืดที่แตกต่างกันมากระหว่างวัสดุทั้งสองนี้อาจมีส่วนอยู่บ้างในการทำให้ความยาวเฉลี่ยของเรซินแทรกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 20 วินาทีจากการศึกษาของ Chosack และ Eidelman⁽²⁰⁾ มีค่ามากกว่าความยาวเฉลี่ยของเรซินแทรกในกลุ่มระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสง 30 วินาทีในการวิจัยนี้

นอกเหนือไปจากการอธิบายถึงความยาวของเรซินแทกที่แตกต่างกันว่าอาจเป็นเพราะกรดสามารถละลายผิวเคลือบฟันแท้ออกไปได้ความลึกที่มากกว่าการละลายผิวเคลือบฟันน้ำนม⁽⁴⁹⁾

การศึกษาอื่นๆเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดของวัสดุกับค่ากำลังแรงยึดหรือความยาวของเรซินแทกที่เกิดขึ้นมีผู้ทำการศึกษาไว้คือ Wright และ Retief⁽⁴⁰⁾ ได้ทดสอบค่ากำลังแรงยึดต้านทานการดึงของวัสดุเนื้อหุลมร่องฟัน 8 ชนิด พบว่ากำลังแรงยึดต้านทานการดึงของวัสดุเนื้อหุลมร่องฟันทุกชนิดมีค่าไม่แตกต่างกัน แม้ว่าวัสดุเนื้อหุลมร่องฟันนั้นจะมีหรือไม่มีอนุภาคอัดแทรก หรือมีค่าสัมประสิทธิ์ของการแทรกซึมต่างกันก็ตาม Sakaki และคณะ⁽⁷¹⁾ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนืด กำลังแรงยึดแบบเขื่อนและความยาวของเรซินแทกของวัสดุยึด (bonding adhesive) ชนิดบ่มด้วยแสง 5 ชนิดที่มีปริมาณของวัสดุอัดแทรกแตกต่างกันบนผิวเคลือบฟันพบว่า ความหนืดของวัสดุยึดจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของวัสดุอัดแทรก และความยาวของเรซินแทกของวัสดุยึดที่มีปริมาณวัสดุอัดแทรกน้อย คือมีความหนืดต่ำจะมีความยาวของเรซินแทกที่เกิดขึ้นมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างมากระหว่างความยาวของเรซินแทกกับความหนืดและกำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุยึดที่ทดสอบภายหลังการแช่น้ำนาน 1 วัน แต่ทั้งสองการศึกษานี้ไม่ได้มีการควบคุมถึงเรื่องระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงเนื่องจากสารเรซินที่มีความหนืดมากนั้นจะแทรกซึมลงไปบนผิวเคลือบฟันที่ผ่านการกัดด้วยกรดได้ช้าและไม่ดีนัก⁽⁷²⁾ ผลจากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงน่าจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อวัสดุเนื้อหุลมร่องฟันที่มีความหนืดสูงโดยส่งผลต่อกำลังแรงยึดแบบเขื่อน แม้ว่าผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงจะไม่สามารถอธิบายได้อย่างเด่นชัดจากผลการศึกษความยาวของเรซินแทกที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว ก็อาจเป็นเพราะข้อจำกัดต่างๆในการศึกษาเรซินแทกได้แก่ ความผันแปรของรูปแบบผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรด ตลอดจนขั้นตอนต่างๆของการเตรียมชิ้นตัวอย่างก่อนดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดความเสียหายของเรซินแทกได้ตลอดเวลา⁽⁶⁷⁾ ดังนั้นควรมีการพัฒนาเทคนิควิธีการในการศึกษาเกี่ยวกับเรซินแทกต่อไป และเนื่องจากความแข็งแรงของการยึดเชิงกลไม่ได้ขึ้นกับความยาวของเรซินแทกเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับพฤติการณ์ของเรซินแทก ตลอดจนจำนวนและขนาดของเรซินแทกที่เกิดขึ้นอีกด้วย^(15,19,20) การศึกษาต่อไปเกี่ยวกับเรซินแทกจึงควรต้องศึกษาทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณจึงจะเหมาะสมที่สุด และควรต้องมีหลักเกณฑ์ในการศึกษาที่ชัดเจนและมีมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาได้อย่างเป็นสากล

ขั้นตอนต่างๆ ในการทำผืนiculumร่องฟันมีความสำคัญต่อการยึดติดของวัสดุ⁽²³⁾ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการล้างกรดออกจากผิวเคลือบฟันนาน 20 วินาที ซึ่งนานเพียงพอที่จะล้างกรดตลอดจนสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตที่ตกตะกอนอยู่บนผิวเคลือบฟันออกได้^(27,70) หลังการเป่าให้ผิวเคลือบฟันแห้งด้วยลมจากกระบอกฉีดแบบสามทางที่ไม่มีน้ำหรือละอองน้ำมันเจือปนนาน 10 วินาทีก็พบว่าผิวเคลือบฟันมีลักษณะขาวขุ่น (frosty white) ส่วนระยะเวลาในการบ่มวัสดุผืนiculumร่องฟัน Concise[™] ด้วยแสงใช้ตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำคือบ่มด้วยแสงนาน 20 วินาทีโดยมีการตรวจสอบความเข้มของเครื่องฉายแสงทุกครั้งก่อนใช้และวางส่วนปลายของเครื่องฉายแสงให้อยู่ใกล้กับผิวของวัสดุผืนiculumร่องฟันมากที่สุด โดยการเตรียมชิ้นตัวอย่างทั้งหมดได้ใช้อุปกรณ์เดียวกันภายในสภาพแวดล้อมเดียวกันและทำการทดสอบโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียวตลอดการศึกษา ด้วยการควบคุมปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันจึงสามารถเปรียบเทียบผลของระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่แตกต่างกันที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนและความยาวของเรซินแทกที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ได้

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการและได้ทำการศึกษาวัดผืนiculumร่องฟันเพียงชนิดเดียวคือ Concise[™] การนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้จริงกับผู้ป่วยเด็กในคลินิกจึงยังเป็นเรื่องที่ต้องทำการศึกษาต่อไป เนื่องจากสาเหตุสำคัญที่ทำให้การทำผืนiculumร่องฟันล้มเหลวคือการที่ผิวเคลือบฟันภายหลังการกัดด้วยกรดถูกปนเปื้อนจากน้ำลาย⁽²⁾ และการทิ้งระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงนานถึง 20 วินาทีอาจจะทำได้เฉพาะในผู้ป่วยเด็กที่ให้ความร่วมมือ แต่จะกระทำได้ยากในผู้ป่วยเด็กที่ไม่ให้ความร่วมมือ นอกจากนี้ยังมีวัสดุผืนiculumร่องฟันชนิดบ่มด้วยแสงอีกมากมายที่มีคุณสมบัติแตกต่างจาก Concise[™] ซึ่งควรต้องมีการศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนการบ่มด้วยแสงของวัสดุผืนiculumร่องฟันชนิดต่างๆ ต่อไป

รายการอ้างอิง

1. สาธารณสุข, กระทรวง. รายงานผลการสำรวจสภาวะทันตสุขภาพแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ. 2537 ประเทศไทย. (ม.ป.ท.), กองทันตสาธารณสุข กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2537.
2. Hicks, M. J. The acid-etch technique in caries prevention : Pit and fissure sealant and preventive resin restorations. In : Pinkham, J. R., senior editor. Pediatric dentistry : Infancy through adolescence. Philadelphia : W.B. Saunders, 1994. pp. 454-457, 468.
3. Mathewson, R. J., and Primosch, R. E., editors. Fundamentals of pediatric dentistry. 3rd ed. Chicago : Quintessence, 1995. pp. 119-121, 124, 127.
4. Galil, K. A., and Gwinnett, A. J. Three-dimensional replicas of pits and fissures in human teeth : Scanning electron microscopy study. Arch. Oral Biol. 20 (1975) : 493-495.
5. Waggoner, W. F. Managing occlusal surfaces of young permanent molars. J. Am. Dent. Assoc. 122 (1991) : 72-76.
6. Dirks, O. B.; Kunzel, W.; and Carlos, J. P. Caries-preventive water fluoridation. Caries Res. 12 (1978) : 7-14.
7. Rohr, M.; Makinson, O. F.; and Burrow, M. F. Pit and fissures : Morphology. J. Dent. Child. 58 (1991) : 97-103.
8. Weintraub, J. A. The effectiveness of pit and fissure sealants. J. Public Health Dent. 49 (1989) : 317-330.
9. Ripa, L. W. The current status of pit and fissure sealants : A review. J. Can. Dent. Assoc. 51 (1985) : 367-380.
10. American Dental Association; Council on Dental Health and Health Planning; and Council on Dental Materials, Instruments, and Equipment. Pit and fissure sealants. J. Am. Dent. Assoc. 114 (1987) : 671-672.
11. National Institutes of Health. Dental sealants in the prevention of tooth decay. Consensus development conference statement. J. Dent. Educ. 48 (1984) : 126-131.

12. Cueto, E. J., and Buonocore, M. G. Sealing of pits and fissures with an adhesive resin, its use in caries prevention. J. Am. Dent. Assoc. 75 (1967) : 121-128.
13. Mertz-Fairhurst, E. J. Current status of sealant retention and caries prevention. J. Dent. Educ. 48 (1984) : 18-26.
14. Myers, C. L.; Rossi, F.; and Cartz, L. Adhesive tag like extensions into acid-etched tooth enamel. J. Dent. Res. 53 (1974) : 435-441.
15. Gwinnett, A. J., and Matsui, A. A study of enamel adhesives. The physical relationship between **enamel and adhesive**. Arch. Oral Biol. 12 (1987) : 1615-1620.
16. Voss, J. E., and Charbeneau, G. T. **A scanning electron microscope comparison of three methods of bonding resin to enamel rod ends and longitudinally cut enamel**. J. Am. Dent. Assoc. 98 (1979) : 384-389.
17. Hitt, J. C., and Feigal, R. J. Use of bonding agent to reduce sealant sensitivity to moisture contamination : An in vitro study. Pediatr. Dent. 14 (1992) : 41-46.
18. Choi, J-W.; Drummond, J. L.; and Punwani, i. The efficacy of primer on sealant shear bond strength. Pediatr. Dent. 19 (1997) : 286-290.
19. Titley, K. C.; Tomeck, C. D.; **Smith, D. C.**; Chernecky, R.; and Adibfar, A. Scanning electron **microscopy observations on the penetration** and structure of resin tags in **bleached and unbleached bovine enamel**. J. Endod. 17 (1991) : 72-75.
20. Chosack, A., and Eidelman, E. Effect of time from application until exposure to light on the tag lengths of a visible light-polymerized sealant. Dent. Mater. 4 (1988) : 302-306.
21. Hallett, K. B.; Garcia-Godoy, F.; and Trotter, A. R. Shear bond strength of a resin composite to enamel etched with maleic or phosphoric acid. Aust. Dent. J. 39 (1994) : 292-297.
22. Xu, H. C.; Wang, T.; and Wang, H. A study of the state and depth of resin penetration into acid-etched enamel. Aust. Dent. J. 28 (1983) : 359-365.
23. Gwinnett, A. J. Scientific rationale for sealant use and technical aspects of application. J. Dent. Educ. 48 (1984) : 56-59.

24. Gwinnett, A. J., and Garcia-Godoy, F. Effect of etching time and acid concentration on resin shear bond strength to primary tooth enamel. Am. J. Dent. 5 (1992) : 237-239.
25. Simonsen, R. J. Fissure sealants in primary molars : Retention of colored sealants with variable etch times, at twelve months. ASDC J. Dent. Child. 46 (1979) : 382-384.
26. Redford, D. A.; Clarkson, B. H.; and Jensen, M. The effect of different etching times on the sealant bond strength, etch depth, and pattern in primary teeth. Pediatr. Dent. 8 (1986) : 11-15.
27. Waggoner, W. F., and Siegal, M. Pit and fissure sealant application : Updating the technique. J. Am. Dent. Assoc. 127 (1996) : 351-361.
28. Brocklehurst, P. R.; Joshi, R. J.; and Northeast, S. E. The effect of air-polishing occlusal surfaces on the penetration of fissures by a sealant. Int. J. Paediatr. Dent. 2 (1992) : 157-162.
29. Brockmann, S. L.; Scott, R. L.; and Erick, J. D. A scanning electron microscopic study of the effect of air polishing on the enamel-sealant surface. Quintessence Int. 21 (1990) : 201-206.
30. Rock, W. P.; Weatherill, S.; and Anderson, R. J. Retention of three fissure sealant resin. The effects of etching agent and curing method. Results over 3 years. Br. Dent. J. 168 (1990) : 323-325.
31. Mixson, J. M.; Eric, J. D.; Tira, D. E.; and Moore, D. L. The effects of variable wash times and techniques on enamel-composite resin bond strength. Quintessence Int. 19 (1988) : 279-285.
32. Harris, N. O. **Pit and fissure sealants.** In : Harris, N. O., and Christen, A. G., editors. Primary preventive dentistry. 3rded. California : Appleton and Lange, 1991. pp. 238-240.
33. Duggal, M. S.; Tahmassebi, J. F.; Toumba, K. J.; and Mavromati, C. The effect of different etching times on the retention of fissure sealants in second primary and first permanent molars. Int. J. Pediatr. Dent. 7 (1997) : 81-86.

34. Buonocore, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic materials to enamel surface. J. Dent. Res. 34 (1955) : 849-853.
35. Buonocore, M. G. Adhesives in the prevention of caries. J. Am. Dent. Assoc. 87 (1973) : 1000-1005.
36. Shapira, J.; Fuks, A. B.; and Chosack, A. A comparative clinical study of autopolymerized and light-polymerized fissure sealants : Five-year results. Pediatr. Dent. 12 (1990) : 168-169.
37. Feldens, E. G.; Feldens, C. A.; de Araujo, F. B.; and et al. Invasive technique of pit and fissure sealants in primary molars : an SEM study. J. Clin. Pediatr. Dent. 18 (1994) : 187-190.
38. Barrie, A. M.; Stephen, K. W.; and Kay, E. J. Fissure sealant retention : A comparison of three sealant types under field conditions. Community Dent. Health 7 (1990) : 273-277.
39. Xalabarde, A.; García-Godoy, F.; Boj, J. R.; and Canaida, C. Fissure micromorphology and sealant adaptation after occlusal enameloplasty. J. Clin. Pediatr. Dent. 20 (1996) : 299-304.
40. Wright, J. T., and Retief, D. H. Laboratory evaluation of eight pit and fissure sealants. Pediatr. Dent. 6 (1984) : 36-40.
41. Berkovitz, B. K. B.; Holland, G. R.; and Moxham, B. J. Color atlas and textbook of oral anatomy . Histology and embryology. 2nd ed. St. Louis : Mosby-Year Book, Inc. 1992. pp. 112-117.
42. Lundeen, T. F.; Sturdevant, J. R.; and Sluder, T. B. Clinical significance of dental anatomy, histology, physiology, and occlusion. In : Sturdevant, C. M.; Roberson, T. M.; Heymann, H. O.; and Sturdevant, J. R., editors. The art and science of operative dentistry. 3rd ed. St. Louis : Mosby, 1995. pp. 11-15.
43. Simmelink, J. W. Histology of enamel. In : Avery, J. K., and Steele, P. F., editors. Oral development and histology. 2nd ed. New York : Thieme Medical Publishers, Inc., 1994. pp. 228-233.

44. Ten Cate, A. R. Enamel structure. In : Ladig, D., editor. Oral histology : development, structure, and function. 4th ed. St. Louis : Mosby-Year Book ,Inc., 1994. pp. 239-256.
45. Ripa, L. W.; Gwinnett, A. J.; and Buonocore, M. G. The prismless outer layer of deciduous and permanent enamel. Arch. Oral Biol. 11 (1956) : 41-48.
46. Gwinnett, A. J. The ultrastructure of the "prismless" enamel of permanent human teeth. Arch. Oral Biol. 12 (1967) : 381-387.
47. Whittaker, D. K. Structural variations in the surface zone of human tooth enamel observed by scanning electron microscopy. Arch. Oral Biol. 27 (1982) : 383-392.
48. Silverstone, L. M.; Saxton, C. A.; Dogon, L.; and Fejerskov, O. Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. Caries Res. 9 (1975) : 373-387.
49. Sheykholeslam, Z., and Buonocore, M. G. Bonding of resins to phosphoric acid-etched enamel surfaces of permanent and deciduous teeth. J. Dent. Res. 51 (1972) : 1572.
50. Buonocore, M. G. The use of adhesive in dentistry. Springfield : Charles C Thomas Publishers, 1975. pp. 17, 82-84.
51. Hosoya, Y., and Goto, G. The effects of cleaning, polishing pretreatments and acid etching times on unground primary enamel. J. Pedodon. 14 (1990) : 84-92.
52. Doyle, W. A., and Brose, J. A. A five-year study of the longevity of fissure sealant. ASDC J. Dent. Child. 45 (1978) : 127-129.
53. Eidelman, E.; Fuks, A. B.; Shapira, J.; and Chosack, A. The structure of the enamel in primary teeth : Practical applications in restorative techniques. ASDC J. Dent. Child. 43 (1976) : 172-176.
54. Garcia-Godoy, F. and Gwinnett, A. J. Effect of etching times and mechanical pretreatment on the enamel of primary teeth : An SEM study. Am. J. Dent. 4 (1991) : 115-118.

55. Fuks, A. B.; Eidelman, E.; and Shapira, J. Mechanical and acid treatment of the prismless layer of primary teeth VS acid etching only : A SEM study. ASDC J. Dent. Child. 44 (1997) : 222-225.
56. Knoll, M.; Gwinnett, A. J.; and Wolff, M. Should primary enamel be ground prior to bonding? J. Clin. Orthod. 19 (1985) : 137-139.
57. Bozalis, W. G.; Marshall, G. W.; and Cooley, R. O. Mechanical pretreatments and etching of primary tooth enamel. ASDC J. Dent. Child. 46 (1979) : 43-49
58. Silverstone, L. M., and Dogon, J. L. The effect of phosphoric acid on human deciduous enamel surface in vitro. J. Int. Assoc. Dent. Child. 7 (1976) : 11-15.
59. Conniff, J. N., and Hamby, G. R. Preparation of primary tooth enamel for acid conditioning. ASDC J. Dent. Child. 43 (1976) : 177-179.
60. Ferracane, J. L. Materials in dentistry. Principles and applications. Philadelphia : J.B. Lippincott company, 1995. pp. 22-24, 30-31.
61. Fan, P. L.; Seluk, L. W.; and O'Brien, W. J. Penetrativity of sealants : I. J. Dent. Res. 54 (1975) : 262-264.
62. de Menezes, L. F., and Chevitaresh, O. Sealant and resin viscosity and their influence on the formation of resin tags. Angle Orthod. 64 (1994) : 383-388.
63. Dogon, I. L. The influence of viscosity on the penetration of resin into acid etched enamel. J. Dent. Res. 55 (1976) : 138. (special issue B) abstract no. 306
64. Marcushamer, M. ; Newman, E. ; and Garcia-Godoy, F. Fluoridated and nonfluoridated unfilled sealants show similar shear bond strength. Pediatr. Dent. 19 (1997) : 289-290.
65. Relief, D. H. Standardizing laboratory adhesion tests. Am. J. Dent. 4 (1991) : 231-236.
66. Park, K.; Georgescu, M.; Scherer, W.; and Schulman, A. Comparison of shear strength, fracture patterns, and microleakage among unfilled, filled, and fluoride releasing sealants. Pediatr. Dent. 15 (1993) : 418-420.
67. Diedrich, P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding : A study with the scanning electron microscope. Am. J. Orthod. 79 (1981) : 500-522.

68. Pahlavan, A.; Dennison, J. B.; and Charbeneua, G. T. Penetration of restorative resins into acid-etched human enamel. J. Am. Dent. Assoc. 93 (1976) : 1170-1176.
69. Symons, A. L.; Chu, C-Y.; and Meyers, I. A. The effect of fissure morphology and pretreatment of the enamel surface on penetration and adhesion of fissure sealants. J. Oral Rehabil. 23 (1996) : 791-798.
70. Pitt Ford, T. R. The restoration of teeth. 2nd ed. London : Blackwell Scientific Publications, 1996. p. 114.
71. Sakaki, T.; Fukushima, T.; Kawai, S.; and Matsumoto, M. Effect of physical properties of direct bonding to etched enamel. J. Prosthet. Dent. 71 (1994) : 552-559.
72. Gwinnett, A. J. The scientific basis of the sealant procedure. J. Prev. Dent. 3 (1976) : 15-27.



สถาบันทันตวิทยา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงค่ากำลังแรงยึดแบบเขื่อนของวัสดุฉีกหนุมร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่แตกต่างกัน

Sample	Group	Shear force (N)	Shear bond strength (Mpa)
1	1	41.99	13.37
2	1	47.33	15.07
3	1	41.84	13.32
4	1	37.51	11.95
5	1	35.58	11.33
6	1	47.58	15.15
7	1	26.73	8.51
8	1	43.06	13.71
9	1	26.73	8.51
10	1	25.51	8.12
11	1	31.98	10.18
12	1	38.15	12.15
13	1	27.62	8.80
14	1	30.88	9.83
15	1	29.17	9.29
16	1	34.06	10.85
17	1	27.68	8.82
18	1	27.25	8.68
19	1	33.29	10.60
20	1	21.70	6.91
21	2	38.33	12.21
22	2	40.99	13.05
23	2	32.59	10.38

Sample	Group	Shear force (N)	Shear bond strength (Mpa)
24	2	37.14	11.83
25	2	46.57	14.83
26	2	39.31	12.52
27	2	31.16	9.92
28	2	35.06	11.17
29	2	37.87	12.06
30	2	35.74	11.38
31	2	30.76	9.80
32	2	38.94	12.40
33	2	32.17	10.25
34	2	46.69	14.87
35	2	46.02	14.66
36	2	41.35	13.17
37	2	29.91	9.53
38	2	38.27	12.19
39	2	43.33	13.80
40	2	29.11	9.27
41	3	50.02	15.93
42	3	42.72	13.61
43	3	40.89	13.02
44	3	47.27	15.05
45	3	48.86	15.56
46	3	67.99	21.65 *
47	3	47.58	15.15
48	3	38.30	12.20
49	3	71.72	22.84 *
50	3	60.24	19.18 *
51	3	34.73	11.06

Sample	Group	Shear force (N)	Shear bond strength (Mpa)
52	3	39.70	12.64
53	3	38.33	12.21
54	3	39.55	12.60
55	3	37.63	11.98
56	3	46.81	14.91
57	3	37.60	11.97
58	3	45.29	14.42
59	3	37.41	11.91
60	3	48.07	15.31

Group 1 : time-lapse before light curing 5 seconds

Group 2 : time-lapse before light curing 10 seconds

Group 3 : time-lapse before light curing 30 seconds

N : newton

Mpa : megapascal

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2 แสดงค่าความยาวของเรซินแทกของวัสดุฟันเนื้อนุ่มร่องฟัน Concise™ บนผิวเคลือบฟันกรามน้ำนมเมื่อใช้ระยะเวลาก่อนการบ่มด้วยแสงที่แตกต่างกัน

Sample	Group	Resin tag length (μm)	Sample	Group	Resin tag length (μm)
1	1	7.28	1	2	11.24
		7.21			11.08
		7.06			10.77
		6.98			8.32
		6.77			5.34
2	1	6.53	2	2	6.70
		6.51			6.66
		6.43			6.41
		5.64			6.39
		5.11			5.79
3	1	8.43	3	2	12.43
		8.36			11.68
		7.97			8.83
		7.68			8.63
		7.44			8.05
4	1	9.01	4	2	12.10
		8.62			11.25
		8.45			11.18
		8.26			10.83
		7.30			10.82
5	1	11.09	5	2	12.55
		9.69			10.44
		9.45			10.27
		9.16			9.96
		7.41			9.65

Sample	Group	Resin tag length (μm)	Sample	Group	Resin tag length (μm)
6	1	11.38	6	2	8.53
		9.13			6.90
		8.13			6.65
		7.89			6.55
		7.55			5.68
7	2	9.54	7	3	9.94
		8.92			9.42
		7.17			8.87
		7.05			8.25
		6.31			7.19
8	2	13.39	8	3	12.90
		12.42			10.80
		11.13			10.54
		10.81			9.68
		9.93			8.89
9	2	10.61	9	3	11.16
		10.25			9.25
		9.79			7.87
		9.73			6.92
		8.09			6.63
10	2	13.17	10	3	8.71
		9.04			8.56
		8.96			8.23
		8.89			7.75
		8.79			7.05

Sample	Group	Resin tag length (μm)	Sample	Group	Resin tag length (μm)
11	2	9.00	11	3	8.38
		6.31			7.85
		6.25			7.85
		5.39			6.58
		5.35			5.49
12	2	10.51	12	3	10.90
		9.75			10.21
		9.21			8.57
		8.83			8.11
		8.41			7.94

Group 1 : time-lapse before light-curing 5 seconds

Group 2 : time-lapse before light-curing 10 seconds

Group 3 : time-lapse before light-curing 30 seconds

ตารางที่ 3 แสดงค่าการวัดความยาวเรซินแทกครั้งแรกและครั้งที่สอง จำนวน 20 อันที่ได้มาโดยการสุ่มด้วยวิธีจับฉลาก ค่าผลต่างของการวัดครั้งที่สองกับครั้งแรก (d) ค่าผลต่างกำลังสองของการวัด (d^2) และค่าผลรวมของผลต่างกำลังสองของการวัด ($\sum d^2$)

Resin tag (n)	Resin tag length (m.m.)		d	d ²
	First measurement	Second measurement		
1	14.03	13.81	-0.22	0.05
2	13.12	13.24	0.12	0.01
3	12.13	12.32	0.19	0.04
4	10.26	10.36	0.10	0.01
5	15.84	15.62	-0.22	0.05
6	7.52	7.75	0.23	0.05
7	8.30	8.17	-0.13	0.02
8	9.58	9.19	-0.39	0.15
9	11.72	11.44	-0.28	0.08
10	12.98	13.17	0.19	0.04
11	14.40	14.36	-0.04	0.00
12	14.32	14.27	-0.05	0.00
13	12.42	12.11	-0.31	0.10
14	12.15	12.09	-0.06	0.00
15	16.31	16.57	0.26	0.07
16	12.10	12.43	0.33	0.11
17	12.59	12.94	0.35	0.12
18	9.28	9.30	0.02	0.04
19	13.55	13.85	0.30	0.09
20	12.61	12.34	-0.27	0.07
				$\sum d^2 = 1.1$

ประวัติผู้เขียน

นางสาวดวงธิดา ชุตินานุตสกุล เกิดวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดภูเก็ต สำเร็จการศึกษาทันตแพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม) จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปีการศึกษา 2537 เข้ารับราชการที่ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน สาขาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ในปี พ.ศ. 2538-2539 เข้ารับการศึกษาต่อในระดับปริญญาโทที่ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็ก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540

