ผลของน้ำยาล้างคลองรากฟัน และสารต้านอนุมูลอิสระต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนและการรั่วซึมของแบคทีเรียของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์

Effect of Various Irrigants and Antioxidant on Shear Bond Strength and Coronal Bacterial Leakage of Resilon/RealSeal®

พัทนิล วัชรพันธุ์

Patthanil Watcharapan

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Oral Health Sciences
Prince of Songkla University
2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของน้ำยาล้างคลองรากฟัน และสารต้านอนุมูลอิสระต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และการรั่วซึมของแบคทีเรียของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์

ผู้เขียน นางพัทนิล วัชรพันธุ์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก **คณะกรรมการสอบ**

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์) (รองศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา ชัยเลิศวณิชกุล)

.....กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกวลิน ธรรมสิทธิ์บูรณ์)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญรัตน์ สัตพัน) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญรัตน์ สัตพัน)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวรรณา จิตภักดีบดินทร์)(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยรัตน์ เฉลิมรัตนโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก

.....

(ศาสตราจารย ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	ผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันและสารต้านอนุมูลอิสระต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนและการรั่วซึมของแบคทีเรียของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์
ผู้เขียน	นางพัทนิล วัชรพันธุ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

เรซิลอนเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันที่มีสารเมทาคริเลตเรซินเป็นองค์ประกอบหลัก มีรายงานระบุว่าน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ใช้ล้างคลองรากฟันมีผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างสารเมทาคริเลตกับเนื้อฟัน การวิจัยนี้ศึกษาผลของน้ำยาล้างคลองรากฟัน และสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อการยึดติดของวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ โดยใช้ฟันรากเดียวที่ถอนจากมนุษย์ 117 ซี่ เตรียมชิ้นเนื้อฟันจำนวน 102 ชิ้นจากฟัน 51 ซี่สำหรับการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และฟันจำนวน 66 ซี่ ที่เตรียมคลองรากฟันแล้วสำหรับศึกษาความต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย แบ่งการทดลองเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม 2 กลุ่ม ได้แก่ **กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP)** - ล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น 5.25 ตามด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 และยึดด้วยวัสดุอุดกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลซีลเลอร์ **กลุ่มควบคุมลบ (DW)** – ล้างด้วยน้ำกลั่น และยึดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ กลุ่มทดลอง 4 กลุ่ม หลังจากล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 และน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 แล้ว แบ่งเป็น **กลุ่ม NaOCl** - ล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 **กลุ่ม NaOCl/SA -** ล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ตามด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 **กลุ่ม EDTA/DW –** ล้างด้วยน้ำกลั่น **กลุ่ม CHX -** ล้างด้วยน้ำกลั่นตามด้วยคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 จากนั้นยึดวัสดุเรซิลอนกับชิ้นเนื้อฟันด้วยเรียลซีลซีลเลอร์ และนำไปทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ สำหรับฟันที่ใช้ทดสอบความต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย ชนิดเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิส (ATCC 29212) เป็นเวลา 60 วัน การศึกษาพบว่ากลุ่ม CHX ให้ความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนสูงที่สุด (6.89 ± 2.37 เมกะ

ปาสคาล) และสูงกว่ากลุ่ม NaOCl (3.99 ± 0.82 เมกะปาสคาล) กลุ่ม NaOCl/SA (4.14 ± 1.68 เมกะปาสคาล) และกลุ่ม EDTA/DW (4.52 ± 1.36 เมกะปาสคาล) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$, สถิติความแปรปรวนทางเดียว และสถิติทูคีย์) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ DW (5.63 ± 1.45 เมกะปาสคาล) ส่วนความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย พบว่ากลุ่ม CHX มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีที่สุด แตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่ม NaOCl อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$, สถิติแคปแลนเมียร์ และวิธีร็อก แลงค์) แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ ภายใต้ข้อจำกัดของการวิจัยนี้สรุปได้ว่า การล้างคลองรากฟันด้วยคลอเฮกซิดีน กลูโคเนตความเข้มข้นร้อยละ 2 ภายหลังจากการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 และน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และน้ำกลั่น ก่อนอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดคลองรากฟันเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ มีผลให้วัสดุเรซิลอนและเรียลซีลซีลเลอร์มีประสิทธิภาพในการยึดติดและต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีขึ้น ในขณะที่การล้างด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยึดติดและการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียให้กับการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ได้

Thesis Title	Effect of Various Irrigants and Antioxidant on Shear Bond Strength and Coronal Bacterial Leakage of Resilon/RealSeal®
Author	Patthanil Watcharapan
Major Program	Oral Health Sciences
Academic Year	2010

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of endodontic irrigants and sodium ascorbate on the shear bond strength and sealability of Resilon/RealSeal to the root canal dentin. The 102 dentin blocks and 66 roots from 117 extracted single-rooted teeth were prepared. The specimens were randomly divided into six groups consisting of two control groups : **Group GP** - irrigated with 5.25% NaOCl, 17% EDTA followed by 5.25% NaOCl irrigation, then bonded or obturated with gutta-percha and zincoxide eugenol sealer. **Group DW (negative control)** - irrigated with distilled water, then bonded or obturated with Resilon/RealSeal. All four experimental groups were irrigated with 5.25% NaOCl followed by 17% EDTA before being randomly divided into 4 groups : **Group NaOCl** - 5.25% NaOCl ; **Group NaOCl/SA** - 5.25% NaOCl followed by 10% Sodium ascorbate ; **Group EDTA/DW** - distilled water ; **Group CHX** - distilled water followed by 2% chlorhexidine gluconate. All specimens were bonded or obturated with Resilon/Realseal and subjected to shear bond strength test and coronal bacterial leakage test using *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212). The results indicated that Group CHX provided the significantly higher bond strength (6.89 ± 2.37 MPa) than Group NaOCl (3.99 ± 0.82 MPa), Group NaOCl/Sa (4.14 ± 1.68 MPa) and Group EDTA/DW (4.52 ± 1.36 MPa) ($P \leq 0.05$, One-way ANOVA and Tukey test). However, there was no significant difference between Group CHX and Group DW (5.63 ± 1.45 MPa). Furthermore, Group CHX provided the significant better resistance to coronal bacterial leakage ($P \leq 0.05$, Kaplan-Meier survival analysis and Log-rank test) compared to Group DW and Group NaOCl , while there was no significant difference between Group CHX and the other groups. Within the limitations of this study, it can be

concluded that, the final rinse with 2% CHX after 5.25% NaOCl and 17% EDTA irrigation increased the shear bond strength and sealability of Resilon/RealSeal obturation. In addition, 10% sodium ascorbate irrigation did not improve bond strength and resistance to coronal bacterial leakage in this study.

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการรูป	(10-11)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การทบทวนวรรณกรรม	3
วัตถุประสงค์	12
2 วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ	13
3 ผลการวิจัย	30
4 บทวิจารณ์	43
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก	64
ประวัติผู้เขียน	69

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ	31
2	ความล้มเหลวของการยึดติดลักษณะต่างๆ ที่พบในแต่ละกลุ่ม	33
3	ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการยึดล้มเหลว	34
4	ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลว	34
5	จำนวนวันที่เกิดการรั่วซึมเฉลี่ยเปรียบเทียบในกลุ่มต่างๆ	41
6	การกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน	65
7	ค่านัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์และเนื้อฟัน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบทางเดียวและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบทูคีย์	65-66
8	จำนวนชิ้นทดสอบแจกแจงตามการเกิดการล้มเหลวลักษณะต่างๆ	67
9	ค่านัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบการเกิดความล้มเหลวภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างกลุ่มต่างๆ โดยใช้การทดสอบไคสแคว์	67
10	ค่าเฉลี่ยเวลาที่เกิดการรั่วซึมในกลุ่มต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์การดำรงอยู่ด้วยวิธีแคปแลน เมียร์ ที่ระดับนัยสำคัญ และวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีล็อก-แรงค์	68

รายการรูป

รูป		หน้า
1	ไดอะแกรมแสดงการจัดกลุ่มของโมโนบล็อกในงานเอ็นโดดอนติกส์	3
2	วัสดุอุดแกนเรซิลอนและเรซิลอนแบบเม็ดแท่งซึ่งผลิตมาในลักษณะคล้ายกัตตาเปอร์ชา	4
3	ส่วนประกอบของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอน และซีลเลอร์ชนิดเรียลซีล	5
4	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะโมโนบล็อคที่เกิดขึ้นหลังจากการอุดด้วยวัสดุเรซิลอน ร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์	7
5	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบเลื่อนกราดแสดงช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ และกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัช	8
6	ภาพวาดแสดงการเตรียมชิ้นเนื้อฟัน	17
7	การเตรียมชิ้นงานเรซิลอน และกัตตาเปอร์ชา	19
8	ขั้นตอนการยึดวัสดุอุดคลองรากฟันกับชิ้นเนื้อฟัน	20
9	ภาพการติดตั้งแบบหล่อสเตนเลสสตีลเข้ากับเครื่องทดสอบแรงอเนกประสงค์เพื่อทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน	21
10	ภาพแบบจำลองสองห้องในการทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรีย	26
11	แผนภาพแสดงวิธีการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน	28
12	แผนภาพแสดงวิธีการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรีย	29
13	แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ	31
14	ภาพแสดงตัวอย่างความล้มเหลวลักษณะต่างๆ	32
15	แผนภูมิแท่งแสดงความล้มเหลวของการยึดติดลักษณะต่างๆที่พบในแต่ละกลุ่ม	33
16	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ	35-36
17	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม GP ภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะ	37

รายการรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
18	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม EDTA/DW ที่เกิดการยึดล้มเหลว	38
19	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl ที่เกิดการยึดล้มเหลว	38
20	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม CHX ที่พบการล้มเหลวแบบผสม ที่มีการเกิดการล้มเหลวใต้ชั้นไฮบริด	39
21	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl/SA ที่พบการล้มเหลวแบบผสมที่เกิดการล้มเหลวเหนือชั้นไฮบริด	39
22	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่มควบคุมลบ (DW) ที่มีการเชื่อมแน่นล้มเหลว	40
23	แผนภูมิแสดงอัตราการคงอยู่ของวัสดุในกลุ่มต่างๆตลอดระยะเวลา 60 วัน	41
24	ลักษณะโคโลนีของเชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิสจากอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่าง	42
25	ภาพความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่าง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อในกลุ่มควบคุมลบ	54

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

คุณสมบัติของวัสดุอุดคลองรากฟัน ในอุดมคติควรสามารถปิดผนึก (seal) แบคทีเรียที่เหลือค้างอยู่ภายในคลองรากฟันหลังจากขยายทำความสะอาดคลองรากฟันได้ สามารถปิดผนึกช่องว่างภายในคลองรากฟัน (root canal space) เพื่อป้องกันการติดเชื้อซ้ำ (re-infection) จากการรั่วซึมบริเวณตัวฟัน (coronal leakage) และสามารถหยุดการแทรกซึมของของเหลวบริเวณเนื้อเยื่อปลายราก (tissue fluid) ได้ แม้ว่ากัตตาเปอร์ชาจะเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นมาตรฐานในปัจจุบัน เนื่องจากมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) กับร่างกาย มีคุณสมบัติอ่อนนุ่มเมื่อโดนความร้อน (thermoplastic nature) ใช้งานง่าย และสามารถรื้อออกได้ แต่มีข้อเสียที่สำคัญ คือ ไม่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถเชื่อมั่นได้ว่าวัสดุนี้จะสามารถป้องกันการรั่วซึมของจุลชีพได้[1]

ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตจึงพยายามพัฒนาวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดใหม่เพื่อทดแทนข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการผนึกกับผนังคลองรากฟันของกัตตาเปอร์ชา โดยนำแนวคิดการใช้ระบบสารยึดเนื้อฟัน (dentin bonding agent) และวัสดุประเภทเรซิน มาใช้ในงานอุดคลองรากฟัน เพื่อให้เกิดการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากแบบแกนแข็ง (solid-core) กับสารยึดติดเนื้อฟัน (sealing agent) และ ผนังคลองรากฟัน (root canal dentin) ในลักษณะเชื่อมติดแน่นเป็นชิ้นเดียว (single cohesive unit) หรือเรียกว่าโมโนบล็อค (monoblock) โดยหวังจะช่วยลดการรั่วซึมทางจุลภาคของแบคทีเรีย (bacterial microleakage) และเพิ่มความแข็งแรงของฟันให้มากขึ้นกว่าการอุดคลองรากฟันโดยใช้กัตตาเปอร์ชากับซีเมนต์ผนึกคลองรากฟัน (root canal sealer) ชนิดอื่น[2] การพัฒนาวัสดุอุดคลองรากฟันที่มีเรซินเป็นส่วนประกอบและสารยึดติดในงานรักษาคลองรากฟันได้มีการพัฒนามาเป็นลำดับ จากการพัฒนาในอดีตจนถึงปัจจุบันได้มีวัสดุอุดคลองรากฟันหลายชนิดออกสู่ท้องตลาด เช่น ไฮดรอน (Hydron : Hydron technologies, Inc., Pompano Beach, FL) เอ็นโดเรซ (EndoREZ : Ultradent, South Jordan, UT) แอดซีล (Adseal : Biomed Co, Cheongji, Korea) และ เรซิลอน (Resilon : Resilon Research LLC Madison, CT, USA)

เรซิลอน เป็นวัสดุอุดคลองรากฟันที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันเนื่องจาก มีส่วนประกอบหลัก คือ พอลิเอสเทอร์ (polyester) และ ไดเมทาคริเลต (dimethacrylate) บริษัทผู้ผลิตได้

นำเสนอว่าเมื่อใช้ร่วมกับซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดเมทาคริเลตเรซิน (methacrylate based resin sealer) จะทำให้เกิดการยึดกับเนื้อฟันส่วนราก ในลักษณะโมโนบล็อคได้ โดยวัสดุอุดแกนเรซิลอน (Resilon core filling) จะยึดติดกับซีลเลอร์ชนิดเมทาคริเลต และซีลเลอร์ชนิดนี้จะแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันเป็นแท่งแทรกเล็กๆของเรซิน (resin tag) เกิดการยึดติดแน่นเป็นชิ้นเดียวได้ อีกทั้งยังเป็นวัสดุที่ทำมาในลักษณะคล้ายคลึงกับกัตตาเปอร์ชา ใช้งานง่าย สามารถรื้อออกได้ง่ายเมื่อต้องการรักษาคลองรากฟันซ้ำ (root canal retreatment) และวัสดุชนิดนี้ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (US Food and Drug Adminictration) ว่ามีความปลอดภัย ไม่ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อในร่างกาย ไม่เป็นพิษ (non-toxic) และไม่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (non-mutagenic) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการใช้อย่างแพร่หลายขึ้น

อย่างไรก็ตาม การยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันที่มีเรซินเป็นส่วนประกอบกับเนื้อฟันส่วนคลองรากฟัน (root canal dentin) อย่างมีประสิทธิภาพจัดเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการผนึกของสารยึดติดกับเนื้อฟันส่วนราก เช่น ลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟัน ปัจจัยด้านรูปร่างในคลองรากฟัน (geometric factor) การควบคุมความชื้น (moisture) และน้ำยาล้างคลองรากฟัน (root canal irrigant)[3]

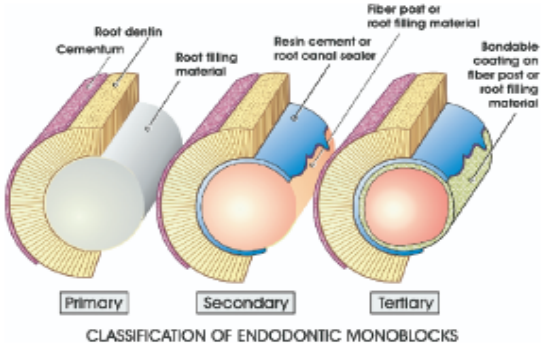
โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) จัดเป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันที่ได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานรักษาคลองรากฟัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพ (antimicrobial) และความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อ (tissue dissolving) หลายการศึกษาในอดีตได้รายงานถึงการตกค้างของออกซิเจน จากปฏิกิริยาการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์บนเนื้อฟัน มีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ของเรซินคอมโพสิต (resin composite)[4] และเรซินซีเมนต์ (resin cement)[5-8] กับเนื้อฟันส่วนราก และมีหลายการศึกษาได้พยายายามเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติดของเรซินคอมโพสิต หรือวัสดุที่ใช้ในการยึดทางทันตกรรมประดิษฐ์ชนิดเรซิน (resin luting cement) กับเนื้อฟัน โดยการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) เช่น กรดแอสคอร์บิค (ascorbic acid) หรือวิตามินซี และเกลือของกรดแอสคอร์บิค หรือ โซเดียมแอสคอร์เบต (sodium ascorbate) ที่รู้จักในนามของสารต้านอนุมูลอิสระประสิทธิภาพสูง (potent antioxidant)[9] ในการลบล้างฤทธิ์ของออกซิเจนที่เกิดจากการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogenperoxide : H_2O_2) และ สารฟอกสีฟันชนิดต่างๆ ก่อนการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต หรือก่อนการใช้วัสดุที่ใช้ในการยึดทางทันตกรรมประดิษฐ์ชนิดเรซิน ได้อย่างประสบผลสำเร็จ[10-16] ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตเรซิลอนจึงแนะนำให้ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาอีดีทีเอ (ethylenediamine tetraacetic acid : EDTA) แล้วตามด้วยการล้างด้วยน้ำกลั่น หรืออาจใช้คลอเฮกซิดีนกลูโคเนต ร่วมด้วยในกรณีที่ต้องการ เพื่อกำจัดฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ก่อนอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซิลอน อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนถึงผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิด

ต่างๆต่อความแข็งแรงพันธะในการยึดติด และความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนกับผนังคลองรากฟัน

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ ต่อค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ นอกจากนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของโซเดียม แอสคอร์เบตในการเพิ่มค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติด และความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย ของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอน ภายหลังจากล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้อาจช่วยให้การอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเมทาคริเลตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการผนึกแน่นกับผนังคลองรากฟัน และช่วยเพิ่มคุณสมบัติเชิงกลให้กับฟันที่รักษาคลองรากฟันได้ดียิ่งขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

คำว่าโมโนบล็อค หมายถึง การยึดติดแน่นเป็นชิ้นเดียว ซึ่งคำนี้มีใช้ในทางทันตกรรมมาเกือบหนึ่งศตวรรษ (รูปที่ 1) โดยเชื่อว่าการเกิดโมโนบล็อคสามารถเพิ่มความสามารถในการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟัน และให้ความแข็งแรงกับรากฟันที่รักษาคลองรากฟันได้ สิ่งที่พึงมีเพื่อให้เกิดลักษณะของโมโนบล็อคที่มีประสิทธิภาพ คือ วัสดุนั้นควรสามารถผนึกกับวัสดุอื่นได้อย่างแข็งแรง และควรมีมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน[17]



รูปที่ 1 ไดอะแกรมแสดงการจัดกลุ่มของโมโนบล็อคในงานเอ็นโดดอนติกส์

ปัจจุบันได้มีการนำหลักการยึดติดทางทันตกรรมมารวมเป็นหนึ่งเดียวกับงานรักษาคลองรากฟัน เพื่อให้การอุดคลองรากฟันมีลักษณะเป็นโมโนบล็อค เรซิลอนจัดเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเมทาคริเลตที่พัฒนามาทดแทนกัตตาเปอร์ชา เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการผนึกกับผนังคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เรซิลอน (Resilon) เป็นวัสดุสังเคราะห์มาจากโพลิเมอร์ของโพลิเอสเทอร์ ที่ใช้ร่วมกับสารรองพื้นหรือไพรเมอร์ชนิดเซลฟ์เอช (self-etch primer) และซีลเลอร์ชนิดเรซินที่บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี (dual-cured resin adhesive sealer) วัสดุชนิดนี้ผลิตมาในลักษณะคล้ายกัตตาเปอร์ชา โดยมีวัสดุอุดแกนทั้งแบบวัสดุอุดแกนเรซิลอน (Resilon core) และแบบเม็ดแท่ง (pellet) (รูปที่ 2) สามารถอุดได้ทั้งการอุดคลองรากฟันแบบหลอม (warm obturation) และอุดคลองรากฟันโดยไม่ใช้ความร้อน (cold obturation) สามารถรื้อได้ง่ายโดยใช้สารที่ใช้ละลายกัตตาเปอร์ชา (gutta-percha solvent) เช่น คลอโรฟอร์ม (chloroform)[18] การอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดคลองรากฟันระบบเรซิลอน ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก (รูปที่ 3) ได้แก่

รูปที่ 2 วัสดุอุดแกนเรซิลอนและเรซิลอนแบบเม็ดแท่งซึ่งผลิตมาในลักษณะคล้ายกัตตาเปอร์ชา

1. วัสดุอุดแกนเรซิลอน (Resilon core material) เป็นวัสดุสังเคราะห์จากโพลิเมอร์ชนิดโพลิคาโปรแลคโทน (polycaprolactone) หรือ โทน (Tone) ซึ่งเป็น แอลิฟาติก-โพลิเอสเทอร์ซึ่งย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ หรือจุลินทรีย์ (biodegradable aliphatic polyester) ประกอบด้วย เรซินชนิดไดฟังก์ชันนอล เมทาคริเลต (difunctional methacrylate) และวัสดุอัดแทรก (filler) ประเภท ไบโอแอคทีพกลาส (bioactiveglass) บิสมัทออกซีคลอไรด์ (bismuth oxychloride) และ แบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) วัสดุแกนเรซิลอนประกอบด้วยโพลิคาโปรแลคโทนร้อยละ 57.6 ± 0.2 โดยปริมาตร และวัสดุอัดแทรกร้อยละ 42.4 ± 0.2 โดยปริมาตร[19]

2. สารรองพื้น หรือ ไพรเมอร์ (primer) เป็นชนิดเซลฟ์เอชไพรเมอร์ ประกอบด้วย กรดซัลโฟนิก โมโนเมอร์ (sulfonic acid-terminated functional monomer) ทู-ไฮดรอกซีเอธิลเมตะไคลเลต (hydroxyethylmethacrylate : HEMA) น้ำ และตัวกระตุ้นปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชัน (polymerization initiator)[18]

3. ซีลเลอร์ชนิดเรซิลอน (resilon sealer) เป็นชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยโครงร่างเรซิน (resin matrix) พวกโพลิเอทิลีน ไกลคอล ไดเมทาคริเลต

(polyethylene glycol dimethacrylate : PEGDMA) ยูรีเทนไดเมทาคริเลต (urethanedimethacrylate : UDMA) บิสฟีนอล-เอ-ไกลซิดิลไดเมทาคริเลต (Bisphenol-A-glycidyldimethacrylate : BisGMA) อิทอกซิเลต บิส-ไกลซิดิลเมทาคริเลต (ethoxylated Bisphenol-A-dimethacrylate : EBPADMA) และเติมวัสดุอัดแทรกในกลุ่มแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) แบเรียมซัลเฟต (barium sulfate) แบเรียม โบโรซิลิเกต กลาส (barium borosilicate glass) ซิลิกา (silica) บิสมัส ออกซิคลอไรด์ (bismuth oxychloride) ตัวกระตุ้นปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันด้วยแสง และสี (pigment)[20] เรซินซีลเลอร์ที่ใช้ในระบบเรซิลอนมีหลายชนิดขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต ได้แก่ อิพิฟานี (Epiphany) เรียลซีล (RealSeal) และ เน็กซ์ (Next)

รูปที่ 3 ส่วนประกอบของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอน และซีลเลอร์ชนิดเรียลซีล

เรซิลอนมีจุดหลอมเหลวประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับกัตตาเปอร์ชา แต่เรซิลอนมีความสามารถในการหลอมร้อนผันกลับได้ (thermoplastic) ไม่เท่ากับกัตตาเปอร์ชา เนื่องจากเรซิลอนมีความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity) สูงกว่ากัตตาเปอร์ชา และมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของวัตถุขณะหลอมเหลว (enthalpy change) สูง อีกทั้งยังมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่ากัตตาเปอร์ชา[21]

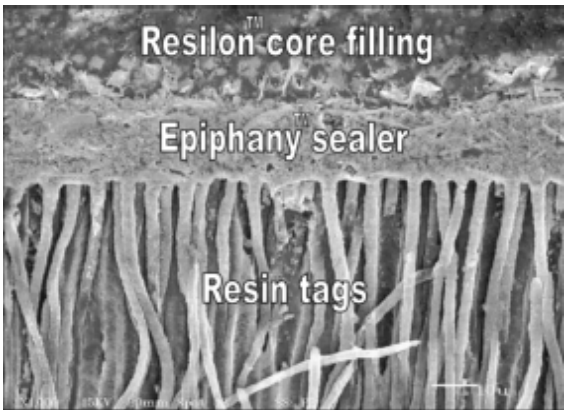
ความสามารถในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับรากฟัน (strengthen the root) ของเรซิลอนยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ Teixeira และคณะ[22] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับรากฟัน และต้านทานต่อการเกิดรากฟันแตกหัก (root fracture) เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 22 ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-26 ซีลเลอร์ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาอื่นๆที่แสดงว่าทั้งการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชา และเรซิลอน ไม่สามารถให้ความแข็งแรงกับรากฟันได้ เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงระหว่างพื้นผิว (interfacial strength) ของวัสดุและเนื้อฟันส่วนรากต่ำ และมีมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นเพียง

86.6 ± 43.2 เมกะปาสคาล ซึ่งต่ำกว่าเนื้อฟันส่วนรากที่มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น 16,000-18,000 เมกะปาสคาล[17, 23]

ความสามารถในการผนึกกับผนังคลองรากฟัน (sealing ability) ของเรซิลอน วัตถุประสงค์ของการอุดคลองรากฟัน คือป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมทั้งจากบริเวณตัวฟัน (coronal leakage) และจากปลายรากฟัน (apical leakage) วิธีการประเมินความสามารถในการผนึกสามารถวัดได้จากการรั่วซึมระดับจุลภาค (microleakage) โดยการประเมินการแทรกซึมของสารต่างๆ ได้แก่ สีย้อม (dye) ไอโซโทปที่มีกัมมันตภาพรังสี (radioisotope) แบคทีเรีย (bacteria) หรือท็อกซินของแบคทีเรีย (endotoxin) หรือประเมินการซึมผ่านของของเหลว

คุณสมบัติเด่นของเรซิลอนที่นำเสนอและเชื่อว่าเหนือกว่ากัตตาเปอร์ชา คือสามารถผนึกกับผนังคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย Shipper และคณะ[18] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ เกิดการรั่วซึมระดับจุลภาคของแบคทีเรียจากบริเวณตัวฟันน้อยกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-26 ซีลเลอร์ ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope : SEM) พบว่าวัสดุอุดแกนเรซิลอนยึดติดกับอิพิฟานีซีลเลอร์ และพบว่าซีลเลอร์ชนิดนี้แทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันเป็นลักษณะของเรซินแท็ก (resin tag) จึงนำเสนอว่าการยึดติดนี้เป็นไปในลักษณะโมโนบล็อก (รูปที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Eldeniz และ Ørstavik ที่พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ และการอุดด้วยกัตตาโฟลว์ (GuttaFlow) มีการต้านทานการแทรกซึมของแบคทีเรียได้ดีกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจีนอล (Zinc oxide eugenol) เอเอช-พลัช (AH Plus) เอ็นโดเรซ (EndoREZ)โรโกซีล (RoekoSeal) และเอโครซีล (Acroseal)[24]

การศึกษาของ Bodrumlu และ Tunga[25] และ Dultra และคณะ[26] ซึ่งประเมินการรั่วซึมจากสีย้อม พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานี ซีลเลอร์ มีการแทรกซึมของสีย้อมที่บริเวณปลายรากน้อยกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัช ซีลเลอร์ และในหลายการศึกษาที่ใช้วิธีประเมินการซึมผ่านของของเหลวได้แสดงให้เห็นว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานี ซีลเลอร์ สามารถต้านการซึมผ่านของของเหลวได้ดีกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชา ร่วมกับเอเอช-พลัชซีลเลอร์ โดยที่ Wedding และคณะ[27] ได้ให้ข้อคิดเห็นว่าความสามารถในการต้านการซึมผ่านของของเหลวนี้อาจเนื่องจากการที่วัสดุเรซิลอนนี้มีการแข็งตัวในส่วนต้นของคลองรากฟันทันทีหลังจากการฉายแสง Sagsen และคณะ[28] ทำการศึกษาโดยใช้การซึมผ่านของของเหลวร่วมกับคอมพิวเตอร์ (computerized fluid filtration) พบว่าการอุดด้วยเรซิลอน มีการซึมผ่านของของเหลวน้อยกว่า การอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาและเอเอช-พลัสซีลเลอร์

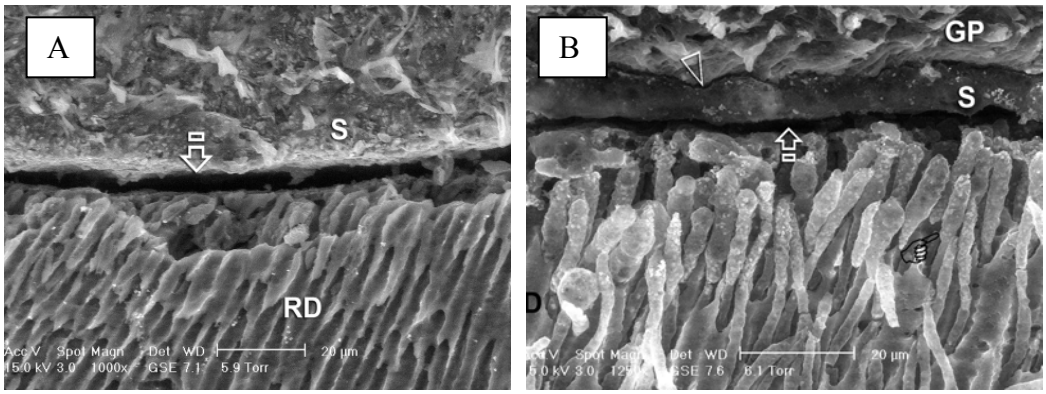


รูปที่ 4 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดแสดงลักษณะโมโนบล็อค ที่เกิดขึ้นหลังจากการอุดด้วยวัสดุเรซิลอน ร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาดังกล่าวไม่สอดคล้องกับการศึกษาอีกหลายการศึกษา ที่รายงานว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ ไม่ได้มีความสามารถในการผนึกกับผนังคลองรากฟันในแง่การต้านทานต่อการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีเหนือกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุดั้งเดิมที่ใช้กัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์ชนิดต่างๆ เช่น ซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล เอเอช-26 หรือ เอเอช-พลัช[29-32] ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tay และคณะ[33] ที่ศึกษาลักษณะการผนึกของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ด้วยภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบเลื่อนกราด (Field emission scanning electron microscope : FE-SEM) พบช่องว่างระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟันเกิดขึ้นทั้งในการอุดคลองรากฟันที่ใช้เรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ และกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัส (รูปที่ 5) อีกทั้งยังพบการสะสมของสารทดสอบการรั่วซึมอยู่ระหว่างชั้นของซีลเลอร์และชั้นไฮบริด (hybrid layer) จากการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope : TEM) จากการพบลักษณะดังกล่าวแสดงถึงการที่ไม่สามารถเกิดโมโนบล็อคที่สมบูรณ์ได้ในการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเมทาคริเลตเรซินระบบเรซิลอน โดยสรุปแล้ว ปัจจุบันยังเป็นข้อโต้เถียง ถึงความสามารถในการผนึกกับผนังคลองรากฟันของเรซิลอน เมื่อเทียบกับกัตตาเปอร์ชา ซึ่งเป็นวัสดุดั้งเดิมในการอุดคลองรากฟัน

ความแข็งแรงพันธะ (bond strength) ระหว่างเรซิลอนกับผนังคลองรากฟัน มีหลายการศึกษาที่ประเมินค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างเรซิลอนกับผนังคลองรากฟัน เปรียบเทียบกับกัตตาเปอร์ชาที่ใช้ร่วมกับซีลเลอร์หลายชนิด แต่ผลการศึกษายังขัดแย้งกันอยู่ และไม่สามารถนำแต่ละการศึกษามาเปรียบเทียบกันได้ เนื่องจากมีวิธีการศึกษาที่แตกต่างกันทั้งวิธีที่ใช้ทดสอบความ

แข็งแรงพันธะ และชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ ยกตัวอย่างเช่น Skidmore และคณะ[34] ได้แสดงถึงค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงกด (push-out bond strength) ระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ มีค่า 1.51 ± 1.22 เมกะปาสคาล ซึ่งสูงกว่าค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างกัตตาเปอร์ชาร่วมกับพัลพ์ คาแนล ซีลเลอร์ อีดับเบิ้ลยูที (pulp canal sealer EWT) ที่มีค่า 0.66 ± 0.39 เมกะปาสคาล ในขณะที่การศึกษาของ Gesi และคณะ ได้แสดงถึงค่าแรงยึดติดระหว่างพื้นผิว (interfacial strength) ของเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีกับผนังคลองรากฟัน มีค่าประมาณ 0.50 ± 0.41 เมกะปาสคาล ซึ่งน้อยกว่าค่าความแข็งแรงพันธะของกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัช ที่มีค่า 0.94 ± 0.77 เมกะปาสคาล โดยความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างพื้นผิวของกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัส เป็นความล้มเหลวของการยึดติดระหว่างพื้นผิวรอยต่อของกัตตาเปอร์ชากับซีลเลอร์ ในขณะที่เรซิลอนเกิดความล้มเหลวที่พื้นผิวสัมผัสระหว่างซีลเลอร์กับเนื้อฟัน[35-37] จากการศึกษาต่างๆ ข้างต้นทำให้เห็นว่า ถึงแม้การอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ จะมีความสามารถในการยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ แต่ค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติดนี้ยังมีค่าสูงไม่มากไปกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์ที่มีใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 5 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบเลื่อนกราดแสดงช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ (A) และกัตตาเปอร์ชาร่วมกับเอเอช-พลัช (B) (S : ซีลเลอร์ RD : เนื้อฟัน GP : กัตตาเปอร์ชา)

เป็นที่น่าสนใจว่า ความสามารถในการผนึก และค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติดกับผนังคลองรากฟันของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนมีค่าต่ำกว่าที่คาดไว้ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องการทำให้เกิดการยึดติดที่สมบูรณ์ด้วยสารยึดติดในคลองรากฟันเป็นเรื่องยากและซับซ้อน มีปัจจัยหลายชนิดที่มีผลต่อการยึดติด เช่น ปัจจัยด้านรูปร่างในคลองรากฟัน การควบคุมความชื้น และผลจากน้ำยาล้างคลองรากฟันซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่ง

ผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันต่อการยึดติดของวัสดุชนิดเรซิน Nikaido และคณะ[38] ได้เสนอแนะว่า หลังจากการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟัน จะมีสารเคมีจากน้ำยาชนิดนั้นๆ หรือสารที่เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำยาล้างคลองรากฟันตกค้างอยู่บนผนังคลองรากฟัน และท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) ซึ่งอาจมีผลต่อการแทรกซึม หรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นสารโพลิเมอร์ (polymerization) ของเรซิน ซึ่งเชื่อว่าสิ่งเหล่านี้จะมีผลลดความแข็งแรงพันธะระหว่างเรซินกับผนังคลองรากฟันได้

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีฤทธิ์กำจัดเชื้อจุลชีพ ละลายเนื้อเยื่อ กำจัดชั้นคอลลาเจน (collagen layer) แต่อย่างไรก็ตามโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีฤทธิ์กัดกร่อน (corrosion) สูง และระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ (irritate tissue) หากสัมผัสโดยตรงทำให้เกิดการสลายของเม็ดเลือดแดง (haemolysis) เกิดแผล (ulceration) และเกิดการตายของเนื้อเยื่อ (necrosis) ได้ ในสภาวะที่มีน้ำ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ จะแตกตัวให้โซเดียมอิออน (Na^+) และไฮโปคลอไรต์อิออน (OCl^-) ซึ่งจะอยู่ในสมดุลเคมีกับกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญในการปลดปล่อยคลอรีน ที่มีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อ[39] ดังสมการ

$$NaOCl + H_2O \longleftrightarrow NaOH + HOCl \longleftrightarrow Na^+ + OH^- + H^+ + OCl^-$$

กรดไฮโปคลอรัส ที่เกิดจากปฏิกิริยานี้จัดเป็นสารที่มีอำนาจออกซิไดซ์สูง สามารถแตกตัวเป็นกรดไฮโดรคลอริก (HCl) และออกซิเจน (O) ดังนั้นเมื่อล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีออกซิเจนตกค้างบนผิวเนื้อฟัน และอาจมีผลต่อการแทรกซึมของเรซินเข้าไปในเนื้อฟัน หรืออาจมีผลรบกวนกระบวนการเปลี่ยนแปลงโมโนเมอร์เป็นสารโพลิเมอร์บนผิวเนื้อฟันที่สูญเสียแร่ธาตุ (demineralrized dentin)[40] ซึ่งจะเห็นได้จากหลายการศึกษาที่พบว่าการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างเนื้อฟัน กับวัสดุเรซินคอมโพสิต และซีเมนต์ชนิดเรซิน[4-8] ดังตัวอย่างการศึกษาของ Ari และคณะ[6] ที่พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 5 มีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างผนังคลองรากฟันกับซีเมนต์ชนิดเรซินหลายชนิด ได้แก่ ซี แอนด์ บี เมตาบอนด์ (C&B Metabond) พานาเวีย-เอฟ(Panavia-F) แวริโอลิงค์-ทู (variolink II) รีไล-เอ็กซ์ (Rely-X) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ozturk และOzer[41] ที่พบผลใกล้เคียงกันว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะของสารยึดติดชนิด เคลียร์ฟิล เอสอี บอนด์ (Clearfil SE bond) พร็อมพ์ แอล-ป็อบ (Prompt L-Pop) ไพรม์ แอนด์ บอนด์ เอ็นที (Prime & Bond NT) และ สก็อตช์บอนด์ มัลติเพอร์โพส พลัส (Scotchbond Multipurpose Plus) ในการยึดติดกับผนังโพรงเนื้อเยื่อในส่วนตัวฟัน (pulp chamber wall)

น้ำยาอีดีทีเอ เป็นสารคีเลต (chelator) ที่สามารถดึงแคลเซียมอิออน (calcium ion) จากเนื้อฟัน[42] ทำให้เกิดการละลายของส่วนอนินทรีย์ (inorganic) ของเนื้อฟันหรือชั้นสเมียร์ (smear layer) Yamada และคณะ[43] ได้แนะนำให้ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ร่วมกับน้ำยาอีดีทีเอ เพื่อประสิทธิภาพในการกำจัดชั้นสเมียร์ก่อนการอุดคลองรากฟัน มีหลายการศึกษาได้แสดงถึงข้อดีของการล้างด้วยน้ำยาอีดีทีเอต่อการยึดติดของวัสดุชนิดเรซิน แต่อย่างไรก็ตามผลที่เกิดขึ้นนี้ไม่ได้เป็นผลจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างน้ำยาอีดีทีเอ และเนื้อฟัน แต่เป็นผลโดยอ้อมที่เกิดขึ้นจากผลการกำจัดชั้นเสมียร์มากกว่า โดยจะเห็นได้จากการศึกษาด้วยวิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะแบบเฉือนจากการศึกษาของ Hayashi และคณะ[8] ที่พบว่าการกำจัดชั้นสเมียร์ด้วยการล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และน้ำยาอีดีทีเอ ทำให้เกิดการยึดติดของซีเมนต์ชนิดเรซินแบบโททอลเอช (total etch) กับผนังคลองรากฟันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบแท่งแทรกเล็กๆของเรซินลักษณะยาวสม่ำเสมอ และมีการเชื่อมต่อกันระหว่างแท่งแทรกของเรซิน จึงสันนิษฐานว่าการเอาแร่ธาตุออก (demineralization) และการแยกโปรตีน (deproteinization) จากการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์และน้ำยาอีดีทีเอ ส่งเสริมให้เกิดการแทรกซึมของแท่งแทรกเล็กๆของเรซินไปในท่อเนื้อฟัน อันเป็นผลให้เกิดการยึดติดที่ดีขึ้น

คลอเฮกซิดีน กลูโคเนต (Chlorhexidine gluconate : CHX) เป็นน้ำยาที่เริ่มเข้ามามีบทบาทในการรักษาคลองรากฟัน เนื่องจากมีฤทธิ์กำจัดเชื้อจุลชีพที่มีประสิทธิภาพ แต่มีการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อน้อยกว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์ คลอเฮกซิดีนมีโมเลกุลสารเป็นบิสไบกัวไน ซึ่งเป็นประจุบวกสามารถจับกับส่วนของผนังหรือเยื่อหุ้มส่วนนอกและใน (outer and inner membrane) ของแบคทีเรีย หรือส่วนของเยื่อหุ้มพลาสมา (plasma membrane) ของยีสต์ ทำให้คลอเฮกซิดีนมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อต่างๆหลายชนิด เช่น แบคทีเรียชนิดกรัมบวกและลบ รวมถึงยีสต์ นอกจากนี้ยังพบว่าคลอเฮกซิดีนสามารถคงอยู่ในเนื้อฟัน (substantivity) และคงฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อในคลองรากฟันได้นาน โดยขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุล และความเข้มข้นของคลอเฮกซิดีน

Stratton และคณะ[44] ได้ใช้วิธีการซึมผ่านของของเหลวในการเปรียบเทียบการอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ กับกัตตาเปอร์ชา ภายหลังการล้างด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ พบว่าเมื่อล้างคลองรากฟันด้วยคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 มีแนวโน้มเกิดการซึมผ่านของของเหลวในคลองรากฟันที่อุดด้วยเรซิลอนน้อยกว่าการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 อีกทั้งผลของการศึกษาของ Santos และคณะ[4] ยังยืนยันว่าการล้างโพรงเนื้อเยื่อในฟันด้วยคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ไม่มีผลต่อการค่าความแข็งแรงพันธะระหว่างสารยึดติดชนิดเซลฟ์-เอช กับเนื้อฟันส่วนโพรงเนื้อเยื่อใน และการศึกษาในปัจจุบันได้แสดงให้เห็นว่าการใช้คลอเฮกซิดีนทั้งก่อนและหลังการใช้กรดกัด (acid-etching) เนื้อฟันไม่มีผลรบกวนความแข็งแรงพันธะในการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเนื้อฟัน

ถึงแม้จะมีรายงานถึงข้อดีของการใช้คลอเฮกซิดีนอย่างมากมาย แต่คลอเฮกซิดีนยังไม่ใช่น้ำยาล้างคลองรากฟันในอุดมคติ เนื่องจากมีข้อด้อยในแง่ความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อตาย (necrotic tissue) ดังนั้นโซเดียมไฮโปคลอไรต์จึงยังคงเป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ การเกิดปฏิกิริยาของโซเดียมไฮโปคลอไรต์และคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ทำให้เกิดการตกตะกอนได้สารที่มีสีน้ำตาล ซึ่งมีส่วนประกอบของพารา-คลอโรอนิลีน (para-chloroaniline : PCA) ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสารพิษ โดยปริมาณสารที่ตกตะกอนนี้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อีกทั้งยังอาจมีผลต่อการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซินได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาในปัจจุบัน[45]

การเพิ่มการยึดติดของวัสดุเรซินภายหลังการล้างด้วยสารที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์ (oxidizing agent) การศึกษาที่ผ่านมาได้มีการพยายามนำสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น กรดแอสคอร์บิค หรือ โซเดียมแอสคอร์เบต มาใช้เพื่อลบล้างฤทธิ์สารที่มีฤทธิ์ออกซิไดซ์ที่เกิดจากน้ำยาที่ใช้ในการรักษาทางทันตกรรม

กรดแอสคอร์บิค เป็นสารที่มีลักษณะคล้ายคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate-like substance) ซึ่งเกี่ยวข้องในการสังเคราะห์คอลลาเจน คงสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างของหลอดเลือด กระบวนการสันดาปของกรดอะมิโน และการสังเคราะห์และปลดปล่อยฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต (adrenal grand) มีลักษณะผงเป็นเกร็ดสีขาวหรือเหลืองอ่อน และมีรสเปรี้ยว ควรเก็บให้มิดชิดถ้าสัมผัสอากาศหรือแสงจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีเข้มขึ้น กรดแอสคอร์บิคละลายน้ำได้ง่าย มีความเป็นกรด-ด่างประมาณ 2.2-2.5 ส่วนโซเดียมแอสคอร์เบต เป็นเกลือของกรดแอสคอร์บิค เกิดจากการเติมแร่ธาตุเพื่อลดความเป็นกรด ปกติจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7-8 [46]

ทั้งกรดแอสคอร์บิค และโซเดียมแอสคอร์เบตจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง[9] แต่ยังไม่ทราบกลไกที่เกิดขึ้นบนผิวเนื้อฟันได้อย่างชัดเจน เชื่อว่าสารต้านอนุมูลอิสระนี้สามารถลดอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้น ทำให้กระบวนโพลิเมอไรเซชัน ของเรซินชนิดเมทาคริเลตเกิดได้อย่างสมบูรณ์ ดังจะเห็นจากการศึกษาของ Morris และคณะ[5] ที่รายงานถึงโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 และสารคีเลตชนิด อาร์ซี-เปร็พ (RC-Prep) มีผลลดความแข็งแรงพันธะของวัสดุเรซินซีเมนต์ชนิดคราวน์ แอนด์ บริดจ์ เมตาบอนด์ กับผนังคลองรากฟัน และมีการเพิ่มความแข็งแรงพันธะได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อล้างตามด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vongphan และคณะ[12] ที่รายงานว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีผลลดความแข็งแรงพันธะของวัสดุเรซินกับผนังคลองรากฟันส่วนโพรงฟัน และมีการเพิ่มความแข็งแรงพันธะได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อล้างตามด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต และกรดแอสคอร์บิค ความเข้มข้นร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาว่าการใช้โซเดียมแอสคอร์เบต

หรือกรดแอสคอร์บิค สามารถเพิ่มความแข็งแรงพันธะระหว่างเรซิน คอมโพสิต กับผิวเคลือบฟันที่ได้รับการฟอกสีฟันด้วยน้ำยาคาร์บาไมด์ เพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 หรือ ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ[11, 14-16, 47]

บริษัทผู้ผลิตเรซินซีเมนต์ชนิดซี แอนด์ บี เมตาบอนด์ แนะนำให้ล้างคลองรากฟันด้วยกรดแอสคอร์บิค หรือ โซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 10 นาที ก่อนยึดด้วยซีเมนต์ชนิดนี้ แต่เนื่องจากการล้างคลองรากฟันเป็นเวลานานไม่เหมาะสมกับการใช้งานในคลินิค ดังนั้น Weston และคณะ[10] จึงได้ศึกษาถึงความเข้มข้นของสาร และเวลาในการใช้โซเดียมแอสคอร์เบต ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และแนะนำใช้โซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 นาที ซึ่งเป็นความเข้มข้นและเวลาที่เพียงพอต่อการเพิ่มความแข็งแรงพันธะให้กับเรซินซีเมนต์ชนิดซี แอนด์ บี เมตาบอนด์ ภายหลังล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์

ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเรซิลอน แนะนำให้ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันได้ แต่ควรใช้น้ำยาอีดีทีเอ ล้าง และตามด้วยน้ำกลั่น หรือใช้น้ำยาคลอเฮกซิดีนกลูโคเนตตาม ถ้าต้องการ เพื่อลดฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ก่อนอุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอน แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลของน้ำยาล้างคลองรากฟัน รวมทั้งผลจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์และสารต้านอนุมูลอิสระ ต่อความแข็งแรงพันธะและการผนึกติดของวัสดุเรซิลอนกับผนังคลองรากฟัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟันเมื่อใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์เมื่อใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. ฟันหน้าหรือฟันกรามน้อยแท้ ที่มีรากเดียว ที่ถอนจากมนุษย์
2. วัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเมทาคริเลต ระบบเรซิลอน (Resilon; SybronEndo, Orange, CA, USA)
    2.1 วัสดุอุดแกนเรซิลอน (Resilon cone)
    2.2 วัสดุอุดเรซิลอนชนิดแท่ง (Resilon pellet)
    2.3 ไพรเมอร์ ยี่ห้อ เรียลซีล (ReaSeal primer)
    2.4 ซีลเลอร์ ยี่ห้อ เรียลซีล (RealSeal sealer)
3. วัสดุอุดคลองรากฟันชนิดกัตตาเปอร์ชาแบบแกนและแบบแท่ง (Hygenic GP points and pellet ; Colténe/Whaledent Inc, Coyahoga Falls, OH, USA) เบอร์ 40 (ISO No.40)
4. ซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจีนอล (Zinc oxide eugenol ; คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย)
5. เชื้อแบคทีเรียชนิดเอ็นเทอโรค็อกคัส ฟีคอลลิส (Enterococcus faecalis ATCC 29219 ; American Type Culture Collection 29219)
6. อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเบรน ฮาร์ต อินฟิวชัน (Brain heart infusion ; Becton, Dickinson & Co, Sparks, MD) 37 กรัมต่อ 1 ลิตร
7. สารเคมี
    7.1 น้ำกลั่น
    7.2 น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 (ฝ่ายเภสัชกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย)
    7.3 น้ำยาคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 (ฝ่ายเภสัชกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย)
    7.4 น้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 (ฝ่ายเภสัชกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย)

7.5 น้ำยาโซเดียม แอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 (Sigma-Aldrigh Co, Saint Louis, Missouri 63178, USA)

7.6 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (Phosphate-buffer saline : PBS) ประกอบด้วย โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) 80 กรัม โพแทสเซียม คลอไรด์ (Potassium chloride) 2 กรัม ได-โซเดียม ไฮโดรเจน ฟอสเฟต (Di-sodium hydrogen phosphate) 24.4 กรัม และ โพแทสเซียม ได-ไฮโดรเจน ออร์โท ฟอสเฟต (Potassium di-hydrogen orthophosphate) 2.4 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร

7.7 สารละลายไทมอล (Thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (ฝ่ายเภสัชกรรม คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเทศไทย)

8. ไฟล์ขยายคลองรากฟันแบบใช้มือ ชนิดเคไฟล์ (Hand K-file ; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
9. ไฟล์ขยายคลองรากฟันแบบใช้เครื่องกรอช้า ชนิดโปรไฟล์ (ProFile rotary instrument; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
10. หัวกรอกากเพชรรูปทรงสอบปลายแหลม (Thin-taper diamond bur)
11. หลอดพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มม.
12. ลวดจัดฟันสแตนเลสสตีลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.016 นิ้ว (0.41 มม.)
13. มีดผ่าตัดเบอร์ 11
14. แท่งกระดาษซับคลองรากฟันขนาดกลาง และใหญ่ (paper point ; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
15. กาวไซยาโนอคริเลท (Ethyl-2-cyanoacrylate ; พาราเคมีภัณฑ์ สมุทรปราการ ประเทศไทย)
16. กาวซิลิโคนชนิดใส
17. กระดาษทรายน้ำเบอร์ 600

อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Nikon SMZ model 1500; Nikon Instech Co Ltd, Tokyo, Japan)
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM ; Quanta 400, FEI, Tokyo, Japan)
3. เครื่องทดสอบแรงแบบเอนกประสงค์ (Universal testing machine, Lloyd LRX; Lloyd Instruments, Fraeham, UK)

4. เครื่องกำเนิดความร้อนซีสเต็มบี (System B heat system; Sybron Endo, Orange, Calif, USA)
5. เครื่องหลอมและฉีดกัตตาเปอร์ชาออปทูรา (Obtura; Sybron Endo, Orange, Calif, USA)
6. เครื่องกรอช้าควบคุมทอร์ค ชนิด เอ็กซ์-สมาร์ทอิเล็กทริกมอเตอร์ (X-Smart electric motor; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) และด้ามกรอ (Handpiece) ทด รอบ 1:16
7. ด้ามกรอแบบความเร็วสูง (High-speed contra-angle handpiece, Sirius, Micro-Mega, Besancon, France)
8. เครื่องฉายแสง (Elipar™ 2500 curing light; 3M ESPE, St Paul, Minn, USA)
9. หม้อนึ่งควบคุมความดันไอน้ำ (Autoclave ; Tomy, Tokyo, Japan)
10. เครื่องวัดดัชนีการหักเหแสง (Spectophotometer ; Shimadzu, Kyoto, Japan)
11. เครื่องเขย่าสาร (Vortex ; Vortex-Genie 2, New York, USA)
12. ตู้อบเลี้ยงเชื้อ (Incubator ; Memmert, Schwabach, Germany)
13. ตู้กรองอากาศปราศจากเชื้อ (Laminar air flow hood ; Microflow, Bioquell, Andover, UK)
14. ขวดแก้วชนิดใสและจุกยาง
15. หลอดทดลองพลาสติก (eppendorf tube)
16. ชุดเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย
    - 16.1 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 และ 1000 มิลลิลิตร
    - 16.2 ปิเปตแก้ว (glass pipette) ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
    - 16.3 ลูปแพลทินัม (Platinum loop)
    - 16.4 แท่งแก้วชนิดแอล-ลูป (L-loop)
    - 16.5 จากเลี้ยงเชื้อ
    - 16.6 ไมโครปิเปต (micropipette) ขนาด 50, 100 และ 1000 ไมโครลิตร
    - 16.7 หลอดทดลอง (test tube)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมฟัน

เตรียมฟันหน้าหรือฟันกรามน้อยแท้ที่ถอนจากมนุษย์ ซึ่งมีรากเดียว (single-rooted teeth) จำนวน 117 ซี่ มีความยาวของฟันใกล้เคียงกัน และมีความกว้างของฟันบริเวณคอฟันในแนวใกล้กลางไกลกลาง (mesio-distal) และแนวด้านแก้มด้านลิ้น (bucco-lingual)ใกล้เคียงกัน ขูดเนื้อเยื่อที่ติดฟันออกด้วยเครื่องมือขูด (curette) และเก็บฟันในสารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยฟันที่ศึกษาจะต้องไม่มีรอยผุ (dental caries) มีการเจริญของรากฟันที่สมบูรณ์ (fully developed apices) ไม่มีรากฟันละลาย (root resorption) ไม่มีรอยร้าว (crack) หรือแตก (fracture) โดยในการศึกษานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน
2. การศึกษาลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน
3. การศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังล้างด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

การศึกษาที่ 1 การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟัน กับเนื้อฟัน ภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

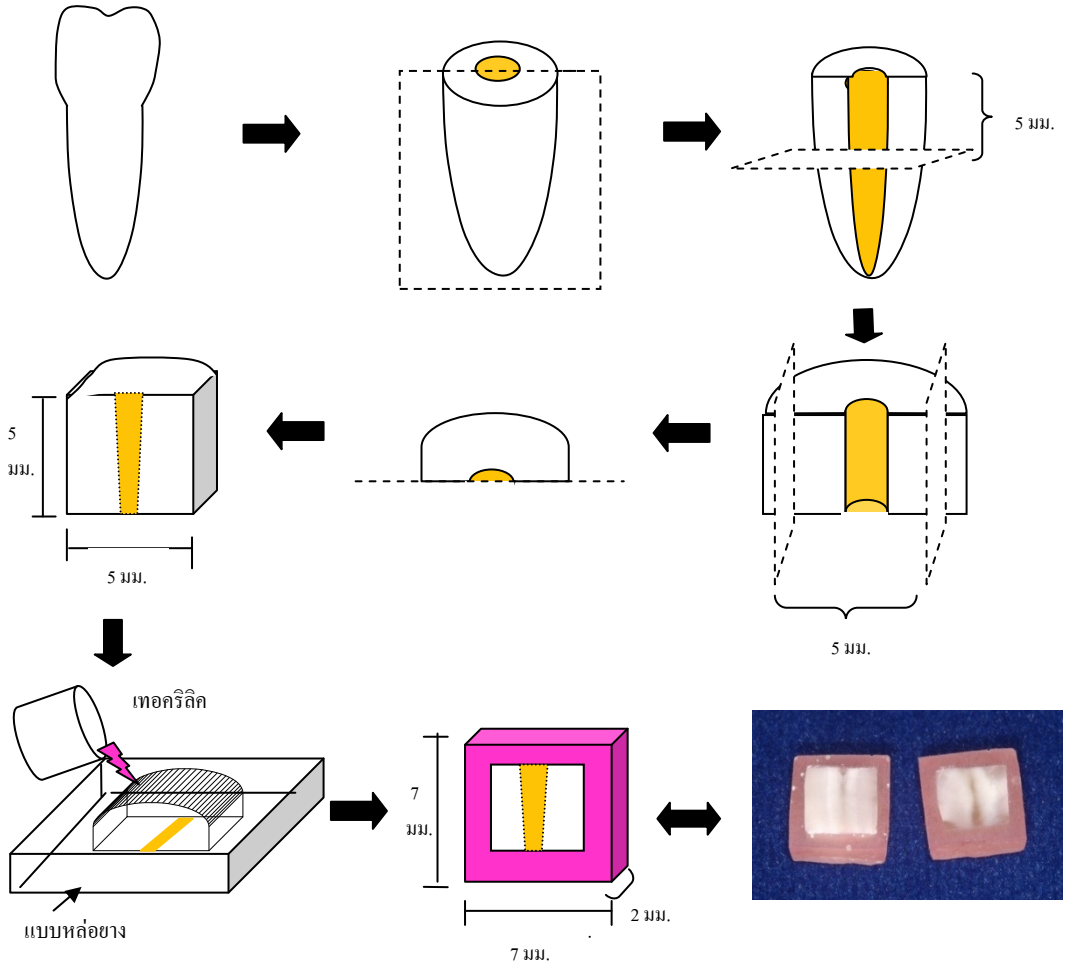
1.1 การประเมินค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟัน ภายหลังการแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

การเตรียมชิ้นเนื้อฟัน

1. เตรียมฟันจำนวน 51 ซี่ ตัดส่วนตัวฟัน (crown) ออก แล้วนำมาตัดตามแนวยาวของรากฟันในแนวด้านแก้ม-ลิ้น (longitudinally bucco-lingual direction) โดยใช้หัวกรอกากเพชรรูปทรง

สอบปลายแหลมเพื่อแบ่งรากฟันเป็น 2 ส่วน และกรอตัดรากฟันส่วนปลายราก (apical) ออกให้เหลือชิ้นเนื้อฟันฟันส่วนต้น (coronal) ที่มีความสูง 5 มม. และตัดผิวรากฟันด้านแก้มและด้านลิ้นของชิ้นเนื้อฟันออกให้ได้หน้าตัดด้านคลองรากฟันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5x5 มม. ซึ่งจะได้ชิ้นเนื้อฟันทั้งหมดจำนวน 102 ชิ้น ขัดผิวฟันด้านคลองรากฟันเพื่อกำจัดส่วนโค้งของคลองรากฟันให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 600 ซึ่งวิธีตัดชิ้นเนื้อฟันแสดงดังรูปที่ 6

2. ทำการฝังชิ้นเนื้อฟันในอคริลิคเพื่อความสะดวกในการทดลอง โดยยึดชิ้นเนื้อฟันด้วยเทปกาว วางด้านคลองรากฟันให้ติดกับส่วนฐานของแบบหล่อยาง ผสมอคริลิคชนิดบ่มตัวได้เอง (self cured acrylic) และเทลงในแบบหล่อให้คลุมชิ้นรากฟัน หลังจากที่อคริลิคแข็งตัวเต็มที่จึงแกะออกจากแบบหล่อ ลอกเทปกาวที่ติดกับด้านคลองรากฟันออก และขัดผิวอคริลิคให้เรียบด้วยกระดาษทรายน้ำเบอร์ 600 ให้ได้รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากของอคริลิคที่มีความกว้างความยาว 7 มม. และความหนา 2 มม. โดยมีชิ้นเนื้อฟันฝังอยู่ตรงกลาง (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 ภาพวาดแสดงการเตรียมชิ้นเนื้อฟัน

การแช่ชิ้นเนื้อฟันในน้ำยาชนิดต่างๆ

ทำการสุ่มแบ่งกลุ่มชิ้นเนื้อฟันจำนวน 102 ชิ้นอย่างอิสระ โดยแบ่งเป็นกลุ่มควบคุม (control group) 2 กลุ่ม และกลุ่มทดลอง (experimental group) 4 กลุ่ม กลุ่มละ 17 ชิ้น (รูปที่ 11)

กลุ่มควบคุมลบ (DW) แช่ชิ้นเนื้อฟันในน้ำกลั่น ปริมาณ 10 มล. เป็นเวลา 15 นาที

กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) แช่ชิ้นเนื้อฟันในโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ปริมาณ 10 มล. เป็นเวลา 15 นาที ตามด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 3 นาที และแช่โซเดียมไฮโปคลอไรต์เป็นน้ำยาสุดท้าย ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที (ชิ้นเนื้อฟันในกลุ่มนี้จะนำไปยึดกับกัตตาเปอร์ชา และซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล)

กลุ่มทดลองทุกกลุ่ม แช่ชิ้นเนื้อฟันในโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 10 มล. เวลา 15 นาที ตามด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ปริมาณ 5 มล. เวลา 3 นาที แล้วแช่ด้วย:

กลุ่มทดลองที่ 1 (NaOCl) : โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที

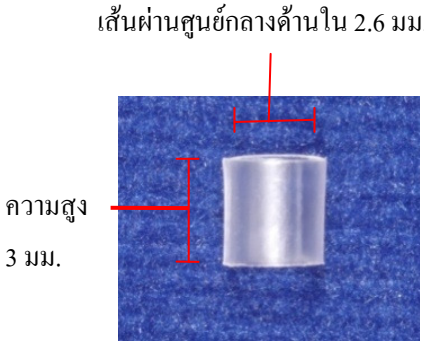
กลุ่มทดลองที่ 2 (NaOCl/SA) : โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที ตามด้วยโซเดียม แอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที และตามด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที

กลุ่มทดลองที่ 3 (EDTA/DW) : น้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที

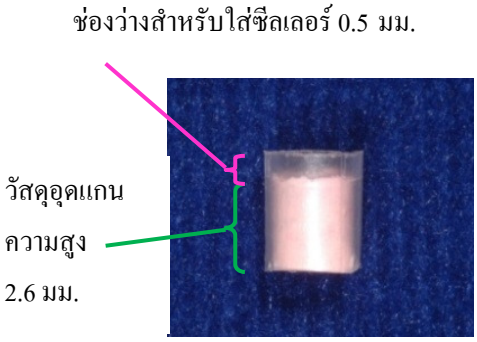
กลุ่มทดลองที่ 4 (CHX) : น้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที และตามด้วย คลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที

การเตรียมชิ้นงานเรซิลอน และกัตตาเปอร์ชา

ใช้หลอดพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 2.6 มม. สูง 3 มม. (รูปที่ 7.1) หลอมเรซิลอนชนิดแท่ง (Resilon pellet) ด้วยเครื่องหลอมและฉีดกัตตาเปอร์ชาชนิดออปทูรา (Obtura) และเข็มฉีดขนาด 23โดยใช้อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส แล้วฉีดลงในหลอดพลาสติกที่เตรียมไว้ จากนั้นกดอัดด้วยพลักเกอร์ในงานอุดคลองรากฟัน (endodontic plugger) ให้ได้ความสูงของวัสดุอุด 2.5 มม. และเหลือช่องว่างของหลอดพลาสติก 0.5 มม. ซึ่งจะเป็นที่อยู่ของซีลเลอร์ (รูปที่ 7.2) ในกลุ่มทดลองชนิดกัตตาเปอร์ชาจะถูกเตรียมในลักษณะเช่นเดียวกัน แต่ใช้อุณหภูมิเครื่องหลอมและฉีดกัตตาเปอร์ชาที่ 200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 7.1 ภาพหลอดพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 2.6 มม. สูง 3 มม.



รูปที่ 7.2 ภาพวัสดุเรซิลอนในหลอดพลาสติกใส มีเรซิลอนบรรจุอยู่และเหลือช่องว่างสูง 0.5 มม. เพื่อเป็นที่อยู่ของซีลเลอร์

รูปที่ 7 การเตรียมชิ้นงานเรซิลอน และกัตตาเปอร์ชา

การยึดวัสดุอุดคลองรากฟัน กับชิ้นเนื้อฟัน

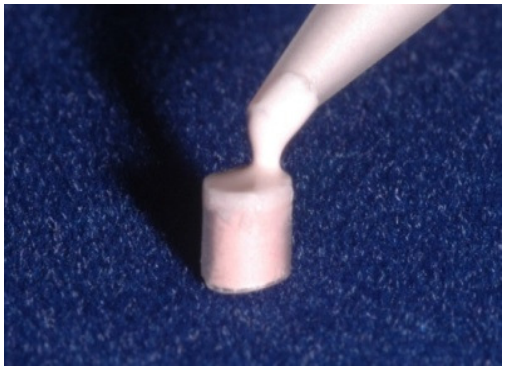
กลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

ทำการยึดวัสดุเรซิลอน และเรียลซีลซีลเลอร์ (RealSeal sealer) บนชิ้นเนื้อฟัน โดยภายหลังการแช่ชิ้นเนื้อฟันในน้ำยาต่างๆแล้ว นำชิ้นเนื้อฟันมาซับให้แห้งด้วยกระดาษซับ 2 ครั้ง ทาเรียลซีลไพรเมอร์ (ReaSeal primer) บนผิวเนื้อฟัน โดยใช้พู่กันขนาดเล็ก (microbrush) ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 นาที และซับไพรเมอร์ส่วนเกินออกด้วยกระดาษซับ จำนวน 2 ชิ้น ผสมเรียลซีลซีลเลอร์ตามที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ใส่ซีลเลอร์ในช่องว่างของหลอดพลาสติกใสที่มีเรซิลอนบรรจุอยู่ (รูปที่ 8.1) และนำไปยึดบนผิวเนื้อฟันที่ทาไพรเมอร์ไว้ โดยให้ด้านที่มีซีลเลอร์วางอยู่บนชิ้นเนื้อฟัน ใช้น้ำหนักขนาด 40 กรัม กดบนหลอดพลาสติกใสด้านที่มีเรซิลอนอยู่ (รูปที่ 8.2) ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสง 450 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 40 วินาที จากนั้นใช้ใบมีดเบอร์ 11 ตัดหลอดพลาสติกใสออก จะได้ชิ้นทดสอบดังรูปที่ 8.3 เก็บชิ้นทดสอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน

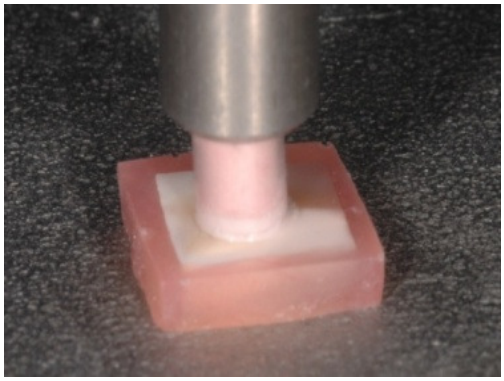
กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP)

ยึดวัสดุกัตตาเปอร์ชา และซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจินอล บนชิ้นเนื้อฟัน โดยภายหลังการแช่ชิ้นเนื้อฟันในน้ำยาต่างๆแล้ว จึงซับชิ้นเนื้อฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับ 2 ครั้ง ผสมซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล ในอัตราส่วน ผง 0.13 กรัม ต่อน้ำ 0.03 มล. ใส่ซีลเลอร์ในช่องว่างของหลอดพลาสติกใสที่มีกัตตาเปอร์ชาบรรจุอยู่ และนำไปยึดบนผิวเนื้อฟันโดยให้ด้านที่มี

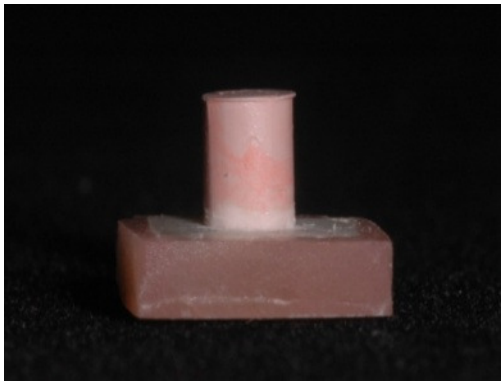
ซีลเลอร์วางอยู่บนชิ้นเนื้อฟัน ใช้น้ำหนักขนาด 40 กรัม กดบนหลอดพลาสติกใสด้านที่มีกัตตาเปอร์ชาอยู่ จากนั้นใช้ใบมีดเบอร์ 11 ตัดหลอดพลาสติกใสออก เก็บชิ้นทดสอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน



รูปที่ 8.1 ภาพแสดงการใส่ซีลเลอร์ในช่องว่างของหลอดพลาสติกใส



รูปที่ 8.2 ภาพแสดงการใช้น้ำหนักขนาด 40 กรัมกด



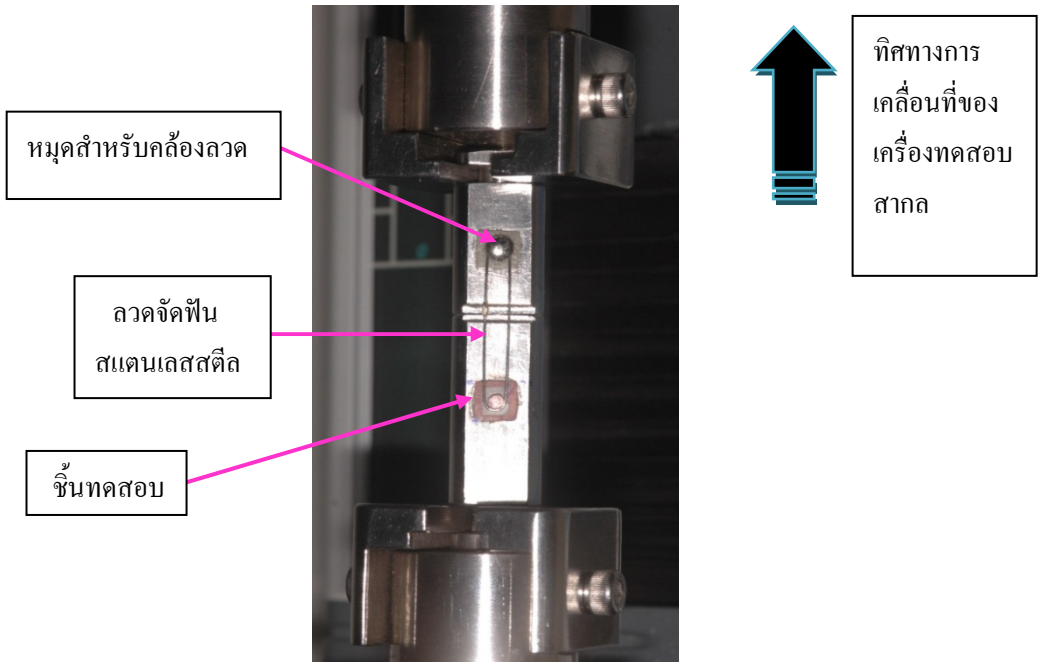
รูปที่ 8.3 ภาพแสดงชิ้นทดสอบภายหลังจากการตัดหลอดพลาสติกใสออก

รูปที่ 8 ขั้นตอนการยึดวัสดุอุดคลองรากฟันกับชิ้นเนื้อฟัน

การทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน (Shear bond strength test)

นำชิ้นทดสอบทั้งหมดไปยึดกับแบบหล่อสเตนเลสสตีล ด้วยกาวไซยาโนอคริเลต ใช้ลวดจัดฟันสเตนเลสสตีลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.016 นิ้ว (0.41 มิลลิเมตร) ที่ดัดและเชื่อมปลายลวดเป็นลักษณะวงรี คล้องให้ส่วนโค้งด้านหนึ่งของวงรีอยู่บนชิ้นทดสอบ โดยวางให้ชิดบริเวณรอยต่อระหว่างชิ้นเนื้อฟันและซีลเลอร์ ส่วนโค้งอีกด้านหนึ่งของวงรีคล้องอยู่บนหมุดที่มีฐานเป็นอคริลิคซึ่งติดกับแบบหล่อสเตนเลสสตีลด้านบนของชิ้นทดสอบ ที่มีความหนา 2 มม.เท่าความหนาของชิ้นเนื้อฟัน (รูปที่ 9) นำแบบหล่อสเตนเลสสตีลยึดกับเครื่องทดสอบแรงแบบเอนกประสงค์ เพื่อวัดค่าแรงที่ทำให้เกิดการหลุดของซีลเลอร์จากชิ้นเนื้อฟัน โดยใช้ส่วนวัดแรง (load cell) ขนาด 250 นิวตัน ความเร็วในการทดสอบ (crosshead speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการหลุด และนำไปคำนวณหาค่าความแข็งแรงพันธะ ดังสูตร

$$\text{ค่าความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)} = \frac{\text{ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการหลุดของซีลเลอร์จากชิ้นเนื้อฟัน (นิวตัน)}}{\text{พื้นที่ในการยึดติด (ตารางมิลลิเมตร)}}$$



รูปที่ 9 ภาพการติดตั้งแบบหล่อสเตนเลสสตีลเข้ากับเครื่องทดสอบแรงเอนกประสงค์เพื่อทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน โดยใช้สถิติการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (α=0.05) วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติทูคีย์ (Tukey HSD)

1.2 การประเมินลักษณะความล้มเหลวของการยึดติด (failure mode analysis) ภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

นำชิ้นเนื้อฟันทุกชิ้นที่หลุดจากการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนไปประเมินลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า โดยแบ่งความล้มเหลวเป็น 3 ลักษณะ

ลักษณะที่ 1 เกิดการยึดล้มเหลว (Adhesive failure)

ลักษณะที่ 2 เกิดการล้มเหลวแบบผสม (Mixed failure)

ลักษณะที่ 3 เกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลว (Cohesive failure)

การศึกษาที่ 2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

2.1 การประเมินพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

สุ่มเลือกชิ้นเนื้อฟันที่ผ่านการแช่น้ำยาในแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 2 ชิ้น ซับชิ้นเนื้อฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับ 2 ครั้ง นำเข้าเครื่องดูดความชื้นด้วยสารกันชื้น(silica gel) เป็นเวลา 3 วัน ก่อนนำชิ้นเนื้อฟันไปเคลือบทองด้วยเครื่องเคลือบทอง (Sputter coater) และประเมินลักษณะพื้นผิวของชิ้นเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 ถึง 8,000 เท่า

2.2 การประเมินพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

สุ่มเลือกชิ้นเนื้อฟันที่หลุดจากการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน กลุ่มละ 1 ชิ้นเก็บในเครื่องดูดความชื้นด้วยสารกันชื้น เป็นเวลา 3 วันก่อนนำไปเคลือบทองด้วยเครื่อง

เคลือบทอง และประเมินลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันที่หลุดจากการทดสอบ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 ถึง 8,000 เท่า

การศึกษาที่ 3 การศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาชนิดต่างๆ

การเตรียมคลองรากฟัน

เตรียมฟันจำนวน 66 ซี่ นำมาตัดส่วนตัวฟันออกด้วยหัวกรอกากเพชรรูปทรงสอบปลายแหลม ภายใต้การระบายความร้อนด้วยน้ำ ให้เหลือส่วนรากฟันยาว 14 มิลลิเมตร กำหนดความยาวการทำงาน (working length) โดยใส่เคไฟล์เบอร์ 10 ในคลองราก ให้ปลายไฟล์โผล่ที่รูเปิดปลายราก (apical foramen) นำไฟล์ออกมาวัดความยาวแล้วลบออก 1 มิลลิเมตรเป็นความยาวการทำงาน ขยายคลองรากฟันด้วยวิธีคราวน์-ดาวน์ (crown-down technique) โดยใช้ไฟล์ขยายคลองรากฟัน ชนิดโปรไฟล์ ร่วมกับเครื่องกรอช้าควบคุมทอร์ค ชนิดเอ็กซ์-สมาร์ทอิเล็กทริกมอเตอร์ ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ตามคำแนะนำของบริษัท ขยายคลองรากฟันส่วนปลายถึง เบอร์ 40 ความสอบ 0.06 มิลลิเมตรต่อมิลลิเมตร ล้างคลองรากทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนเครื่องมือด้วยน้ำกลั่น โดยใช้เข็มขนาด 27 สอดเข็มในคลองรากให้ลึกที่สุดเท่าที่ทำได้แต่ไม่ติดแน่นกับผนังคลองรากฟัน ซับคลองรากให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองรากชนิดแท่ง (paper point) จำนวน 3 ครั้ง ลองวัสดุอุดแกนเรซิลอน หรือกัตตาเปอร์ชา จนถึงความยาวทำงาน และถ่ายภาพรังสีช่วยในการประเมินความยาว ทำสัญลักษณ์บนวัสดุอุดแกนเรซิลอนหรือกัตตาเปอร์ชา และรากฟันนั้นๆ เพื่อไม่ให้สับสนในขั้นตอนการอุดคลองรากฟัน นำฟันแช่ในน้ำกลั่น และกำจัดเชื้อด้วยหม้อนึ่งควบคุมความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

การล้างคลองรากฟัน

สุ่มแบ่งรากฟันทั้งหมด เป็นกลุ่มควบคุมการทดลองบวก (positive control : P) และกลุ่มควบคุมการทดลองลบ (negative control : N) กลุ่มละ 3 ซี่ กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) กลุ่มควบคุมลบ และกลุ่มทดลอง (experimental group) 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ (รูปที่ 12) โดยในขั้นตอนการล้างและอุดคลองรากฟันนี้จะทำในตู้กรองอากาศปราศจากเชื้อ (Laminar air flow hood) เพื่อป้องกันการปนเปื้อน (contaminate) จากเชื้อจุลชีพอื่นที่ไม่ได้ทำการศึกษา

กลุ่มควบคุม ได้แก่ กลุ่มควบคุมการทดลองบวก (P) กลุ่มควบคุมการทดลองลบ (N) และกลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) ล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ปริมาณ 10 มล. เวลา 15 นาที โดยเปลี่ยนโซเดียมไฮโปคลอไรต์ทุกๆ 5 นาที ตามด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 5 มล. เวลา 3 นาที และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที

กลุ่มควบคุมลบ (DW) ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 10 มล. เป็นเวลา 15 นาที

กลุ่มทดลองทุกกลุ่ม ล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 10 มล. เวลา 15 นาที ตามด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ปริมาณ 5 มล. เวลา 3 นาที แล้วล้างตามด้วย:

กลุ่มทดลองที่ 1 (NaOCl) : โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที

กลุ่มทดลองที่ 2 (NaOCl/SA): โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1นาที ตามด้วยโซเดียม แอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ10 ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที และตามด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที

กลุ่มทดลองที่ 3 (EDTA/DW): น้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที

กลุ่มทดลองที่ 4 (CHX) : น้ำกลั่น ปริมาณ 3 มล. เป็นเวลา 1 นาที และตามด้วยคลอเฮกซิดีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 5 มล. เป็นเวลา 1 นาที

การอุดคลองรากฟัน

ภายหลังการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาต่างๆแล้ว นำรากฟันในกลุ่มทดลองมาซับให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองรากฟันชนิดแท่งจำนวน 3 ชิ้น และอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอน ร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ ตามวิธีที่บริษัทแนะนำดังนี้ ลองวัสดุอุดแกนเรซิลอนที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนที่แล้วให้พอดีกับคลองรากฟัน ทาเรียลซีลไพรเมอร์ในคลองรากฟันด้วยแปรงขนาดเล็กและกระดาษซับคลองรากฟันชนิดแท่ง ทิ้งไว้ในคลองรากฟันเป็นเวลา 1 นาที ใช้กระดาษซับคลองรากฟันชนิดแท่งที่แห้ง จำนวน 2 แท่ง ซับไพรเมอร์ส่วนเกินออก ผสมซีลเลอร์ชนิดเรียลซีล ตามที่บริษัทแนะนำและใช้กระดาษซับคลองรากฟันชนิดแท่งแตะซีลเลอร์เคลือบบนผนังคลองรากฟันให้ทั่ว เคลือบซีลเลอร์บนวัสดุอุดแกนเรซิลอนและนำไปใส่ในคลองรากฟันให้ถึงความยาวทำงาน อุดคลองรากฟันด้วยวิธีคอนทินิวอัสเวฟ (continuous wave technique) โดยตัดวัสดุอุดแกนเรซิลอนให้เหลือ 5 มม.จากระดับความยาวทำงาน ด้วยเครื่องกำเนิดความร้อนซีสเต็มบี โดยปรับที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส กดอัดวัสดุอุดเรซิลอนที่หลอมด้วยพลักเกอร์ในงานอุดคลอง

รากฟัน จากนั้นฉีดเรซิลอนแท่งที่หลอมด้วยเครื่องหลอมและฉีดวัสดุด้วยความร้อน ชนิดออบทูรา ที่ปรับอุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส ใช้เครื่องกำเนิดความร้อนซิสเต็มบีตัดวัสดุเรซิลอนส่วนเกินให้เท่าระดับขอบของรากฟันส่วนบนและกดอัดให้แน่น ฉายแสงด้วยเครื่องฉายแสงที่มีความเข้มแสง 450 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรบริเวณส่วนบน เป็นเวลา 40 วินาที เพื่อให้ได้ความแนบที่บริเวณส่วนบนคลองรากฟันทันที (immediate coronal seal)

นำรากฟันในกลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) มาซับให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองรากฟันชนิดแท่ง และอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุอุดกัตตาเปอร์ชา ร่วมกับซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจินอล โดยผสมในอัตราส่วน ผง 0.13 กรัม ต่อน้ำ 0.03 มล. และทำการอุดด้วยวิธีเดียวกับการอุดด้วยเรซิลอนข้างต้น ต่างกันที่การปรับเครื่องกำเนิดความร้อนซีสเต็มบี และเครื่องหลอมและฉีดวัสดุด้วยความร้อนชนิดออบทูรา ซึ่งการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาปรับที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส และไม่ต้องฉายแสงในการอุดด้วยวัสดุชนิดนี้

กลุ่มควบคุมการทดลองบวก (P) ฟันทุกซี่ถูกอุดด้วยวัสดุอุดแกนเรซิลอน 1 แท่ง โดยไม่ใช้ซีลเลอร์ เพื่อเลียนแบบการอุดคลองรากฟันที่ไม่แน่น

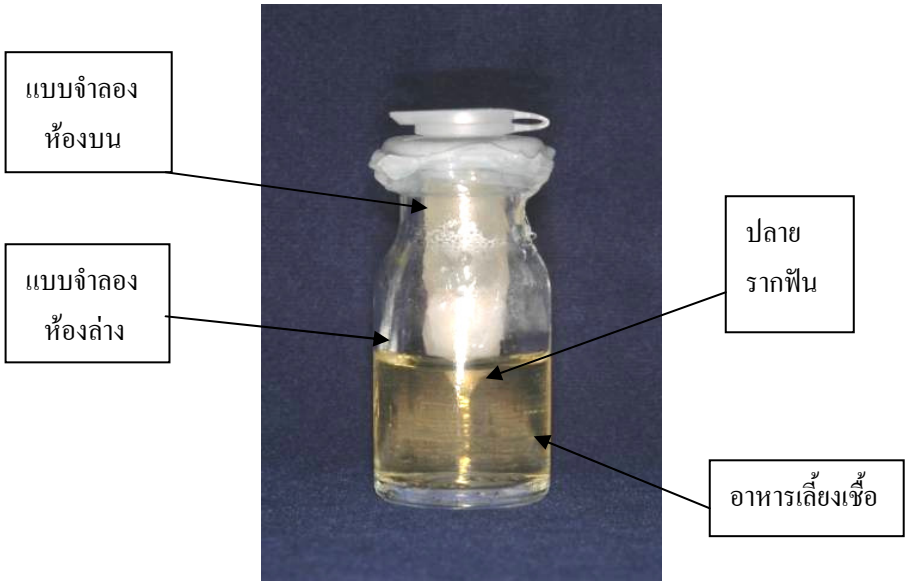
กลุ่มควบคุมการทดลองลบ (N) ฟันทุกซี่ถูกอุดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ และเคลือบปิดรากฟันทั้งหมดด้วยกาวซิลิโคน

การเตรียมแบบจำลองเพื่อประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรียจากรากฟันส่วนต้น (coronal bacterial leakage)

การศึกษานี้ใช้การทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรียด้วยแบบจำลองสองห้อง (dual chamber model) แนะนำโดย Torabinejad และคณะ[48] โดยอุปกรณ์ที่ใช้ทำแบบจำลองนี้ได้ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อด้วยหม้อนึ่งควบคุมความดันไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที และประกอบแบบจำลองในตู้กรองอากาศปราศจากเชื้อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลชีพอื่นที่ไม่ได้ทำการศึกษา

แบบจำลองห้องบน (upper chamber) ออกแบบโดยใช้หลอดทดลองพลาสติก (eppendorf tube) ขนาด 1.5 มล. ที่ตัดส่วนปลายออก เพื่อใส่รากฟันที่อุดคลองรากฟันแล้วให้ส่วนของปลายรากพ้นหลอดทดลองพลาสติกออกมาประมาณ 5 มม. เคลือบรอยต่อระหว่างรากฟันและหลอดทดลองพลาสติกด้วยกาวซิลิโคนชนิดใสโดยรอบยกเว้นบริเวณปลายราก 2 มม. ส่วนแบบจำลองห้องล่าง (lower chamber) ประกอบด้วยขวดแก้วใสบรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเบรนฮาร์ตอินฟิวชันที่ปราศจากเชื้อ ปริมาณ 5 มล. ประกอบแบบจำลองห้องบนและห้องล่างโดยใช้จุกยางที่มีขนาดพอดีกับขวดแก้วใส และยึดด้วยกาวซิลิโคน เมื่อประกอบแล้วเสร็จจะได้แบบจำลองสองห้อง

ที่มีปลายรากฟันยาว 2 มม. สัมผัสกับอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่าง (รูปที่ 10) จากนั้นนำแบบจำลองสองห้องเข้าตู้อบเลี้ยงเชื้อ (incubator) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หากอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่างขุ่นแสดงถึงมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพก่อนทำการศึกษาจะทำการคัดตัวอย่างนั้นออกจากการศึกษา และนำตัวอย่างอื่นที่ไม่มีการปนเปื้อนทำการศึกษาต่อไป



รูปที่ 10 ภาพแบบจำลองสองห้องในการทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรีย

การเตรียมเชื้อแบคทีเรีย

การศึกษานี้ใช้เชื้อแบคทีเรียชนิดเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิส (Enterococcus faecalis (ATCC 29212) ปริมาณตั้งต้น 10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร (Colony forming unit : CFU) ซึ่งการเตรียมเชื้อปริมาณดังกล่าวเตรียมโดยวัดค่าความขุ่น (turbidity) ของสารแขวนลอยเชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิส ในอาหารเลี้ยงเชื้อเบรนฮาร์ต อินฟิวชันชนิดเหลว (Brain heart infusion broth) ด้วยเครื่องวัดดัชนีการหักเหแสงที่ความยาวคลื่นแสง 600 นาโนเมตร ให้ได้ค่าความทึบแสง (optical density : OD) เท่ากับ 0.2

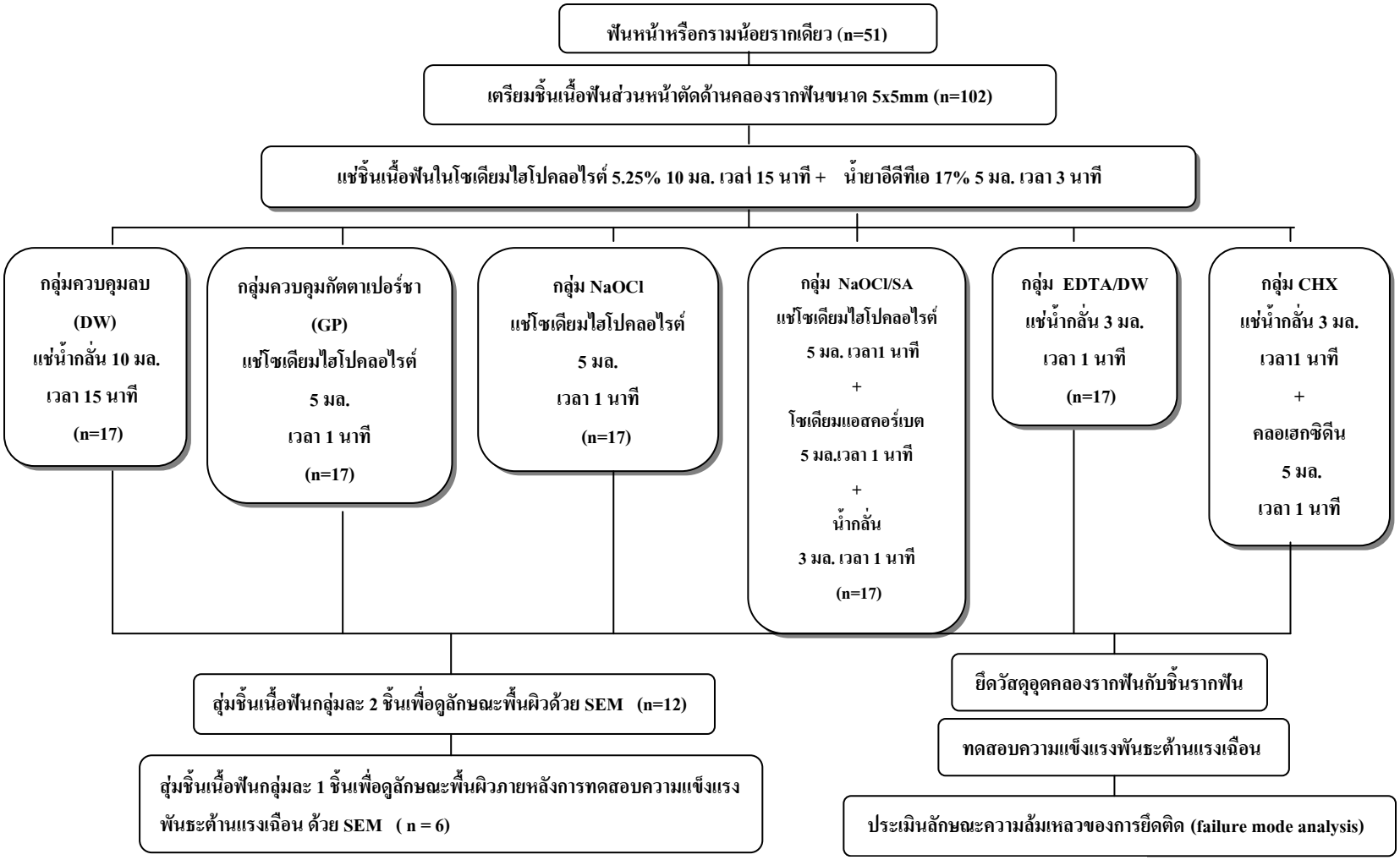
ใส่เชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิส จำนวน 10^8 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 1 มล. ลงในแบบจำลองห้องบน ปิดฝาหลอดทดลองพลาสติกให้สนิท และนำแบบจำลองสองห้องเก็บในตู้อบเลี้ยงเชื้อ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสตลอดการศึกษาเป็นเวลา 60 วัน และทำการเปลี่ยนเชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิสในแบบจำลองห้องบนสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่ามีแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ตลอดการศึกษา

การประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรีย

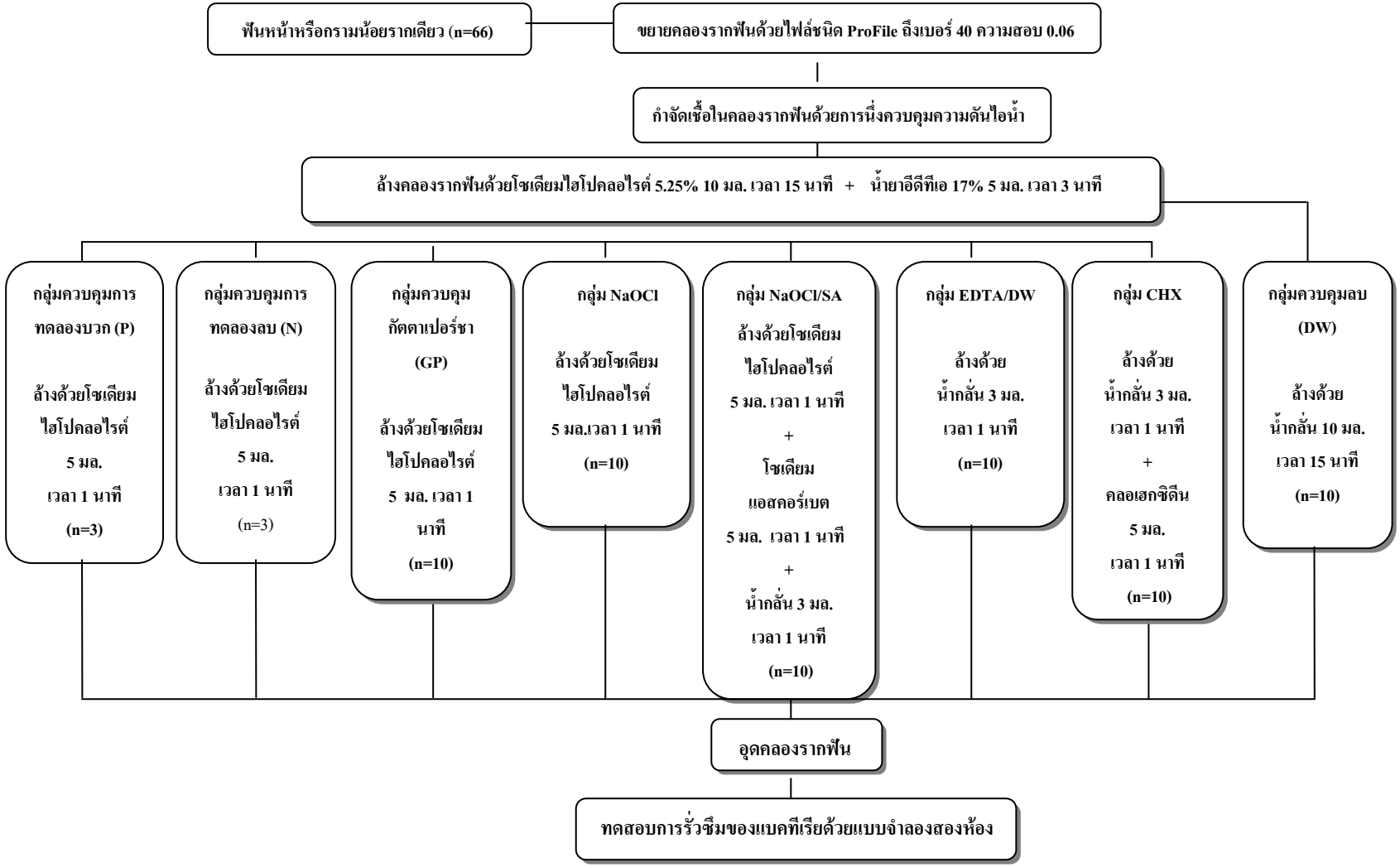
วัดการรั่วซึมของแบคทีเรียโดยสังเกตุจากความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่างตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา บันทึกจำนวนวันที่เกิดการรั่วซึมเพื่อนำไปคำนวณทางสถิติ นำอาหารที่มีเชื้อแขวนลอยจากแบบจำลองห้องล่างที่มีการรั่วซึม มาเพาะเชื้อในเบรนฮาร์ต อินฟิวชันชนิดแข็ง (Brain heart infusion agar) เพื่อประเมินลักษณะโคโลนีของเชื้อ จากนั้นทดสอบการรั่วซึมที่รอยต่อระหว่างแบบจำลองห้องบนและห้องล่างโดยใช้สีย้อมเมทิลีน บลู (methylene blue dye) ใส่ในแบบจำลองห้องบนทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ถ้าพบการรั่วซึมที่รอยต่อจะตัดชิ้นทดสอบนั้นออกจากการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานต่อการรั่วซึมของแบคทีเรีย โดยใช้การวิเคราะห์การดำรงอยู่ (survival analysis) ด้วยวิธีแคปแลน เมียร์ (Kaplan-Meier method) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (α=0.05) และวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีล็อก-แรงค์ (log-rank test)



รูปที่ 11 แผนภาพแสดงวิธีการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน



รูปที่ 12 แผนภาพแสดงวิธีการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรีย

บทที่ 3

ผลการวิจัย

การศึกษานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟัน ภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน
2. การศึกษาลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน
3. การศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังล้างด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

การศึกษาที่ 1 การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟัน ภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

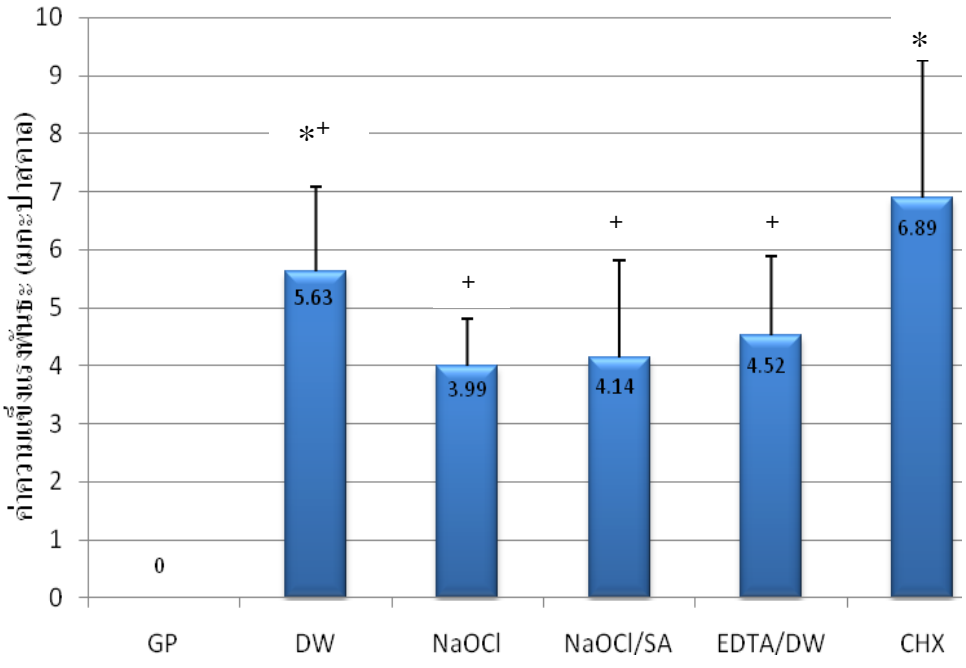
1.1 การประเมินค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟัน ภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 13 จากค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยพบว่า กลุ่ม CHX มีค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือกลุ่มควบคุมลบ (DW) กลุ่ม EDTA/DW กลุ่ม NaOCl/SA และกลุ่ม NaOCl มีค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) ไม่สามารถทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนได้ เนื่องจากในทุกชิ้นตัวอย่าง วัสดุอุดหลุดออกจากชิ้นเนื้อฟันในขณะถอดหลอดพลาสติกใสก่อนทดสอบความแข็งแรงพันธะ

ตารางที่ 1 ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

กลุ่ม	จำนวน (N)	ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ย (เมกะปาสคาล) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
GP	17	0
DW	17	5.63 ± 1.45[a,b]
NaOCl	17	3.99 ± 0.82[b]
NaOCl/SA	17	4.14 ± 1.68[b]
EDTA/DW	17	4.52 ± 1.36[b]
CHX	17	6.89 ± 2.37[a]

[a,b] ตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



รูปที่ 13 แผนภูมิแท่งแสดงค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟันภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ (สัญลักษณ์ * และ + ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05)

เมื่อทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบโกลโมโกรอฟ-สเมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test) พบว่าทุกกลุ่มมีการแจกแจงปกติ ดังนั้นจึงทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบทูคีย์ (Turkey's post hoc test) พบว่ากลุ่ม CHX มีค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (DW) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในกลุ่ม NaOCl กลุ่ม NaOCl/SA และกลุ่ม EDTA/DW ในขณะเดียวกันค่าความแข็งแรงพันธะของทั้งสามกลุ่มนี้มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม CHX อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ (DW)

1.2 การประเมินลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

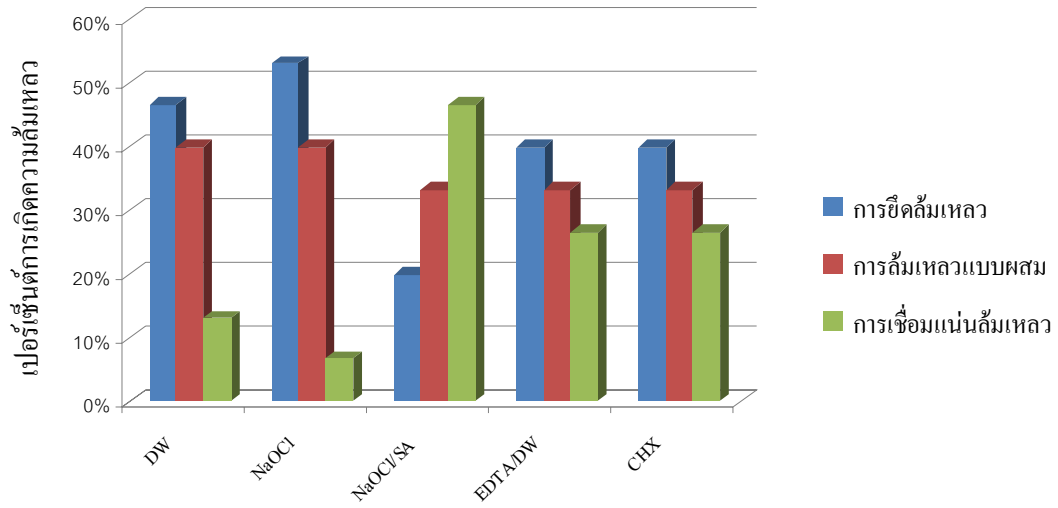
จากการประเมินลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่กำลังขยาย 20 เท่า โดยแบ่งการล้มเหลวเป็น 3 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งให้ผลการล้มเหลวการยึดติดในกลุ่มต่างๆดังตารางที่ 2 โดยพบว่ากลุ่มที่ยึดด้วยวัสดุเรซิลอนทั้งกลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่มทดลองทั้งหมดเกิดการยึดล้มเหลวมากที่สุด รองลงมาเป็นการล้มเหลวแบบผสม คือเกิดการล้มเหลวของพันธะระหว่างผิวเนื้อรากฟันกับซีลเลอร์ และในชั้นซีลเลอร์ ส่วนความล้มเหลวที่เกิดน้อยที่สุดคือเกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลว (รูปที่ 15) ยกเว้นในกลุ่ม NaOCl/SA ซึ่งเกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลวมากที่สุด และเกิดการยึดล้มเหลวน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติไค-สแคว์ (chi-square) พบว่าการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆไม่มีผลต่อลักษณะการเกิดความล้มเหลวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ .05

การยึดล้มเหลว การล้มเหลวแบบผสม การเชื่อมแน่นล้มเหลว

รูปที่ 14 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอที่กำลังขยาย 20 เท่าแสดงตัวอย่างความล้มเหลวลักษณะต่างๆ

ตารางที่ 2 ความล้มเหลวของการยึดติดลักษณะต่างๆ ที่พบในแต่ละกลุ่ม

	การยึดล้มเหลว		การล้มเหลวแบบผสม		การเชื่อมแน่นล้มเหลว	
	จำนวน (N)	ร้อยละ	จำนวน (N)	ร้อยละ	จำนวน (N)	ร้อยละ
กลุ่ม DW	7	46.67	6	40.00	2	13.13
กลุ่ม NaOCl	8	53.33	6	40.00	1	6.67
กลุ่ม NaOCl/SA	3	20.00	5	33.33	7	46.67
กลุ่ม EDTA/DW	6	40.00	5	33.33	4	26.67
กลุ่ม CHX	6	40.00	5	33.33	4	26.67
รวม	30		27		18	



รูปที่ 15 แผนภูมิแท่งแสดงความล้มเหลวของการยึดติดลักษณะต่างๆที่พบในแต่ละกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนของชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการยึดล้มเหลว (ตารางที่ 3) และการเชื่อมแน่นล้มเหลว (ตารางที่ 4) ในแต่ละกลุ่ม พบว่า ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในกลุ่ม CHX มีค่าสูงที่สุด (6.65 และ 7.5 เมกะปาสคาล ตามลำดับ) ในขณะที่กลุ่มอื่นๆ ได้แก่ กลุ่ม DW กลุ่ม NaOCl กลุ่ม NaOCl/SA และกลุ่ม EDTA/DW มีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการยึดล้มเหลวแจกแจงตามกลุ่มต่างๆ

	DW ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**NaOCl** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**NaOCl/SA** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**EDTA/DW** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**CHX** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)
1	3.07	2.95	2.57	3.11	4.35
2	3.58	3.18	3.00	3.11	4.70
3	4.17	4.31	5.40	3.22	6.24
4	4.68	4.46		3.40	6.79
5	5.74	4.47		3.91	8.57
6	6.55	4.54		6.90	9.26
7	6.67	4.95			
8		5.07			
เฉลี่ย	**4.92**	**4.24**	**3.66**	**3.94**	**6.65**

ตารางที่ 4 ค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลวแจกแจงตามกลุ่มต่างๆ

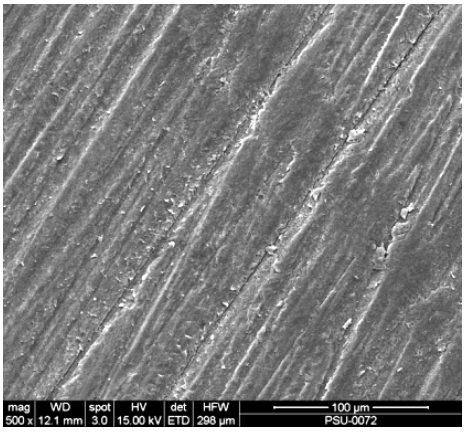
	DW ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**NaOCl** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**NaOCl/SA** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**EDTA/DW** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)	**CHX** ความแข็งแรงพันธะ (เมกะปาสคาล)
1	4.34	3.99	2.26	3.97	5.62
2	6.59		2.68	4.62	6.36
3			2.99	5.53	6.81
4			3.82	7.07	11.21
5			5.64		
6			6.34		
7			7.97		
เฉลี่ย	**5.47**	**3.99**	**4.53**	**5.30**	**7.5**

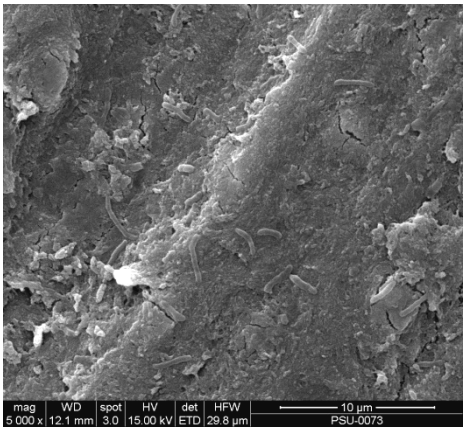
การศึกษาที่ 2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

2.1 การประเมินพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

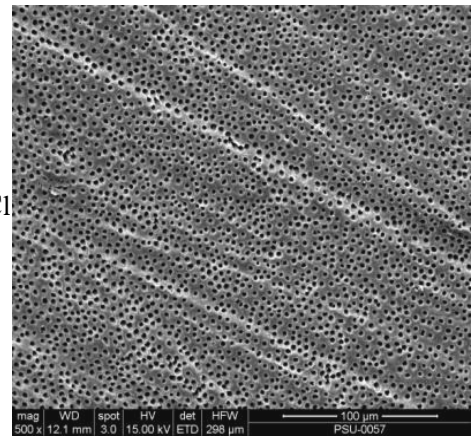
จากการประเมินภาพพื้นผิวเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า (รูปที่ 16) พบว่าพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่มควบคมุลบ (DW) มีชั้นสเมียร์ปกคลุมทั่วไป ส่วนในกลุ่มทดลองทั้งหมด พบว่าภายหลังการแช่น้ำยามีลักษณะพื้นผิวใกล้เคียงกันคือไม่พบชั้นสเมียร์ปกคลุม ทำให้เห็นพื้นผิวเนื้อฟัน และรูเปิดท่อเนื้อฟันทั้งหมดอย่างชัดเจน อีกทั้งไม่พบตะกอนสะสม หรือผลึกใดๆ จากภาพอิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000 เท่าของพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl และกลุ่ม NaOCl/SA พบมีการสึกกร่อนของเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน (p□ritubular d□ntin) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ ทำให้ขอบท่อเนื้อฟันมีลักษณะมน มีขอบเขตไม่ชัดเจนซึ่งแตกต่างจากกลุ่ม EDTA /DW และ CHX นอกจากนี้ยังไม่พบลักษณะการสึกกร่อนที่บริเวณเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน (int□rtubular d□ntin) บนพื้นผิวเนื้อฟันในทุกกลุ่มทดลอง

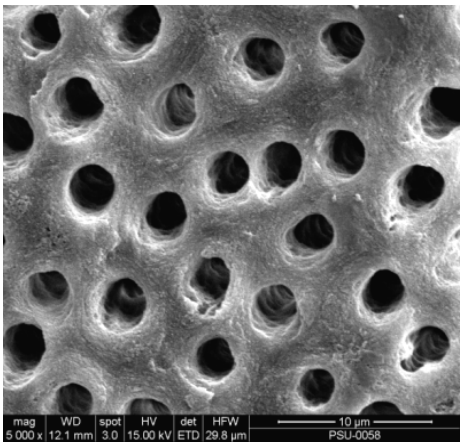
กลุ่ม DW



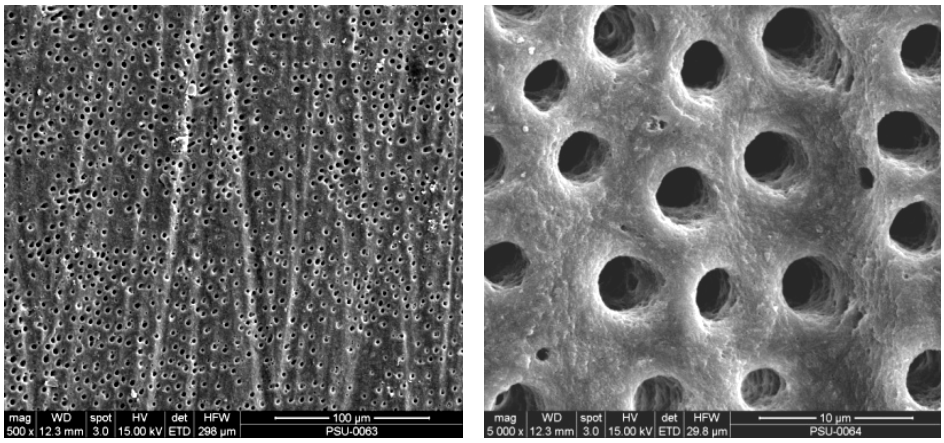


กลุ่ม NaOCl

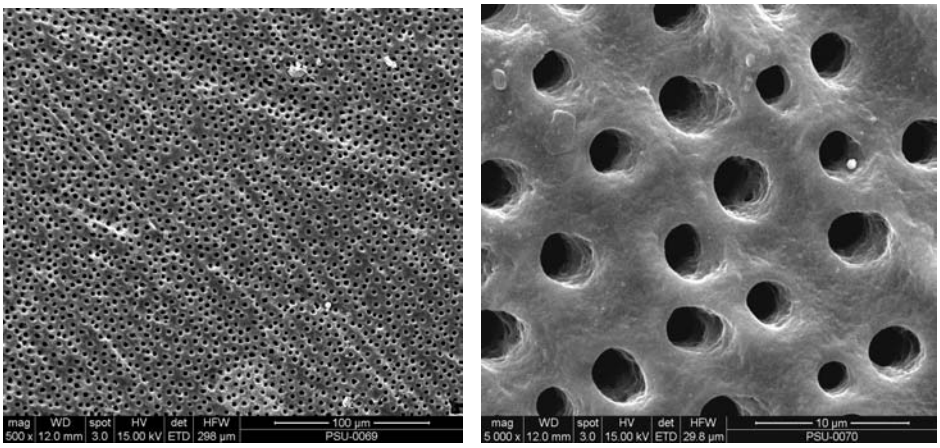




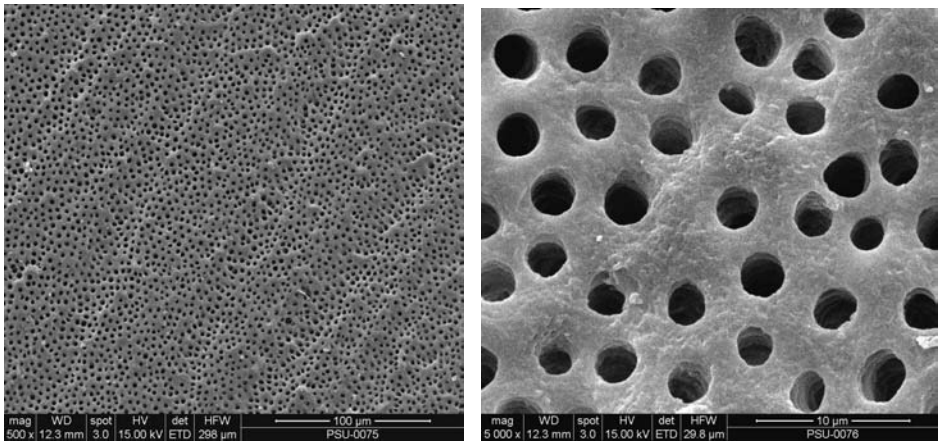
กลุ่ม NaOCl /SA



กลุ่ม EDTA /DW



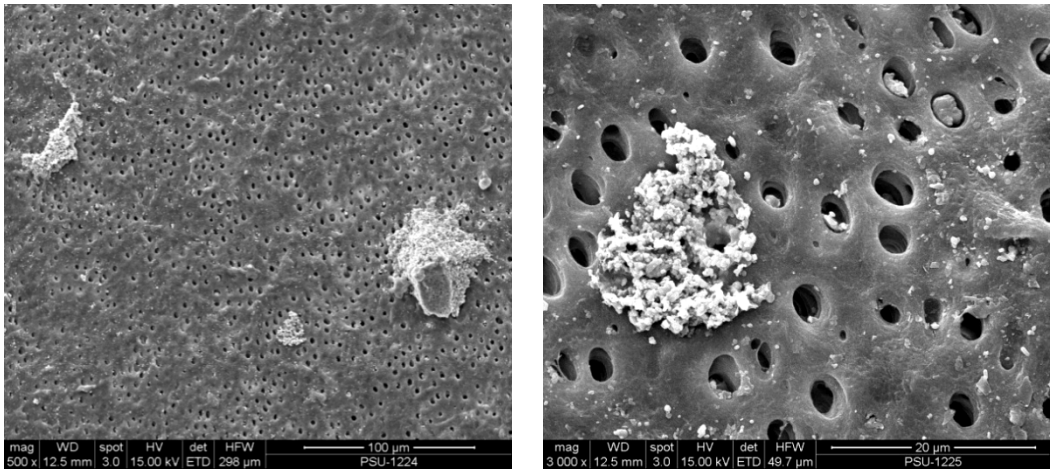
กลุ่ม CHX



รูปที่ 16 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 5,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ

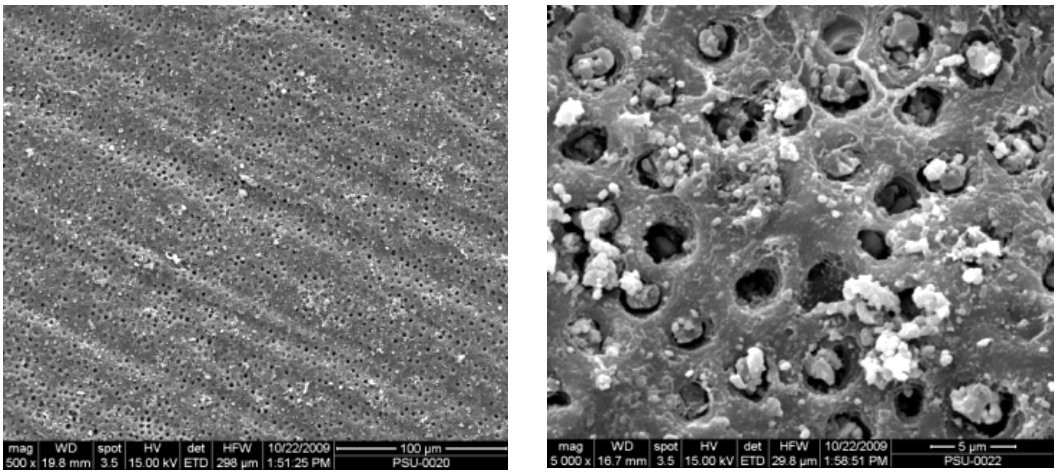
2.2 การประเมินพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

จากการประเมินผิวเนื้อฟันในกลุ่ม GP ที่หลุดก่อนทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 และ 3,000 เท่า (รูปที่ 17) พบพื้นผิวเนื้อฟันมีซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลปกคลุม กระจัดกระจายโดยทั่วไป เป็นบริเวณเล็กๆ มีขนาดไม่แน่นอน และสามารถเห็นท่อเนื้อฟันได้อย่างชัดเจน ซึ่งส่วนใหญ่จะพบเป็นท่อเนื้อฟันว่างเปล่า หรืออาจมีอนุภาครูปร่างกลมหลากหลายขนาดแทรกเข้าไปในท่อเนื้อฟันบางท่อ

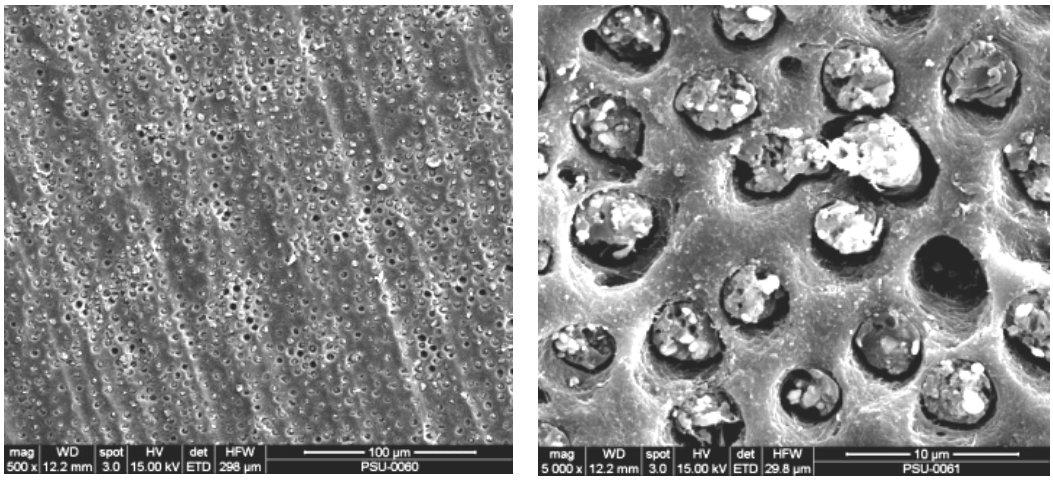


รูปที่ 17 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 3,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม GP ภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะ

เมื่อพิจารณาพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่มที่มีการยึดติดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะ โดยพิจารณาแยกตามความล้มเหลวที่เกิดในลักษณะต่างๆ พบว่าผิวเนื้อฟันที่เกิดการยึดล้มเหลว มีลักษณะของผิวเนื้อฟันที่ไม่มีส่วนของซีเลอร์ปกคลุม โดยเฉพาะในส่วนเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน หากแต่พบเรซินแท็กแทรกอยู่ภายในท่อเนื้อฟันบางท่อ ในบางท่อเนื้อฟันไม่พบเรซินแท็ก พบเพียงซีลเลอร์ลักษณะกลมขนาดเล็กกระจายอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณท่อเนื้อฟันที่พบเรซินแท็ก ดังรูปที่ 18 และ 19

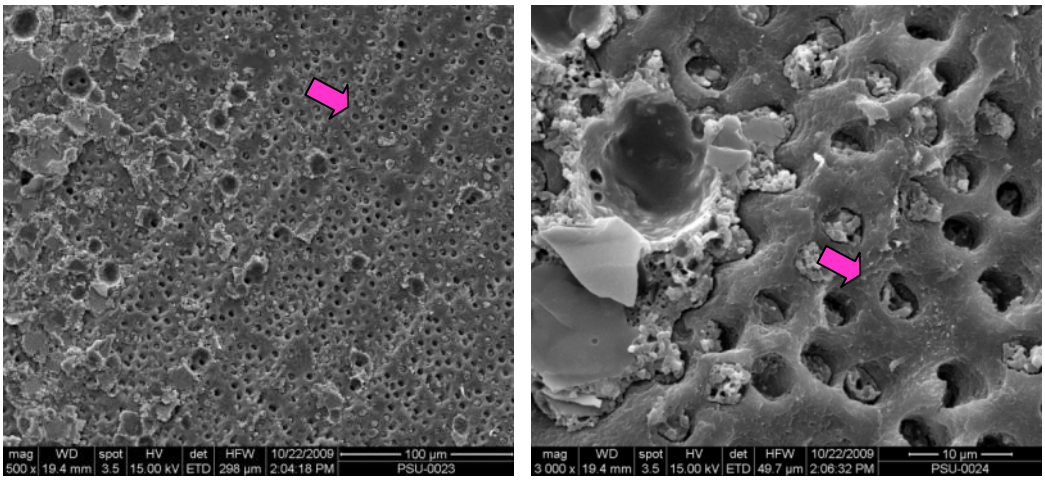


รูปที่ 18 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 5,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม EDTA/DW ที่เกิดการยึดล้มเหลว

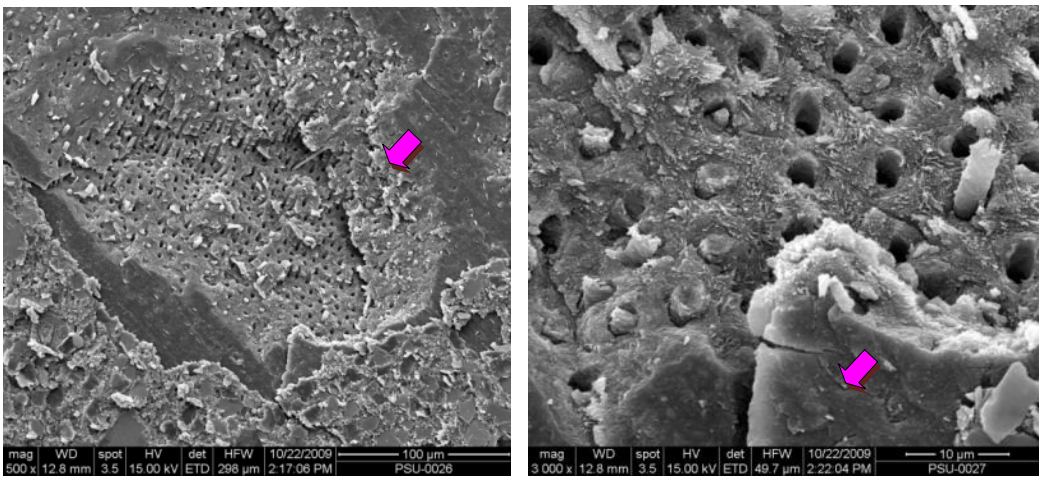


รูปที่ 19 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 5,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl ที่เกิดการยึดล้มเหลว

เนื้อฟันที่มีการล้มเหลวแบบผสม พบว่ามีส่วนของซีลเลอร์ติดอยู่บนผิวเนื้อฟันเป็นบริเวณเล็กๆ กระจายโดยทั่วไป (รูป 20) แต่ในบางบริเวณพบซีลเลอร์ที่ค่อนข้างหนาปิดผิวเนื้อฟันอยู่ (รูปที่ 21) โดยมีลักษณะเป็นแผ่นแบนขนาดใหญ่ และมีวัสดุขนาดเล็กที่มีรูปร่างไม่แน่นอนแทรกตัวอยู่ โดยบริเวณที่พบความล้มเหลวระหว่างผิวเนื้อฟันกับซีลเลอร์ที่บริเวณใต้ชั้นไฮบริด พบผิวเนื้อฟันและรูเปิดท่อเนื้อฟัน รวมทั้งแท่งเรซินแท็กที่ติดอยู่ในท่อเนื้อฟันบางท่อ (รูปที่ 20)

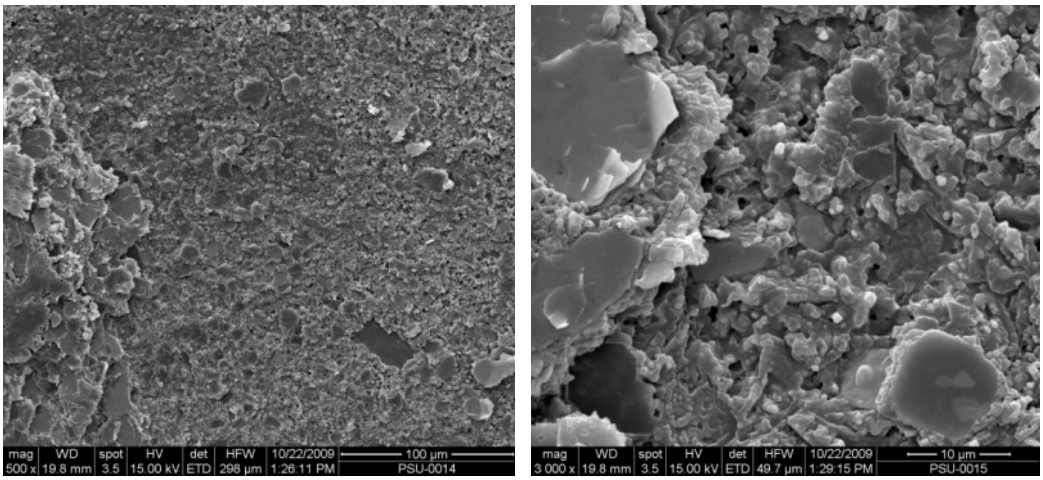


รูปที่ 20 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 3,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม CHX ที่พบการล้มเหลวแบบผสม ที่มีบางบริเวณเกิดการล้มเหลวใต้ชั้นไฮบริด (ลูกศร)



รูปที่ 21 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 3,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl/SA ที่พบการล้มเหลวแบบผสม โดยมีซีลเลอร์ติดบนผิวเนื้อฟันเป็นแผ่นหนา (ลูกศร)

ผิวเนื้อฟันที่เกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลว ซึ่งเกิดการล้มเหลวในชั้นซีลเลอร์ ทำให้ไม่เห็นผิวเนื้อฟันและรูเปิดท่อเนื้อฟัน พบซีลเลอร์คลุมทั่วทั้งผิวเนื้อฟัน โดยพบซีลเลอร์ลักษณะแผ่นแบนเป็นชั้นๆ และมีวัสดุขนาดเล็กที่มีรูปร่างและขนาดไม่แน่นอนแทรกอยู่ทั่วไป ดังรูปที่ 22



รูปที่ 22 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 500 เท่า (ซ้าย) และ 3,000 เท่า (ขวา) แสดงพื้นผิวเนื้อฟันในกลุ่มควบคุมลบ (DW) ที่มีการเชื่อมแน่นล้มเหลว

การศึกษาที่ 3 การศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาชนิดต่างๆ

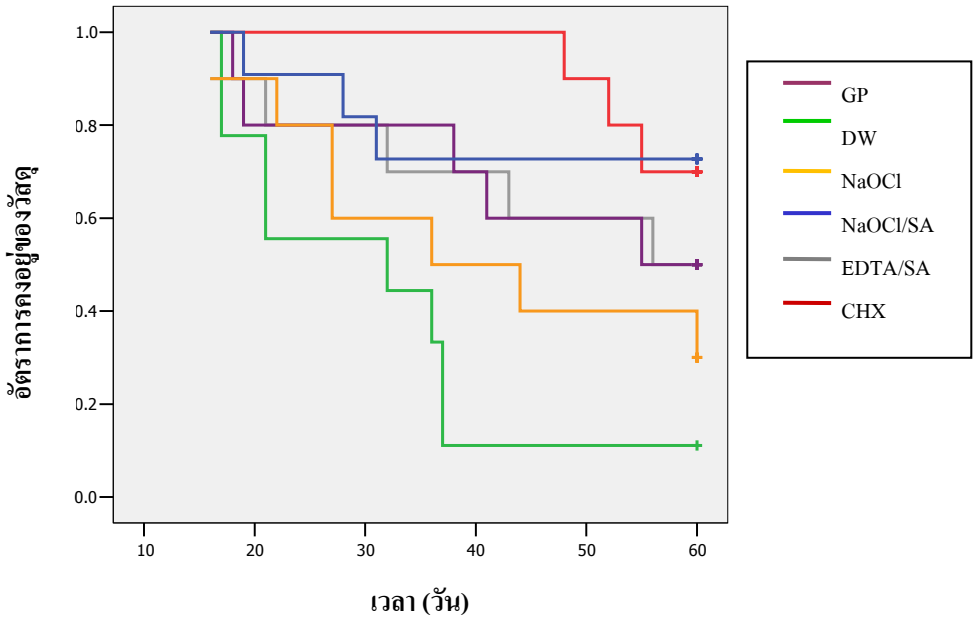
รากฟันในกลุ่มควบคุมบวก (P) ทั้งหมดมีการรั่วซึมของแบคทีเรียอย่างรวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมง ในขณะที่รากฟันในกลุ่มควบคุมลบ (N)ไม่มีการรั่วซึมของแบคทีเรียตลอด 60 วันที่ทำการศึกษา โดยจำนวนวันเฉลี่ยที่เกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่ากลุ่ม CHX มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมได้ดีที่สุด โดยมีการรั่วซึมเฉลี่ยในวันที่ 58 รองลงมาคือกลุ่ม NaOCl/SA โดยมีการรั่วซึมเฉลี่ยในวันที่ 51 ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่ม NaOCl มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมต่ำที่สุด โดยมีการรั่วซึมเฉลี่ยในวันที่ 31 และ 42 ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติล็อก-แรงค์ (log-rank) พบว่ากลุ่ม CHX มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียชนิดเอ็นเทอโรค็อกคัสฟีคอลลิสได้ดีที่สุด และแตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่ม NaOCl ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มทดลองอื่นๆและกลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา ในขณะที่กลุ่มควบคุมลบ (DW) มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ต่ำที่สุด และต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นกลุ่ม NaOCl (รูปที่ 23)

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนวันที่เกิดการรั่วซึมเฉลี่ยเปรียบเทียบในกลุ่มต่างๆ

กลุ่ม	N (ราก)	ค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่เกิดการรั่วซึม (วัน) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
GP	10	$48 \pm 5.149^{b,d}$
DW	10	31 ± 4.347^{a}
NaOCl	10	$42 \pm 5.772^{a,d}$
NaOCl/SA	10	$51 \pm 4.636^{b,d}$
EDTA/DW	10	$47 \pm 5.295^{b,d}$
CHX	10	$58 \pm 1.306^{b,c}$
เฉลี่ย		46 ± 2.175

^{a,b,c,d} ตัวอักษรต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



รูปที่ 23 แผนภูมิแสดงอัตราการคงอยู่ของวัสดุในกลุ่มต่างๆตลอดระยะเวลา 60 วัน

ในการศึกษานี้พบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่างก่อนทำการทดสอบการรั่วซึมจำนวน 9 ตัวอย่าง จึงตัดชิ้นตัวอย่างนั้นออกจากการศึกษาและทำตัวอย่างชิ้นใหม่มาทดแทนตามจำนวนดังกล่าว

เมื่อนำอาหารเลี้ยงเชื้อในส่วนแบบจำลองห้องล่างที่ขุ่นเนื่องจากเกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียจากปลายรากมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็งพบลักษณะโคโลนีนูนสีขาวขุ่น มันวาว ซึ่งเป็นลักษณะโคโลนีของเชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิสเพียงชนิดเดียวโดยไม่พบโคโลนีชนิดอื่นๆ (รูปที่ 24) แสดงถึงไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อชนิดอื่นในขณะทำการศึกษา

รูปที่ 24 ลักษณะโคโลนีของเชื้อเอ็นเทอโรค็อคคัส ฟีคอลลิสจากอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่าง

บทที่ 4

บทวิจารณ์

บทวิจารณ์ผลการศึกษา

วัสดุเรซิลอนเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่มีสารเมทาคริเลตเรซิน เป็นส่วนประกอบเพื่อให้เกิดการยึดติดระหว่างวัสดุอุดแกนกับซีลเลอร์และระหว่างซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟันได้เป็นชิ้นเดียว อย่างไรก็ตามมีการรายงานว่าน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ที่ใช้ล้างเพื่อกำจัดเชื้อในคลองรากฟันมีผลต่อประสิทธิภาพในการยึดติดระหว่างสารเมทาคริเลตกับเนื้อฟัน ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตเรซิลอนจึงแนะนำให้ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาอีดีทีเอแล้วตามด้วยการล้างด้วยน้ำกลั่น หรือคลอเฮกซิดีน เพื่อกำจัดฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ก่อนอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซิลอน ในอดีตมีการศึกษาพบว่าสารโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดระหว่างสารเมทาคริเลตกับเนื้อฟันภายหลังล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ได้ จากการทบทวนวรรณกรรม นำมาสู่แนวคิดในการศึกษาเปรียบเทียบผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันต่างๆรวมถึงสารโซเดียมแอสคอร์เบต ต่อค่าความแข็งแรงพันธะในการยึดติด และความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียของวัสดุเรซิลอนซึ่งมีเมทาคริเลต เรซินเป็นส่วนประกอบ

การศึกษาที่ 1 การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับเนื้อฟัน ภายหลังแช่ด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

จากผลการศึกษาพบว่าค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน มีค่าอยู่ในช่วง 2.46 ถึง 7.61 เมกะปาสคาล ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำยาที่ใช้ ในการศึกษาที่ผ่านมาได้รายงานค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนของวัสดุชนิดนี้อยู่ในช่วง 0.44 ถึง 5.52 เมกาปาสคาล [49, 50] ซึ่งอาจไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันโดยตรงได้ เนื่องจากมีความแตกต่างกันในวิธีการศึกษา เช่น ชนิด ความเข้มข้นของน้ำยาล้างคลองรากฟัน ความหนาของซีลเลอร์ และขนาดของพื้นที่ในการยึดติด อีกทั้งการศึกษาที่ผ่านมา[34-36] ส่วนใหญ่ใช้การทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงกด (push out bond strength) ซึ่งรายงานค่าความแข็งแรงพันธะของวัสดุชนิดนี้ในช่วง 0.04 ถึง 4.6 เมกะปาสคาล ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

ในการศึกษานี้กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) ที่ทดสอบการยึดติดของวัสดุชนิดกัตตาเปอร์ชา ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน เกิดการหลุดของชิ้นทดสอบออกจากชิ้นเนื้อฟันก่อนให้แรงดึงทุกครั้ง ซึ่งแสดงถึงความแข็งแรงพันธะระหว่างกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลซีลเลอร์ และเนื้อฟันมีค่าต่ำมาก จึงไม่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีที่ใช้ในการศึกษานี้ ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Tagger และคณะที่ทำการศึกษาความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนของซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจินอล อีพ็อกซีเรซิน และ ซาลิไซเลต เรซิน พบว่าไม่สามารถวัดค่าความแข็งแรงพันธะของซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลได้[51, 52] อย่างไรก็ตามในการศึกษาความแข็งแรงพันธะต้านแรงกด ของ Fisher และคณะ[53] พบว่าความแข็งแรงพันธะของวัสดุชนิดกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซีลเลอร์มีค่าสูงกว่าเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ (0.79 $\pm$ 0.52 เมกะปาสคาล และ 0.32 $\pm$ 0.28 เมกะปาสคาล ตามลำดับ)ในขณะที่ Skidmore และคณะ[34] พบว่าความแข็งแรงพันธะของวัสดุชนิดเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์มีค่าสูงกว่ากัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซีลเลอร์ (1.51 $\pm$ 1.22 เมกะปาสคาล และ 0.66 $\pm$ 0.39 เมกะปาสคาล ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบวิธีการศึกษาของทั้งสองการศึกษาพบว่ามีการอุดคลองรากฟันต่างกันโดยการศึกษาของ Skidmore และคณะ อุดคลองรากฟันด้วยวิธีวอร์ม เวอร์ติคัล คอนเดนเซชัน (Warm verti al ondensation) ในขณะที่การศึกษาของ Fisher และคณะ อุดคลองรากฟันโดยใช้วัสดุอุดแกนหลักเพียงแท่งเดียวร่วมกับซีลเลอร์ (single one te hnique) ซึ่งความหนาของซีลเลอร์ที่ไม่เท่ากันของสองการศึกษานี้ อาจมีผลต่อการหดตัวของเรซินในคลองรากฟัน อันมีผลต่อการยึดติดของวัสดุเรซิลอนกับผนังคลองรากฟันที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดกัตตาเปอร์ชา ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ยูจินอลซีลเลอร์ดังที่พบในการศึกษาทั้งสอง

เมื่อพิจารณาผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันต่อความแข็งแรงพันธะการยึดติดในการศึกษานี้พบว่า กลุ่ม NaOCl มีค่าความแข็งแรงพันธะต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ (3.99 $\pm$ 0.82 เมกะปาสคาล) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมลบ(DW) ที่ล้างด้วยน้ำกลั่นอย่างเดียว (5.63 $\pm$ 1.45 เมกะปาสคาล) กลุ่ม NaOCl/Sa (4.14 $\pm$ 1.68 เมกะปาสคาล) และกลุ่ม EDTA/DW (4.52 $\pm$ 1.36 เมกะปาสคาล) ซึ่งแสดงถึงว่าการล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ในการศึกษานี้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการลดการยึดติดระหว่างวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน อีกทั้งการล้างตามหลังจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์ด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และตามด้วยน้ำกลั่นดังที่บริษัทแนะนำ หรือการล้างตามด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ไม่มีผลช่วยเพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึดติดระหว่างวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน ซึ่งผลที่ได้นี้มีความขัดแย้งกับหลายการศึกษา[5-7, 41] ที่พบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์ทำให้ลดประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุเรซินชนิด

อื่นๆกับเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำเกลือหรือน้ำ ซึ่งการศึกษาเหล่านั้นเชื่อว่าเป็นผลจากการยับยั้งกระบวนการเกิดโพลิเมอไรเซชันด้วยการเติมอนุมูลอิสระ (Free-radical polymerization) ของเรซินชนิดเมทาคริเลต เนื่องจากการที่โซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกตัวให้ออกซิเจน ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระชนิดหนึ่งที่เป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันนี้ให้ดำเนินตลอดเวลาอย่างไม่สิ้นสุดกระบวนการ อีกทั้งออกซิเจนนี้ยังเกิดเป็นชั้นออกซิเจนบางๆเคลือบบนผนังคลองรากฟัน ซึ่งอาจมีผลยับยั้งการแทรกซึมและการแข็งตัวของเรซินซีลเลอร์บนเนื้อฟันได้[4, 6, 40, 41] นอกจากนี้ยังมีรายงานถึง โซเดียมไฮโปคลอไรต์มีผลลดความแข็งผิวของเนื้อฟันในระดับไมครอน (microhardness) เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีฤทธิ์กำจัดอินทรีย์สาร และเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์สารในเนื้อฟัน อันส่งผลต่อการยึดติดของวัสดุเรซินทั้งชนิดโททอลเอช (total-etch) และเซลฟ์เอช (self-etch)[54]

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการศึกษาเหล่านั้นมีความแตกต่างจากการศึกษานี้ อาทิ วิธีการทดสอบที่แตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ เนื่องจากการศึกษานี้ใช้วิธีการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนซึ่งแตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ ที่ทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงกดหรือการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงดึงขนาดเล็ก (microtensile) นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างในขั้นตอนการแช่น้ำยาต่างๆ ซึ่งในการศึกษานี้มีการกำจัดชั้นสเมียร์ในกลุ่ม NaOCl ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 5.25% และน้ำยาอีดีทีเอความเข้มข้น 17% ในขณะที่การศึกษาอื่นๆล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์เพียงอย่างเดียว ซึ่งผลของการกำจัดชั้นสเมียร์นี้อาจส่งเสริมการยึดติดของวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน ดังการศึกษาของ De-Deus และคณะ[55] ที่ศึกษาการใช้น้ำยาคีเลต (chelating agent) ต่อคุณภาพการยึดติดของวัสดุเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟัน พบว่ากลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้ใช้น้ำยาคีเลตในการกำจัดชั้นสเมียร์มีค่าความแข็งแรงพันธะต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ร่วมกับน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าผลของการกำจัดชั้นสเมียร์ในกลุ่ม NaOCl ของการศึกษานี้อาจทำให้ผลของออกซิเจนจากการแตกตัวของโซเดียมไฮโปคลอไรต์เกิดขึ้นอย่างไม่ชัดเจน และทำให้ผลความแข็งแรงพันธะของกลุ่ม NaOCl กลุ่ม NaOCl/SA และกลุ่ม EDTA/DW ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การแช่ชิ้นเนื้อฟันด้วยคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 ก่อนอุดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ มีค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.89 ± 2.37 เมกะปาสคาล) แต่มีค่าไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบ (DW) ซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาของ Wachlarowiz และคณะ[49] ที่ศึกษาถึงความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ กับชิ้นเนื้อฟัน พบว่ากลุ่มที่แช่ด้วยคลอเฮกซิดีน

ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่าความแข็งแรงพันธะการยึดติดต่ำที่สุด อีกทั้งยังต่ำกว่าการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 6 และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 6 ร่วมกับน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณารายละเอียดของการแช่น้ำยา พบว่ามีความแตกต่างจากการศึกษานี้ เนื่องจากไม่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ในกลุ่มคลอเฮกซิดีนในการศึกษาของ Wa□hlarowiz และคณะ ดังนั้นจึงอาจเป็นได้ว่าค่าความแข็งแรงพันธะที่ต่ำในกลุ่มคลอเฮกซิดีนอาจเป็นผลจากชั้นสเมียร์ที่ปกคลุมเนื้อฟัน

ยังมีการศึกษาจำนวนไม่มากที่รายงานเกี่ยวกับผลของคลอเฮกซิดีน ต่อความแข็งแรงพันธะการยึดติดระหว่างวัสดุเรซิลอนและเนื้อฟัน แต่อย่างไรก็ตามมีหลายการศึกษาที่ศึกษาความแข็งแรงพันธะการยึดติดในเรซินซีเมนต์ หรือเรซินคอมโพสิตได้แก่ การศึกษาของ Erdemir และคณะ[7] ที่ศึกษาถึงผลของสารที่ใส่ในคลองรากฟันต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงดึงขนาดเล็ก (mi□rotensile bond strength) ระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดซีแอนด์บี เมตาบอนด์ และเนื้อฟัน และการศึกษาของ da Silva และคณะ[56] ที่ศึกษาถึงผลของสารที่ใส่ในคลองรากฟันภายหลังเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟัน ต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงดึง (pull-out bond strength) ระหว่างสารยึดเดือยฟันชนิดเรซิน (resin luting □ement) และผนังคลองรากฟัน รวมทั้งการศึกษาของ Santos และคณะ[4] ที่ศึกษาผลของน้ำยาล้างต่อความแข็งแรงพันธะต้านแรงดึงขนาดเล็ก ระหว่างเรซินคอมโพสิตและเนื้อฟันส่วนโพรงฟัน (pulp □hamber dentin) โดยผลของการศึกษาทั้งสามพบว่ากลุ่มที่ล้างด้วยคลอเฮกซิดีนให้ค่าความแข็งแรงพันธะที่สูงกว่ากลุ่มที่ล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากโมเลกุลของคลอเฮกซิดีนเป็นประจุบวกจึงสามารถจับกับกลุ่มฟอตเฟต (phosphate group) ในแคลเซียมอะพาไทต์ (□al□ium apatite) บนเนื้อฟันได้ดี ทำให้เกิดพื้นผิวที่มีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง[57] นอกจากนี้ยังมีหลายการศึกษาทั้งในห้องทดลอง (in vitro)[58] และในมนุษย์ (in vivo)[59, 60] ที่รายงานถึงคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งเอนไซม์เอนโดจีเนสเมทอลโลโปรตีน (endogeneous metalloprotein inhibitor) ซึ่งสามารถต้านการเสื่อมสลายของชั้นไฮบริด อันเป็นผลดีต่อการยึดติดของวัสดุชนิดเรซิน

ผลความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนในกลุ่ม NaOCl/SA ซึ่งเป็น การแช่ด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ตามหลังการแช่ด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 5.25% ในการศึกษานี้พบว่าไม่ได้มีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ กับเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่ม NaOCl ดังจะเห็นได้จากผลค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยในตารางที่ 1 และค่าความแข็งแรงพันธะเฉลี่ยของชิ้นเนื้อฟันที่เกิดการยึดล้มเหลวในตารางที่ 3 ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากเวลาในการแช่ด้วยโซเดียมแอสคอร์เบต ที่อาจไม่เพียงพอต่อการลบล้างฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้เวลาในการแช่ 1 นาที ตามการศึกษาของ Weston และคณะ[10] ซึ่งเป็นเวลาที่

เหมาะสมในทางคลินิก และให้ค่าความแข็งแรงพันธะการยึดติดต้านแรงดึงระหว่างเรซินซีเมนต์ชนิดซีแอนด์บี เมตาบอนด์ และเนื้อฟัน ไม่แตกต่างจากเวลา 3 และ 10 นาที แต่เนื่องจากไม่เคยมีการศึกษาเปรียบเทียบผลของเวลาในการล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตต่อความแข็งแรงพันธะการยึดติดของวัสดุชนิดเรซิลอนมาก่อน ซึ่งอาจมีความแตกต่างจากการศึกษาของ Weston และคณะ ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป

แต่เมื่อพิจารณาถึงความล้มเหลวของการยึดติดในการศึกษานี้พบว่า ในกลุ่มที่ยึดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ทุกกลุ่มเกิดการยึดล้มเหลวมากที่สุด และจะพบความล้มเหลวแบบนี้ในกลุ่ม NaOCl มากกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ในกลุ่ม NaOCl/SA จะพบการเชื่อมแน่นล้มเหลวมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Morris และคณะ[5] ที่ศึกษาผลของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ อาร์ซีเปป (RC-Prep) และโซเดียมแอสคอร์เบต ต่อความแข็งแรงพันธะของเรซินซีเมนต์ชนิดซีแอนด์บี เมตาบอนด์กับเนื้อฟัน และการศึกษาของ Vongphan และคณะ[12] ที่ศึกษาผลของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และโซเดียมแอสคอร์เบต ต่อความแข็งแรงพันธะของสารยึดเนื้อฟันชนิดโททอล เอชและเรซินคอมโพสิตกับผนังโพรงฟัน ผลที่ได้ดังกล่าวเป็นที่น่าสนใจว่าในการเกิดการยึดล้มเหลว ที่พบมากในกลุ่ม NaOCl นี้ อาจแสดงถึงผลเสียของ NaOCl ต่อการยึดติดระหว่างซีลเลอร์และเนื้อฟัน ในขณะที่กลุ่ม NaOCl/SA พบการเชื่อมแน่นล้มเหลวมากกว่าการยึดล้มเหลวซึ่งโดยปกติการเกิดการเชื่อมแน่นล้มเหลวที่เกิดขึ้นแสดงถึงการที่วัสดุนั้นมีการยึดติดระหว่างซีลเลอร์และเนื้อฟันดีกว่าการยึดติดกันเองในเนื้อซีลเลอร์ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนที่แท้จริงระหว่างซีลเลอร์และเนื้อฟันในกลุ่ม NaOCl/SA อาจมีค่าสูงกว่า 4.14 $\pm$ 1.68 เมกะปาสคาล (ตารางที่ 1) ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 นี้อาจมีส่วนช่วยในการยึดติดที่ดีระหว่างวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟันได้ อย่างไรก็ตาม ในชิ้นทดสอบที่มีการยึดล้มเหลว ของกลุ่ม NaOCl/SA มีเพียง 3 ชิ้นทดสอบ และมีค่าแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนเฉลี่ยของทั้งสามชิ้นเป็น 3.66 เมกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงนัก อีกทั้งไม่สามารถทราบค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนที่แท้จริงระหว่างซีลเลอร์และเนื้อฟันในชิ้นทดสอบที่มีการเชื่อมแน่นล้มเหลวของกลุ่ม NaOCl/SA นี้ได้ ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ต่อไป

กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) เกิดการยึดล้มเหลวมากที่สุด ในขณะที่กลุ่มทดลองอื่นๆที่ใช้วัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์เกิดการล้มเหลวทั้งสามลักษณะ แสดงถึงวัสดุเรซิลอนและเรียลซีลซีลเลอร์สามารถเกิดการยึดติดกับเนื้อฟันได้ดีกว่าวัสดุกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล ดังนั้นวัสดุชนิดนี้จึงมีแนวโน้มเกิดการยึดติดในลักษณะโมโนบล็อกได้ แต่อย่างไรก็ตามคงต้องได้รับการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุต่อไป

การศึกษาที่ 2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ และภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

เมื่อสังเกตภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5000 เท่าบริเวณพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังแช่น้ำยาของกลุ่ม NaOCl และ NaOCL/SA (รูปที่ 13) พบว่ามีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ โดยมีลักษณะของการกร่อนของเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟันมากกว่ากลุ่มอื่นๆ จึงสันนิษฐานว่า เนื้อฟันของกลุ่ม NaOCl และ NaOCl/SA มีการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวเนื้อฟัน และมีการสูญเสียคอลลาเจนจากการสัมผัสโซเดียมไฮโปคลอไรต์มากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งอาจมีผลต่อการสร้างชั้นไฮบริด และอาจมีผลต่อความแข็งแรงพันธะการยึดติดได้ แต่เนื่องจากความสำคัญของชั้นไฮบริด และการยึดติดของเรซิน และผลของการกำจัดคอลลาเจนด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ภายหลังจากการใช้กรดกัดเนื้อฟันต่อการยึดติดของวัสดุชนิดเรซินกับเนื้อฟันนี้ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ในปัจจุบัน โดยหลายการศึกษารายงานถึงการกำจัดคอลลาเจนภายหลังจากการใช้กรดบนผิวเนื้อฟันทำให้เกิดทั้งผลการเพิ่มหรือลดค่าความแข็งแรงพันธะของการยึดติดได้ โดยขึ้นอยู่กับระบบสารยึดติดที่ใช้[61] และยังมีบางการศึกษารายงานถึงการไม่มีความแตกต่างในค่าความแข็งแรงพันธะการยึดติดภายหลังกำจัดและไม่กำจัดคอลลาเจนด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์[62] ดังนั้นจากผลการศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไปในแง่การศึกษาลักษณะของพื้นผิวเนื้อฟันที่เหมาะสมและความสำคัญของชั้นไฮบริดต่อการยึดติดของสารยึดติดระบบเซลฟ์-เอชในวัสดุชนิดเรซิลอน

จากการประเมินพื้นผิวเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนชนิดส่องกราด และจากการสังเกตภายหลังแช่ชิ้นรากฟันด้วยน้ำยาชนิดต่างๆ ไม่พบตะกอนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของน้ำยาชนิดต่างๆเกิดขึ้น ทั้งตะกอนสีน้ำตาล ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของโซเดียมไฮโปคลอไรต์กับคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต หรือตะกอนสีขาวขุ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำยาอีดีทีเอ กับคลอเฮกซิดีน กลูโคเนตเนื่องจากในการศึกษานี้มีการป้องกันการเกิดตะกอนดังกล่าวด้วยการล้างด้วยน้ำกลั่นคั่นระหว่างน้ำยาต่างๆ เพื่อกำจัดปัจจัยจากปฏิกิริยาของน้ำยาล้างคลองรากฟันที่อาจมีผลต่อการยึดติดของวัสดุ ถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลไม่มากถึงผลของตะกอนจากปฏิกิริยาของน้ำยาล้างต่างๆ และยังไม่มีการศึกษายืนยันถึงความสัมพันธ์ของตะกอนดังกล่าวกับประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟัน แต่จากการศึกษาของ Bui และคณะ[63] และ Akisue และคณะ[64] ได้แสดงให้เห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด พบว่าตะกอนลักษณะเป็นกลุ่มก้อนเล็กสีน้ำตาล (flo ulate pre ipitate) ที่เกิดจากปฏิกิริยาของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ และคลอเฮกซิดีน ปกคลุมผนังคลองรากฟันคล้ายชั้นเสมียร์ของสารเคมี (hemi al smear layer) อุดท่อเนื้อฟันไว้ โดยเฉพาะท่อเนื้อฟันบริเวณปลายราก ซึ่งอาจมีผลลดการแทรกซึมของวัสดุอุดคลองรากฟันชนิดเรซินได้

จากการสังเกตการแช่ด้วยโซเดียม แอสคอร์เบต ทำให้ชิ้นรากฟันที่ใช้ทดสอบมีสีเหลืองอ่อน ตามสีของโซเดียมแอสคอร์เบตที่ใช้ แต่จากการประเมินพื้นผิวเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดไม่พบผลึกสารโซเดียมแอสคอร์เบตตกค้างบนพื้นผิวเนื้อฟัน และไม่มีความแตกต่างในลักษณะของพื้นผิวเนื้อฟันเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ อาจเนื่องจากมีการแช่น้ำกลั่นตามภายหลังจากแช่ด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 10 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vongphan และคณะ[12] ที่พบผลึกโซเดียมแอสคอร์เบตภายหลังล้างด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตโดยไม่มีการล้างตามด้วยน้ำกลั่น และไม่พบผลึกโซเดียมแอสคอร์เบตภายหลังล้างด้วยโซเดียมแอสคอร์เบตและตามด้วยน้ำกลั่น

จากการประเมินพื้นผิวเนื้อฟันภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนของกลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่มีการยึดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ พบว่าพื้นผิวเนื้อฟันที่ยึดด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ มีลักษณะของเรซินแท็ก แทรกไปในท่อเนื้อฟัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) ไม่มีลักษณะของซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลแทรกไปในท่อเนื้อฟัน ดังนั้นแสดงถึงวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์เกิดการยึดติดกับเนื้อฟันได้ดีกว่าวัสดุกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล ซึ่งอาจมีแนวโน้มเกิดการยึดติดในลักษณะโมโนบล็อกได้ แต่อย่างไรก็ตามคงต้องได้รับการพัฒนาคุณสมบัติของวัสดุต่อไป

การศึกษาที่ 3 การศึกษาความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียบริเวณรอยต่อของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาชนิดต่างๆ

ในการศึกษานี้กลุ่ม CHX มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียชนิดเอ็นเทอโรค็อกคัสฟีคอลลิสได้ดีที่สุด แตกต่างจากกลุ่มควบคุมลบ (DW) และกลุ่ม NaOCl ซึ่งมีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ต่ำที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ นอกจากนี้ในกลุ่ม CHX ยังมีการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้เป็นเวลานานโดยเราจะพบการรั่วซึมของตัวอย่างชิ้นแรกในวันที่ 48 ในขณะที่กลุ่มอื่นๆเกิดการรั่วซึมของตัวอย่างชิ้นแรกในระหว่างวันที่ 16-19 เท่านั้น ผลที่เกิดขึ้นในกลุ่ม CHX นี้อาจเกิดเนื่องจากประสิทธิภาพที่ดีในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของคลอเฮกซิดีน และความสามารถในการจับกับกรดอะมิโนในคอลลาเจนบนเนื้อฟัน และปลดปล่อยอย่างช้าๆ ทำให้มีฤทธิ์คงอยู่บนเนื้อฟันได้นาน (substantivity) อันเป็นผลป้องกันการเกาะกลุ่ม (colonization) ของแบคทีเรียบนเนื้อฟันได้เป็น

ระยะเวลานาน ซึ่งมีการศึกษาของ Rosenthal และคณะ[65] พบว่าภายหลังเนื้อฟันสัมผัสกับคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 10 นาที สามารถป้องกันการเกาะกลุ่มของแบคทีเรียบนเนื้อฟันได้นานถึง 12 สัปดาห์

ผลที่คลอเฮกซิดีน กลูโคเนตสามารถต้านทานการรั่วซึมขอบแบคทีเรียของวัสดุเรซิลอนได้ดีนี้ใกล้เคียงการศึกษาของ Sharifian และคณะ[66] ซึ่งศึกษาผลของคลอเฮกซิดีนเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น ถึงความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียจากน้ำลายมนุษย์ ของวัสดุเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ จากผลการศึกษาถึงแม้จะพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างน้ำยาล้างชนิดต่างๆ แต่กลุ่มคลอเฮกซิดีนมีแนวโน้มต้านทานการรั่วซึมได้ดีกว่าน้ำกลั่น

นอกจากนี้ยังใกล้เคียงกับการศึกษาของ Stratton และคณะ[44] ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของคลอเฮกซิดีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ต่อการรั่วซึมของของเหลว (fluid filtration) ในรากฟันที่อุดเรซิลอนร่วมกับอิพิฟานีซีลเลอร์ ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างของการรั่วซึมของของเหลวระหว่างกลุ่มที่ล้างด้วยน้ำยาทั้งสองชนิด แต่กลุ่มที่ล้างด้วยคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีแนวโน้มต้านทานการรั่วซึมของของเหลวได้ดีกว่ากลุ่มที่ล้างด้วยโซเดียมไฮโปรคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ดังนั้นอาจเป็นได้ว่า นอกเหนือจากคุณสมบัติการกำจัดเชื้อและการมีฤทธิ์คงอยู่บนเนื้อฟันได้นานแล้ว อาจมีคุณสมบัติอื่นๆที่คลอเฮกซิดีนสามารถทำให้วัสดุเรซิลอนและเรียลซีลซีลเลอร์สามารถยึดติดกับเนื้อฟันได้ดี อาทิ คุณสมบัติในการป้องกันการเสื่อมสลายของชั้นไฮบริด[58-60] แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากยังไม่มีหลักฐานที่ชัดเจนถึงคุณสมบัติที่ดีของคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ต่อการยึดติดของวัสดุชนิดเรซิลอน หรือเรซินคอมโพสิต กับเนื้อฟัน ดังนั้นจึงต้องการการศึกษาต่อไปในอนาคต

เป็นที่น่าสนใจเมื่อพิจารณาอัตราการคงอยู่ของวัสดุอุดคลองรากฟันในการศึกษานี้จะเห็นได้ว่ากลุ่ม NaOCl/SA มีอัตราการคงอยู่ของวัสดุอุดคลองรากฟันในวันที่ 60 ไม่แตกต่างจากกลุ่ม CHX และเมื่อพิจารณาอัตราการคงอยู่ของวัสดุอุดคลองรากฟันตลอดการศึกษาพบว่าในกลุ่ม CHX ถึงแม้ว่าจะไม่มีการรั่วซึมของแบคทีเรียในช่วง 30 – 40 วันที่ทำการศึกษา แต่เมื่อมีการรั่วซึมของตัวอย่างแรกในวันที่ 48 แล้ว ก็มีการรั่วซึมอย่างละ 1 ตัวอย่างตลอดจนถึงวันที่ 60 และในขณะที่ในกลุ่ม NaOCl/SA เกิดการรั่วซึมในช่วง 30 วันแรก หลังจากนั้นไม่มีการรั่วซึมอีกเลย อีกทั้งในวันที่ 60 กลุ่ม NaOCl/SA ยังมีอัตราการคงอยู่ของวัสดุสูงกว่ากลุ่ม CHX แสดงถึงว่าถึงแม้ว่าโซเดียมแอสคอร์เบตจะไม่มีฤทธิ์ในการกำจัดแบคทีเรีย แต่อาจมีกลไกอื่นที่อาจทำให้เกิดการยึดติดที่ดีระหว่างวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์กับเนื้อฟัน ซึ่งสามารถป้องกันการรั่วซึมของแบคทีเรียชนิดเอ็นเทอโร ค็อคคัสฟีคอลลิสได้

ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงพันธะการยึดติดของวัสดุอุดและเนื้อฟัน และการรั่วซึมของแบคทีเรียจะยังไม่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน แต่เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของผลของการศึกษาความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนและการรั่วซึมของแบคทีเรียพบว่า ในการศึกษานี้มีผลการศึกษาบางส่วนสัมพันธ์กัน โดยกลุ่ม CHX ให้ผลดีที่สุด ส่วนกลุ่ม NaOCl ให้ผลต่ำแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม EDTA/DW ซึ่งเป็นการล้างตามที่บริษัทแนะนำ และมีผลการศึกษาบางส่วนที่ไม่สัมพันธ์กัน อาทิกลุ่มควบคุมกัตตาเปอร์ชา (GP) มีค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนที่ต่ำ แต่มีความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียที่ดี เหตุที่เป็นเช่นนี้ ปัจจัยแรกอาจเนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ ฤทธิ์กำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ดีของวัสดุกัตตาเปอร์ชาและซิงค์ออกไซด์ยูจินอล หรืออีกปัจจัยหนึ่งคือเมื่ออุดคลองรากฟันด้วยวัสดุชนิดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ในคลองรากฟันนั้น มีปัจจัยเรื่องรูปร่างของคลองรากฟัน (geometri fa tor) มาเกี่ยวข้อง ซึ่งในการศึกษาความแข็งแรงพันธะเป็นการยึดติดของวัสดุและชิ้นเนื้อฟันที่ไม่มีปัจจัยดังกล่าวมาเกี่ยวข้อง ซึ่งปัจจัยนี้อาจมีผลต่อความแตกต่างของการศึกษาทั้งสอง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Tay และคณะ[67] ที่พบว่าเรซิลอนไม่สามารถต้านการเสื่อมสลายจากการทำลายของเอนไซม์ได้ (enzymati biodegradation) อีกทั้ง Versiani และคณะ[68] ยังได้รายงานถึงซีลเลอร์ในระบบของเรซิลอนมีค่าการเปลี่ยนแปลงมิติ (dimensional hange) และการละลาย (solubility) ที่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด (Ameri an National Standard Institute : ANSI และ Ameri an Dental Asso iation : ADA) ซึ่งอาจแสดงถึงว่า การศึกษาด้วยวิธีทดสอบการรั่วซึมของแบคทีเรียอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลให้การอุดด้วยเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์มีการต้านทานต่อการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ต่ำกว่าการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอลซีลเลอร์ดังที่พบในการศึกษานี้

นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มควบคุมลบ (DW) มีผลที่ดีในการศึกษาความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน ในขณะที่มีการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ต่ำที่สุด สาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างในสองการศึกษานี้ อาจเนื่องจากการที่น้ำกลั่นไม่มีฤทธิ์กำจัดเชื้อแบคทีเรีย หรือน้ำกลั่นไม่มีฤทธิ์ในการกำจัดชั้นเสมียร์ที่เกิดจากการขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์ขยายคลองรากฟัน เมื่ออุดคลองรากฟันด้วยเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ในคลองรากฟัน ซึ่งทราบกันดีว่าเป็นสารยึดเนื้อฟันระบบเซลฟ์-เอช อาจมีการกัดกร่อน และรวมชั้นสเมียร์ สร้างเป็นชั้นไฮบริดได้อย่างไม่สมบูรณ์[69] ทำให้เกิดการยึดติดกับเนื้อฟันในกลุ่มควบคุมลบ (DW) ที่ไม่แข็งแรงพอที่จะต้านทานการหดตัวของเรซินที่อุดในคลองรากฟันได้ ดังเช่นที่บริษัทผู้ผลิตเรซิลอนแนะนำให้ใช้น้ำยาอีดีทีเอเพื่อกำจัดชั้นเสมียร์ก่อนการอุดด้วยเรซิลอน โดยไม่คำนึงถึงว่าเป็นซีลเลอร์ชนิดเซลฟ์-เอช แต่เนื่องจากผลของชั้นสเมียร์ต่อการยึดติดของวัสดุระบบเรซิลอน ยังไม่ชัดเจนจึงไม่สามารถสรุปหรืออ้างอิงกับการศึกษาอื่นๆได้

บทวิจารณ์วิธีวิจัย

การยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟันที่ดี เป็นคุณสมบัติหนึ่งในอุดมคติของวัสดุอุดคลองรากฟัน[51] เนื่องจากการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันมีความสำคัญทั้งในสภาวะสถิต (stati situation) ซึ่งเป็นการป้องกันการซึมผ่านของของเหลวระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟัน[70] และในสภาวะพลวัต (dynami situation) ซึ่งเป็นการต้านทานการหลุดของวัสดุอุดคลองรากฟันจากขั้นตอนการรักษาอื่นๆต่อไป เช่น การกรอตัดกัตตาเปอร์ชาเพื่อเตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน[71] การทดสอบความแข็งแรงของพันธะในการยึดติด (bond strength testing) เป็นวิธีการประเมินการยึดติดของวัสดุกับผนังคลองรากฟันวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ แต่ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการทดสอบการยึดติดวิธีใดที่จัดเป็นมาตรฐาน ในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีการทดสอบความแข็งแรงพันธะระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟันด้วยวิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน (shear bond strength test) ซึ่งแม้จะมีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในคลินิกน้อย และจากการศึกษาด้วยไฟไนท์อิลิเมนต์ (finite element, FEA) พบว่าวิธีการทดสอบนี้เกิดการกระจายความเค้น (stress distribution) อย่างไม่สม่ำเสมอภายในชิ้นทดสอบ[72] อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าวิธีทดสอบนี้จัดเป็นวิธีทดสอบที่สามารถให้แรงที่รอยต่อระหว่างซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟันได้โดยตรง[73] อีกทั้งยังสามารถลดปัจจัยรบกวนที่เกิดขึ้นจากการจำลองการอุดคลองรากฟันเหมือนในคลินิค เช่น ซอกหลืบหลังขยายคลองรากฟัน ความลึกในการใส่เข็มล้างการทาไพรเมอร์และซีลเลอร์ไม่ทั่วถึง และความเครียดเนื่องจากปัจจัยรูปร่างของคลองรากฟัน (Configuration fa tor : C-fa tor) นอกจากนี้ยังลดปัญหาการเกิดความล้มเหลวของพันธะก่อนทดสอบเมื่อเทียบกับการทดสอบวิธีอื่น เช่น วิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงดึงขนาดเล็ก (mi rotensile bond strength test) ที่ต้องมีการตัดชิ้นทดสอบเป็นแท่งเล็กๆ หรือกรอแต่งให้ได้รูปร่างคล้ายนาฬิกาทรายก่อนทดสอบความแข็งแรงพันธะ โดยที่ชิ้นทดสอบในการศึกษานี้มีความเครียดเกิดขึ้นก่อนทดสอบเพียงขั้นตอนเดียวคือการถอดพลาสติกใสที่หุ้มชิ้นทดสอบออก

เนื่องจากมีข้อจำกัดในวิธีการทดสอบของทั้งสองการศึกษาซึ่งใช้ลักษณะเนื้อฟันที่ต่างกัน โดยที่ในการศึกษาที่ 1 ใช้ชิ้นเนื้อฟัน ส่วนในการศึกษาที่ 3 ใช้รากฟันทั้งรากในการทดสอบจึงจำเป็นต้องมีวิธีการสัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันที่แตกต่างกัน โดยที่การศึกษาที่ 1 นั้นส่วนของชิ้นเนื้อฟันสัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันโดยวิธีการแช่ ส่วนในการศึกษาที่ 3 ส่วนรากฟันสัมผัสน้ำยาล้างคลองรากฟันโดยวิธีการล้าง นอกจากนี้ถึงแม้จะมีหลักฐานมากมายพบว่า ปริมาตรของน้ำยาล้างคลองรากฟัน และเวลาที่ใช้ในการแช่หรือล้าง มีผลต่อการกำจัดเศษของเสีย (debris) หรือชั้นสเมียร์บนผิวเนื้อฟัน[74-76] ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟันได้ แต่เนื่องจากในการศึกษานี้ต้องการให้ผลค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และ

การรั่วซึมของแบคทีเรียที่เกิดขึ้นเป็นผลจากฤทธิ์ของน้ำยาล้างคลองรากฟันโดยตรง หรือเป็นผลใกล้เคียงกับการใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันตามขั้นตอนที่ใช้ในคลินิค หรือตามที่บริษัทผู้ผลิตเรซิลอนแนะนำ ดังนั้นจึงไม่สามารถควบคุมปริมาตรและเวลาในการล้างให้เท่ากันในแต่ละกลุ่มได้

ในการประเมินความล้มเหลวของการยึดติดของการศึกษานี้ใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ กำลังขยาย 20 เท่า ทำให้เห็นลักษณะความล้มเหลวของการยึดติดโดยรวมของชิ้นทดสอบนั้น แต่ไม่สามารถดูรายละเอียดการยึดติดบริเวณพื้นผิวรากฟันได้มาก ในการศึกษานี้จึงใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดช่วยในการประเมินรายละเอียดของลักษณะความล้มเหลวในการยึดติดเพิ่มเติม เช่น ลักษณะของซีลเลอร์ การแทรกตัวของซีลเลอร์ไปในท่อเนื้อฟัน บริเวณที่เกิดการล้มเหลวของการยึดติด เช่น เกิดการล้มเหลวบริเวณส่วนบนหรือใต้ชั้นไฮบริด แต่มีข้อจำกัดในการศึกษาที่ไม่สามารถประเมินด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราดได้ทุกชิ้นทดสอบ

เนื่องจากข้อมูลจากความแข็งแรงพันธะในการยึดติดเพียงอย่างเดียว ยังไม่เพียงพอต่อการประเมินคุณสมบัติการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟัน จำเป็นต้องมีการประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคของวัสดุ เนื่องจากการเกิดการล้มเหลวในฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วส่วนใหญ่มักมีสาเหตุมาจากการการรั่วซึมจากการที่มีวัสดุบูรณะฟันที่ไม่เหมาะสม หรือการเสื่อมสภาพของวัสดุบูรณะ ในปัจจุบันมีการพัฒนาวิธีการประเมินความสามารถในการต้านทานการรั่วซึมของวัสดุอุดคลองรากฟันหลายแบบ เช่น การประเมินการรั่วซึมระดับจุลภาคโดยการใช้สีย้อม หรือไอโซโทปที่มีกัมมันตภาพรังสี การรั่วซึมของแบคทีเรีย หรือท็อกซินของแบคทีเรีย และการประเมินการซึมผ่านของของเหลว ซึ่งในการศึกษานี้ประเมินความสามารถในการยึดติดของวัสดุอุดคลองรากฟันด้วยวิธีการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรีย เนื่องจากเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับลักษณะที่เกิดขึ้นจริงในทางคลินิคที่สุด แต่เป็นวิธีที่ยุ่งยากเนื่องจากต้องควบคุมไม่ให้มีการเจือปนของเชื้อชนิดอื่นในทุกขั้นตอนและตลอดการศึกษา นอกจากนี้ในการวิเคราะห์อาจมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่นำมาศึกษา โดยในการศึกษานี้เลือกใช้เชื้อแบคทีเรียชนิดเดียวคือเชื้อเอ็นเทอโรค็อกคัสฟีคอลลิส เพื่อให้ง่ายในการเตรียมและแปลผลอ้างอิงกับการศึกษาอื่นที่มีวิธีการศึกษาคล้ายคลึงกัน อีกทั้งเชื้อชนิดนี้เป็นแบคทีเรียชนิดใช้หรือไม่ใช้ออกซิเจน (facultative anaerobe) และเป็นส่วนประกอบของจุลชีพประจำถิ่นในช่องปาก (oral flora) ของมนุษย์ พบได้บ่อยในฟันที่ล้มเหลวจากการรักษาคลองรากฟัน (failed previously treated root canal)[77] และยังเป็นเชื้อที่สามารถปรับตัว และแพร่กระจายได้ในสภาวะแวดล้อมที่ขาดแคลนอาหาร (scarce nutrient) เช่นในคลองรากฟันที่ถูกอุดแล้ว (filled root canal) ได้ดีกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น[78]

ถึงแม้จะมีการศึกษาของ Magura และคณะ[79] แนะนำว่าควรรักษารากฟันใหม่ในกรณีฟันที่ได้รับการรักษารากฟันแล้วนั้นมีการสัมผัสกับน้ำลายเป็นเวลามากกว่า 3 เดือน แต่เนื่องจากการศึกษาของ Magura และคณะเป็นการศึกษาการรั่วซึมในรากฟันที่อุดด้วยวัสดุกัตตา

เปอร์ชา ร่วมกับซิงค์ออกไซด์ ยูจินอล แต่อย่างไรก็ตามจากการศึกษาที่ผ่านมาที่ศึกษาการรั่วซึมของแบคทีเรียในรากฟันที่อุดด้วยวัสดุระบบเรซิลอน[18, 29, 80, 81] พบมีการรั่วซึมของแบคทีเรียเฉลี่ยไม่เกินวันที่ 40 ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้เวลาในการศึกษาจำนวน 60 วัน

ในการศึกษาโดยการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรียนี้มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถบอกถึงปริมาณของเชื้อที่รั่วซึมเปรียบเทียบกันในแต่ละกลุ่มได้ และไม่มีความจำเพาะพอที่จะบอกถึงจำนวนวันแรกเริ่มที่เกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียได้อย่างชัดเจน เนื่องจากในการศึกษานี้ใช้วิธีการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรียจากการดูความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่างด้วยสายตาและบันทึกจำนวนวันที่เห็นการรั่วซึม ซึ่งจะระบุได้เมื่อมีความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ชัดเจนพอที่จะเห็นได้ด้วยตาเปล่า (รูปที่ 25) ดังนั้นผลของจำนวนวันที่รั่วซึมที่ได้ในการศึกษานี้อาจไม่ใช่จำนวนวันแรกเริ่มที่เกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียเพียงแต่เป็นจำนวนวันที่เริ่มเห็นความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยสายตา

การเคลือบปิดรอยต่อระหว่างรากฟัน หลอดทดลองพลาสติก แบบจำลองห้องบนและแบบจำลองห้องล่างในการศึกษานี้ใช้กาวซิลิโคนใสแทนการใช้ขี้ผึ้งสีเหลืองแบบเหนียว (sti ky wax) ดังการศึกษาที่ผ่านมา[18, 24, 29, 48] เนื่องจากได้พิสูจน์ในการทำการศึกษานำร่องแล้วว่าการใช้กาวซิลิโคนใสให้ความแนบสนิทป้องกันการรั่วซึม และกันน้ำได้ดีกว่า ซึ่งไม่พบการรั่วซึมของสีจากการทดสอบโดยใช้สีย้อมเมทิลีนบลู จึงสามารถยืนยันได้ว่าการรั่วซึมของแบคทีเรียที่เกิดขึ้นในการศึกษานี้เกิดจากการรั่วซึมจากรากฟันส่วนต้นจนถึงบริเวณรูปลายรากฟัน (api al foramen)

รูปที่ 25 ภาพแสดงความขุ่นของอาหารเลี้ยงเชื้อในแบบจำลองห้องล่าง (ลูกศร) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเลี้ยงเชื้อในกลุ่มควบคุมลบ (ซ้าย)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษานี้ สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การล้างคลองรากฟันด้วยคลอเฮกซิดีน กลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 ภายหลังจากการล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 และน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และน้ำกลั่น ก่อนอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์ มีผลให้วัสดุเรซิลอนและเรียลซีลซีลเลอร์มีประสิทธิภาพในการยึดติดกับเนื้อฟันและต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรียได้ดีขึ้น

2. การล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 ตามด้วยน้ำกลั่น เพื่อลดฤทธิ์ของโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ตามขั้นตอนที่บริษัทแนะนำ ไม่มีผลเพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึดติดกับเนื้อฟัน และประสิทธิภาพการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย

3. การล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมแอสคอร์เบต ความเข้มข้นร้อยละ 10 ตามหลังจากการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ไม่ได้เพิ่มความแข็งแรงพันธะในการยึดติดกับเนื้อฟัน และประสิทธิภาพการต้านทานการรั่วซึมของแบคทีเรีย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาโดยใช้การทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน และการประเมินการรั่วซึมของแบคทีเรียในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจแตกต่างกับสภาวะจริงในช่องปากที่อาจมีปัจจัยอื่นๆมาเกี่ยวข้อง ได้แก่ อนามัยช่องปาก (oral hygiene) ลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟัน (root canal anatomy) ความเครียดเนื่องจากปัจจัยรูปร่างของคลองรากฟัน (Configuration factor : C-factor) ความหนาของซีลเลอร์ในคลองรากฟัน ซึ่งถึงแม้ผลจากห้องปฏิบัติการอาจไม่สามารถอ้างอิงไปสู่สถานการณ์จริงในคลินิกได้ทั้งหมด แต่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบข้อมูลที่สนใจได้อย่างชัดเจน ในอนาคตควรมีการศึกษาถึงลักษณะของการยึดติดของวัสดุเรซิลอนและผนังคลองรากฟันตลอดแนวความยาวรากฟัน เพื่อเปรียบเทียบการยึดติดในแต่ละระดับของรากฟัน นอกจากนี้ยังควรศึกษาลักษณะผิวฟันที่เหมาะสมต่อการยึดติด

กับวัสดุชนิดเรซิลอน ดังเช่นการกำจัดชั้นสเมียร์ รวมทั้งเวลา และความเข้มข้นที่เหมาะสมในการล้างด้วยสารโซเดียมแอสคอร์เบต ตามหลังจากการล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เพื่อนำข้อมูลมาประกอบในการใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการยึดติดของวัสดุเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์และเนื้อฟัน

เอกสารอ้างอิง

1. Spangberg L, Langeland K. Biologic effects of dental materials. 1. Toxicity of root canal filling materials on HeLa cells in vitro. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1973 ; 35(3) : 402-14.
2. Imai Y, Komabayashi T. Properties of a new injectable type of root canal filling resin with adhesiveness to dentin. ***J Endod*** 2003 ; 29(1) : 20-3.
3. Schwartz RS. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. ***J Endod*** 2006 ; 32(12) : 1125-34.
4. Santos JN, Carrilho MR, De Goes MF, Zaia AA, Gomes BP, Souza-Filho FJ, et al. Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching adhesive to pulp chamber dentin. ***J Endod*** 2006 ; 32(11) : 1088-90.
5. Morris MD, Lee KW, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. ***J Endod*** 2001 ; 27(12) : 753-7.
6. Ari H YE, and Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. ***J Endod*** 2003 ; 29(4) : 248-51.
7. Erdemir A, Ari H, Gungunes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. ***J Endod*** 2004 ; 30(2) : 113-6.
8. Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. ***Eur J Oral Sci*** 2005 ; 113(1) : 70-6.
9. Gutteridge JM. Biological origin of free radicals, and mechanisms of antioxidant protection. C***hem Biol Interact*** 1994 ; 91(2-3) : 133-40.
10. Weston CH, Ito S, Wadgaonkar B, Pashley DH. Effects of time and concentration of sodium ascorbate on reversal of NaOCl-induced reduction in bond strengths. ***J Endod*** 2007 ; 33(7) : 879-81.
11. Bulut H, Turkun M, Kaya AD. Effect of an antioxidizing agent on the shear bond strength of brackets bonded to bleached human enamel. ***Am J Orthod Dentofacial Orthop*** 2006 ; 129(2) : 266-72.

12. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. ***J Dent*** 2005 ; 33(8) : 689-95.

13. Lai SC, Mak YF, Cheung GS, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, et al. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. ***J Dent Res*** 2001 ; 80(10) : 1919-24.

14. Gokce B, Comlekoglu ME, Ozpinar B, Turkun M, Kaya AD. Effect of antioxidant treatment on bond strength of a luting resin to bleached enamel. ***J Dent*** 2008.

15. Muraguchi K, Shigenobu S, Suzuki S, Tanaka T. Improvement of bonding to bleached bovine tooth surfaces by ascorbic acid treatment. ***Dent Mater J*** 2007 ; 26(6) : 875-81.

16. Bulut H, Kaya AD, Turkun M. Tensile bond strength of brackets after antioxidant treatment on bleached teeth. ***Eur J Orthod*** 2005 ; 27(5) : 466-71.

17. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. ***J Endod*** 2007 ; 33(4) : 391-8.

18. Shipper G, Orstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). ***J Endod*** 2004 ; 30(5) : 342-7.

19. Williams C, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. ***J Endod*** 2006 ; 32(6) : 553-5.

20. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M. Dentinal bonding reaches the root canal system. ***J Esthet Restor Dent*** 2004 ; 16(6) : 348-54.

21. Miner MR, Berzins DW, Bahcall JK. A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). ***J Endod*** 2006 ; 32(7) : 683-6.

22. Teixeira FB, Teixeira EC, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. ***J Am Dent Assoc*** 2004 ; 135(5) : 646-52.

23. Wilkinson KL, Beeson TJ, Kirkpatrick TC. Fracture resistance of simulated immature teeth filled with resilon, gutta-percha, or composite. ***J Endod*** 2007 ; 33(4) : 480-3.

24. Eldeniz A, Orstavik D. A laboratory assessment of coronal bacterial leakage in root canals filled with new and conventional sealers. ***Int Endod J*** 2009 ; 42 : 303-12.

25. Bodrumlu E, Tunga U. Apical leakage of Resilon obturation material. ***J Contemp Dent Pract*** 2006 ; 7(4) : 45-52.

26. Dultra F, Barroso JM, Carrasco LD, Capelli A, Guerisoli DM, Pecora JD. Evaluation of apical microleakage of teeth sealed with four different root canal sealers. ***J Appl Oral Sci*** 2006 ; 14(5) : 341-5.

27. Wedding JR, Brown CE, Legan JJ, Moore BK, Vail MM. An in vitro comparison of microleakage between Resilon and gutta-percha with a fluid filtration model. ***J Endod*** 2007 ; 33(12) : 1447-9.

28. Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Orucoglu H. Evaluation of microleakage of roots filled with different techniques with a computerized fluid filtration technique. ***J Endod*** 2006 ; 32(12) : 1168-70.

29. Baumgartner G, Zehnder M, Paque F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH plus or Resilon/Epiphany. ***J Endod*** 2007 ; 33(1) : 45-7.

30. De-Deus G, Audi C, Murad C, Fidel S, Fidel RA. Sealing ability of oval-shaped canals filled using the System B heat source with either gutta-percha or Resilon: an ex vivo study using a polymicrobial leakage model. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2007 ; 104(4) : e114-9.

31. Fransen JN, He J, Glickman GN, Rios A, Shulman JD, Honeyman A. Comparative assessment of ActiV GP/glass ionomer sealer, Resilon/Epiphany, and gutta-percha/AH plus obturation: a bacterial leakage study. ***J Endod*** 2008 ; 34(6) : 725-7.

32. Williamson AE, Marker KL, Drake DR, Dawson DV, Walton RE. Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2009.

33. Tay FR, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pashley DH, Mak YF, et al. Ultrastructural evaluation of the apical seal in roots filled with a polycaprolactone-based root canal filling material. ***J Endod*** 2005 ; 31(7) : 514-9.

34. Skidmore LJ, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of the intraradicular dentin bond strength of Resilon and gutta-percha. ***J Endod*** 2006 ; 32(10) : 963-6.

35. Gesi A, Raffaelli O, Goracci C, Pashley DH, Tay FR, Ferrari M. Interfacial strength of Resilon and gutta-percha to intraradicular dentin. ***J Endod*** 2005 ; 31(11) : 809-13.

36. Ungor M, Onay EO, Orucoglu H. Push-out bond strengths: the Epiphany-Resilon endodontic obturation system compared with different pairings of Epiphany, Resilon, AH Plus and gutta-percha. ***Int Endod J*** 2006 ; 39(8) : 643-7.

37. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). ***J Endod*** 2007 ; 33(2) : 160-2.

38. Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. ***Am J Dent*** 1999 ; 12(4) : 177-80.

39. Estrela C, Estrela CR, Barbin EL, Spano JC, Marchesan MA, Pecora JD. Mechanism of action of sodium hypochlorite. ***Braz Dent J*** 2002 ; 13(2) : 113-7.

40. Yiu CK, Garcia-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM, et al. A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. ***J Dent Res*** 2002 ; 81(9) : 628-32.

41. Ozturk B, Ozer F. Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. ***J Endod*** 2004 ; 30(5) : 362-5.

42. Grossman LI OS, Del Ric CE. Endodontic Practice. 11th edn. Pliladelphia, PA, USA ; Lea and Febiger; 1988.

43. Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solutions: Part 3. ***J Endod*** 1983 ; 9(4) : 137-42.

44. Stratton RK, Apicella MJ, Mines P. A fluid filtration comparison of gutta-percha versus Resilon, a new soft resin endodontic obturation system. ***J Endod*** 2006 ; 32(7) : 642-5.

45. Basrani BR, Manek S, Sodhi RN, Fillery E, Manzur A. Interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate. ***J Endod*** 2007 ; 33(8) : 966-9.

46. Hartigan-Go. Ascorbic acid: Available from: http.www.Inchem.org./; 1996.

47. Lai SC, Tay FR, Cheung GS, Mak YF, Carvalho RM, Wei SH, et al. Reversal of compromised bonding in bleached enamel. ***J Dent Res*** 2002 ; 81(7) : 477-81.

48. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. ***J Endod*** 1990 ; 16(12) : 566-9.

49. Wachlarowicz AJ, Joyce AP, Roberts S, Pashley DH. Effect of endodontic irrigants on the shear bond strength of epiphany sealer to dentin. ***J Endod*** 2007 ; 33(2) : 152-5.

50. Rahimi M, Jainaen A, Parashos P, Messer HH. Bonding of resin-based sealers to root dentin. ***J Endod*** 2009 ; 35(1) : 121-4.

51. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. ***J Endod*** 2002 ; 28(5) : 351-4.

52. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. ***J Endod*** 2003 ; 29(3) : 191-3.

53. Fisher MA, Berzins DW, Bahcall JK. An in vitro comparison of bond strength of various obturation materials to root canal dentin using a push-out test design. ***J Endod*** 2007 ; 33(7) : 856-8.

54. Fuentes V, Ceballos L, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Pashley DH. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. ***Dent Mater*** 2004 ; 20(6) : 522-9.

55. De-Deus G, Namen F, Galan J, Jr., Zehnder M. Soft chelating irrigation protocol optimizes bonding quality of Resilon/Epiphany root fillings. J Endod 2008 ; 34(6) : 703-5.

56. da Silva RS, de Almeida Antunes RP, Ferraz CC, Orsi IA. The effect of the use of 2% chlorhexidine gel in post-space preparation on carbon fiber post retention. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2005 ; 99(3) : 372-7.

57. Hjeljord G, Rolla G, Bonesvoll P. Chlorhexidine-protein interactions. ***J Perio Res*** 1973 : 11-16.

58. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipolito V, Geraldeli S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. ***J Dent Res*** 2007 ; 86(1) : 90-4.

59. Hebling J, Pashley DH, Tjaderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. ***J Dent Res*** 2005 ; 84(8) : 741-6.

60. Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, de Goes MF, Carvalho RM, Tjaderhane L, et al. In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. ***J Dent Res*** 2007 ; 86(6) : 529-33.

61. Inai N, Kanemura N, Tagami J, Watanabe LG, Marshall SJ, Marshall GW. Adhesion between collagen depleted dentin and dentin adhesives. ***Am J Dent*** 1998 ; 11(3) : 123-7.

62. Gwinnett AJ. Altered tissue contribution to interfacial bond strength with acid conditioned dentin. ***Am J Dent*** 1994 ; 7(5) : 243-6.

63. Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. Evaluation of the interaction between sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate and its effect on root dentin. ***J Endod*** 2008 ; 34(2) : 181-5.

64. Akisue E, Tomita VS, Gavini G, de Figueiredo JAP. Effect of the combination of sodium hypochlorite and chlorhexidine on dentinal permeability and scanning electron microscopy precipitate observation. ***J Endod*** 2010 :1-4. (article in press).

65. Rosenthal S, Spangberg L, Safavi K. Chlorhexidine substantivity in root canal dentin. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2004 ; 98(4) : 488-92.

66. Sharifian MR, Shokouhinejad N, Aligholi M, Jafari Z. Effect of chlorhexidine on coronal microleakage from root canals obturated with Resilon/Epiphany Self-Etch. ***J Oral Sci*** 2010 **;** 52(1) : 83-7.

67. Tay FR, Pashley DH, Williams MC, Raina R, Loushine RJ, Weller RN, et al. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation. I. Alkaline hydrolysis. ***J Endod*** 2005 ; 31(8) : 593-8.

68. Versiani MA C-jJ, Padilha MI, Lacey S., Pascon EA., Sousa-Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus and Epiphany root canal sealants. ***Int endodod J*** 2006 ; 39(6) : 464-71.

69. Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, et al. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. ***J Endod*** 2009 ; 36(3) : 383-99.

70. Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. ***Int Endod J*** 1983 ; 16(2) : 59-63.

71. Stewart GG. A comparative study of three root canal sealing agents. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol*** 1958 ; 11 : 1029-41 contd.

72. Placido E, Meira JB, Lima RG, Muench A, de Souza RM, Ballester RY. Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis. ***Dent Mater*** 2007 ; 23(9) : 1086-92.

73. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. ***Dent Mater*** 2010 ; 26(2) : e38-49.

74. Teixeira CS, Felippe MC, Felippe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. ***Int Endod J*** 2005 ; 38(5) : 285-90.

75. Mello I, Kammerer BA, Yoshimoto D, Macedo MC, Antoniazzi JH. Influence of final rinse technique on ability of ethylenediaminetetraacetic acid of removing smear layer. ***J Endod*** ; 36(3) : 512-4.

76. Mello I, Coil J, Antoniazzi JH. Does a final rinse to remove smear layer interfere on dentin permeability of root canals? ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2009 ; 107(4) : e47-51.

77. Rocos IN, Siqueira JF, Santos KRN. Association of Enterococcus faecalis with different forms of periradicular disease. ***J Endod*** 2004 ; 30(5) : 315-20.

78. Love RM. Enterococcus faecalis--a mechanism for its role in endodontic failure. ***Int Endod J*** 2001 ; 34(5) : 399-405.

79. Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Jr., Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. ***J Endod*** 1991 ; 17(7) : 324-31.

80. Williamson AE, Marker KL, Drake DR, Dawson DV, Walton RE. Resin-based versus gutta-percha-based root canal obturation: influence on bacterial leakage in an in vitro model system. ***Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*** 2009 ; 108(2) : 292-6.

81. Pitout E, Oberholzer TG, Blignaut E, Molepo J. Coronal leakage of teeth root-filled with gutta-percha or Resilon root canal filling material. ***J Endod*** 2006 ; 32(9) : 879-81.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตาราง ก. การกระจายตัวของข้อมูลค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือน

	Kolmogorov-Smirnov Test		
	Statistic	df	Sig.
DW	.164	10	.200
NaOCl	.170	10	.200
NaOCl/SA	.166	10	.200
EDTA/DW	.120	10	.200
CHX	.155	10	.200

ตาราง ข. ค่านัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างวัสดุอุดเรซิลอนร่วมกับเรียลซีลซีลเลอร์และเนื้อฟัน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบทูคีย์

ANOVA

bond

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	406.202	5	81.240	37.291	.000
Within Groups	182.999	84	2.179		
Total	589.200	89			

Multiple Comparison

Tukey HSD

(I) Irrigation	(J) Irrigation	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
GP	DW	-5.63000*	.53896	.000	-7.2019	-4.0581
	NaOCl	-3.98747*	.53896	.000	-5.5594	-2.4156
	NaOCl/SA	-4.14128*	.53896	.000	-5.7132	-2.5694
	EDTA/DW	-4.51600*	.53896	.000	-6.0879	-2.9441
	CHX	-6.89200*	.53896	.000	-8.4639	-5.3201
DW	GP	5.63000*	.53896	.000	4.0581	7.2019
	NaOCl	1.64253*	.53896	.035	.0706	3.2144
	NaOCl/SA	1.48872	.53896	.074	-.0832	3.0606
	EDTA/DW	1.11400	.53896	.315	-.4579	2.6859
	CHX	-1.26200	.53896	.189	-2.8339	.3099
NaOCl	GP	3.98747*	.53896	.000	2.4156	5.5594
	DW	-1.64253*	.53896	.035	-3.2144	-.0706
	NaOCl/SA	-.15381	.53896	1.000	-1.7257	1.4181
	EDTA/DW	-.52853	.53896	.923	-2.1004	1.0434
	CHX	-2.90453*	.53896	.000	-4.4764	-1.3326
NaOCl/SA	GP	4.14128*	.53896	.000	2.5694	5.7132
	DW	-1.48872	.53896	.074	-3.0606	.0832
	NaOCl	.15381	.53896	1.000	-1.4181	1.7257
	EDTA/DW	-.37472	.53896	.982	-1.9466	1.1972
	CHX	-2.75072*	.53896	.000	-4.3226	-1.1788
EDTA/DW	GP	4.51600*	.53896	.000	2.9441	6.0879
	DW	-1.11400	.53896	.315	-2.6859	.4579
	NaOCl	.52853	.53896	.923	-1.0434	2.1004
	NaOCl/SA	.37472	.53896	.982	-1.1972	1.9466
	CHX	-2.37600*	.53896	.000	-3.9479	-.8041
CHX	GP	6.89200*	.53896	.000	5.3201	8.4639
	DW	1.26200	.53896	.189	-.3099	2.8339
	NaOCl	2.90453*	.53896	.000	1.3326	4.4764
	NaOCl/SA	2.75072*	.53896	.000	1.1788	4.3226
	EDTA/DW	2.37600*	.53896	.000	.8041	3.9479

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตาราง ค. จำนวนชิ้นทดสอบแจกแจงตามการเกิดการล้มเหลวลักษณะต่างๆ

		Failure			Total
		Adhesive failure	**Mixed failure**	**Cohesive failure**	
Irrigant	**DW**	7	6	2	15
	NaOCl	8	6	1	15
	NaOCl/SA	3	5	7	15
	EDTA/DW	6	5	4	15
	CHX	6	5	4	15
Total		**30**	**27**	**18**	**75**

ตาราง ง. ค่านัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบการเกิดความล้มเหลวภายหลังการทดสอบความแข็งแรงพันธะต้านแรงเฉือนระหว่างกลุ่มต่างๆ โดยใช้การทดสอบไคสแคว์

Chi – Square Test

	Value	**df**	**Asymp.Sig. (2-sided)**
Pearson Chi-Square	16.313	10	.091
Likelihood Ratio	18.476	10	.047
Linear-by-Linear Association	6.741	1	.009
N of Valid Cases	75		

ตาราง จ. ค่าเฉลี่ยเวลาที่เกิดการรั่วซึมในกลุ่มต่างๆ โดยใช้การวิเคราะห์การดำรงอยู่ ด้วยวิธีแคปแลน เมียร์ ที่ระดับนัยสำคัญ และวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีล็อก-แรงค์

Overall Comparison

	Chi-Square	df	Sig.
Log Rank (Mentel-Cox)	19.109	5	.002

Pairwise Comparison

	GP		DW		NaOCl		NaOCl/SA		EDTA/DW		CHX	
Irigants	Chi-square	Sig.	Chi-square	Sig.	Chi-square	Sig.	Chi-square	Sig.	Chi-square	Sig.	Chi-square	Sig.
GP			5.125	.024	0.737	.391	0.881	.348	0.001	.973	1.235	.266
DW	5.125	.024			1.441	.230	6.372	.012	3.925	.048	12.056	.001
NaOCl	0.737	.391	1.441	.230			3.257	.071	0.640	.424	4.299	.038
NaOCl/SA	0.881	.348	6.372	.012	3.257	.071			0.838	.360	0.005	.943
EDTA/DW	0.001	.973	3.925	.048	0.640	.424	0.838	.360			1.158	.282
CHX	1.235	.266	12.056	.001	4.299	.038	0.005	.943	1.158	.282		

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางพัทนิล วัชรพันธุ์

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5010820005

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2542

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ โรงพยาบาลหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา ปีการศึกษา 2550-2553

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ทันตแพทย์ระดับชำนาญการ 7 โรงพยาบาลหาดใหญ่ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา