



อิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลักรอกของเรซินซีเมนต์
ที่ยึดติดด้วยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

INFLUENCE OF BIOCERAMIC SEALER ON PUSH-OUT BOND STRENGTH OF RESIN
CEMENT AND FIBER PREFABRICATED POST JUNCTION TO ROOT CANAL DENTIN

กุลรัศมี คงวานิช

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

อิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่อค่าความแข็งแรงฟันระผลักออกของเรซินซีเมนต์
ที่ยึดเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน



กุลรัศมี คงวานิช

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

INFLUENCE OF BIOCERAMIC SEALER ON PUSH-OUT BOND STRENGTH OF RESIN
CEMENT AND FIBER PREFABRICATED POST JUNCTION TO ROOT CANAL DENTIN



KUNLARUT KONGWANICH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF SCIENCE
(Clinical Dentistry)

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์
ที่ยึดเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ของ

กุลรัศมี คงวาณิช

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์สุวิทย์ วิมลจิตต์) (ทันตแพทย์หญิง ดร.จารุมา ศักดิ์ดี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ชินาลย์ ปิยะชน)

ชื่อเรื่อง	อิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน
ผู้วิจัย	กุลรัศมี คงวานิช
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุวิทย์ วิมลจิตต์

วัตถุประสงค์ : เพื่อประเมินอิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน วัตถุประสงค์และวิธีการ : นำฟันตัดหน้าบนรากเดี่ยว จำนวน 50 ซี่ ทำการตัดตัวฟันให้ตั้งฉากกับแนวแกนฟันออกให้ได้ความยาวรากฟัน 13 มิลลิเมตร จากนั้นเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมแบบหมุนด้วยเครื่องระบบเคทีถึงขนาด 40/06 ในขั้นตอนการอุดคลองรากฟัน แบ่งอย่างสุ่มเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ตามชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ ดังนี้ (1)กลุ่มควบคุม(ไม่ใช่ซีลเลอร์) (2)เอเซพลัส (3)เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (4)ไอรูทเอสพี และ(5)นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี เตรียมฟันที่เดือยฟันหลังจากเก็บภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาด 2 ด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น จากนั้นเป็นเวลา 7 วัน ตัดรากฟันให้ได้ชิ้นงานหนา 2 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ต่อฟันที่ศึกษา 1 ซี่ เป็นตัวแทนของคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางฟัน นำมาทดสอบวัดค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกด้วยเครื่องทดสอบสากล บันทึกค่าแรงสูงสุดในหน่วยเมกะปาสคาล และดูลักษณะความล้มเหลวของฟันผิวยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ ที่กำลังขยาย 50 เท่า ผลการศึกษา : ในทั้งสองระดับคลองรากฟัน กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มเอเซพลัสและกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกไม่แตกต่างกัน โดยทั้งสองกลุ่มมีค่าสูงกว่ากลุ่มไอรูทเอสพีและกลุ่มนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี อย่างมีนัยสำคัญ($p < 0.05$) ทุกกลุ่มพบลักษณะความล้มเหลวในการยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันได้มากกว่าความล้มเหลวในลักษณะอื่น สรุป : ไอรูทเอสพีและนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีซีลเลอร์มีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมากกว่าเอเซพลัสและเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์

คำสำคัญ : ไบโอเซรามิกซีลเลอร์, เรซินซีเมนต์, เดือยฟันเสริมเส้นใย, ความแข็งแรงพันธะผลึกออก

Title	INFLUENCE OF BIO CERAMIC SEALER ON PUSH-OUT BOND STRENGTH OF RESIN CEMENT AND FIBER PREFABRICATED POST JUNCTION TO ROOT CANAL DENTIN
Author	KUNLARUT KONGWANICH
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Assistant Professor Suvit Vimoljit

The aim of this study is to evaluate the influence of different bioceramic sealers on the push-out bond strength between prefabricated fiber post bonded with resin cement to root canal dentin. Materials and methods: Fifty single-rooted maxillary anterior incisors were selected and decoronated perpendicularly to obtain 13 mm root length. All specimens were prepared with K3 rotary nickel-titanium files up to a size of 40/.06. For obturation of the canals, specimens were randomly divided into five groups of 10 roots each according to types of sealers as follows: (1) control group (without sealer); (2) AH Plus™; (3) MTA Fillapex®; (4) iRoot SP®; and (5) Nishika canal sealer BG®. Post spaces were prepared after incubated in 100% relative humidity at 37°C for seven days. The prefabricated fiber posts, FibreKleer® no.2, were cemented with Multilink® N. After seven days of storage, all specimens were sectioned into two slices of 2 mm thickness representing the coronal and middle thirds of root regions respectively. The maximum push-out bond strength was measured with a Universal Testing Machine in MPa. The specimens were observed under a stereomicroscope at 50x magnification to examine the failure mode. Results: In both root regions, the highest mean push-out bond strength was obtained from the control group. From statistical analysis, the bond strength between AH Plus group and MTA Fillapex group did not differ, whilst both groups were significantly higher than iRoot SP and Nishika canal sealer BG group ($p < 0.05$). Adhesive failure between resin cement to dentin interface was prominently observed among all groups. Conclusions: iRoot SP® and Nishika canal sealer BG® have more negative influence on the push-out bond strength between prefabricated fiber post bonded with resin cement to root canal dentin than AH Plus™ and MTA Fillapex®.

Keyword : Bioceramic sealer, Resin cement, Fiber post, Push-out bond strength

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์ การขัดเกลาและความเมตตากรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผศ.ทพ.สุวิทย์ วิมลจิตต์ ซึ่งเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง ผลักดัน แนะนำองค์ความรู้และให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาเอ็นโดไดดอนต์และคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ทุกท่านที่เมตตาสอนสั่งและให้ความช่วยเหลือมาตลอดช่วงเวลาของการศึกษา รวมไปถึงบุคลากรประจำภาควิชาทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้เป็นไปอย่างราบรื่น

ขอขอบพระคุณคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่สนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือ และสถานที่สำหรับดำเนินงานวิจัย อีกทั้งเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนงบประมาณเงินรายได้คณะทันตแพทยศาสตร์

ขอขอบคุณ คุณกนกพร สุขยานันท์ และบุคลากรฝ่ายวิจัยทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องทดสอบสากรวมถึงการดูภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ

ขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆสาขาวิทยาเอ็นโดไดดอนต์ รวมถึงบุคคลรอบข้างอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุพการีที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนทำให้การทำปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

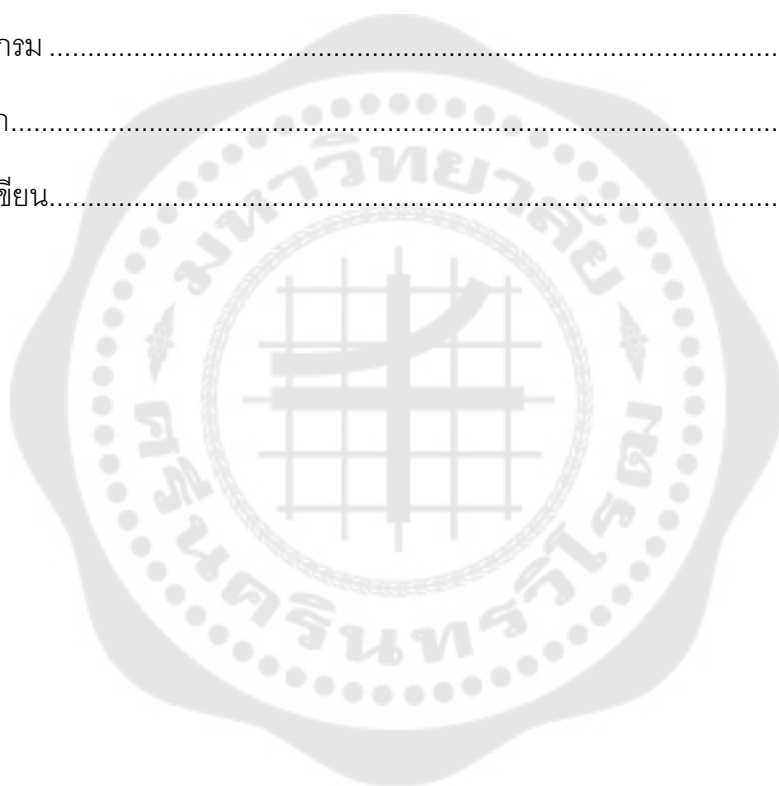
กุลรัศมี คงวานิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ตัวแปรที่ศึกษา.....	6
กรอบแนวคิดการวิจัย	6
คำถามงานวิจัย.....	7
สมมติฐานการวิจัย.....	7
บทที่ 2	8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
1. การบูรณะด้วยเดือยฟันในพื้นที่ผ่านการรักษาคลองรากฟัน.....	8
2. เรซินซีเมนต์สำหรับการยึดเดือยฟัน	11
3. ชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน.....	13

3.1. เอเอชพลัส	13
3.2. เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์.....	14
3.3. ไอรูทเอสพี	15
3.4. นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี	17
4. ผลของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันต่อค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึด เดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน	20
5. วิธีทดสอบค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลอง รากฟัน	21
บทที่ 3	24
วิธีดำเนินงานวิจัย	24
การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง	24
การคัดเลือกฟันที่ใช้ทดลอง	25
ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างฟันที่ใช้ในการทดลอง	25
ขั้นตอนการเตรียมฟันสำหรับใส่เดือยฟัน	27
ขั้นตอนการใส่เดือยฟัน	27
วัดค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ..	28
วิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของฟันผิวยึดติด	30
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	31
บทที่ 4	32
ผลการดำเนินงานวิจัย	32
ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนัง คลองรากฟัน	32
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทูกี (Tukey's Honestly Significance Difference)	35

ผลการศึกษาลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด.....	36
บทที่ 5.....	38
อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	38
การอภิปรายผลการวิจัย	38
สรุปผลการศึกษา.....	44
ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก.....	55
ประวัติผู้เขียน.....	62



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันเส้นใยและเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา.....	13
ตาราง 2 รายละเอียดซีลเลอร์ที่ใช้ในการศึกษา	20
ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ที่ระดับคลงรากฟัน ส่วนต้น.....	34
ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ระดับคลงรากฟัน ส่วนกลาง	34
ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบทูกี้	35
ตาราง 6 แสดงจำนวนและร้อยละของชิ้นงานที่แสดงลักษณะความล้มเหลวแบบต่างๆ.....	36



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	6
ภาพประกอบ 2 เดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาดต่างๆ(32).....	10
ภาพประกอบ 3 เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น.....	12
ภาพประกอบ 4 เอเซพลัส(40).....	14
ภาพประกอบ 5 เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (45)	15
ภาพประกอบ 6 ไอรูทเอสพี(49).....	16
ภาพประกอบ 7 ปฏิบัติการเติมโมเลกุลของน้ำของ (A) ไตรแคลเซียมซิลิเกต (B) ไดแคลเซียมซิลิเกต และ (C) ปฏิบัติการตกตะกอน(50).....	16
ภาพประกอบ 8 Nishika canal sealer BG(21)	18
ภาพประกอบ 9 กลไกการยึดติดกับเนื้อฟันของ นิชิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี(21)	18
ภาพประกอบ 10 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G* power	24
ภาพประกอบ 11 แผนผังแสดงกระบวนการวิจัย	27
ภาพประกอบ 12 การตัดแบ่งชิ้นงาน ก.เครื่องไอโซเมท ข.ภาพรังสีจำลองการตัดแบ่งชิ้นงาน บริเวณคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางของรากฟัน	29
ภาพประกอบ 13 การทดสอบความแข็งแรงพันธะผลึกออก ก.ภาพจำลอง ข.ภาพการวางชิ้นตัวอย่างบนแท่นโลหะ.....	30
ภาพประกอบ 14 แผนภาพการจัดประเภทลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด 5 ประเภท ...	31
ภาพประกอบ 15 แสดงชิ้นงานที่กำลังขยาย 50 เท่า เห็นเรซินซีเมนต์ล้อมรอบเดือยฟันโดยไม่มี ฟองอากาศในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์	32
ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงพันธะ ผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน หน่วยเมกะปาสคาล	33
ภาพประกอบ 17 แสดงลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด	37



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

จากการสำรวจฟันภายหลังการรักษาคลองรากฟัน พบว่าส่วนใหญ่มีสาเหตุความล้มเหลวมาจากการบูรณะตัวฟัน(1) การเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวมาจากความแข็งแรงของฟันลดลงหลังการรักษาคลองรากฟัน เนื่องจากในขั้นตอนการรักษาคลองรากฟันมีการกรอเพื่อเปิดทางเข้าสู่โพรงฟัน รวมถึงการทำความสะอาดและเตรียมรูปร่างคลองรากฟันด้วยไฟล์และการใช้สารเคมี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรต์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (2) ซึ่งหากฟันดังกล่าวมีการบูรณะที่ไม่สมบูรณ์ ย่อมแตกหักได้ง่าย สอดคล้องกับการศึกษาของ Vire และคณะ(3) พบว่าสาเหตุของฟันที่ถอนหลังการรักษาคลองรากฟันสูงที่สุดเกิดจากการบูรณะฟันที่ล้มเหลว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านการบูรณะฟันมีผลต่อความสำเร็จในการรักษาอย่างมาก หากบูรณะฟันไม่สมบูรณ์จะทำให้เกิดการแตกหักของตัวฟันได้ ดังนั้นการบูรณะฟันภายหลังการรักษาคลองรากฟันจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟัน

การบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันมีหลายวิธี ทั้งการบูรณะด้วยวัสดุอุดฟันโดยตรง (Direct restoration) และการบูรณะฟันโดยอ้อม (Indirect restoration) ไม่ว่าจะอยู่ในกลุ่มของออนเลย์ (onlay) ครอบฟัน (crown) ครอบฟันร่วมกับเดือยฟันและแกนฟัน(post and core with crown) (4) ซึ่งการเลือกวิธีบูรณะฟันดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ทั้งปริมาณและคุณภาพของเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ปริมาณเฟอร์รูล (ferrule) รวมถึงตำแหน่งและการรับแรงของฟัน ในกรณีที่มีเนื้อฟันเหลืออยู่เพียงพอการบูรณะอาจเป็นการปิดรูเปิดจากการรักษาคลองรากฟัน (access closure) หรือทำแกนฟัน (core) ร่วมกับการบูรณะด้วยการคลุมปุ่มฟัน (cuspal coverage) ส่วนกรณีที่มีเนื้อฟันเหลืออยู่ไม่เพียงพอการบูรณะจะใช้เดือยฟัน (post) ร่วมกับการทำครอบฟัน(5) จากการศึกษาของ Salameh และคณะ(6)พบว่าการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันด้วยครอบฟันร่วมกับเดือยฟันมีความต้านทานการแตกหักของฟันมากกว่าการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันด้วยครอบฟันที่ไม่มีเดือยฟัน ดังนั้นในฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปจำนวนมาก จำเป็นต้องใส่เดือยฟันเพื่อให้เกิดการยึดอยู่กับแกนฟัน

เดือยฟันสามารถแบ่งได้เป็นเดือยฟันชนิดโลหะเหวี่ยง (cast metal post) และเดือยฟันสำเร็จรูป (prefabricated post) ซึ่งมีทั้งชนิดโลหะและไมใช่โลหะในกลุ่มเดือยฟันเสริมเส้นใย(7) เมื่อพิจารณาถึงความต้านทานการแตกหักของรากฟันต่อชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเดือยฟัน พบว่าเดือย

ฟันโลหะมีความแข็ง (stiffness) และมีความอดุลล์ของสภาพยืดหยุ่นสูง (high modulus of elasticity) ทำให้เดือยฟันโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อยจึงส่งผลให้เกิดแรงเค้นสะสมที่บริเวณปลายเดือยฟันโลหะได้มากกว่า ในขณะที่เดือยฟันเสริมเส้นใยมีความอดุลล์ของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับรากฟัน เมื่อได้รับแรงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างใกล้เคียงกัน ส่งผลให้เกิดการกระจายความเค้นที่รอบเดือยฟันและลดความเค้นที่ปลายเดือยฟัน ดังนั้นซี่ฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใยจึงเกิดการแตกหักบริเวณรากฟันน้อยกว่าเดือยฟันโลหะ(8, 9)

แม้ว่าเดือยฟันเสริมเส้นใยสามารถลดปัญหาการแตกหักของรากฟันได้เป็นอย่างดี แต่ยังคงมีข้อเสียคือ การหลุดของเดือยฟัน (debonding) ซึ่งเป็นความล้มเหลวที่พบได้บ่อยที่สุดของการบูรณะด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใย Monticelli และคณะ(10) ประเมินผลทางคลินิกและภาพรังสีของฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใย โดยทำการติดตามผลไปข้างหน้าเป็นเวลา 2 ปี พบว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลวมากที่สุด คือ การสูญเสียการยึดอยู่ของเดือยฟัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Ferrari และคณะ(11, 12) ซึ่งพบว่าความล้มเหลวของฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใยในช่วงเวลา 1-6 ปี และ 7-11 ปี คือการหลุดของเดือยฟัน ซึ่งการยึดอยู่ของเดือยฟันขึ้นอยู่กับค่าความแข็งแรงของการยึดอยู่ (bond strength) ระหว่างเดือยฟันและเรซินซีเมนต์และเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน

สาเหตุหนึ่งของการสูญเสียการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์มาจากซิลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน เนื่องจากการแทรกซึมของซิลเลอร์เข้าไปในคลองรากด้านข้าง (lateral canal) คลองรากแขนง(accessory canal) และท่อเนื้อฟัน(dentinal tubule)ได้(13) เป็นผลทำให้ยากต่อการกำจัดออกจากคลองรากฟันได้หมด ดังนั้นหลังจากที่เตรียมฟันสำหรับเดือยฟันจะมีซิลเลอร์บางส่วนฝังภายในคลองรากฟัน ซึ่งส่งผลเสียต่อความแข็งแรงในการยึดติดระหว่างเดือยฟันกับเนื้อฟันบริเวณรากฟัน(14) จากการศึกษาของ Chadgal และคณะ(15) ได้ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก(push-out bond strength) ของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันหลังจากอุดคลองรากฟันเป็นเวลา 7 วัน พบว่ากลุ่มควบคุมที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ซิลเลอร์มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกสูงที่สุด โดยอธิบายว่าเนื่องจากท่อเนื้อฟันเปิดโล่งจึงทำให้เรซินซีเมนต์สามารถไหลผ่านได้มากที่สุดจึงส่งผลให้กลุ่มควบคุมมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกสูงที่สุด กลุ่มที่อุดร่วมกับซิลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล(zinc oxide eugenol)มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกต่ำที่สุด ส่วนกลุ่มที่อุดร่วมกับซิลเลอร์ชนิดอีพอกซีเรซิน (epoxy resin) และไบโอเซรามิก (bioceramic) มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกใกล้เคียง

กัน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องน่ากังวลเกี่ยวกับซีลเลอร์ที่เหลืออยู่ต่อการยึดอยู่ของเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ไบโอเซรามิกซีลเลอร์เป็นซีลเลอร์ชนิดใหม่ที่มีการเสนอให้นำมาใช้ในการรักษาคลองรากฟัน มีคุณสมบัติเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ (Biocompatibility) สามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive) โดยสร้างเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite crystal) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เกิดการยึดเกาะกับเนื้อฟัน(16) ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีอยู่มากมายโดยมีองค์ประกอบและรูปแบบที่แตกต่างกัน(17) ไอรูทเอสพี (iRoot SP[®]; Innovative BioCeramix, Vancouver, Canada) เป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ประเภทพร้อมใช้ (Ready-to-use sealer) มีองค์ประกอบหลักอยู่ในกลุ่มไตรและไดแคลเซียมซิลิเกต (Tri and Dicalcium silicate) มีกลไกการยึดติดกับเนื้อฟันคือปฏิกิริยาการเติมโมเลกุลของน้ำ (Hydration reaction) และตามมาด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอน (Precipitate reaction) สร้างเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ในท่อเนื้อฟัน (18) นอกจากนั้นยังมีไบโอเซรามิกซีลเลอร์รูปแบบอื่นๆในท้องตลาด เอ็มทีเอฟฟิลลาเพกซ์ (MTA Fillapex[®]; Angelus, Londrina, Brazil) เป็นไฮบริดไบโอเซรามิกซีลเลอร์ (Hybrid bioceramic sealer) มีส่วนประกอบหลักคือ มิเนอร์อัลไตรออกไซด์แอกกรีเกต (Mineral trioxide aggregate) ผสมอยู่ในเนื้อเรซินกลุ่มซาลิไซเลตเรซิน (salicylate resin) โดยมีบิสมัทไตรออกไซด์ (bismuth trioxide) เป็นสารทึบแสง และซิลิกา (silica) เป็นสารสร้างความแข็งแรง ข้อดีของวัสดุนี้คือ มีอัตราส่วนของเรซินสูงจึงทำให้มีการไหลแผ่เข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ง่าย(19) จากการศึกษาของ Kamha และคณะ(20) พบว่าเอ็มทีเอฟฟิลลาเพกซ์มีความสามารถในการยึดติดกับผนังคลองรากฟันที่น้อยกว่าเอนโดซีควอนซ์บีซีซีลเลอร์ (EndoSequence BC sealer[®], Brasseler USA, Savannah, USA) และอีพอกซีเรซินซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ

การพัฒนาไบโอเซรามิกซีลเลอร์อีกรูปแบบหนึ่ง คือ การพัฒนาวัสดุไบโอแอคทีฟกลาส (Bioactive glass) ดังพบในวัสดุนิชิคาแคนัลซีลเลอร์บีจี (Nishika canal sealer BG[®]; Nippon Shika Yakuhin, Yamaguchi, Japan) ซึ่งใช้วัสดุไบโอแอคทีฟกลาสที่มีส่วนประกอบของซิลิกา (Si^{4+}), แคลเซียม (Ca^{2+}), ฟอสเฟต (PO_4^{3-}), และ โซเดียม (Na^+) แลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) กับของเหลวในชั้นเนื้อฟันเกิดเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์แท็ก (Hydroxyapatite tag-like structure) เข้าไปในท่อเนื้อฟันทำให้มีการยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ดี (21) Yasumasa และคณะ(22)ศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของไบโอเซรามิกซีลเลอร์สามชนิดในการยึดติดกับผิวคลองรากฟัน พบว่านิชิคาแคนัลซีลเลอร์บีจีมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกต่ำกว่าไอรูทเอสพีและเวลพัลพ์เอสที (Well-Pulp STTM; Vericom, Gangwon-Do,

Korea) อย่างมีนัยสำคัญ จึงเป็นไปได้ว่าการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันย่อมส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดซีลเลอร์ต่างกันออกไป

ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันที่ต่ำกว่าในฟันที่อุดโดยใช้ซีลเลอร์นั้นเกิดจากซีลเลอร์ที่เหลืออยู่ขัดขวางการยึดของเรซินซีเมนต์ต่อผนังคลองรากฟัน(23) จากการศึกษาของ Oltra และคณะ(24) ประเมินปริมาณไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่หลงเหลือในคลองรากฟันหลังจากรีอิวส์ดู พบว่ามีปริมาณไบโอเซรามิกซีลเลอร์หลงเหลืออยู่ภายในท่อเนื้อฟันมากกว่าอ็อกซี่เรซินซีลเลอร์ จึงทำให้เรซินซีเมนต์ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้เป็นผลทำให้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำกว่าอ็อกซี่เรซินซีลเลอร์(14) สอดคล้องกับการศึกษาของ Rosa และคณะ(25) ที่พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันหลังจากอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชา ร่วมกับเอเอสพลัส มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่อุดร่วมกับยูจินอลเบสซีลเลอร์และกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ อย่างมีนัยสำคัญ เป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Dibaji และคณะ(26) ที่พบว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ มีค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำกว่าเอเอสพลัสและยูจินอลเบสซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ

จากที่กล่าวไปข้างต้นแสดงให้เห็นว่าชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ในคลองรากฟันมีหลายชนิดซึ่งจะมีผลต่อผนังคลองรากฟันแตกต่างกันไป ดังนั้นเมื่อใช้เรซินซีเมนต์ยึดติดออยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใย อาจจะได้รับผลกระทบต่อแรงยึดอยู่ขึ้นได้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดประเมินผลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันต่อผลของค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ความมุ่งหมายของงานวิจัย

เพื่อประเมินอิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดออยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ความสำคัญของการวิจัย

ค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ระหว่างเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมีปัจจัยที่ส่งผลหลายประการ โดยสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียความแข็งแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์มาจากซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน ทั้งนี้ในปัจจุบันมีซีลเลอร์หลายชนิด ทั้งอีพอกซีเรซินซีลเลอร์ เช่น เอเซพลัส รวมถึงไบโอเซรามิกซีลเลอร์ซึ่งเป็นซีลเลอร์ชนิดใหม่ที่มีการเสนอให้นำมาใช้ในการรักษาคลองรากฟัน โดยผลิตภัณฑ์ในกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีอยู่มากมายโดยมีองค์ประกอบและรูปแบบที่แตกต่างกัน ทั้งไบโอเซรามิกซีลเลอร์ประเภทพร้อมใช้ เช่น ไอรูทเอสพี ไฮบริดไบโอเซรามิกซีลเลอร์ เช่น เอ็มทีเอฟเฟลลาเพกซ์ และวัสดุไบโอแอคทีฟกลาส เช่น นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี โดยซีลเลอร์แต่ละชนิดมีกลไกในการยึดกับเนื้อฟันที่ต่างกัน เป็นผลให้มีความแข็งแรงในการยึดอยู่กับผนังคลองรากฟันแตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อใช้เรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันอาจจะได้รับผลกระทบจากซีลเลอร์ต่อแรงยึดอยู่ขึ้นได้

การศึกษาที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาใดที่ประเมินอิทธิพลของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน จึงนำมาสู่การวิจัยในครั้งนี้ที่มีมุ่งหวังเพื่อทราบผลของการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ในแง่ประสิทธิภาพในการยึดอยู่โดยวัดจากค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก และรูปแบบการเกิดความล้มเหลวในการยึดอยู่ระหว่างเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน อีกทั้งหวังว่าผลการศึกษานี้จะสามารถเป็นแนวทางในการเลือกใช้ชนิดของซีลเลอร์เพื่อให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพที่สุดเมื่อมีการบูรณะฟันด้วยฟันเสริมเส้นใยในการรักษาทางคลินิกเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ป่วยมากที่สุด

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research) ซึ่งทำในฟันมนุษย์ที่ถูกถอน โดยจำลองสถานการณ์การใส่ฟันเสริมเส้นใยหลังจากอุดคลองรากฟัน เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer® 4X Pentron, USA) กับผนังคลองรากฟัน ภายหลังจากอุดคลองรากฟันร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกัน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ ชนิดของซีลเลอร์ ได้แก่ เอเซพลัส (AH Plus™; Dentsply DeTrey, Germany) เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (MTA Fillapex®; Angelus, Londrina, Brazil) ไอรูทเอสพี (iRoot SP®; Innovative BioCeramix, Vancouver, Canada) และนิชิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี (Nishika canal sealer BG®; Nippon Shika Yakuhin, Yamaguchi, Japan)

2. ตัวแปรตาม คือ ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

3. ตัวแปรควบคุม คือ ความยาวของชิ้นส่วนรากฟันภายหลังการตัดส่วนตัวฟันออก ชนิดและขนาดของเดือยฟันฟันเสริมเส้นใย ความหนาของชิ้นงานที่ทดสอบ ตำแหน่งและทิศทางของแรงกดที่กระทำต่อชิ้นงาน ค่าความเร็วหัวกด (crosshead speed) ที่ใช้ในการทดสอบความแข็งแรงพันธะผลึกออก

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

คำถามงานวิจัย

การอุดคลองรากฟันโดยใช้กัตตาเปอร์ซาร์ร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันจะส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันได้แตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานหลัก: ชนิดของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

สมมติฐานรอง: ชนิดของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. การบูรณะด้วยเดือยฟันในพื้นที่ผ่านการรักษาคคลองรากฟัน
2. เรซินซีเมนต์สำหรับการยึดเดือยฟัน
3. ชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน
4. ผลของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันต่อค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน
5. วิธีทดสอบค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

1.การบูรณะด้วยเดือยฟันในพื้นที่ผ่านการรักษาคคลองรากฟัน

ฟันที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันแล้วมักมีความแข็งแรงลดลง เนื่องจากส่วนตัวฟันถูกทำลายจากฟันผุ ฟันแตก การเปิดทางเพื่อรักษาคคลองรากฟัน(27) จากการศึกษาของ Ray และ Trope ในปี1995(1) ประเมินความสำเร็จของฟันที่รักษาคคลองรากฟันแล้วจำนวน 1010 ซี่ ที่ได้รับการบูรณะถาวรโดยแบ่งกลุ่มของฟันเป็น คุณภาพการอุดคลองรากฟันดี(good endodontic filling), คุณภาพการอุดคลองรากฟันไม่ดี(poor endodontic filling), คุณภาพการบูรณะฟันดี(good restoration) และคุณภาพการบูรณะฟันไม่ดี (poor restoration) พบว่าฟันที่รักษาคคลองรากฟันประสบความสำเร็จเกิดจากกลุ่มคุณภาพการบูรณะฟันดีมากกว่าคุณภาพการอุดคลองรากฟันดี และฟันที่รักษาคคลองรากฟันแล้วล้มเหลวเกิดจากคุณภาพการบูรณะฟันไม่ดีมากกว่าคุณภาพการอุดคลองรากฟันไม่ดี ดังนั้นจึงต้องเลือกวิธีการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคคลองรากฟันให้เหมาะสม เพื่อให้สามารถป้องกันการแตกหักของฟัน จากการศึกษาของ Hayashi และคณะ (28) พบว่าการบูรณะฟันที่รักษาคคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเสริมเส้นใยจะเพิ่มความแข็งแรงให้กับรากฟันได้

เดือยฟันแบ่งตามวัสดุและเทคโนโลยีที่ใช้ในการทำ สามารถแบ่งเดือยฟันออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เดือยฟันโลหะเหวี่ยงเฉพาะบุคคล (custom cast post) และเดือยฟันสำเร็จรูป (prefabricated post) โดยเดือยฟันสำเร็จรูปสามารถแบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดโลหะ (prefabricated metal post) และเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดปราศจากโลหะ เช่น เดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใย เดือยฟันเซอร์โคเนีย (zirconia post) เป็นต้น

ปัจจุบันเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยได้รับความนิยม เนื่องจากเดือยฟันเสริมเส้นใยมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน จึงเกิดการกระจายแรงจากเดือยฟันไปสู่เนื้อฟันได้ดีแตกต่างจากเดือยฟันชนิดโลหะที่มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นมากกว่า เมื่อมีแรงมากระทำจึงเกิดความเครียดสะสมบริเวณรอยต่อระหว่างเดือยฟันกับเนื้อฟันมาก ทำให้เกิดการแตกหักของรากฟันได้(29) จากการศึกษาของ Pegoretti และคณะในปี2002(29) ได้ศึกษาการกระจายแรงเค้น (stress distribution) ในแบบจำลองฟันหน้าบนที่บูรณะด้วยเดือยฟันโลหะและเดือยฟันเสริมเส้นใยเปรียบเทียบกับฟันธรรมชาติ พบว่าเดือยฟันโลหะเมื่อมีแรงมากระทำจะมีการสะสมแรงเค้นสูงบริเวณรอยต่อระหว่างเดือยฟัน เรซินซีเมนต์และเนื้อฟันและในบริเวณส่วนปลายของรากฟัน ส่วนเดือยฟันเสริมเส้นใยมีการกระจายแรงเค้นที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อมีแรงมากระทำต่อฟันพบว่าเดือยฟันเสริมเส้นใยจะกระจายแรงที่เกิดขึ้นไปสู่เนื้อฟันส่วนที่เหลือจึงช่วยลดอุบัติการณ์การแตกหักของรากฟัน นอกจากนี้การศึกษาของ Ferrari และคณะ(11) พบว่าการใช้เดือยฟันเสริมเส้นใยไม่ทำให้เกิดการแตกหักของรากฟัน จึงมีความสำเร็จในการบูรณะสูง

องค์ประกอบหลักของเดือยฟันเสริมเส้นใย แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเส้นใย (fiber) และส่วนของเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) โดยส่วนเส้นใยจะเรียงตัวในทิศทางเดียวกันอยู่ในส่วนของเรซินเมทริกซ์ที่เป็นอีพอกซีเรซิน (epoxy resin) และบิสฟีเอ็ม เอ (bisphenol A-glycidyl methacrylate; bis-GMA) ในสัดส่วนที่แตกต่างกันตามแต่ละบริษัทผู้ผลิตกำหนด(30, 31) โดยเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใย เมื่อแบ่งประเภทตามชนิดของเส้นใยสามารถแบ่งได้เป็น

1.1. เดือยฟันเสริมเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber post)

เดือยชนิดนี้มีมอดุลัสยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน มีความแข็งแรงสูง แต่มีข้อเสียคือเส้นใยคาร์บอนมีความโปร่งรังสี (radiolucent) ทำให้ประเมินทางภาพรังสีได้ยาก รวมถึงเส้นใยคาร์บอนมีสีดำทำให้ส่งผลต่อความสวยงาม เช่น Cosposipost® , Endopost®

1.2. เดือยฟันเสริมเส้นใยควออร์ท (quartz fiber post)

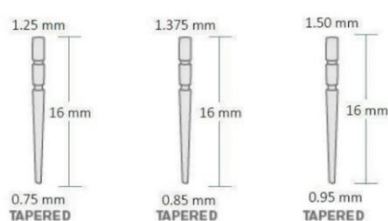
เดือยชนิดนี้มีคุณสมบัติต่างๆใกล้เคียงกับเดือยเส้นใยคาร์บอน แตกต่างกันที่เส้นใยคอรทที่มีสีขาวทึบทำให้สามารถใช้ได้ในพื้นที่ต้องการความสวยงามได้ เช่น DT light post® ,RTD post®

1.3. เดือยฟันเสริมเส้นใยแก้ว (glass fiber post)

มีสีและความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน มีคุณสมบัติโปร่งแสงได้ (light transmission) โดยแสงสามารถผ่านไปถึงส่วนปลายรากได้ทำให้ช่วยเสริมปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี (dual-cured polymerization) เกิดได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีความที่บ่งสีทำให้ประเมินสภาพทางภาพรังสีได้ เช่น FRC Postec® Plus (Ivoclar Vivadent), ไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer® 4X Pentron, USA)

เดือยฟันที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ คือ เดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยแก้ว (glass fibres) ร้อยละ 81-84 โดยน้ำหนัก เรียงตัวอยู่ในเรซินเมทริกซ์ (resin matrix) ร้อยละ 16-19 โดยน้ำหนัก มีความโปร่งแสงตามธรรมชาติ มีความที่บ่งสีสูงคล้ายโลหะ มีค่าความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural strength) 1,423 เมกะปาสคาล (MPa) และมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น 23 เมกะปาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับเนื้อฟัน ทำให้ไม่ส่งผ่านความเครียดไปที่โครงสร้างรากฟันเป็นผลให้ป้องกันการเกิดรากฟันแตก เดือยฟันชนิดนี้มีรูปร่างผาย (Tapered) คงที่สามารถใช้ร่วมกับวัสดุบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมี (self-cure) หรือบ่มตัวสองแบบ (dual-cure) มี 3 ขนาดให้เลือกใช้งาน(32) ดังภาพประกอบ 2

- ขนาด 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลายราก เท่ากับ 0.75 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร
- ขนาด 2 มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลายราก เท่ากับ 0.85 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.375 มิลลิเมตร
- ขนาด 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลายราก เท่ากับ 0.95 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 2 เดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาดต่างๆ(32)

2. เรซินซีเมนต์สำหรับการยึดติดเยื่อฟัน

เรซินซีเมนต์มีหน้าที่ยึดชิ้นงานบูรณะเข้ากับเนื้อฟัน ปัจจุบันมีเรซินซีเมนต์หลายระบบสำหรับการยึดติดเยื่อฟัน ได้แก่ ระบบโททอลเอทซ์ (total-etch adhesive resin cements) เซลฟ์เอทซ์ (self-etch adhesive resin cements) และ เซลฟ์แอดฮีซีฟ (self-adhesive resin cement) จากการศึกษาของ Bastos และคณะ(33) พบว่าเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ ให้ค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกกับผิวเนื้อฟันสูงใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทซ์มีข้อด้อยคือ ขั้นตอนการทำงานมาก อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนหรือเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างการใช้งาน (technique sensitive) ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการยึดติดได้ ทั้งนี้การใช้เรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทซ์จะลดโอกาสการเกิดความผิดพลาดจากการใช้งานลง เพราะไม่มีขั้นตอนการล้างน้ำ เป็นการลดขั้นตอนและทำให้ใช้งานง่ายขึ้น(34) นอกจากนี้เรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์เอทซ์ยังเป็นทางเลือกที่ดีในการยึดติดเยื่อฟันมากกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินที่ให้ค่าความแข็งแรงยึดติดกับเนื้อฟันต่ำกว่า(35)

เรซินซีเมนต์ชนิด มัลติลิงค์เอ็น (Multilink® N system; Monobond N: Ivoclar Vivadent, Licjtenstein) ดังภาพประกอบที่ 3 เป็นวัสดุเรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบเซลฟ์เอทซ์ระบบนี้มีโมโนเมอร์ที่มีความเป็นกรด ซึ่งไม่มีการกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) แต่มีการปรับสภาพผิวเนื้อฟันโดยละลายแร่ธาตุเพียงบางส่วนในเนื้อฟันพร้อมกับการแทรกซึมของเรซินซีเมนต์เข้าไปในผิวเนื้อฟันส่วนที่ละลายแร่ธาตุแล้ว เกิดเป็นชั้นไฮบริดและเรซินแท็ก(resin tag) ยึดติดกับเนื้อฟัน มีบรรจุภัณฑ์อยู่ในรูปแบบหลอดคู่แบบมีปลายหลอดเป็นแบบผสมในตัว เป็นระบบที่มีขั้นตอนใช้งานง่าย โดยผสมไพรเมอร์เอ (Primer A) เป็นสารตั้งต้น(initiators) กับไพรเมอร์บี (Primer B) ที่มี HEMA (Hydroxyethyl Methacrylate) กรดฟอสฟอริก(Phosphoric acid) และ Methacrylate monomers เข้าด้วยกัน มีคุณสมบัติที่บ่งชี้ มีระยะเวลาทำงาน 2 นาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีความแข็งแรงดัดขวาง 136 เมกะปาสคาล(36, 37)



ภาพประกอบ 3 เรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น

ขั้นตอนการใช้งานเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น ในการยึดเดือยฟันตามบริษัทผู้ผลิต
แนะนำ(38)ดังนี้

1. เตรียมพื้นผิวเดือยฟัน โดยการใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ทำความสะอาด จากนั้นทาโมโนบอนด์ เอ็น ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 วินาที แล้วเป่าลมให้แห้ง
2. เตรียมพื้นผิวเนื้อฟันของพื้นที่เดือยฟัน โดยการล้างแล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม
3. ผสมไพรเมอร์ เอ และ บี ในอัตราส่วน 1:1 แล้วทาบริเวณพื้นที่เดือยฟันด้วยพู่กันขนาดเล็ก(microbrush) เป็นเวลา 15 วินาที ซับไพรเมอร์ส่วนเกินด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม
4. บีบเรซินซีเมนต์ออกจากหลอดฉีด เคลือบที่เดือยฟัน
5. ยึดเดือยฟันลงในพื้นที่คลองรากฟันโดยหมุนเดือยฟันตามและทวนเข็ม
6. ฉายแสงจากด้านบนดเคี้ยวเป็นเวลา 20 วินาที

ตาราง 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันเส้นใยและเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุ	ส่วนประกอบ
FibreKleer [®] 4X (Pentron)	Glass fiber 81-84%, resin 16-19%
Multilink [®] N (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)	Monomer matrix: Dimethacrylate และ HEMA Inorganic fillers: barium glass, ytterbium trifluoride และ spheroid mixed oxide
Multilink [®] N Primer A and B (Ivoclar Vivadent, Liechtenstein)	Primer A: initiators Primer B: HEMA, phosphoric acid และ methacrylate monomers

3. ชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน

ซีลเลอร์มีบทบาทที่สำคัญโดยทำหน้าที่เป็นสารยึดเหนี่ยว (Binding agent) ในการอุดคลองรากฟัน ซีลเลอร์ทำหน้าที่ยึดกัตตาเปอร์ซอกับผนังคลองรากฟัน โดยคุณสมบัติของซีลเลอร์ตามหลักการของ Grossman ในปี 1988 (39) คือ ให้การผนึกที่ดีเมื่อแข็งตัว มีการยึดติดที่ดีระหว่างซีลเลอร์ ผนังคลองรากฟัน และวัสดุอุดคลองรากฟัน นอกจากนี้ควรมีความทึบรังสี ไม่ทำให้ฟันเปลี่ยนสี มีเสถียรภาพเชิงมิติภายหลังการอุดคลองรากฟันแล้ว สามารถผสมและนำใส่เข้าคลองรากฟันได้ง่าย สามารถรี้อออกได้ง่ายเมื่อจำเป็น ไม่ละลายในเนื้อเยื่อ น้ำเหลือง (tissue fluid) มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อหรือไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ไม่ระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อรอบปลายราก และแข็งตัวช้า มีเวลาเพียงพอในการทำงาน อย่างไรก็ตามยังไม่มีซีลเลอร์ที่มีคุณสมบัติตามอุดมคติครบทุกประการ ซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงซีลเลอร์ที่ใช้ในการศึกษา ดังต่อไปนี้

3.1. เอเอชพลัส

เอเอชพลัส (ภาพประกอบ 4) เป็นอีพอกซีเรซินซีลเลอร์ที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง มีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ มีความแนบสนิทดี มีความทึบรังสี ไม่ทำให้ฟันเปลี่ยนสี เกิดการหดตัวต่ำและมีเสถียรภาพสูง มีระยะเวลาการทำงาน 4 ชั่วโมงและระยะเวลาการก่อตัว 8 ชั่วโมง (40) มีลักษณะเด่น คือ ยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ดี เนื่องจากการสร้างพันธะโควาเลนต์ระหว่างวงแหวนอีพอกไซด์ (epoxide ring) กับ กลุ่มอะมิโนของคอลลาเจนภายในผนังคลองรากฟันทำให้มี

ความสามารถในการแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ดี โดยมีการสร้างเรซินแท็ก (resin tag) ภายในท่อเนื้อฟัน(41) แต่ในกรณีที่มีความชื้นในคลองรากฟันจะทำให้ความสามารถในการยึดติดระหว่างกัตาเปอร์ชาและผนังคลองรากฟันจะลดลง เนื่องจากเอเอชพลัสมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ(42) จากการศึกษาของ Sagsen และคณะ(43) พบว่าซีลเลอร์สำหรับอุดคลองรากฟันชนิดเอเอชพลัสมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกที่มากกว่าซีลเลอร์ชนิดเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์แต่ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Assman และคณะ(44) ที่ศึกษาเปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะผลึกออกของซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดเอเอชพลัสกับเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์พบว่ามีความแข็งแรงพันธะผลึกออกของซีลเลอร์ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพประกอบ 4 เอเอชพลัส(40)

3.2. เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์

เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (ภาพประกอบ 5) เป็นไฮบริดไบโอเซรามิกซีลเลอร์ในการใช้งาน ต้องผสม paste A และ B เข้าด้วยกัน โดย paste A ประกอบด้วย ซาลิไซเลตเรซิน(salicylate resin) บิสมัดไดรออกไซด์ และซิลิกา ขณะที่ paste B ประกอบด้วย มิเนอรัลไดรออกไซด์แอกกรีเกต (40%) ไทเทเนียมไดออกไซด์(titanium dioxide) เรซิน(based resin) และซิลิกา มีเวลาทำงานประมาณ 35 นาที มีเวลาก่อตัวประมาณ 2 ชั่วโมง(45) ก่อตัวโดยสร้างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์จากการหลังแคลเซียมไฮดรอกไซด์และไฮดรอกซิลไฮดรอกไซด์ของไตรและไดแคลเซียมซิลิเกตที่อยู่ในส่วนผสมของมิเนอรัลไดรออกไซด์แอกกรีเกต นอกจากนี้ยังเกิดลักษณะคล้ายเรซินแท็กที่บริเวณพื้นผิวของผนังคลองรากฟันจากการที่ซาลิไซเลตเรซินจับกับเส้นใยคอลลาเจนในท่อเนื้อฟัน (46)



ภาพประกอบ 5 เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (45)

โดยเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีการยึดติดกับผนังคลองรากฟันที่ต่ำกว่าเอเอชพลัส(47) Madhuri และคณะ(48) ทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของพันธะผลึกออกของซีลเลอร์ 4 ชนิดคือ เอนโดซีควอนซ์บีซีซีลเลอร์ เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ เอ็มเอ็มซีล (MM-Seal; Micro Mega, France) และไฮบริดรูทซีล(Hybrid Root Seal; Mitsui Chemicals, New Delhi, India) ในการยึดติดกับผนังคลองรากฟัน พบว่าซีลเลอร์ทั้ง 4 ชนิดมีความแข็งแรงของพันธะผลึกออกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยเอนโดซีควอนซ์บีซีซีลเลอร์มีความแข็งแรงของพันธะผลึกออกสูงที่สุด และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ความแข็งแรงของพันธะผลึกออกต่ำที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Kamha และคณะ(20) ที่ทดสอบค่าความแข็งแรงของพันธะผลึกออกของซีลเลอร์ 3 ชนิดในการยึดติดกับผนังคลองรากฟัน พบว่าเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีความสามารถในการยึดอยู่กับผนังคลองรากฟันที่น้อยกว่าเอนโดซีควอนซ์บีซีซีลเลอร์และอีพอกซีเรซินซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญ

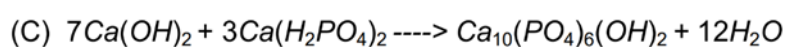
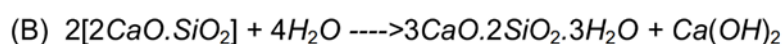
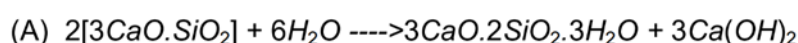
3.3. ไอรูทเอสพี

ไอรูทเอสพี (ภาพประกอบ 6) เป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ชนิดผสมสำเร็จ (premixed type) มีส่วนประกอบหลัก คือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (tricalcium silicate) ไดแคลเซียมซิลิเกต (dicalcium silicate) เซอร์โคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) แคลเซียมฟอสเฟตโมโนเบสิก (calcium phosphate monobasic) แคลเซียมไฮดรอกไซด์(calcium hydroxide) สารเพิ่มความหนืดที่ปราศจากน้ำ (water free thickening agent) การใช้งานสะดวกเนื่องจากไม่ต้องผสม สามารถฉีดเข้าสู่คลองรากได้เลย(16) มีระยะเวลาการก่อตัว 4 ชั่วโมง(49)



ภาพประกอบ 6 ไอรูทเอสพี(49)

มีกลไกในการเกิดปฏิกิริยาการก่อตัว 2 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 7 ขั้นแรกคือปฏิกิริยาการเติมโมเลกุลน้ำ (Hydration reaction) โดยไอรูทเอสพีจะใช้ความชื้นที่มีอยู่ในท่อเนื้อฟันเป็นตัวเริ่มปฏิกิริยาทำให้เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเจล (Calcium silicate hydrate gel, CSH) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) ต่อมาจะเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอน (Precipitation reaction) โดยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ได้จากปฏิกิริยาแรกจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟต (phosphate) ที่อยู่ในของเหลวในร่างกาย เกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium phosphate) และก่อตัวเป็นผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ในท่อเนื้อฟัน ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์แท็ก (hydroxyapatite tag like structure) ซึ่งจัดเป็นการยึดติดเชิงกลระดับจุลภาค (micromechanical lock)(50)



ภาพประกอบ 7 ปฏิกิริยาการเติมโมเลกุลของน้ำของ (A) ไตรแคลเซียมซิลิเกต

(B) ไดแคลเซียมซิลิเกต และ (C) ปฏิกิริยาการตกตะกอน(50)

ความสามารถในการแทรกซึมของไอรูทเอสพีเข้าไปในท่อเนื้อฟันเป็นผลทำให้ไม่สามารถกำจัดออกได้หมด ซึ่งส่งผลเสียต่อความแข็งแรงการยึดติดระหว่างเดือยฟันกับเนื้อฟันบริเวณรากฟัน(14) จากการศึกษาของ Akcay และคณะ(51) ทำการศึกษาความสามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์คอนโฟคอลของซิลเลอร์สามชนิด ได้แก่ เอเซพพลัส ไอรูทเอสพี และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ พบว่ากลุ่มไอรูทเอสพีมีความสามารถในการแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันมากที่สุด โดย

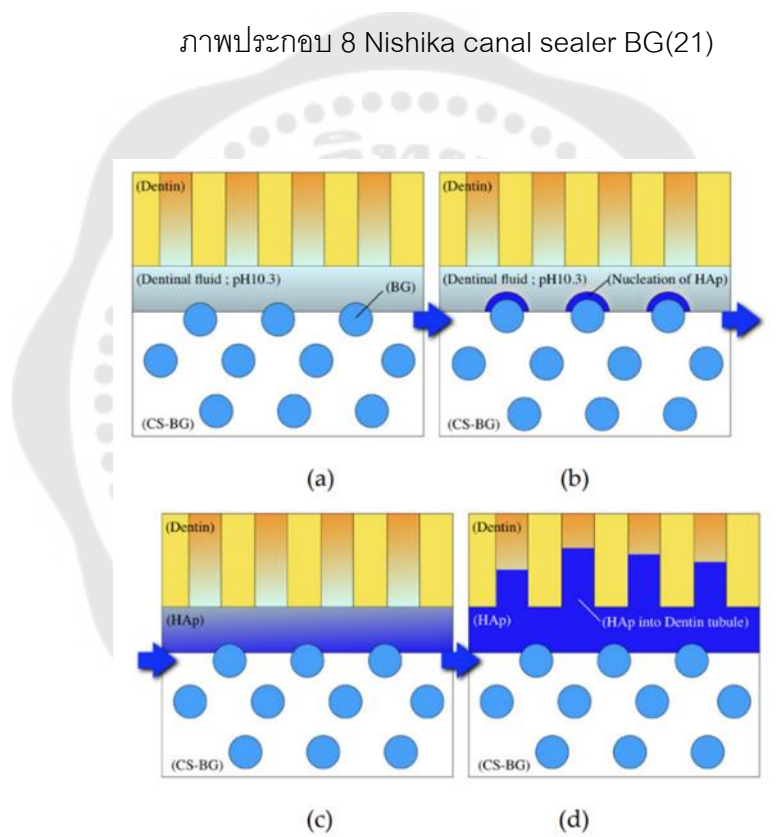
กลุ่มเอเซพลัสและกลุ่มเอ็มที่เอฟิลลาเพกซ์ไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงจากการศึกษาของ Uzunoglu และคณะ(52) พบว่าไม่สามารถกำจัดไอรูทเอสฟือออกจากคลองรากฟันได้ทั้งหมด โดยมีปริมาณของซีลเลอร์ในกลุ่มไอรูทเอสฟือที่หลงเหลือหลังจากการรี้ออกด้วย ไฟล์ระบบโพรเทเปอร์ยูนิเวอซอลรีทรีตเมนต์ (Protaper universal retreatment file, Dentsply Maillefer) มากกว่าเอ็มที่เอฟิลลาเพกซ์ และ เอเซช-26 (AH-26) ซึ่งเป็นอีพอกซีเรซินซีลเลอร์

3.4. นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี

นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี (ภาพประกอบ 8) เป็นซีลเลอร์สำหรับอุดคลองรากฟันชนิดไบโอเซรามิก โดยมีวัสดุไบโอแอคทีฟที่ฟกกลาสอยู่ในส่วนผสม มี two-phased paste โดย Paste A ประกอบด้วย กรดไขมัน (fatty acids) บิสมัท ซับคาร์บอเนต (bismuth subcarbonate) และซิลิกาไดออกไซด์ (silica dioxide) ขณะที่ Paste B ประกอบด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ (magnesium oxide) แคลเซียมซิลิเกตกลาส (calcium silicate glass) และซิลิกาไดออกไซด์ บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ผสมด้วยอัตราส่วน 1:1 ด้วยพายพลาสติก โดยนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีมีส่วนประกอบของวัสดุไบโอแอคทีฟที่ฟกกลาสซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของ $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ ที่มีสัดส่วนเฉพาะ มีเวลาทำงานประมาณ 15 นาที มีเวลาก่อตัวประมาณ 3 ชั่วโมง(21) กลไกในการเชื่อมกับผนังคลองรากฟันเกิดจากชั้นของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่เป็นผลมาจากการแลกเปลี่ยนไอออนของซิลิกา (Si^{4+}) และโซเดียม (Na^+) ที่อยู่ภายในวัสดุไบโอแอคทีฟที่ฟกกลาสกับไอออนของไฮโดรเจนที่อยู่ในของเหลวในชั้นเนื้อฟันทำให้เกิดบริเวณที่มีซิลิกาเจลสูง (silica-rich gel) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม (Ca^{2+}) และฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ที่มีอยู่ในวัสดุไบโอแอคทีฟที่ฟกกลาสและของเหลวในท่อเนื้อฟันเกิดเป็นผลึกของไฮดรอกซีอะพาไทต์เข้าไปภายในท่อเนื้อฟัน ดังแสดงดังภาพประกอบ 9(21)



ภาพประกอบ 8 Nishika canal sealer BG(21)



ภาพประกอบ 9 กลไกการยึดติดกับเนื้อฟันของ นิชิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี(21)

Yasumasa และคณะ(22)ศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของไบโอเซรามิกซีลเลอร์สามชนิด คือ ไฮดรอกซีฟอสเฟตไฮดรอกซีฟอสเฟต และนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี พบว่านิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกต่ำกว่าไฮดรอกซีฟอสเฟต และไฮดรอกซีฟอสเฟตที่อย่างมีนัยสำคัญ อาจเนื่องมาจากมีกลไกการยึดติดกับผิวเนื้อฟันบริเวณรากฟันต่างกัน โดยนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี นอกจากจะยึดกับเนื้อฟันจากการแลกเปลี่ยนไอออนของไบโอแอ็กทีฟฟอสเฟตและของเหลวในเนื้อฟันเกิดเป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์แล้ว นิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจียังมีส่วนประกอบของแมกนีเซียมออกไซด์และกรดไขมัน ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือของกรดไขมันแมกนีเซียม (fatty acid magnesium salts) ซึ่งละลายตัวได้ ทำให้การยึดติดกับผิวเนื้อฟันลดลง ต่างจากไฮดรอกซีฟอสเฟตและไฮดรอกซีฟอสเฟต ที่เกิดปฏิกิริยาการเติมโมเลกุลน้ำตามด้วยปฏิกิริยาการตกตะกอนเกิดเป็นโครงสร้างไฮดรอกซีอะพาไทต์แท้ ดังนั้นจากกลไกการยึดติดกับผิวเนื้อฟันที่ต่างกันทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของซีลเลอร์ในการยึดติดกับเนื้อฟันต่างกัน

จากการศึกษาของ Washio และคณะ(53) ศึกษาความสามารถในการรีออกได้ของยูจินอลซีลเลอร์ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยี่ห้อเอนโดซีควอนซีลเลอร์และนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี เมื่ออุดร่วมกับกัตตาเปอร์ชา พบว่าซีลเลอร์ทุกชนิดสามารถรีออกได้ด้วยการใช้ไฟล์ ถึงความยาวทำงานโดยใช้เวลาในการรีออกไม่ต่างกัน โดยจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่ากลุ่มที่อุดร่วมกับนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี มีท่อเนื้อฟันที่เปิดโล่ง ขณะที่กลุ่มที่อุดร่วมกับซีลเลอร์ชนิดอื่นมีจำนวนท่อเนื้อฟันที่เปิดโล่งน้อยกว่าแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกันย่อมส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดซีลเลอร์ต่างกันออกไป

ตาราง 2 รายละเอียดซีลเลอร์ที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุ	ส่วนประกอบ
AH Plus (Dentsply DeTrey, Germany)(40)	Epoxide paste: Diepoxide, Calcium tungstate, Zirconium oxide, Aerosil, Pigment Amine paste: 1-adamantane amine, N,N'-dibenzyl-5-oxa-nonandiamine-1,9, TCD-Diamine, Calcium tungstate, Zirconium oxide, Aerosil, Silicone oil
iRoot SP (Innovative BioCeramix, Vancouver, Canada)(16)	Tricalcium silicate, Dicalcium silicate, calcium phosphate, calcium hydroxide, zirconium oxide, filler และ thickening agent
MTA Fillapex (Angelus, Londrina, Brazil)(45)	Paste A: salicylate resin, bismuth trioxide, fumed silica Paste B: Mineral trioxide aggregate (40%), titanium dioxide, based resin และ fumed silica
Nishika canal sealer BG (Nippon Shika Yakuhin, Yamaguchi, Japan)(21)	Paste A: fatty acids, bismuth subcarbonate, and silica dioxide Paste B: magnesium oxide, calcium silicate glass (a type of BG) และ silica dioxide

4. ผลของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันต่อค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดโดยพันธะเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของซีลเลอร์กับการยึดติดของชั้นเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน เนื่องจากซีลเลอร์เหล่านี้มีความสามารถที่จะแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ เป็นผลทำให้ไม่สามารถกำจัดออกได้หมดหลังจากที่เตรียมพื้นที่เตรียมฟัน ซึ่งส่งผลเสียต่อความแข็งแรงของการยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับเนื้อฟันบริเวณรากฟัน(14, 34) Vilas-Boas และคณะ(14) ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดโดยพันธะเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน หลังจากอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาาร่วมกับซีลเลอร์ 3 ชนิด ได้แก่ เอเอสพลัส ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล และไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยี่ห้อเอนโดซีควอนซ์บีซีซีลเลอร์ พบว่ากลุ่มที่อุดด้วยไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ต่ำที่สุด เนื่องจากภายหลังการเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เนื้อฟัน มีไบโอเซรามิกซีลเลอร์เหลืออยู่ภายในท่อเนื้อฟันมากกว่าอีพอกซีเรซินซีลเลอร์ จึงทำให้เรซินซีเมนต์ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้

การศึกษาของ Soares และคณะ(23)ศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน โดยแบ่งกลุ่มตามการใช้ซีลเลอร์ต่างชนิดกัน ดังนี้ กลุ่มควบคุมที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ซีลเลอร์ กลุ่มทดลองที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาพร้อมกับซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เอเอชพลัส และไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยี่ห้อเอนโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ พบว่ากลุ่มที่อุดด้วยซีลเลอร์ชนิดซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ต่ำที่สุด เนื่องจากยูจีนอลจะยับยั้งปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของเรซินซีเมนต์ ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้ซีลเลอร์และกลุ่มที่อุดร่วมกับซีลเลอร์ชนิดเอเอชพลัสมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์สูงกว่ากลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาของ Dibaji และคณะ(26) ได้ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน หลังจากอุดคลองรากฟันเป็นเวลา 7 วัน ด้วยซีลเลอร์ 3 ชนิด ได้แก่คือ เอเอชพลัส โดริฟิล (Dorifill; Dorident Company, Austria) และเอนโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งอุดคลองรากฟันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ซีลเลอร์ พบว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยเอนโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกต่ำกว่าเอเอชพลัส โดยการที่เอเอชพลัสมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันที่สูงกว่าเนื่องจากมีส่วนประกอบของอีพอกซีเรซินซึ่งไม่ได้รับกวนการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์(54)

เป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Rosa และคณะ(25) ที่ศึกษาผลของซีลเลอร์ชนิดเอเอชพลัส ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอล และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันพบว่ากลุ่มที่อุดด้วยเอเอชพลัสมีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกสูงกว่ากลุ่มยูจีนอล และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Reyhani และคณะ(55)พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันของกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ชาพร้อมกับเอเอชพลัส และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

5.วิธีทดสอบค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

การทดสอบความสามารถในการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันสามารถทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

5.1 การทดสอบค่าความแข็งแรงยึดแบบดึง (pull out test)

การทดสอบค่าความแข็งแรงยึดแบบดึงเป็นการวัดความแข็งแรงพันธะแบบเฉือน เกิดแรงเสียดทานขณะที่มีการเคลื่อนไถลของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน โดยให้แรงกระทำกับเดือยฟันทั้งขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดแรงที่ไม่สม่ำเสมอ (non-uniform stress)(56)

5.2 การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะยึดตั้งระดับจุลภาค (Microtensile bond strength test)

การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะยึดตั้งระดับจุลภาคใช้ในกรณีที่ชิ้นงานที่ทดสอบมีขนาดเล็ก ทำให้แรงที่ทดสอบสามารถกระจายได้สม่ำเสมอในชิ้นงาน รวมถึงทดสอบได้ในแต่ละบริเวณของรากฟันและลดจำนวนฟันที่ใช้ทดสอบ แต่มีข้อเสียคือ มีอัตราความล้มเหลวขณะเตรียมชิ้นงานสูง (high premature failure rate) ทำให้เกิดการกระจายของข้อมูลมาก เพราะการตัดชิ้นงานโดยใช้แรงตัดที่มากและรุนแรง ทำให้พันธะการยึดอยู่ระหว่างพื้นผิวของเดือยฟัน เรซินซีเมนต์และเนื้อฟันอ่อนแอ(56)

5.3 การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก

การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกเป็นการทดสอบหาค่าความแข็งแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันในคลองรากฟันและวัสดุที่ใช้ในคลองรากฟัน เช่น วัสดุอุดคลองรากฟัน วัสดุซ่อมแซมรากฟัน วัสดุอุดปลายรากฟัน รวมถึงเดือยฟัน โดยมีวิธีการทดสอบ คือ หลังจากอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุบูรณะที่ต้องการทดสอบแล้ว นำรากฟันมาตัดแบ่งในแนวตั้งฉากกับแนวแกนฟันให้ได้ความหนา 1 ถึง 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาทดสอบด้วยหัวกดที่มีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุที่ทดสอบ โดยมีทิศทางหัวกดจากส่วนปลายรากฟันไปทางตัวฟัน (apical to coronal) จนวัสดุหลุดออกจากผนังคลองรากฟัน บันทึกค่าแรงที่ใช้กดมากที่สุดก่อนที่วัสดุจะหลุดออกในหน่วยนิวตัน (Newton) แล้วนำค่ามาหารด้วยพื้นที่ยึดติดระหว่างวัสดุและผนังคลองรากฟัน(mm^2) จะได้ค่าความแข็งแรงพันธะกดออกเป็นหน่วย Megapascal (MPa; M/mm^2) โดยการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกมีข้อดี คือ มีการให้แรงกดที่ตั้งฉากกับวัสดุ ซึ่งจำลองความเค้นที่เกิดทางคลินิก (clinical stress) ได้ดี และสามารถแสดงถึงความสามารถของวัสดุในการผนึก (sealing ability) กับผนังคลองรากฟันได้ดี (57)

วิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกนี้สามารถจำลองลักษณะทางคลินิกได้ดีกว่าวิธีทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะยึดตั้งระดับจุลภาค (Microtensile bond strength) โดยจากการศึกษาของ Goracci และคณะในปี 2004(58) ที่ทำการวัดค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ด้วยวิธีการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกเปรียบเทียบกับวิธีทดสอบความแข็งแรงยึดตั้งระดับจุลภาค พบว่าการทดสอบด้วยวิธีวัดค่าความ

แข็งแรงพันธะผลึกออกมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากไม่พบการล้มเหลวขณะการเตรียมชิ้นงาน ดังนั้นการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกจึงสามารถแสดงถึงความสามารถในการยึดติดของวัสดุและจำลองการใช้งานทางคลินิกได้ดี(59)

อย่างไรก็ตามการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกมีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ เช่น ความหนาของชิ้นงาน ความเร็วหัวกด และการเลือกขนาดหัวกด การกำหนดตัวแปรที่ต่างกันในแต่ละการศึกษาทำให้การแปลผลลัพธ์และนำผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับระหว่างการศึกษาทำได้ยาก(57)รวมถึงขนาดของคลองรากฟันในแต่ละระดับที่แตกต่างกันจะทำให้ในพื้นที่เดียวกันต้องใช้หัวกดขนาดที่แตกต่างกันไปในแต่ละระดับด้วย โดยจากการศึกษาของ Chen และคณะ (60) พบว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางหัวกดต้องมีขนาดเล็กกว่าร้อยละ 85 ของเส้นผ่านศูนย์กลางวัสดุที่จะกด (filler diameter) และความหนาชิ้นงานต้องมากกว่า 0.6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางวัสดุที่จะกด โดยความหนาของชิ้นงานควรหนาอย่างน้อย 1.1 มิลลิเมตร การศึกษาของ Pane และคณะ(59)กล่าวว่าเมื่อขนาดหัวกดที่เล็กกว่าร้อยละ 60 ของบริเวณวัสดุที่จะกด จะได้ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกน้อยลง โดยแนะนำให้เลือกขนาดหัวกดขนาดร้อยละ 70 ถึง 90 ของบริเวณวัสดุที่จะกด ดังนั้นควรเลือกหัวกดให้มีขนาดเล็กกว่าและขนาดใกล้เคียงกับบริเวณที่จะกดมากที่สุด เพื่อลด interfacial sliding friction

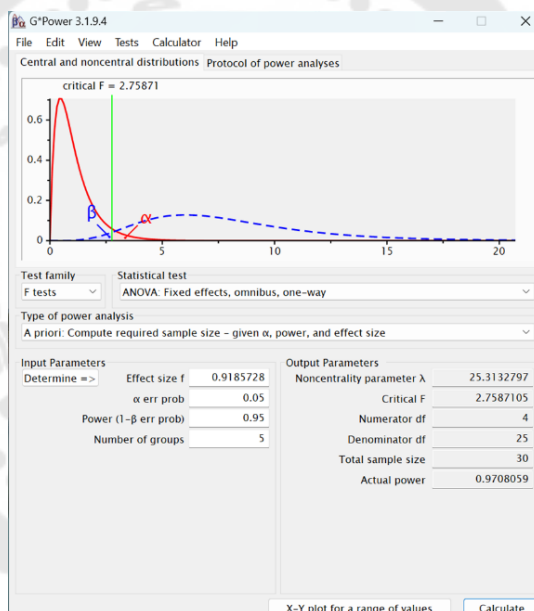
นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำให้ใช้คลองรากฟันสังเคราะห์ (artificial canal) ซึ่งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่สม่ำเสมอตลอดความยาวราก โดยไม่เหมือนในฟันธรรมชาติที่อาจจะมีความโค้งของคลองรากฟันที่จะส่งผลให้เกิดแรงกดที่ไม่ตั้งฉากกับบริเวณที่ถูกกดอย่างแท้จริง แต่อย่างไรก็ตามข้อดีของการทดสอบในฟันธรรมชาติจะหายไป เมื่อใช้คลองรากฟันสังเคราะห์ (59)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G* power เวอร์ชัน 3.1.9.4 โดยอ้างอิงผลการศึกษาของ Chadgal และคณะ (15) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอย่างน้อย 30 ซึ่งผู้วิจัยจึงกำหนดให้ใช้ตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 50 ซึ่ง เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลให้มากขึ้น โดยแบ่งกลุ่มทดลองเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซึ่ง (ภาพประกอบ 10)



ภาพประกอบ 10 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G* power

การคัดเลือกฟันที่ใช้ทดลอง

ก่อนเริ่มดำเนินการศึกษา ได้ผ่านการพิจารณาแบบยกเว้นจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ หมายเลข SWUEC-661002 โดยในการศึกษานี้ใช้ฟันตัดหน้าบน (Maxillary incisors) ของมนุษย์ที่ถูกต้อง ที่มีจำนวน 1 ราก และมี 1 คลองรากฟัน ที่เก็บในสารละลายไทมอล (thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 50 ซี่ โดยเป็นฟันที่มีรากฟันสมบูรณ์ ไม่มีรอยร้าวบนรากฟัน และไม่มีพยาธิสภาพ มีคลองรากฟันตรง มีความยาวฟันยาวอย่างน้อย 21 มิลลิเมตร โดยวัดระยะจากปลายตัวฟันถึงปลายรากฟัน ฟันที่ถูกคัดเลือกเข้ามาในการศึกษาต้องมีอัตราส่วนความหนาของรากฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นต่อแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ระดับรอยต่อของเคลือบรากฟันกับผิวเคลือบฟัน (Cementoenamel junction: CEJ) ในอัตราส่วน 1-1.5(61) จากนั้นนำฟันที่ได้ไปพิจารณาลักษณะจำนวนและรูปร่างของคลองรากฟันด้วยภาพถ่ายรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และใกล้กลางใกล้กลาง โดยต้องมองเห็นคลองรากฟันชัดเจน ไม่พบการละลายภายในคลองรากฟันหรือคลองรากฟันตีบตัน และไม่เคยได้รับการรักษาคลองรากฟันมาก่อน ฟันเหล่านั้นจะได้รับการทำความสะอาด กำจัดเศษหินปูน และเศษเนื้อเยื่อออก แล้วถูกแช่เก็บในสารละลายไทมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จนถึงเวลาที่นำมาศึกษา

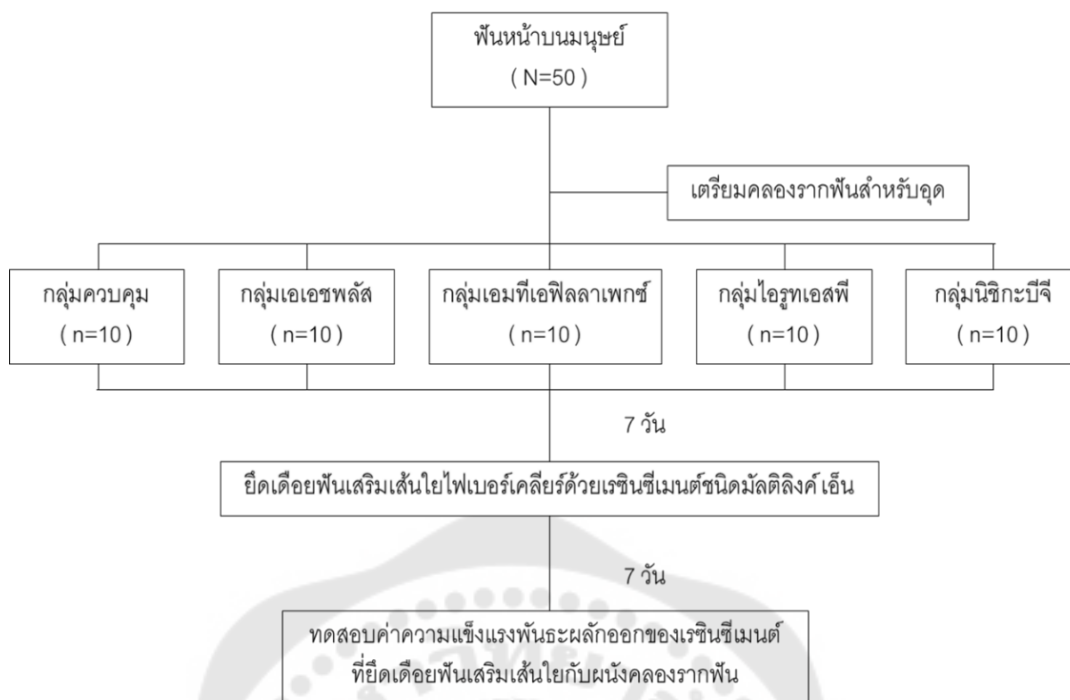
ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างฟันที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้นตัดตัวฟันให้ตั้งฉากกับแนวแกนฟันด้วยแผ่นคาร์โบรันดัม (Carborundum disc) ให้ได้ความยาวรากฟัน 13 มิลลิเมตร ทำการตรวจสอบความยาวรากที่ตัดด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์ ดิจิตอล (Digital vernier caliper, Mitutoyo; Absolute Digimatic, Japan) กำหนดความยาวทำงาน (Working length) เท่ากับ 12 มิลลิเมตร นำไฟล์ชนิดเค (K-file; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ขนาด 10 หรือ 15 ใส่เข้าไปในคลองรากฟัน ทำการขยายคลองรากจนหลวมแล้วจึงเปลี่ยนมาใช้ไฟล์ขนาดใหญ่ขึ้นจนถึงเคไฟล์ขนาด 20 นำไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมแบบหมุนด้วยเครื่องระบบเคทรี (K3, SybronEndo, West Collins, CA, USA) มาขยายจนถึงขนาด 40/.06 ร่วมกับการใช้สารหล่อลื่นอาร์ซีเพร็พ (RC-Prep[®]) ระหว่างขยายคลองรากฟันด้วยวิธีคราวน์ดาวน์ (crown-down) ระหว่างเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือจะทำการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ร่วมกับการทำคลองรากฟันให้โล่ง (Patency) ด้วยไฟล์ชนิดเคขนาด 10 ทุกครั้ง หลังจากนั้นกำจัดชิ้นเสมีร์ด้วยอีดีทีเอ (Ethylenediaminetetraacetic acid, EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17

ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที(62) ตามด้วยล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร(63) เป็นเวลา 1 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่น ซับคลองรากฟันด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม (paper point)จนแห้ง(64) หลังจากเตรียมคลองรากฟันเสร็จ แบ่งฟันอย่างสุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ ตามชนิดของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันร่วมกับกัตตาเปอร์ชา ดังนี้ (ภาพประกอบ 11)

- กลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ซีลเลอร์
- กลุ่มเอเอชพลัส คือกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซีลเลอร์เอเอชพลัส (AH Plus™)
- กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ คือกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซีลเลอร์เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ (MTA Fillapex®)
- กลุ่มไอรูทเอสพี คือกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซีลเลอร์ไอรูทเอสพี (iRoot SP®)
- กลุ่มนิชิคาบีจี คือกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับนิชิคาแคนัลซีลเลอร์บีจี (Nishika canal sealer BG®)

ทำการอุดคลองรากฟันโดยใช้เทคนิคซิงเกิ้ลโคน (Single matched cone technique) โดยใช้เคทรีกัตตาเปอร์ชา (K3 Gutta percha, SybronEndo, West Collins, CA, USA) ขนาด 40/06 เป็นกัตตาเปอร์ชาแท่งหลัก (Gutta percha main cone) เคลือบแท่งกัตตาเปอร์ชาด้วยซีลเลอร์แล้วป้ายให้ทั่วคลองรากฟัน โดยทำการดึงแท่งกัตตาเปอร์ชาขึ้นลงในแนวตั้ง 3 ครั้ง(65) จากนั้นถ่ายภาพรังสีเพื่อยืนยันว่าวัสดุอุดคลองรากฟันแน่นในทุกมิติ และอุดปิดด้านบนด้วยวัสดุอุดชั่วคราวยี่ห้อ Cavit™ (3M ESPE, Germany) ให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร เก็บฟันภายใต้อุณหภูมิตั้งที่ 37 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ซีลเลอร์แห้งตัวอย่างสมบูรณ์



ภาพประกอบ 11 แผนผังแสดงกระบวนการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมฟันที่สำหรับใส่เดือยฟัน

เตรียมฟันที่เดือยฟันให้พอดีกับเดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาด 2 (มีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลายรากเท่ากับ 0.85 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟันเท่ากับ 1.375 มิลลิเมตร) โดยกำจัดกัตตาเปอร์ชาจากความยาวทำงานลงไป 8 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอพีโซ (peeso reamer; Manilnc., Tochidi, Japan) ขนาด 1 (มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.70 มิลลิเมตร) จากนั้นทำการแต่งฟันที่เดือยฟันด้วยหัวกรอเฉพาะสำหรับเดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาด 2 และใช้เอนโดดอนติกพลักเกอร์ (Endodontic plugger) กดอัดวัสดุกัตตาเปอร์ชาส่วนปลายรากให้แน่น โดยเหลือกัตตาเปอร์ชาบริเวณส่วนปลายราก 5 มิลลิเมตร ทุกกลุ่มการทดลองจะถูกล้างฟันที่เดือยฟันด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร จากนั้นทำการซัพฟันที่เดือยฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับรูปกรวยแหลม

ขั้นตอนการใส่เดือยฟัน

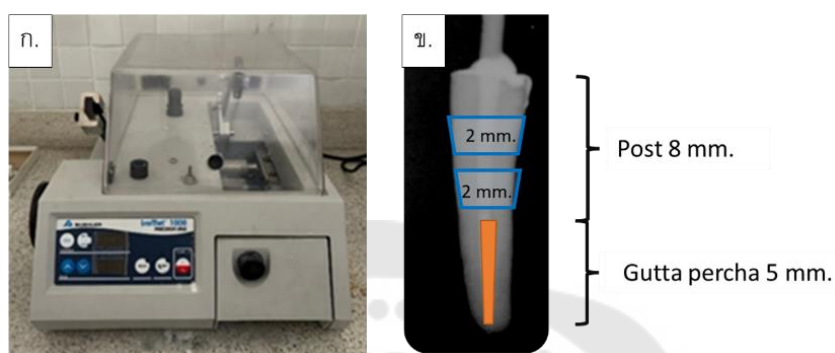
ใช้เดือยฟันที่มีขนาดและความยาวพอดีกับคลองรากฟัน โดยทำการลองเดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ ขนาด 2 ทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบให้แนบสนิทพอดีกับคลองรากฟัน ปรับสภาพผิวของเดือยฟันโดยขัดด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ แล้วยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์

ชนิดมัลติลิงค์เอ็น(Multilink® N system; Monobond N: Ivoclar Vivadent, Licjtenstein) โดยมีขั้นตอนดังนี้ ใช้ไมโครบรัช(Microbrush) จุ่มไฮเลนชนิดโมโนบอนด์ เอ็น (Monobond® N: Ivoclar Vivadent, Licjtenstein) ให้พอชุ่มแล้วทาที่ผิวเดือยฟัน ทิ้งไว้ 60 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เป่าให้แห้ง จากนั้นผสมไพรเมอร์เอและบี (Multilink N Primer A, Primer B: Ivoclar Vivadent, Licjtenstein) อัตราส่วน 1:1 ผสมให้เข้ากันและทาให้ทั่วผิวคลองรากฟัน ทิ้งไว้ 15 วินาที และเป่าลมเบาๆ ทำการยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดมัลติลิงค์เอ็น โดยฉีดเรซินซีเมนต์เคลือบที่เดือยฟันยาว 8 มิลลิเมตรและใส่เดือยฟันให้เข้าที่โดยใช้นิ้วกดเดือยฟันไว้ กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกและทำการฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที ในแนวตั้งบริเวณส่วนปลายของเดือยฟัน เพื่อให้ซีเมนต์แข็งตัว ภายหลังการเตรียมขึ้นตัวอย่างในทุกกลุ่มจะทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบความยาวเดือยฟันและต้องไม่พบฟองอากาศของวัสดุภายในคลองรากฟัน จากนั้นนำทุกกลุ่มตัวอย่างไปเก็บในตู้อบอุณหภูมิ 37 องศา ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาทดสอบวัดค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

วัดค่าความแข็งแรงผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

นำฟันมายึดฝังในท่อพลาสติกพีวีซี(Polyvinyl Chloride, PVC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว สูง 1 นิ้ว โดยใช้เรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง(Self-cured acrylic resin) โดยฝังให้แกนฟัน (long axis) ตั้งฉากกับแนวระนาบ(horizontal plane)ของขอบท่อพลาสติกพีวีซี ดูแนวแกนฟันด้วยเครื่องสำรวจความขนาน (surveyor) ตัดแบ่งรากฟันด้วยเครื่องไอโซเมท (Isomet 1000: Buehler, USA) ดังภาพประกอบ 12 โดยวางแนวให้แนวแกนฟันตั้งฉากกับแผ่นเลื่อยไอโซเมท(low speed Isomet diamond saw) ครั้งแรกจะตัดห่างหน้าตัดด้านใกล้ตัวฟันให้ได้แผ่นรากฟันหนา 2 มิลลิเมตร คือส่วนที่ไม่ได้นำมาใช้ จากนั้นตัดครั้งต่อไปจากด้านใกล้ตัวฟันไปยังด้านใกล้ปลายรากฟันให้ได้ชิ้นงานหนา 2.0 ± 0.1 มิลลิเมตรจำนวน 2 ชิ้น ต่อฟันที่ศึกษา 1 ซี่ เป็นตัวแทนของคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลาง ยืนยันขนาดความหนาด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์ ดิจิตอล ต่อมาควบคุมขนาดของชิ้นงานโดยคัดเลือกชิ้นงานภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (Stereomicroscopy; Olympus EP50, Olympus optical Co., Tokyo, Japan) ที่กำลังขยาย 50 เท่า โดยเลือกเฉพาะชิ้นงานที่มีรูปร่างกลมสมมาตรและชิ้นงานที่มีขนาดใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้การกระจายแรงทั่วถึงเท่ากัน ชิ้นงานที่วัสดุภายในคลองรากฟันหลุดออกจากชิ้นงานก่อนทำการทดสอบ (premature debonding) ชิ้นงานที่มีฟองอากาศในส่วนวัสดุภายในคลองรากฟันหรือ

มีรอยร้าวจะไม่นำมาทดสอบ จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุภายในคลองรากฟันด้วยโปรแกรมอีพีวิว (EPview™ ; Olympus Imaging Software, Olympus optical Co., Tokyo, Japan) โดยวัดทั้งด้านใกล้ตัวฟันและด้านใกล้ปลายรากฟัน



ภาพประกอบ 12 การตัดแบ่งชิ้นงาน ก.เครื่องไอโซเมท ข.ภาพรังสีจำลองการตัดแบ่งชิ้นงาน บริเวณคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางของรากฟัน

นำชิ้นตัวอย่างมาทดสอบโดยเครื่องทดสอบสากล (Universal testing machine: EZ Test Series, Shimadzu, Kyoto, Japan) เลือกใช้แท่งโลหะไร้สนิมที่มีขนาดใกล้เคียงกับเส้นผ่าศูนย์กลางของคลองรากฟันเป็นตัวกด (plunger) ในแนวตั้งฉากกับชิ้นงาน โดยหัวกดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร สำหรับชิ้นงานที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้นและ 0.8 มิลลิเมตรสำหรับชิ้นงานที่ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง ความเร็วหัวกด (cross head speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที ทิศทางจากด้านใกล้ปลายรากฟันไปทางด้านใกล้ตัวฟัน (apical to coronal) (ภาพประกอบ 13) จนวัสดุหลุดออกจากผนังคลองรากฟันค่าแรงกดที่ลดลงแสดงถึงการสูญเสียแรงยึดพันธะ บันทึกค่าแรงที่มากที่สุดก่อนที่วัสดุจะหลุดออกจากผนังคลองรากฟันในหน่วยนิวตัน (N) นำมาคำนวณค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกในหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) ตามสูตร:

$$P = \frac{F}{\pi h(r_1 + r_2)}$$

เมื่อ F คือ ค่าแรงที่มากที่สุดก่อนที่วัสดุจะหลุดออกจากผนังคลองรากฟันในหน่วยนิวตัน

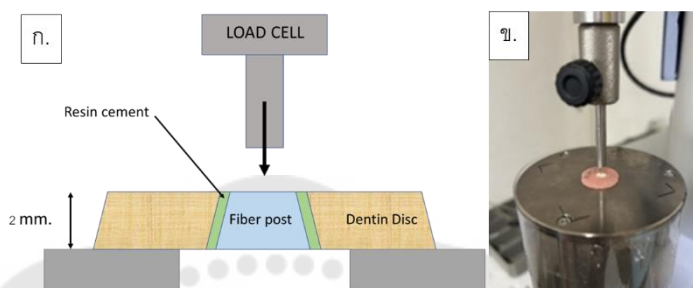
(N)

π คือ ค่าคงที่เท่ากับ 3.14

r_1 คือ รัศมีวัสดุภายในคลองรากฟันด้านใกล้ปลายรากฟัน (apical surface)

r_2 คือ รัศมีวัสดุภายในคลองรากฟันด้านใกล้ตัวฟัน (coronal surface)

h คือ ความหนาของชิ้นงานหน่วย เป็นมิลลิเมตร



ภาพประกอบ 13 การทดสอบความแข็งแรงพันธะผลึกออก

ก.ภาพจำลอง ข.ภาพการวางชิ้นตัวอย่างบนแท่นโลหะ

วิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด

นำชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากลมาดูลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อสังเกตว่าการแยกของวัสดุคลองรากฟันออกจากผนังคลองรากฟันเกิดขึ้นที่ส่วนใดของวัสดุ โดยจัดประเภทลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดที่พบเป็น 5 ประเภท ตามการศึกษาของ Soares และคณะ(23) ดังนี้ (ภาพประกอบ 14)

ประเภทที่ 1. Adhesive to dentin: เป็นความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ โดยไม่พบเรซินซีเมนต์ที่ผิวของผนังคลองรากฟัน

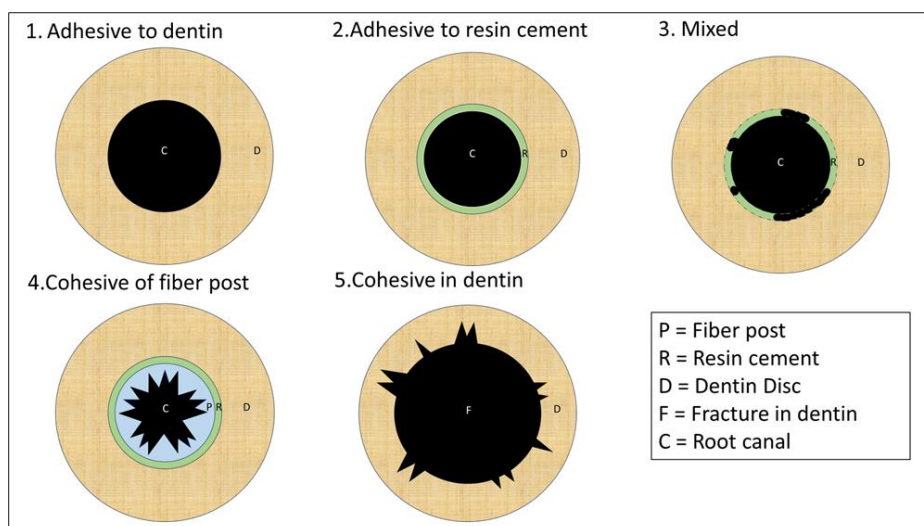
ประเภทที่ 2. Adhesive to resin cement: เป็นความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเดือยฟันและเรซินซีเมนต์ โดยพบเรซินซีเมนต์ล้อมรอบผิวของผนังคลองรากฟัน

ประเภทที่ 3. Mixed: เป็นความล้มเหลวที่พบทั้ง Adhesive และ Cohesive ในชิ้นงาน โดยเดือยฟันหลุดออกจากทั้งเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ พบว่ามีเรซินซีเมนต์ปกคลุมผนังคลองรากฟันเพียงบางส่วน

ประเภทที่ 4. Cohesive of fiber post: เป็นความล้มเหลวภายในเดือยฟัน

ประเภทที่ 5. Cohesive in dentin: เป็นความล้มเหลวภายในเนื้อฟัน

เพื่อนำข้อมูลลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดที่ได้มาบันทึกเป็นร้อยละว่าเกิดลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดแบบใดมากที่สุด



ภาพประกอบ 14 แผนภาพการจัดประเภทลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด 5 ประเภท

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าแรงพันธะผลึกออกเป็นหน่วย Megapascal(MPa;N/mm²) แล้วรวบรวมข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยแรงพันธะผลึกออกของแต่ละกลุ่มการทดลอง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS (Version 20.0, SPSS, Chicago, IL, USA) ทำการทดสอบการกระจายของข้อมูลสถิติโดยใช้การทดสอบชาปีโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบของเลอวี (Levene's test)

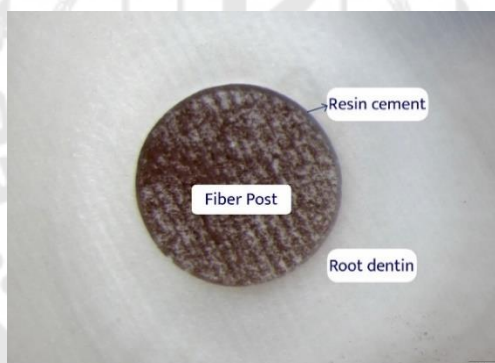
จากนั้นใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA)ทำการเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของระหว่างกลุ่ม ร่วมกับการใช้การทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทูเก้ (Tukey's Honestly Significance Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05

เปรียบเทียบลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้ตารางแจกความถี่ที่แสดงร้อยละของลักษณะความล้มเหลวที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

ภายหลังการตัดแบ่งรากฟัน ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุภายในคลองรากฟันด้วยโปรแกรมอิมัลชันพบว่าชิ้นงานที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใกล้ตัวฟันและด้านไกลปลายรากฟัน เท่ากับ 1.35 -1.42 และ 1.15 -1.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ ชิ้นงานที่ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใกล้ตัวฟันและด้านไกลปลายรากฟัน เท่ากับ 1.10-1.16 และ 0.89-0.96 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยไม่มีชิ้นงานใดที่วัสดุอุดคลองรากฟันหลุดออกจากชิ้นงานก่อนทำการทดสอบ (premature debonding) และทุกชิ้นงานไม่มีฟองอากาศหรือรอยร้าวในส่วนวัสดุอุดคลองรากฟัน ดังแสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงชิ้นงานที่กำลังขยาย 50 เท่า เห็นเรซินซีเมนต์ล้อมรอบเนื้อฟันโดยไม่มีฟองอากาศในเนื้อวัสดุเรซินซีเมนต์

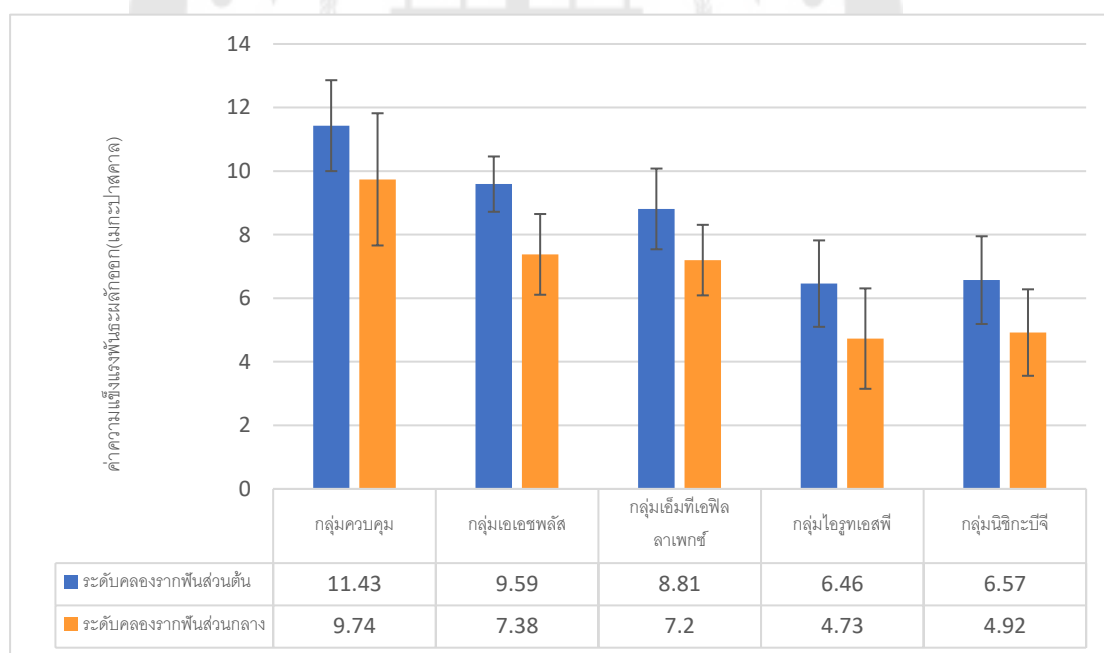
ผลการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเนื้อฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

เมื่อนำชิ้นงานมาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากลเพื่อหาค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเนื้อฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ได้ผลดังแสดงในภาพประกอบ 16

ที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้นพบว่า กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเนื้อฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมากที่สุด คือ 11.43 ± 1.43 เมกะปาสคาล รองลงมาคือ กลุ่มเอชเอสพีเอสได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์

ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันใกล้เคียงกับกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ คือ 9.59 ± 0.87 และ 8.81 ± 1.27 เมกะปาสคาล ตามลำดับ กลุ่มนิซิกะบีจีได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน 6.57 ± 1.38 เมกะปาสคาล และกลุ่มไฮรูทเอสพีได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันน้อยที่สุดคือ 6.46 ± 1.36 เมกะปาสคาล

ที่ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมากที่สุด คือ 9.74 ± 2.08 เมกะปาสคาล รองลงมาคือ กลุ่มเอเซพพลัสได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันใกล้เคียงกับกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ คือ 7.38 ± 1.27 และ 7.20 ± 1.11 เมกะปาสคาล ตามลำดับ กลุ่มนิซิกะบีจีได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน 4.92 ± 1.36 เมกะปาสคาล และกลุ่มไฮรูทเอสพีได้ค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันน้อยที่สุดคือ 4.73 ± 1.58 เมกะปาสคาล



ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยืดเดือยพันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน หน่วยเมกะปาสคาล

ผลการทดสอบชาปีโรวิลค์ (Shapiro-Wilk test) และการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบของเลอวีเน่ (Levene's test) พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันของแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบปกติ และข้อมูลของทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในกลุ่มควบคุม กลุ่มเอเอชพลัส กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ กลุ่มไฮรูทเอสพี และกลุ่มนิซิกะบีจี พบว่าค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระดับคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลาง ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Between groups	177.624	4	44.406	27.135	<0.001
Within groups	73.643	45	1.637		
Total	251.267	49			

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p-value
Between groups	169.426	4	42.356	18.353	<0.001
Within groups	103.855	45	2.308		
Total	273.281	49			

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทูเกย์ (Tukey's Honestly Significance Difference)

กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมากที่สุด โดยแตกต่างจากกลุ่มทดลองที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ซาร่วมกับซีลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อันดับรองลงมาคือกลุ่มเอเอชพลัสและกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05

กลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำที่สุด คือ กลุ่มไฮรูทเอสพี โดยไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มนิซิกะบีจี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05 ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยการทดสอบทูเกย์

ระดับคลองรากฟัน	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ส่วนต้น	กลุ่มควบคุม	11.43 ^A	1.43	9.273	13.416
	กลุ่มเอเอชพลัส	9.59 ^B	0.87	8.078	10.868
	กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	8.81 ^B	1.27	7.281	10.664
	กลุ่มไฮรูทเอสพี	6.46 ^C	1.36	4.693	8.567
	กลุ่มนิซิกะบีจี	6.57 ^C	1.38	4.520	8.607
ส่วนกลาง	กลุ่มควบคุม	9.74 ^a	2.08	7.371	12.664
	กลุ่มเอเอชพลัส	7.38 ^b	1.27	5.655	9.942
	กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	7.20 ^b	1.11	5.315	9.349
	กลุ่มไฮรูทเอสพี	4.73 ^c	1.58	4.693	8.567
	กลุ่มนิซิกะบีจี	4.92 ^c	1.36	3.263	7.169

*หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ระหว่างกลุ่มทดลอง ในระดับคลองรากฟันเดียวกัน

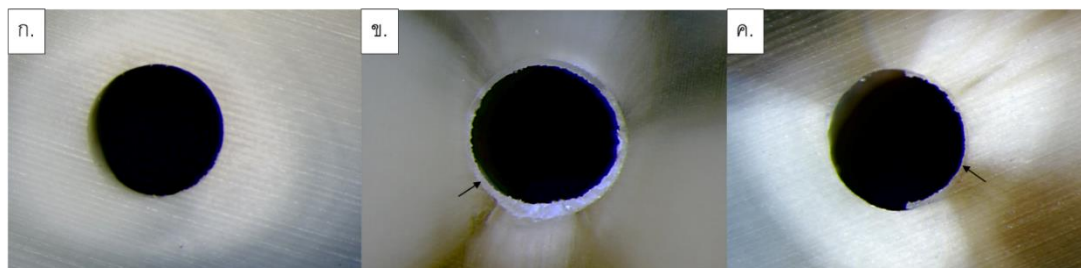
ผลการศึกษาลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด

ลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติดจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 50 เท่า (ภาพประกอบ 17) พบว่าในทุกกลุ่มมีลักษณะความล้มเหลวคล้ายคลึงกัน โดยพบลักษณะความล้มเหลวด้านการยึดติดแบบ Adhesive ระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟันพบมากที่สุด โดยมีค่าร้อยละ 54-56 รองลงมาคือความล้มเหลวด้านการยึดติดแบบผสมซึ่งพบได้ร้อยละ 30-34 พบความล้มเหลวด้านการยึดติดแบบ Adhesive ระหว่างเรซินซีเมนต์และเดือยฟันร้อยละ 12 โดยไม่พบความล้มเหลวแบบ Cohesive แสดงดังตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงจำนวนและร้อยละของชิ้นงานที่แสดงลักษณะความล้มเหลวแบบต่างๆ

ระดับ	กลุ่ม	ประเภทลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด				
		1	2	3	4	5
คลองราก						
พื้น						
ส่วนต้น	กลุ่มควบคุม	6 (60%)	2 (20%)	2 (20%)	-	-
	กลุ่มเอเซพลัส	5 (50%)	1 (10%)	4 (40%)	-	-
	กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	6 (60%)	-	4 (40%)	-	-
	กลุ่มไอรูทเอสพี	5 (50%)	1 (10%)	4 (40%)	-	-
	กลุ่มนิซิกะบีจี	5 (50%)	2 (20%)	3 (30%)	-	-
	รวม	27 (54%)	6(12%)	17(34%)	-	-
ส่วนกลาง	กลุ่มควบคุม	6 (60%)	1 (10%)	3 (30%)	-	-
	กลุ่มเอเซพลัส	5 (50%)	1 (10%)	4 (40%)	-	-
	กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	6 (60%)	1 (10%)	3 (30%)	-	-
	กลุ่มไอรูทเอสพี	6 (60%)	1 (10%)	3 (30%)	-	-
	กลุ่มนิซิกะบีจี	5 (50%)	2 (20%)	3(30%)	-	-
	รวม	28(56%)	6(12%)	16(32%)	-	-

หมายเหตุ : ประเภทที่ 1. Adhesive to dentin: เป็นความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ ประเภทที่ 2. Adhesive to resin cement: เป็นความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเดือยฟันและเรซินซีเมนต์ ประเภทที่ 3. Mixed: เป็นความล้มเหลวที่พบเดือยฟันหลุดออกจากทั้งเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ ประเภทที่ 4. Cohesive of fiber post: เป็นความล้มเหลวภายในเดือยฟัน ประเภทที่ 5. Cohesive in dentin: เป็นความล้มเหลวภายในเนื้อฟัน



ภาพประกอบ 17 แสดงลักษณะความล้มเหลวของพื้นผิวยึดติด

- (ก.) ความล้มเหลวประเภท Adhesive to dentin เกิดความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์และเนื้อฟัน โดยไม่พบเรซินซีเมนต์ที่ผิวของเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟัน
- (ข.) ความล้มเหลวประเภท Adhesive to resin cement เกิดความล้มเหลวด้านการยึดติดระหว่างเดือยฟันและเรซินซีเมนต์ ลูกศรสีดำแสดงถึงเรซินซีเมนต์ที่ล้อมรอบปกคลุมทั้งพื้นผิวของผนังคลองรากฟัน
- (ค.) ความล้มเหลวประเภท Mixed เกิดความล้มเหลวแบบผสมที่พบเดือยฟันหลุดออกจากทั้งเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ โดยลูกศรสีดำแสดงถึงเรซินซีเมนต์ปกคลุมผนังคลองรากฟันเพียงบางส่วน

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

การอภิปรายผลการวิจัย

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในกลุ่มควบคุมที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใช้ซิลเลอร์มีค่ามากที่สุด โดยแตกต่างจากกลุ่มที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซิลเลอร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าซิลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันมีผลทำให้ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Chadgal และคณะ (15) และการศึกษาของ Demiryurek และคณะ (66) โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวอธิบายได้ว่าหลังจากเตรียมพื้นที่เตรียมฟันที่เตรียมพร้อมที่หลงเหลือคองอยู่ในท่อเนื้อฟันทำให้เรซินซีเมนต์ไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ใช้ซิลเลอร์ในการอุดคลองรากฟันมีท่อเนื้อฟันที่เปิดโล่งจึงเป็นผลให้เรซินซีเมนต์สามารถไหลแผ่ได้มากที่สุด ส่งผลให้กลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันมากที่สุด (66)

ส่วนในกลุ่มทดลองที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซิลเลอร์ พบว่าฟันที่อุดคลองรากฟันพร้อมกับซิลเลอร์เอเอสพลัสซึ่งในการทดลองนี้ใช้เป็นกลุ่มมาตรฐาน (gold standard) มีค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์สูงที่สุด โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฟันที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซิลเลอร์เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Reyhani และคณะ (55) ที่อธิบายว่าเนื่องจากเอเอสพลัสมีอีพอกซีเรซิน (epoxy resin) เป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีองค์ประกอบหลักเป็นซาลิไซเลตเรซิน ซึ่งส่วนประกอบเรซินดังกล่าวไม่ได้รับกวนการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน (25, 54, 67) นอกจากนี้เอเอสพลัสและเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์มีความสามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันใกล้เคียงกัน (68) และมีความแข็งแรงในการยึดติดอยู่กับเนื้อฟันใกล้เคียงกันเป็นผลให้หลังจากเตรียมพื้นที่เตรียมฟันจึงหลงเหลือในคลองรากฟันใกล้เคียงกัน (44) ดังนั้นค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในกลุ่มที่อุดร่วมกับซิลเลอร์เอเอสพลัสและเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์จึงมีค่าใกล้เคียงกัน (55)

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดติดด้วยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในฟันที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาพร้อมกับซิลเลอร์เอเอสพลัสและเอ็มทีเอฟิล

ลาเพกซ์ มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันร่วมกับซีลเลอร์ไฮรูทเอสพีและนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับการศึกษาของ Vilas-Boas และคณะ(14) และการศึกษาของ Dibaji และคณะ(26) โดยสามารถอธิบายได้ว่าเนื่องจากซีลเลอร์ไฮรูทเอสพียากต่อการกำจัดออกมากกว่าเอเอสพลัส(69) โดยจากการศึกษาของ Chen และคณะ(18) พบว่าภายหลังการเตรียมพื้นที่เดือยฟันมีซีลเลอร์ชนิดไฮรูทเอสพีหลงเหลืออยู่ในท่อเนื้อฟันมากกว่าเอเอสพลัส นอกจากนี้จากการศึกษาของ Akcay และคณะ(51) ทำการศึกษาความสามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์คอนโฟคอล(confocal microscope)ของซีลเลอร์สามชนิด ได้แก่ เอเอสพลัส ไฮรูทเอสพี และเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ พบว่าไฮรูทเอสพีมีความสามารถในการแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันมากที่สุด โดยกลุ่มเอเอสพลัสและกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ไม่มีความแตกต่างกัน และจากการศึกษาของ Chew และคณะ(70) ศึกษาความสามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์คอนโฟคอลพบว่านิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีมีความสามารถแทรกซึมเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ดีมากกว่าเอเอสพลัส ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภายหลังการเตรียมพื้นที่เดือยฟันจะหลงเหลือไฮรูทเอสพีและนิซิกะคาแนลซีลเลอร์ในคลองรากฟันมากกว่าเอเอสพลัสและเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์(52)จึงเป็นผลให้ขัดขวางเรซินซีเมนต์ในการยึดเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน(23, 71)

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Yuanli และคณะ(72) พบว่าค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในฟันที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ซาร์ร่วมกับซีลเลอร์ร่วมกับเอเอสพลัสและไฮรูทเอสพีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสาเหตุของผลการศึกษาที่ต่างกันอาจเป็นผลมาจากขั้นตอนการล้างพื้นที่เดือยฟันในแต่ละการศึกษามีความแตกต่างกัน โดยในการศึกษาครั้งนี้ การศึกษาของ Vilas-Boas และคณะ(14) และการศึกษาของ Dibaji และคณะ(26) ใช้น้ำกลั่นในการล้างพื้นที่เดือยฟัน แตกต่างจากการศึกษาของ Yuanli และคณะ(72) ล้างพื้นที่เดือยฟันโดยใช้อัลตราโซนิคส์แอ็คทีเวชัน(Ultrasonic activation) ร่วมกับสารละลายคลอโรเฮกซิดีน(Chlorhexidine)และอีดีทีเอ ดังนั้นอาจเป็นผลให้ซีลเลอร์ที่หลงเหลืออยู่ที่ผนังคลองรากฟันไม่เพียงพอที่จะมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำที่สุดพบในกลุ่มที่อุดคลองรากฟันโดยใช้ไฮรูทเอสพี แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับฟันที่อุดคลองรากฟันด้วยกัตาเปอร์ซาร์ร่วมกับนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจี ซึ่งสาเหตุที่เป็นไปได้เนื่องจากทั้งไฮรูทเอสพีและนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีมีการยึดติดกับผนังคลองรากฟันด้วยผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์(hydroxyapatite)เข้าไป

ภายในท่อเนื้อฟัน(50, 73, 74) และซีลเลอร์ทั้งสองชนิดสามารถกำจัดออกจากผนังคลองรากฟันได้ไม่แตกต่างกัน(53) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าหลังจากเตรียมพื้นที่เดือยฟันซีลเลอร์ทั้งสองชนิดจะหลงเหลือใกล้เคียงกัน ทำให้มีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันไม่ต่างกัน

ค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในแต่ละการศึกษาที่มีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความหนาของแผ่นเนื้อฟันที่ใช้(57) ในการศึกษาที่มีความหนาของแผ่นเนื้อฟัน 2 มิลลิเมตร โดยมีค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.73-11.43 เมกะปาสคาล ซึ่งสูงกว่าการศึกษาของ Sukuroglu และคณะ(75) ที่มีความหนาของแผ่นเนื้อฟัน 1 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.36-7.38 เมกะปาสคาล แต่ต่ำกว่าการศึกษาของ Habib และคณะ(76) ที่มีความหนาของแผ่นเนื้อฟัน 4 มิลลิเมตร มีค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกเฉลี่ยอยู่ในช่วง 130.46-284.67 เมกะปาสคาล โดยการเพิ่มความหนาของแผ่นเนื้อฟันจะทำให้เพิ่มพื้นที่การเสียดสี ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดแรงเสียดทาน(friction force) ที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกมีค่ามากขึ้นด้วย(60)

อย่างไรก็ตามการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกยังไม่มีค่ามาตรฐานชี้วัดว่าต้องมีค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกระดับใดจึงจะเพียงพอในการต้านการหลุดออกของเดือยฟัน ซึ่งความหนาของชิ้นงานที่ใช้ศึกษาในการศึกษาที่ผ่านมาตั้งแต่ 1.0-4.0 มิลลิเมตร(72, 76, 77) อย่างไรก็ตามการทดสอบในชิ้นงานที่หนาจะเกิดแรงที่ไม่เป็นระเบียบ (non-uniform stress) จึงมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างให้บางลง(56) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Chen และคณะ(60) ยังพบว่าความหนาของชิ้นงานควรมีความหนามากกว่า 1.1 มิลลิเมตร เพื่อให้ค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกที่คำนวณได้จากสูตรมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงบริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุกับเนื้อฟันเมื่อวัดด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element method) โดยการศึกษาที่ทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกในชิ้นงานที่หนา 2 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นความหนาที่เพียงพอต่อแรงกดจากเครื่องทดสอบสากลโดยไม่พบการแตกหักของแผ่นเนื้อฟัน

เมื่อพิจารณาระดับคลองรากฟัน พบว่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันในส่วนกลางมีค่าต่ำกว่าค่าความแข็งแรงพันธะผลัดออกในส่วนต้นของคลองรากฟัน ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Soares และคณะ(23) เนื่องมาจากเนื้อฟันในผนังคลองรากฟันส่วนกลางมีความหนาแน่นของท่อเนื้อฟันที่น้อยกว่าส่วนต้น เป็นผลให้มีการเกิดเรซินแท็ก(resin tag) ที่น้อยกว่า(78) รวมถึงมีพื้นที่ผิวในการยึด (bonded surface area)

น้อยกว่า ทำให้ความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับเนื้อฟันในผนังคลองรากฟันส่วนต้นมีค่าสูงกว่าเนื้อฟันในระดับผนังคลองรากฟันส่วนกลาง(76)

เมื่อวิเคราะห์ในด้านลักษณะความล้มเหลวพบว่ามีลักษณะความล้มเหลวในการยึดระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์ได้มากกว่าความล้มเหลวในลักษณะอื่น แสดงให้เห็นว่ากำลังแรงยึดระหว่างเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์มากกว่าแรงยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rosa และคณะ(25)และการศึกษาของ Soares และคณะ(23) ที่พบความล้มเหลวประเภท Adhesive to dentin สูงที่สุด โดยมีสาเหตุเพราะการสูญเสียการยึดอยู่มักเริ่มต้นจากการเกิดรอยร้าว (crack propagation) ที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟันและเรซินซีเมนต์(76) สอดคล้องกับการศึกษาของ Pest และคณะ(79) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบความแข็งแรงในการยึดอยู่ของรอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์และรอยต่อระหว่างเรซินซีเมนต์กับเดือยฟัน พบว่าที่รอยต่อระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์มีค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ต่ำกว่า เนื่องมาจากจุดที่อ่อนแอที่สุดของฟันผิวยึดติดอยู่ที่ตำแหน่งรอยต่อนี้(80)นอกจากนี้ขณะที่เรซินซีเมนต์เกิดพอลิเมอไรเซชันจะเกิดการหดตัวของเรซินซีเมนต์อย่างมาก จากค่าคอนฟิกูเรชัน แฟคเตอร์ (Configuration factor) ซึ่งภายในคลองรากฟันมีค่าโดยประมาณมากกว่า 200 ในขณะที่ส่วนตัวฟันจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 1-5 เท่านั้น ดังนั้นเมื่อเรซินซีเมนต์หดตัวทำให้มีความเป็นไปได้อย่างสูงที่จะเกิดการหลุดของเรซินซีเมนต์จากผนังคลองรากฟัน(81)

การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงในการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ในปัจจุบันสามารถทดสอบได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบค่าความแข็งแรงยึดแบบดึง(pull out test) การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะยึดดึงระดับจุลภาค (Microtensile bond strength test) และการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก โดยการทดสอบค่าความแข็งแรงยึดแบบดึงเป็นการวัดแรงเสียดทานขณะที่มีการเคลื่อนไถลของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน โดยให้แรงกระทำกับเดือยฟันทั้งขึ้นทำให้เกิดแรงที่ไม่สม่ำเสมอ (non-uniform stress) (56) ขณะที่การทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะยึดดึงระดับจุลภาคใช้ในงานขนาดเล็กทำให้แรงที่ทดสอบสามารถกระจายได้สม่ำเสมอ แต่มีข้อด้อยคือมีอัตราความล้มเหลวขณะเตรียมชิ้นงานสูง ทำให้เกิดค่าความกระจายของข้อมูลสูง (high data distribution)(82) ดังนั้นการศึกษานี้ได้เลือกทดสอบค่าความแข็งแรงการยึดอยู่ของเรซินซีเมนต์ด้วยการทดสอบค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก เนื่องจากการทดสอบความแข็งแรงพันธะผลึกออกได้ถูกพิจารณาว่าเป็นการทดสอบที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้ โดยการให้แรงกดที่ขนานกับพื้นผิวยึดติดทำให้เกิดความล้มเหลวจากการทดสอบแรงยึดเฉือน(shear test)ที่แท้จริง รวมถึงยังจำลองสถานการณ์ทางคลินิกได้อย่างใกล้เคียง(58)

แนวการวางตำแหน่งของหัวกดลงบนชิ้นงานที่ไม่ตั้งฉากรวมถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลให้เกิดลักษณะการกระจายของแรงภายในชิ้นงานที่ไม่สม่ำเสมอมีผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกที่วัดได้(58, 83) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีความระมัดระวังในการวางตำแหน่งของหัวกดให้ตั้งฉากตรงกับบริเวณที่ต้องการทดสอบ ซึ่งในการศึกษานี้ใช้หัวกดขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาด คือหัวกดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตรและ 0.8 มิลลิเมตรที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางของคลองรากฟันตามลำดับ เพื่อให้สอดคล้องกับความสอบของเดือยฟันในแต่ละระดับ โดยภายหลังจากตัดแบ่งรากฟันได้มีการวัดขนาดของชิ้นงานพบว่ามีความเส้นผ่านศูนย์กลางด้านปลายรากของวัสดุที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางของคลองรากฟันเท่ากับ 1.15 -1.25 และ 0.89-0.96 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pane และคณะ(59) พบว่าขนาดหัวกดขนาดร้อยละ 70 ถึง 90 ของบริเวณวัสดุที่ถูกกดมีขนาดเหมาะสมที่จะไม่ส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออก โดยแนะนำเลือกหัวกดให้มีขนาดเล็กกว่าและใกล้เคียงกับบริเวณที่จะกดมากที่สุด เพื่อไม่ให้หัวกดโดนบริเวณพื้นผิวยึดติดขณะทำการทดสอบเป็นการลด interfacial sliding friction

ในการศึกษานี้เลือกใช้ฟันมนุษย์ที่ถูกถอน ซึ่งมีข้อดีคือสามารถจำลองสถานการณ์ทางคลินิกได้เนื่องจากเป็นการวัดค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันที่เป็นเนื้อฟันธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดคือไม่สามารถกำหนดความโค้งของคลองรากฟันรวมถึงรูปร่างของคลองรากฟันได้ แตกต่างจากคลองรากฟันสังเคราะห์ซึ่งจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอตลอดความยาวราก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้พยายามควบคุมลักษณะหน้าตัดคลองรากฟันให้มีรูปร่างกลม โดยเลือกใช้ฟันตัดหน้าบน เนื่องจากมีลักษณะคลองรากฟันที่กลมและรากฟันค่อนข้างตรง(84) ทำการวัดขนาดของรากฟันทั้งในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นต่อแนวใกล้กลางไกลกลางที่ระดับรอยต่อของเคลือบรากฟันกับผิวเคลือบฟันให้มีอัตราส่วนในช่วง 1-1.5 เพื่อควบคุมให้ลักษณะหน้าตัดคลองรากฟันมีรูปร่างค่อนข้างกลม (61) รวมถึงควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคลองรากฟัน โดยในขั้นตอนการขยายคลองรากฟันเลือกใช้การขยายคลองรากฟันด้วยวิธีคราวน์ดาวน์เพื่อลดการทำให้เกิดชั้น (Ledge) หรือขยายคลองรากฟันผัดแนวโดยใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมแบบหมุนด้วยเครื่องระบบเคทีพีเพราะไฟล์ระบบเคทีพีมีความผายคงที่เพื่อควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคลองรากฟันให้สม่ำเสมอใกล้เคียงกันมากที่สุด

การอุดคลองรากฟันโดยใช้เทคนิคซิงเกิ้ลโคนเป็นเทคนิคที่สามารถใช้ได้ดีกับซีลเลอร์ทั้งสี่ชนิดที่เลือกใช้ในการศึกษานี้(73, 85) โดยจากการศึกษาของ Kok และคณะ(85)เปรียบเทียบเทคนิคการอุดคลองรากฟันเทคนิคแลทเทอรัลคอมแพคชัน (lateral compaction) และเทคนิคซิง

เกิ้ลโคน พบว่าทั้งสองเทคนิคไม่มีความแตกต่างกันในแง่ความสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อฟัน (sealer penetration) ของซีลเลอร์เอเอสพลัส โดยหากลองกั้ตตาเปอร์ชาแห่งหลักได้แน่นในคลอง รากฟันจะสัมพันธ์กับการมีความแนบสนิทกับผนังคลองรากฟัน (adaptation)(86) นอกจากนี้จาก การศึกษาของ Wang และคณะ(87) เปรียบเทียบเทคนิคการอุดคลองรากฟันแบบวอร์ม เวิร์ทคัล คอมแพคชัน (Warm vertical compaction) และเทคนิคซิงเกิ้ลโคน พบว่าการอุดทั้งสองแบบไม่มี ความแตกต่างกันในแง่ความแนบสนิทกับผนังคลองรากฟันและความสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อ ฟันของซีลเลอร์เอเอสพลัสและไฮรูทเอสพี ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกเทคนิคการอุดคลองรากซิง เกิ้ลโคน ซึ่งในขั้นตอนการลองกั้ตตาเปอร์ชาแห่งหลักพบว่ามีความต้านบริเวณปลายรากฟันที่แน่น สามารถควบคุมจุดสิ้นสุดของวัสดุอุดคลองรากฟันได้ และมีการยืนยันจุดสิ้นสุดของการอุดคลอง รากฟันโดยการถ่ายภาพรังสี โดยใช้เคทริกั้ตตาเปอร์ชานขนาด 40/06 เป็นกั้ตตาเปอร์ชาแห่งหลัก เคลือบกั้ตตาเปอร์ชาด้วยซีลเลอร์แล้วป้ายให้ทั่วคลองรากฟัน โดยทำการตั้งกั้ตตาเปอร์ชา ขึ้นลงในแนวตั้ง 3 ครั้ง(65)เพื่อควบคุมปริมาณซีลเลอร์ให้มีความใกล้เคียงกันในทุกกลุ่มการ ทดลอง

จากการศึกษาของ Marcos และคณะ(88) พบว่าความหนาของเรซินซีเมนต์จะส่งผลบ ต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลั้กออกของเรซินซีเมนต์ โดยอธิบายว่าเมื่อชั้นเรซินซีเมนต์หนาจะพบ พบฟองอากาศ(void)ในเนื้อเรซินซีเมนต์ เป็นผลให้เกิดความล้มเหลวและหลุดออกของเดือยฟัน มากกว่าในฟันที่ชั้นเรซินซีเมนต์บาง(89) ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีการควบคุมปริมาณเรซินซีเมนต์ที่ใช้ โดยเลือกใช้เดือยฟันเสริมเส้นใยไฟเบอร์เคลียร์ชนิดรูปร่างผายคงที่ขนาด 2 และความแนบพอดีกับ คลองรากฟัน ซึ่งจากการศึกษานำร่องพบว่าจะได้ความหนาของเรซินซีเมนต์อยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิเมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Arcangeloและคณะ(90) ที่พบว่าเรซินซีเมนต์ควรมีความ หนาอยู่ในช่วง 0.1-0.3 มิลลิเมตร โดยความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์ที่น้อยหรือมากเกินไปทำให้ค่า ความแข็งแรงของเรซินซีเมนต์ในการยึดคลองอย่างมีนัยสำคัญ

เรซินซีเมนต์ที่เข้าร่วมกับสารยึดติดในการยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยในปัจจุบันมีหลายชนิด คือ ระบบโททอลเอทซ์ ระบบเซลฟ์เอทซ์ และระบบเซลฟ์แอตตีซีฟ ซึ่งคุณสมบัติของสารยึดติด ระบบต่างๆมีผลต่อความแข็งแรงในการยึดอยู่ของเดือยฟันเสริมเส้นใย(91) จากการศึกษาของ Calixto และคณะ(35) พบว่าเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทซ์และระบบเซลฟ์เอทซ์ให้ค่าความ แข็งแรงพันธะผลั้กออกกับผิวเนื้อฟันสูงใกล้เคียงกัน โดยทั้งสองระบบมีค่าความแข็งแรงพันธะผลั้ก ออกสูงกว่าสารยึดติดระบบเซลฟ์แอตตีซีฟ อย่างไรก็ตามแม้ว่าระบบโททอลเอทซ์ให้ค่าความ แข็งแรงยึดที่สูงไม่แตกต่างจากระบบเซลฟ์เอทซ์ แต่มีขั้นตอนการใช้งานที่ต้องควบคุม เช่น การ

ควบคุมระยะเวลาในการใช้กรดกัด การล้างกำจัดกรดออกจากคลองรากฟัน และการควบคุมระดับความชื้นของเนื้อฟันให้เหมาะสมต่อการยึดติด (92) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้สารยึดติดระบบเซลฟ์เอทช์เพื่อเป็นการลดปัจจัยกวนเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อนทำให้เกิดความผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนน้อยกว่า รวมถึงเรซินซีเมนต์ที่ใช้ระบบการยึดติดโททอลเอทช์หรือเซลฟ์เอทช์มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกไม่แตกต่างกัน(33)

การศึกษานี้ทำได้เพียงเปรียบเทียบความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดี่ยวฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน ภายหลังจากอุดคลองรากฟันโดยใช้กัตตาเปอร์ชา ร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ต่างชนิดกัน โดยยังมีข้อจำกัดของการศึกษาในห้องปฏิบัติการ คือการไม่สามารถจำลองสภาวะที่เกิดขึ้นจริงทางคลินิกได้ทั้งหมด ทั้งนี้การพิจารณาแต่ค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์เพียงด้านเดียวไม่เพียงพอที่จะบ่งชี้ว่าซีลเลอร์ใดสามารถนำไปใช้งานทางคลินิกได้ดี หากมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านอื่น เช่น ผลของการล้างฟันที่เดี่ยวฟันเพื่อกำจัดซีลเลอร์ที่หลงเหลือต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดี่ยวฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน การประเมินผลสำเร็จทางคลินิก รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ห่อภิมาณ จะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้ชนิดของซีลเลอร์มากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

ภายใต้ข้อจำกัดของการศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้พบว่าซีลเลอร์ทุกกลุ่มมีผลลดค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดี่ยวฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟัน โดยการอุดคลองรากฟันร่วมกับนิซิกะคาแนลซีลเลอร์บีจีซึ่งเป็นซีลเลอร์อุดคลองรากฟันชนิดไบโอแอ็กทีฟฟอสฟอรัส และไฮรูทเอสพีซึ่งเป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ชนิดผสมสำเร็จ จะส่งผลให้มีค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดี่ยวฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันต่ำกว่ากลุ่มที่อุดคลองรากฟันร่วมกับเอเอสพลัสซึ่งเป็นอีพอกซีเรซินซีลเลอร์และกลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์ซึ่งเป็นไฮบริดไบโอเซรามิกซีลเลอร์ ทั้งในระดับคลองรากฟันส่วนต้นและส่วนกลางอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นหากมีการวางแผนบูรณะฟันหลังการรักษาคลองรากฟันด้วยเดี่ยวฟันเสริมเส้นใยร่วมกับเรซินซีเมนต์ การใช้เอเอสพลัสหรือเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์เป็นซีลเลอร์ในการอุดคลองรากฟันเป็นตัวเลือกที่ส่งเสริมการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันเพียงด้านเดียวอาจไม่ได้รับรองถึงผลสำเร็จทางคลินิก ดังนั้นจึงควรศึกษาในแง่มุมอื่นเพิ่มเติม ยกตัวอย่างเช่น เปรียบเทียบวิธีการกำจัดซีลเลอร์ที่หลงเหลือหลังจากเตรียมพื้นที่เดือยฟันด้วยวิธีต่างกันว่าส่งผลต่อค่าความแข็งแรงพันธะผลึกออกของเรซินซีเมนต์ที่ยึดเดือยฟันเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันหรือไม่ นอกจากนี้อาจขยายการศึกษาไปยังชนิดของซีลเลอร์ที่มีขายในท้องตลาดให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น จะช่วยให้สามารถตัดสินใจเลือกชนิดซีลเลอร์ที่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

1. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J.* 1995;28(1):12-8.
2. Gutmann JL. The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1992;67(4):458-67.
3. Vire DE. Failure of endodontically treated teeth: classification and evaluation. *J Endod.* 1991;17(7):338-42.
4. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod.* 2004;30(5):289-301.
5. European Society of Endodontology developed b, Mannocci F, Bhuva B, Roig M, Zarow M, Bitter K. European Society of Endodontology position statement: The restoration of root filled teeth. *Int Endod J.* 2021;54(11):1974-81.
6. Salameh Z, Ounsi HF, Aboushelib MN, Sadig W, Ferrari M. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars with and without glass fiber post in combination with a zirconia-ceramic crown. *J Dent.* 2008;36(7):513-9.
7. Varvara G, Perinetti G, Murmura G, Caputi DDaS. In vitro evaluation of fracture resistance and failure mode of internally restored endodontically treated maxillary incisors with differing heights of residual dentin. *J Prosthet Dent.* 2007;98(5).
8. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 1999;81 (3):262-9.
9. Makade CS, Meshram GK, Warhadpande M, Patil PG. A comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post core systems - an in-vitro study. *J Adv Prosthodont.* 2011;3(2):90-5.
10. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical Behavior of Translucent-Fiber Posts: A 2-Year Prospective Study. *Int J Prosthodont.* 2003;16(6):593-6.
11. Ferrari M, Cagidiaco MC, Goracci C, Vichi A, Mason PN, Radovic I, et al. Long-term retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.*

2007;20(5):287-91.

12. Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent.* 2000;13:9B-13B.
13. Ozdemir O, Kocak S, Hazar E, Saglam BC, Coskun E, Kocak MM. Dentinal tubule penetration of gutta-percha with syringe-mix resin sealer using different obturation techniques: A confocal laser scanning microscopy study. *Aust Endod J.* 2022;48(2):258-65.
14. Vilas-Boas DA, Grazziotin-Soares R, Ardenghi DM, Bauer J, de Souza PO, de Miranda Candeiro GT, et al. Effect of different endodontic sealers and time of cementation on push-out bond strength of fiber posts. *Clin Oral Investig.* 2018;22(3):1403-9.
15. Chadgal S, Choudhary A, Thapa T. Effect of Different Root Canal Sealers on Push Out Bond Strength of Fiber Posts to Root Canal Dentin: An In- Vitro Study. *Int J Res Health Allied Sci* 2019;5(1):117-20.
16. Donnermeyer D, Burklein S, Dammaschke T, Schafer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology.* 2019;107(4):421-36.
17. Jafari F, Jafari S. Composition and physicochemical properties of calcium silicate based sealers: A review article. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(10):e1249-55.
18. Chen X, Liu H, He Y, Luo T, Zou L. Effects of Endodontic Sealers and Irrigation Systems on Smear Layer Removal after Post Space Preparation. *J Endod.* 2018;44(8):1293-7.
19. Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical Properties of Epoxy Resin-Based and Bioceramic-Based Root Canal Sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017;2017:2582849.
20. Kamha SM, Enan HA. Push out bond strength of root canal filling with epoxy resin-based,MTA-based and bioceramic-based endodontic sealer. *Egypt Dent J.* 2018;64(2):1707-18.
21. Washio A, Morotomi T, Yoshii S, Kitamura C. Bioactive Glass-Based Endodontic Sealer as a Promising Root Canal Filling Material without Semisolid Core Materials. *Materials.* 2019;12(23).

22. Yasumasa T, Toshihiro U, Hiroki A, Tomoya H, Satoshi K, Hiroshi I. A comparative study of the push-out bond strength of three types of bio-ceramic sealer. *J Jpn Endod Assoc.* 2021;42(2):102-7.
23. Soares IMV, Crozeta BM, Pereira RD, Silva RG, da Cruz-Filho AM. Influence of endodontic sealers with different chemical compositions on bond strength of the resin cement/glass fiber post junction to root dentin. *Clin Oral Investig.* 2020;24(10):3417-23.
24. Oltra E, Cox TC, LaCourse MR, Johnson JD, Paranjpe A. Retreatability of two endodontic sealers, EndoSequence BC Sealer and AH Plus: a micro-computed tomographic comparison. *Restor Dent Endod.* 2017;42(1):19-26.
25. Rosa RA, Barreto MS, Moraes Rdo A, Broch J, Bier CA, So MV, et al. Influence of endodontic sealer composition and time of fiber post cementation on sealer adhesiveness to bovine root dentin. *Braz Dent J.* 2013;24(3):241-6.
26. Dibaji F, Mohammadi E, Farid F, Mohammadian F, Sarraf P, Kharrazifard MJ. The Effect of BC Sealer, AH-Plus and Dorifill on Push-out Bond Strength of Fiber Post. *Iran Endod J.* 2017;12(4):443-8.
27. Dimitriu B, Vârlan C, Suci I, Vârlan V, Bodnar D. Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. *J Med Life.* 2009;2(1):60-5.
28. Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. *Dent Mater.* 2006;22(5):477-85.
29. Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials.* 2002;23(13):2667-82.
30. Alnaqbi IOM, Elbishari H, Elsubeihi ES. Effect of Fiber Post-Resin Matrix Composition on Bond Strength of Post-Cement Interface. *Int J Dent.* 2018;2018:4751627.
31. Zicari F, Coutinho E, Scotti R, Van Meerbeek B, Naert I. Mechanical properties and micro-morphology of fiber posts. *Dent Mater.* 2013;29(4):e45-52.
32. FibreKleer® Posts[Internet]. [cited 8 November 2023]. Available from: https://dme-medical.com/pdf/br_fibrekor.pdf.
33. Bastos PCA, Faria DEd, Bridi EC, Amaral FLBd, Franca FMG, Florio FM, et al.

Push-out bond strength and sealing ability of etch-and-rinse and self-etching adhesives used for fiberglass dowel bonding at different depths of the root canals. *Rev Odontol UNESP*. 2011;40(4):174-81.

34. Breschi L, Mazzoni A, De Stefano Dorigo E, Ferrari M. Adhesion to Intraradicular Dentin: A Review. *J Adhes Sci Technol*. 2009;23(7-8):1053-83.

35. Calixto LR, Bandeca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012;37(1):80-6.

36. Multilink N [Internet]. [cited 6 February 2023]. Available from: https://www.oro-dent-groupe.com/ressource/Multilink+N_2.pdf.

37. Instruction for use Multilink N [Internet]. [cited 6 February 2023]. Available from: <https://cdn.dentalspeed.com/manual/manual-multilink-n-8117.pdf>.

38. Instruction for use Multilink N [Internet]. [cited 3 January 2024]. Available from: <https://www.xdentallab.com/Docs/cement.pdf>.

39. Grossman L. An Improved root canal cement. *J Am Dent Assoc*. 1958;56.

40. AH-Plus [Internet]. [cited 3 January 2024]. Available from: https://www.dentsplysirona.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Obturation_Materials_and_Instruments/Sealers/AH_Plus_AH_Plus_Jet/AH-Plus-akx2gja-scientific-en-1402.

41. 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.

42. Roggendorf MJ, Ebert J, Petschelt A, Frankenberger R. Influence of moisture on the apical seal of root canal fillings with five different types of sealer. *J Endod*. 2007;33(1):31-3.

43. Sagsen B, Ustün Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. *Int Endod J*. 2011;44(12):1088-91.

44. Assmann E, Scarparo RK, Bottcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two

mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. *J Endod*. 2012;38(2):219-21.

45. Mta fillapex Scientific Profile[Internet]. [cited 3 January 2024]. Available from: <https://angelus.ind.br/assets/uploads/2020/09/Technical-Scientific-Profile-MTA-Fillapex.pdf>.

46. Gurgel-Filho ED, Leite FM, Lima JBd, Montenegro JPC, Saavedra F, João E, et al. Comparative evaluation of push-out bond strength of a MTA-based root canal sealer. *Braz J Oral Sci*. 2014;13(2):114-7.

47. Baechtold MS, Mazaro AF, Crozeta BM, Leonardi DP, Tomazinho FSF, Baratto-Filho F, et al. Adhesion and formation of tags from MTA Fillapex compared with AH Plus® cement. *RSBO*. 2014;11(1):71-6.

48. Madhuri GV, Varri S, Bolla N, Mandava P, Akkala LS, Shaik J. Comparison of bond strength of different endodontic sealers to root dentin: An in vitro push-out test. *J Conserv Dent*. 2016;19(5):461-4.

49. Instruction for use iRootSP[Internet]. [cited 3January 2024]. Available from: https://ibioceramix.com/assets/docs/iRoot_SP_IFU.207164417.pdf.

50. Malhotra S, Hegde MN, Shetty C. Bioceramic Technology in Endodontics. *Br J Med Med Res*. 2014;4(12):2446-54.

51. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: A confocal microscopic study. *Lasers Surg Med*. 2016;48(1):70-6.

52. Uzunoglu E, Yilmaz Z, Sungur DD, Altundasar E. Retreatability of Root Canals Obturated Using Gutta-Percha with Bioceramic, MTA and Resin-Based Sealers. *Iran Endod J*. 2015;10(2):93-8.

53. Washio A, Yoshii S, Morotomi T, Kitamura C. Evaluation of removability of root canals filled using bioactive glass based sealer. *Jpn J Conserv Dent*. 2017;60:14-21.

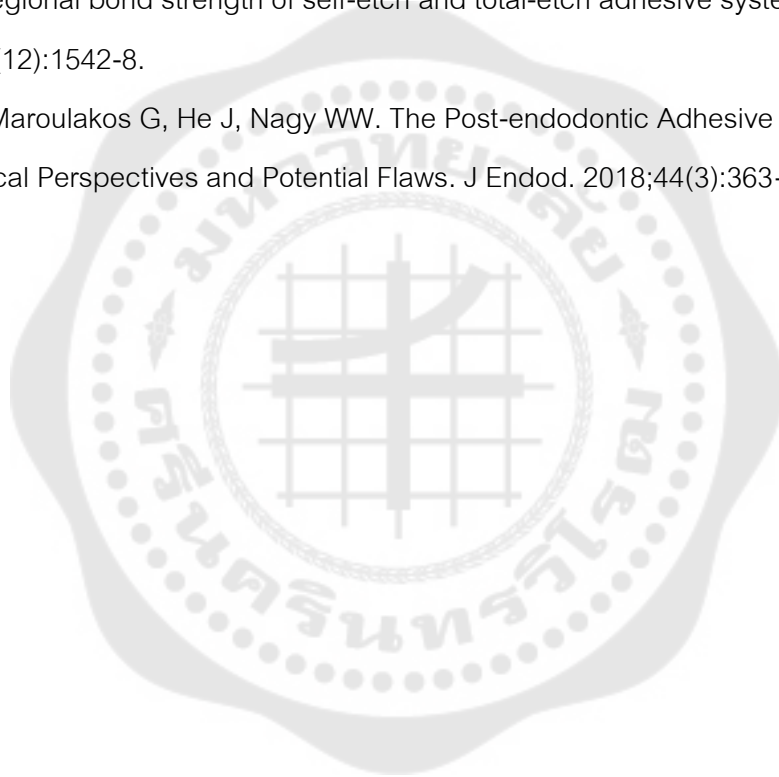
54. Cecchin D, Farina AP, Souza MA, Carlini-Junior B, Ferraz CC. Effect of root canal sealers on bond strength of fibreglass posts cemented with self-adhesive resin cements. *Int Endod J*. 2011;44(4):314-20.

55. Reyhani MF, Ghasemi N, Rahimi S, Milani AS, Omranic E. Effect of Different Endodontic Sealers on the Push-out Bond Strength of Fiber Posts. *Iran Endod J.* 2016;11(2):119-23.
56. Goracci C, Grandini S, Bossu M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent.* 2007;35(11):827-35.
57. Brichko J, Burrow MF, Parashos P. Design Variability of the Push-out Bond Test in Endodontic Research: A Systematic Review. *J Endod.* 2018;44(8):1237-45.
58. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004;112:353-61.
59. Pane ES, Palamara JE, Messer HH. Critical evaluation of the push-out test for root canal filling materials. *J Endod.* 2013;39(5):669-73.
60. Chen WP, Chen YY, Huang SH, Lin CP. Limitations of push-out test in bond strength measurement. *J Endod.* 2013;39(2):283-7.
61. Wu MK, R'Oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(6):739-43.
62. Çalt S, Serper A. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structure. *J Endod.* 2002;28(1):17-9.
63. 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.
64. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *J Endod.* 2012;38(2):240-4.
65. Atmeh AR, Alharbi R, Aljamaan I, Alahmari A, Shetty AC, Jamleh A, et al. The Effect of Sealer Application Methods on Voids Volume after Aging of Three Calcium Silicate-Based Sealers: A Micro-Computed Tomography Study. *Tomography.* 2022;8(2):778-88.
66. Demiryurek EO, Kulunk S, Yuksel G, Sarac D, Bulucu B. Effects of three canal sealers on bond strength of a fiber post. *J Endod.* 2010;36(3):497-501.

67. Mosharraf R, Zare S. Effect of the Type of Endodontic Sealer on the Bond Strength Between Fiber Post and Root Wall Dentin. *J Dent (Tehran)*. 2014;11(4):455-63.
68. Kok D, Rosa RA, Barreto MS, Busanello FH, Santini MF, Pereira JR, et al. Penetrability of AH plus and MTA fillapex after endodontic treatment and retreatment: a confocal laser scanning microscopy study. *Microsc Res Tech*. 2014;77(6):467-71.
69. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*. 2011;37(11):1547-9.
70. Chew ST, Eshak Z, Al-Haddad A. Evaluation of interfacial adaptation and penetration of bioceramic-based sealers in oval root canals: A confocal laser scanning microscope study. *Microsc Res Tech*. 2023;86(7):754-61.
71. Pena Bengoa F, Magasich Arze MC, Macchiavello Noguera C, Moreira LFN, Kato AS, Bueno C. Effect of ultrasonic cleaning on the bond strength of fiber posts in oval canals filled with a premixed bioceramic root canal sealer. *Restor Dent Endod*. 2020;45(2):e19.
72. Yuanli H, Juan W, Mengzhen J, Xuan C, Kaixin X, Xueqin Y, et al. The effect of two endodontic sealers and interval before post-preparation and cementation on the bond strength of fiber posts. *Clin Oral Investig*. 2021;25(11):6211-7.
73. Yoshii S, Washio A, Morotomi T, Kitamura C. Root Canal Sealing Ability of Bioactive Glass-based Sealer and Its Effects on Dentin. *Jpn J Conserv Dent*. 2016;59(6):463-71.
74. Belal RS, Edanami N, Yoshiba K, Yoshiba N, Ohkura N, Takenaka S, et al. Comparison of calcium and hydroxyl ion release ability and in vivo apatite-forming ability of three bioceramic-containing root canal sealers. *Clin Oral Investig*. 2022;26(2):1443-51.
75. Sukuroglu E, Aslan Y, Nagas E, Canay S, Senyilmaz DP. Effect of root canal sealers on the push-out bond strengths of tooth-colored posts to root dentine. *J Adhes Sci Technol*. 2015;29(16):1680-9.
76. Habib SR, Ansari AS, Khan AS, Alamro NM, Alzaaqi MA, Alkhunfer YA, et al. Push-Out Bond Strength of Endodontic Posts Cemented to Extracted Teeth: An In-Vitro Evaluation. *Materials*. 2022;15(19).
77. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L,

- de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J.* 2017;12(3):343-8.
78. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjör IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent.* 2000;13(5):255-60.
79. Pest LB, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002;18(8):596-602.
80. Allabban MNM, Youssef SA, Nejri AAM, Qudaih MAA. Evaluation of Bond Strength of Aesthetic Type of Posts at Different Regions of Root Canal after Application of Adhesive Resin Cement. *Open Access Maced J Med Sci.* 2019;7(13):2167-72.
81. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer J-M, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater.* 2003;19(3):199-205.
82. Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, et al. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater.* 2008;24(10):1405-11.
83. Nagas E, Uyanik O, Durmaz V, Cehreli ZC. Effect of plunger diameter on the push-out bond values of different root filling materials. *Int Endod J.* 2011;44(10):950-5.
84. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. 2016:165-8.
85. Kok D, Hungaro Duarte MA, Abreu Da Rosa R, Wagner MH, Pereira JR, So MV. Evaluation of epoxy resin sealer after three root canal filling techniques by confocal laser scanning microscopy. *Microsc Res Tech.* 2012;75(9):1277-80.
86. Jamleh A, Awawdeh L, Albanyan H, Masuadi E, Alfouzan K. Apical Gutta-percha cone adaptation and degree of tug-back sensation after canal preparation. *Saudi Endod J.* 2016;6(3):131-5.
87. Wang Y, Liu S, Dong Y. In vitro study of dentinal tubule penetration and filling quality of bioceramic sealer. *PLoS ONE.* 2018;13(2):e0192248.
88. Marcos RM, Kinder GR, Alfredo E, Quaranta T, Correr GM, Cunha LF, et al. Influence of the Resin Cement Thickness on the Push-Out Bond Strength of Glass Fiber Posts. *Braz Dent J.* 2016;27(5):592-8.

89. Gomes GM, Rezende EC, Gomes OM, Gomes JC, Loguercio AD, Reis A. Influence of the resin cement thickness on bond strength and gap formation of fiber posts bonded to root dentin. *J Adhes Dent.* 2014;16(1):71-8.
90. D'Arcangelo C, Cinelli M, Angelis FD, D'Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent.* 2007;98(3):193-8.
91. Proenca JP, Polido M, Osorio E, Erhardt MC, Aguilera FS, Garcia-Godoy F, et al. Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dent Mater.* 2007;23(12):1542-8.
92. Maroulakos G, He J, Nagy WW. The Post-endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws. *J Endod.* 2018;44(3):363-71.





ตาราง 1 บันทึกค่าความแข็งแรงผลึกออก ที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น

กลุ่ม	ชิ้นงานที่	ค่าแรง(เมกะปาสคาล)
กลุ่มควบคุม	1	9.27
	2	9.28
	3	10.33
	4	11.14
	5	11.37
	6	12.01
	7	12.22
	8	12.40
	9	12.87
	10	13.41
	ค่าเฉลี่ย	11.43
กลุ่มเอเซพลัส	1	8.07
	2	8.47
	3	8.98
	4	9.50
	5	9.56
	6	9.87
	7	10.01
	8	10.17
	9	10.39
	10	10.86
	ค่าเฉลี่ย	9.59
กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	1	7.28
	2	7.78
	3	7.73
	4	7.75
	5	8.41

ตาราง 1 (ต่อ)

กลุ่ม	ชั้นงานที่	ค่าแรง(เมกะปาสคาล)
กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	6	8.34
	7	9.53
	8	10.20
	9	10.66
	10	10.39
	ค่าเฉลี่ย	8.81
กลุ่มไอรูทเอสพี	1	4.69
	2	4.85
	3	5.69
	4	5.59
	5	5.96
	6	6.49
	7	7.01
	8	7.33
	9	8.57
	10	8.42
ค่าเฉลี่ย	6.46	
กลุ่มนิชิกะบีจี	1	4.52
	2	4.85
	3	5.59
	4	5.84
	5	6.60
	6	6.85
	7	7.01
	8	7.33
	9	8.47
	10	8.60
ค่าเฉลี่ย	6.57	

ตาราง 2 บันทึกค่าความแข็งแรงผลึกออก ที่ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง

กลุ่ม	ชิ้นงานที่	ค่าแรง(เมกะปาสคาล)
กลุ่มควบคุม	1	7.37
	2	7.68
	3	7.92
	4	8.13
	5	8.52
	6	10.02
	7	10.64
	8	12.15
	9	12.30
	10	12.66
	ค่าเฉลี่ย	9.74
กลุ่มเอเอชพลัส	1	6.58
	2	5.65
	3	6.25
	4	6.22
	5	7.78
	6	8.48
	7	7.69
	8	7.23
	9	7.95
	10	9.94
	ค่าเฉลี่ย	7.38
กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	1	5.31
	2	7.10
	3	6.52
	4	7.57
	5	7.42

ตาราง 2 (ต่อ)

กลุ่ม	ชั้นงานที่	ค่าแรง(เมกะปาสคาล)
กลุ่มเอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	6	6.23
	7	6.68
	8	9.35
	9	7.92
	10	7.88
	ค่าเฉลี่ย	7.20
กลุ่มไอรูทเอสพี	1	2.79
	2	3.36
	3	2.95
	4	3.99
	5	4.88
	6	5.48
	7	4.26
	8	5.28
	9	6.83
	10	7.50
ค่าเฉลี่ย	4.73	
กลุ่มนิทิกะบีจี	1	3.26
	2	3.36
	3	3.99
	4	4.131
	5	4.49
	6	4.87
	7	5.72
	8	5.31
	9	7.17
	10	6.89
ค่าเฉลี่ย	4.92	

ตาราง 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทูกี ที่ระดับคลงรากฟันส่วนต้น

(I)Group	(J)Group	Mean Difference(I-J)	Std.Error	p-value	95%Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ควบคุม	เอเซทพลัส	1.84049*	.57210	.019	.2149	3.4661
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	2.62406*	.57210	<0.001	.9985	4.2497
	ไอรูทเอสพี	4.97222*	.57210	<0.001	3.3466	6.5978
	นิติกะบีจี	4.86657*	.57210	<0.001	3.2410	6.4922
เอเซทพลัส	ควบคุม	-1.84049*	.57210	.019	-3.4661	-.2149
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	.78357	.57210	.650	-.8420	2.4092
	ไอรูทเอสพี	3.13172*	.57210	<0.001	1.5061	4.7573
	นิติกะบีจี	3.02608*	.57210	<0.001	1.4005	4.6517
เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	ควบคุม	-2.62406*	.57210	<0.001	-4.2497	-.9985
	เอเซทพลัส	-.78357	.57210	.650	-2.4092	.8420
	ไอรูทเอสพี	2.34815*	.57210	.002	.7226	3.9738
	นิติกะบีจี	2.24250*	.57210	.003	.6169	3.8681
ไอรูทเอสพี	ควบคุม	-4.97222*	.57210	<0.001	-6.5978	-3.3466
	เอเซทพลัส	-3.13172*	.57210	<0.001	-4.7573	-1.5061
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	-2.34815*	.57210	.002	-3.9738	-.7226
	นิติกะบีจี	-.10565	.57210	1.000	-1.7312	1.5199
นิติกะบีจี	ควบคุม	-4.86657*	.57210	<0.001	-6.4922	-3.2410
	เอเซทพลัส	-3.02608*	.57210	<0.001	-4.6517	-1.4005
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	-2.24250*	.57210	.003	-3.8681	-.6169
	ไอรูทเอสพี	.10565	.57210	1.000	-1.5199	1.7312

ตาราง 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทูที ที่ระดับคลงรากฟันส่วนกลาง

(I)Group	(J)Group	Mean Difference (I-J)	Std.Error	p-value	95%Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
ควบคุม	เอเซพลัส	2.361778*	.679396	.010	.43131	4.29225
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	2.540969*	.679396	.004	.61050	4.47144
	ไอรูทเอสพี	5.006503*	.679396	<0.001	3.07603	6.93697
	นิติกะบีจี	4.820197*	.679396	<0.001	2.88973	6.75067
เอเซพลัส	ควบคุม	-2.361778*	.679396	.010	-4.29225	-.43131
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	.179191	.679396	.999	-1.75128	2.10966
	ไอรูทเอสพี	2.644724*	.679396	.003	.71425	4.57519
	นิติกะบีจี	2.458419*	.679396	.006	.52795	4.38889
เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	ควบคุม	-2.540969*	.679396	.004	-4.47144	-.61050
	เอเซพลัส	-.179191	.679396	.999	-2.10966	1.75128
	ไอรูทเอสพี	2.465533*	.679396	.006	.53506	4.39600
	นิติกะบีจี	2.279227*	.679396	.013	.34876	4.20970
ไอรูทเอสพี	ควบคุม	-5.006503*	.679396	<0.001	-6.93697	-3.07603
	เอเซพลัส	-2.644724*	.679396	.003	-4.57519	-.71425
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	-2.465533*	.679396	.006	-4.39600	-.53506
	นิติกะบีจี	-.186306	.679396	.999	-2.11678	1.74416
นิติกะบีจี	ควบคุม	-4.820197*	.679396	<0.001	-6.75067	-2.88973
	เอเซพลัส	-2.458419*	.679396	.006	-4.38889	-.52795
	เอ็มทีเอฟิลลาเพกซ์	-2.279227*	.679396	.013	-4.20970	-.34876
	ไอรูทเอสพี	.186306	.679396	.999	-1.74416	2.11678

ประวัติผู้เขียน

