

ผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้นเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึด
แบบผลึก

นางสาวปริญญาพร ศรีอ่อนเที่ยง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและเพิ่มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นเพิ่มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFECT OF QUARTZ FIBER POST SURFACE TREATMENT WITH HYDROGEN
PEROXIDE ON THE PUSH OUT BOND STRENGTH

Miss Parinyaporn Srionthiang

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

Department of Prosthodontics

Faculty of Dentistry

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วย
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก
โดย นางสาวปริญญาพร ศรีอ่อนเที่ยง
สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร. สุจิต พูลทอง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.อรพินท์ แก้วปลั่ง)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วรรณธนะ สัตตบรรณสุข)

ปริญญาพร ศรีอ่อนเที่ยง : ผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วย ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก. (EFFECT OF QUARTZ FIBER POST SURFACE TREATMENT WITH HYDROGEN PEROXIDE ON THE PUSH OUT BOND STRENGTH) อ. ที่ปริกษานิพนธ์หลัก: รศ.ทญ. อิศราวัลย์ บุญศิริ, 74 หน้า.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยนำฟันกรามน้อยล่างแท้ซี่ที่หนึ่งของมนุษย์ ที่ถอนออกมา จำนวน 35 ซี่ มาตัด ส่วนตัวฟันออก ตัดตั้งฉากกับแนวแกนฟันที่บริเวณรอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน รักษาคลองรากฟันและ เตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ (ดีทีไลท์โพสท์เบอร์ 1) แบ่งเดือยฟันออกเป็น 7 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กลุ่มที่ 2 ถึงกลุ่มที่ 7 แบ่งตาม ความเข้มข้น และระยะเวลาที่ใช้สำหรับปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ยึดเดือยฟันกับคลองรากฟันที่เตรียมไว้ ด้วยสารยึดติด (เอ็กไซท์ ดีเอสซี) ร่วมกับเรซินคอมโพสิตเหลว (มัลติคอร์โพลัวร์) นำรากฟันแต่ละรากที่เตรียมไว้ ตัดบริเวณที่ใส่เดือยฟันรากละ 6 ซี่ โดยแต่ละซี่มีความหนา 1 มิลลิเมตร เพื่อเป็นตัวแทนของรากฟันส่วนใกล้ตัวฟัน ส่วนกลาง และส่วนใกล้ปลายรากฟัน แล้วนำมาทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกด้วยเครื่องทดสอบสากลยี่ห้ออินสตรอน วิเคราะห์ผล ด้วยสถิติ ความแปรปรวนแบบสามทาง และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบทูกีย์ ผลการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ในขณะที่ ระดับของคลองรากฟันไม่มีผล โดยการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 และ 30 นาน 10 นาที และที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่าง 3 กลุ่ม อย่างไรก็ตามการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที ช่วยลดเวลาทำงานในคลินิก

ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ.....
 สาขาวิชา ...ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปริกษานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2555.....

5276114032 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : CHEMICAL SURFACE TREATMENT / HYDROGEN PEROXIDE / PUSH OUT BOND STRENGTH / QUARTZ FIBER POSTS

PARINYAPORN SRIONTHIANG : EFFECT OF QUARTZ FIBER POST SURFACE TREATMENT WITH HYDROGEN PEROXIDE ON THE PUSH OUT BOND STRENGTH. ADVISOR: ASSOC. PROF. ISSARAWAN BOONSIRI, 74 pp.

The purpose of this study was to evaluate the push out bond strength of quartz fiber posts with hydrogen peroxide (H_2O_2) surface treatments. Thirty five extracted human mandibular first premolar were cut perpendicular to long axis at the cemento-enamel junction. The roots were endodontically treated, and post spaces were prepared for quartz fiber posts (DT light Post[®] #1). Posts were divided in 7 groups. Group 1, as control group; posts were not soaked with H_2O_2 . Group 2 to 7; posts were soaked with different concentrations and durations of H_2O_2 . Consequently, posts were cemented in the prepared root canals using bonding agent (Excite DSC[®]) and flowable resin composite (Multicore flow[®]). Each root was sliced into six pieces, each 1 mm thick specimens representing the coronal, middle and apical regions. A push-out test was performed with an Instron testing machine. Data were analyzed with three-way analysis of variances and Tukey HSD test. The results showed that push out bond strength was statistically significantly affected by duration and concentration of H_2O_2 whereas root regions were not affected on it. While post surface treatment with 24% and 30% H_2O_2 for 10 minutes and 35% H_2O_2 for 5 minutes showed higher push-out bond strength than control group but there was no difference between the 3 groups. However, post surface treatment with 35% H_2O_2 for 5 minutes can reduce clinical chair time.

Department : Prosthodontics Dentistry Student's Signature

Field of Study : Prosthodontics Dentistry Advisor's Signature

Academic Year : 2012.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความช่วยเหลือและความดูแลเอาใจใส่ของ รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ศิริพร อรุณประดิษฐ์กุล อาจารย์ประจำภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ทำให้การดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ มีความสะดวกราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ครั้งที่ 1 ประจำปีงบประมาณ 2554

อาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำทางด้านสถิติ

เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์และศูนย์วิจัยชีววิทยาช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	3
ข้อจำกัดการวิจัย.....	3
คำสำคัญ.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
การออกแบบการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
การบูรณะพื้นที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน.....	5
ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการบูรณะพื้นที่รักษาคลองรากฟัน.....	11
ปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดระหว่างซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน.....	12
การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน.....	14
วิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะ.....	17
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
ประชากรที่ศึกษา.....	20
กลุ่มตัวอย่าง.....	20
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	20
ระเบียบวิธีวิจัย.....	21

การแบ่งกลุ่มทดลอง.....	21
การเตรียมชี้พันทดสอบ.....	22
การสร้างขึ้นทดสอบและการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก.....	24
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
ผลการวิเคราะห์.....	30
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	35
อภิปรายผล.....	34
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	40
รายการอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก.....	52
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	74

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มทดลองทั้ง 7 กลุ่ม.....	22
ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยพินเส้นใยควอตซ์กับผนัง กับผนังคลองรากฟัน หน่วยเป็นเมกะปาสคาล.....	27
ตารางที่ 3 แสดงชนิดของความล้มเหลวของชิ้นทดสอบ.....	28
ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของ เดือยพินเส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน หน่วยเป็นปาสคาล (MPa).....	29
ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง.....	30
ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 2 ทาง.....	31
ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ ทางเดียว.....	32
ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของ เดือยพินเส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน.....	33
ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของชิ้นทดสอบที่แสดงลักษณะความล้มเหลวแบบ ต่างๆด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า.....	34
ตารางที่ 10 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 1...	53
ตารางที่ 11 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 2.....	54
ตารางที่ 12 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 3.....	55
ตารางที่ 13 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 4.....	56
ตารางที่ 14 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 5.....	57
ตารางที่ 15 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 6.....	58
ตารางที่ 16 ค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 7.....	59
ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและ ค่าสูงสุดของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยพินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์ทำพื้นผิวเดือยพินด้วยสารคู่ควบไซเลน.....	60

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ของแต่ละกลุ่มการทดลองที่แต่ละความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน ที่ระยะเวลา 5 และ 10 นาที.....	61
ตารางที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกในแต่ละกลุ่มว่ามีการแจกแจงแบบใด โดยใช้ One-sample Kolmogorov-Smirnov.....	62
ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก จำแนกตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน ระยะเวลาที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน และระดับของคลองรากฟัน.....	63
ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ด้วยสถิติชนิดความแปรปรวนแบบ 2 ทาง.....	64
ตารางที่ 22 แสดงการทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 7 กลุ่มการทดลองเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกด้วยค่าสถิติ Levene's.	65
ตารางที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variances) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกต่อผนังคลองรากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวทั้ง 7 กลุ่ม.....	65
ตารางที่ 24 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 1.....	66
ตารางที่ 25 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 2.....	67
ตารางที่ 26 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 3.....	68
ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 4.....	69
ตารางที่ 28 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 5.....	70

ตารางที่ 29 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 6.....	71
ตารางที่ 30 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 7.....	72
ตารางที่ 31 แสดงการจัดระดับของข้อมูลค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกต่อผนังคลอง รากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิว โดยใช้สถิติเปรียบเทียบ เชิงซ้อนแบบ Tukey HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	73

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของอีพอกซีเรซิน.....	8
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของอีพอกซีเรซิน มีการเชื่อมต่อกันของโครงสร้างเป็นร่างแห.....	8
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะโครงสร้างแบบเซมิไอพีเอ็น.....	9
ภาพที่ 4 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของยูรีเทนไดเมทาคริเลต.....	10
ภาพที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของ บีส จีเอ็มเอ.....	10
ภาพที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของโพลีเมทิลเมทาคริเลต.....	10
ภาพที่ 7 แสดงเรซินคอมโพสิตเหลว (ก) สารยึดเหนี่ยว (ข) และสารไซเลน (ค).....	23
ภาพที่ 8 แสดงการลงบล็อคยัดฟันโดยใช้เครื่องสำรวจความขนาน (surveyor).....	24
ภาพที่ 9 แสดงการตัดรากฟันในแนวขวางให้ได้ชิ้นงานทดสอบหนา 1 มิลลิเมตร.....	25
ภาพที่ 10 แสดงชิ้นทดสอบ.....	25
ภาพที่ 11 แสดงตัวแปรที่ใช้คำนวณค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก h แทนความหนาของชิ้นทดสอบ r1 แทนรัศมีของเดือยฟันด้านใกล้ตัวฟัน และ r2 แทนรัศมีด้านใกล้ปลายรากฟัน.....	26

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพิจารณาเลือกวิธีบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันขึ้นกับปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่และชนิดของฟันที่ได้รับการบูรณะ⁽¹⁾ ในฟันหน้าที่เกิดการสูญเสียเนื้อฟันเพียงเล็กน้อยไม่จำเป็นต้องบูรณะด้วยเดือยฟันและครอบฟัน แต่เมื่อบูรณะด้วยครอบฟันควรใส่เดือยฟันเพื่อช่วยต้านแรงทางด้านข้างและแรงเฉือน ฟันกรามได้รับแรงบิดเคี้ยวในแนวตั้งเป็นหลักควรได้รับการบูรณะที่ปกคลุมปุ่มฟันแต่ไม่จำเป็นต้องใส่เดือยฟันในกรณีที่เหลือเนื้อฟันมาก สำหรับฟันกรามน้อยซึ่งมีความป่องของคอฟันมากกว่าฟันหน้า มักมีรากเดียว โพรงประสาทฟันมีขนาดเล็ก เนื้อฟันที่ผนังโพรงฟันบางและอยู่ในตำแหน่งที่รับแรงด้านข้างระหว่างบิดเคี้ยว ควรบูรณะด้วยเดือยฟันมากกว่าฟันกราม เพื่อช่วยต้านแรงทางด้านข้างขณะบิดเคี้ยว⁽²⁾

ปัจจุบันนิยมใช้เดือยฟันสำเร็จรูปโดยเฉพาะเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยเพราะให้ผลการรักษาเป็นที่น่าพอใจและลดค่าใช้จ่าย แสงส่งผ่านเดือยฟันได้ ค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นต่ำใกล้เคียงกับเนื้อฟัน จึงเกิดการกระจายความเค้นสู่รากฟันอย่างสม่ำเสมอ ลดโอกาสเกิดรากฟันแตก การกัดกร่อนและการแพ้โลหะ นอกจากนี้ยังสามารถรีร้อยได้ง่าย ในกรณีที่ต้องการการรักษาคลองรากฟันซ้ำ⁽³⁾ จากการศึกษาของ Christensen ในปี ค.ศ. 1996 พบว่าทันตแพทย์ร้อยละ 88.3 เลือกใช้เดือยฟันสำเร็จรูปและร้อยละ 9.2 ที่ใช้เดือยฟันโลหะเหนียว⁽⁴⁾ แต่การบูรณะด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปมักพบความล้มเหลวเกี่ยวกับการหลุดของเดือยฟัน⁽⁵⁻⁷⁾ การศึกษาของ O' Keefe และคณะ ในปี ค.ศ. 2000 และการศึกษาของ Galle และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 พบว่าเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยยึดติดกับผนังคลองรากฟันน้อยกว่าเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดโลหะเนื่องจากพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเรียกว่าเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดโลหะ⁽⁸⁾ และไม่เกิดพันธะเคมีกับเรซินซีเมนต์และแกนฟันเรซินคอมโพสิต⁽⁹⁾ ดังนั้นจึงมีการศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มการยึดติดทางกลและทางเคมี เช่น การใช้สารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) การเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็ก (sandblasting) การกัดด้วยกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) เป็นต้น^(8,10)

การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 10 นาที เป็นวิธีปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมีที่มีประสิทธิภาพ^(11,12) อย่างไรก็ตามการแช่เดือยฟันในสารนี้ 10 นาที ในคลินิกยังคงเป็นเวลานานเกินไป และเป็นความเข้มข้นที่ไม่มีขาย

ทั่วไป ต้องเตรียมขึ้นเองด้วยขั้นตอนที่ยุ่งยาก งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมีต่อการยึดติดกับเรซินซีเมนต์และผนังคลองรากฟันที่มีประสิทธิภาพ ขั้นตอนไม่ยุ่งยากและใช้เวลาทำงานในคลินิกน้อยลง เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้สารเคมีในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยในทางคลินิก และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันแตกต่างกันหรือไม่
2. ค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันที่ระดับรากฟันต่างกัน มีค่าแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน
2. เพื่อศึกษาผลการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน ที่ระดับรากฟันต่างกัน

สมมติฐานของการวิจัย

สมมติฐานว่าง (1) : การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันมีผลไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง (1) : การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันมีผลแตกต่างกัน

สมมติฐานว่าง (2) : ค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันที่ระดับรากฟันต่างกันมีผลไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานแย้ง (2) : ค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันที่ระดับรากฟันต่างกันมีผลแตกต่างกัน

ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการและใช้ฟันมนุษย์ในการทดลอง

ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยดำเนินการโดยผู้ทำวิจัย 1 คน และใช้อุปกรณ์เดียวกันตลอดกระบวนการวิจัย

ข้อจำกัดการวิจัย

1. ปริมาณกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถทำได้ตรงกับสัดส่วนของจำนวนซี่ฟันต่อประชากรจริง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและการเก็บซี่ฟันที่ใช้ทดลอง
2. การเลือกตัวอย่างเพื่อใช้แทนประชากรของฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปนั้นไม่สามารถทำได้ครอบคลุมกับฟันทุกซี่และเดือยฟันสำเร็จรูปทุกแบบเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและบุคลากรในการวิจัย จึงเลือกศึกษาเฉพาะฟันกรามน้อยล่างซี่ที่หนึ่งซึ่งถูกถอนเพื่อการจัดฟันและเดือยฟันเส้นใยควอตซ์
3. การวิจัยนี้ทำในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงไม่สามารถจำลองสภาวะในช่องปากได้อย่างสมบูรณ์ แรงที่ใช้ทดสอบไม่เหมือนกับแรงกัดเคี้ยวของฟันธรรมชาติ ในฟันธรรมชาติแรงจะลงมาที่ฟันเป็นจังหวะไม่ต่อเนื่องตลอดเวลา แต่ในการทดลองได้ใช้แรงกดฟันตลอดเวลาเพื่อดูค่าความต้านทานที่มากที่สุดที่วัสดุบูรณะหรือฟันจะทนได้ และการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลักในห้องปฏิบัติการนั้น เป็นการทดสอบโดยการเพิ่มแรงกดจนกระทั่งแตกหลุด ซึ่งในทางคลินิกนั้น วัสดุบูรณะแทบจะไม่มีอาการล้มเหลวภายใต้แรงเค้นดึงแบบเฉียบพลัน (acute tensile) หรือ ความเค้นเฉือน (shear stress) ที่มีค่ามากที่สุดในการทำลายฟันระหว่างการยึดอยู่ แต่จะล้มเหลวเมื่อได้รับแรงที่ต่ำกว่า โดยได้รับแรงในระดับนั้นอยู่เป็นประจำ (sub-critical loads/cyclic fatigue) ดังนั้นควรทดสอบความสามารถใน

การต้านต่อการล้า (fatigue tests) เพื่อให้สามารถทำนายผลทางคลินิกของวัสดุบูรณะได้อย่างแน่นอนแม่นยำมากขึ้น

คำสำคัญ

“Chemical post surface treatment”	การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมี
“Hydrogen peroxide”	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
“Push out bond strength”	ค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก
“Quartz fiber posts”	เดือยฟันเส้นใยควอตซ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อทราบผลการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิก
2. เพื่อทราบผลการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ที่ระดับต่างกันของรากฟัน

การออกแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจะประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากจะขึ้นกับประสิทธิภาพของขั้นตอนการรักษาคลองรากฟันแล้วยังขึ้นกับขั้นตอนการบูรณะหลังการรักษาคลองรากฟันด้วย โดยทั่วไปแล้วฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมักเกิดการสูญเสียเนื้อฟันและโครงสร้างของฟันไปมากอันเนื่องมาจากรอยฟันผุ อุบัติเหตุ และจากกระบวนการรักษาคลองรากฟัน การสูญเสียเนื้อฟันนี้สามารถนำไปสู่การแตกหักของฟัน ดังนั้นจึงนำเดือยฟันมาบูรณะฟันเพื่อเสริมความแข็งแรงของฟัน⁽¹³⁾ ปัจจุบันมีความก้าวหน้าของวัสดุทางทันตกรรมมากขึ้นทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการบูรณะได้หลายวิธี ซึ่งการเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นกับสภาพของฟันหลังจากที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันคือ ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ตำแหน่งของฟันในขากรรไกร แรงบดเคี้ยวที่ได้รับ ลักษณะการสบฟัน ความต้องการเรื่องความสวยงามและการทำหน้าที่ของฟัน⁽¹⁴⁾

การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน

การบูรณะโดยใช้เดือยและแกนร่วมกับครอบฟัน เดือยฟันที่นิยมใช้กันแบ่งได้ 2 ประเภท คือเดือยโลหะเหวี่ยงเฉพาะบุคคล (cast-custom post) และเดือยสำเร็จรูป (prefabricated post)⁽¹⁵⁾

1. การบูรณะด้วยแกนเดือยฟันโลหะเหวี่ยงร่วมกับครอบฟัน (cast-custom post and crown)

ใช้ในกรณีที่เหลือเนื้อฟันน้อยไม่เพียงพอต่อการยึดอยู่ของครอบฟัน⁽¹⁶⁾ นิยมทำในฟันที่มีหน้าตัดคลองรากฟันไม่กลม (noncircular cross section) และรูปร่างค่อนข้างสอบ (extreme taper)⁽¹⁷⁾ เดือยฟันโลหะเหวี่ยงมีคามอดดูลัสของสภาพยึดหยุ่นมากกว่ารากฟันมาก เมื่อได้รับแรงบดเคี้ยว วัสดุที่แข็งกว่าจะต้านทานต่อแรงโดยไม่บิดงอ และส่งผ่านแรงไปยังรากฟัน ทำให้รากฟันเกิดการแตกหักได้⁽¹⁸⁾ การรื้อเดือยเพื่อการบูรณะซ้ำทำได้ยาก นอกจากนี้สีของโลหะยังส่งผลกระทบต่อความสวยงาม⁽²⁾

2. การบูรณะโดยการใส่แกนเดือยฟันสำเร็จรูปร่วมกับครอบฟัน (prefabricated post and core and crown)

ใช้ในกรณีที่เหลือเนื้อฟันส่วนตัวฟันมากพอหรือคลองรากฟันมีส่วนคอด ซึ่งถ้ากำจัดเนื้อฟันส่วนคอดเพื่อใส่เดือยโลหะเหวี่ยงจะทำให้สูญเสียเนื้อฟันไปมาก⁽¹⁹⁾ เดือยฟันสำเร็จรูปมีขนาดต่างๆกัน มีรูปร่างหน้าตัดเป็นวงกลมจึงมักมีขนาดไม่พอดีคลองรากฟัน จำเป็นต้องใช้ซีเมนต์ในการยึดเดือยให้ติดกับผนังคลองรากฟัน การบูรณะด้วยเดือยฟันชนิดนี้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการรักษาทั้งของผู้ป่วยและทันตแพทย์ สามารถแบ่งเดือยฟันสำเร็จรูปออกเป็น 2 ชนิดตามวัสดุที่ใช้ทำเดือย คือ

1. เดือยฟันสำเร็จรูปที่เป็นโลหะ (metal prefabricated post) ได้แก่ โลหะผสมแพลตตินัม-พัลลาเดียม-ทอง นิกเกิล-โครเมียม โคบอลต์-โครเมียม สแตนเลสสตีล ทองเหลือง โลหะผสมไททาเนียม เดือยกลุ่มนี้มีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นและความแข็งแรงมากกว่าเนื้อฟัน⁽¹⁸⁾ Schwartz และคณะ ในปี ค.ศ. 2004 กล่าวว่า เดือยฟันโลหะสำเร็จรูปไทเทเนียมเกิดการกัดกร่อนน้อย และเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อของร่างกาย แต่มีความทึบแสงที่ใกล้เคียงกับกัตตาเปอร์ชา ทำให้ภาพถ่ายรังสีมองเห็นความแตกต่างของไทเทเนียมและกัตตาเปอร์ชาได้ยาก มีความแข็งแรงกด ความแข็งแรงต่อการดัดงอ และความต้านทานต่อการแตกหักต่ำกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม จึงไม่นิยมใช้เดือยฟันโลหะไทเทเนียม สำหรับเดือยฟันโลหะสำเร็จรูปเหล็กกล้าไร้สนิม มีความแข็งแรงกด ความต้านทานต่อการดัดงอและการกัดกร่อนสูง⁽²⁾

2. เดือยฟันสำเร็จรูปที่ไม่เป็นโลหะ (non – metal prefabricated post) คือเดือยที่ทำจากสารที่ไม่ใช่โลหะ ได้แก่ เดือยฟันสำเร็จรูปเซรามิก (ceramic prefabricated post) และเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย

2.1 เดือยฟันสำเร็จรูปเซรามิก (ceramic prefabricated post) ประกอบด้วยผลึกเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ เช่น เดือยฟันเซอร์โคเนียม (zirconium post) มีความทนทานต่อการแตกหัก (fracture toughness) และความแข็งแรงต่อการดัดงอสูง ให้ความสวยงามและเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อของร่างกาย แต่รื้อยากเมื่อต้องการบูรณะซ้ำและไม่สามารถยึดติดกับแกนฟันเรซินคอมโพสิต (resin composite core) จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการบูรณะฟัน⁽²⁰⁾

2.2 เดือยฟันสำเร็จรูปคอมโพสิตเสริมเส้นใย (prefabricated fiber – reinforced composite post) นิยมใช้บูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วเหลือเนื้อฟันส่วนตัวฟันมากและสร้างแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับครอบฟัน⁽²¹⁾ ประกอบด้วยส่วนเส้นใย (fiber) ที่มีปริมาณต่างๆกันขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงให้กับเดือยฟัน⁽²²⁾ และส่วนเมทริกซ์ (matrix) ทำหน้าที่รับและกระจายแรง⁽²³⁾ คุณสมบัติทั่วไปที่ดีของเดือยฟันชนิดนี้คือ ไม่เกิดการกัดกร่อน มีค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับฟัน ทำให้เกิดการกระจายความเค้นเกิดขึ้น

สม่ำเสมอทั่วรากฟันเมื่อได้รับแรงบิดเคี้ยว ลดโอกาสเกิดรากฟันแตกหัก มีความต้านทานต่อแรงกระแทกสูง (impact resistance) ดูดซับแรงกระแทก (shock absorption) เพิ่มความต้านทานการล้า (fatigue resistance)⁽²⁴⁾ Eskitascioglu และคณะ ในปี ค.ศ. 2002 รายงานว่าเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเกิดการกระจายความเค้นไปที่บริเวณคอฟัน (cervical third) และที่ส่วนโครงสร้างกระดูกรองรับรากฟัน โดยเกิดความเค้นต่อฟันและเดือยฟันน้อย ในขณะที่เดือยโลหะเหวี่ยงกระจายแรงไปยังเดือยฟันและบริเวณปลายรากฟัน (apical third) มาก ดังนั้นจึงเกิดการแตกหักของรากฟันได้มากกว่า⁽²⁵⁾

ส่วนเส้นใยที่ใช้ในปัจจุบันมี 3 ชนิดหลัก ดังนี้

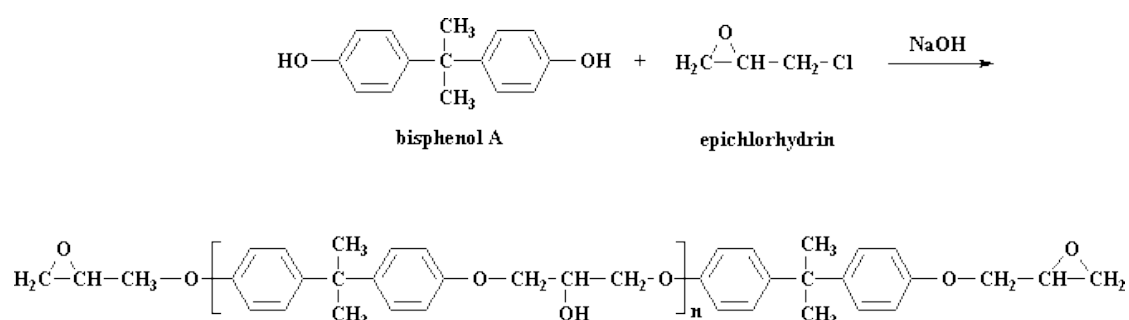
1. เดือยฟันเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber post) เริ่มพัฒนาขึ้นในประเทศฝรั่งเศสเมื่อปี ค.ศ. 1990 ประกอบด้วยเส้นใยคาร์บอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ไมโครเมตร เรียงตัวขนานกันตามความยาวของเดือยฟัน โดยมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 64 โดยน้ำหนักฝังอยู่ในอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดเสริมเส้นใยคาร์บอนมีแรงยึดทางกลขนาดเล็กที่สูงแต่เนื่องจากเดือยฟันชนิดนี้มีสีดำจึงไม่นำมาใช้กับฟันหน้าซึ่งต้องการความสวยงาม และไม่สามารถนำแสงได้ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ง่ายต่อการรื้อเดือยออกเพื่อการบูรณะซ้ำ⁽²⁶⁾

2. เดือยฟันเส้นใยแก้ว (glass fiber post) เริ่มนำมาใช้ในปี ค.ศ.1992 มีส่วนของเส้นใยแก้วเรียงตัวไม่เป็นระเบียบฝังอยู่ในส่วนเรซิน เมทริกซ์ซึ่งผ่านกระบวนการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์แล้ว มีลักษณะโครงสร้างเชื่อมต่อกันเป็นร่างแห (highly cross-linked structure) มีข้อดีคือ สามารถกระจายแรง เพิ่มความต้านทานต่อแรงกด ลดโอกาสเกิดรอยแตกขนาดเล็กของเดือยฟัน (micro-fractures) ลดความเสี่ยงต่อการเกิดรากฟันแตก มีอายุการใช้งานที่นานกว่าเดือยฟันเซรามิก ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่า⁽²⁷⁾ เดือยฟันเสริมเส้นใยแก้วพัฒนามาจากเดือยฟันเสริมเส้นใยคาร์บอน มีสมบัติโปร่งแสงเพื่อความสวยงาม และสามารถนำแสงได้จึงนำมาใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มด้วยแสง (light – cured resin cement) หรือชนิดบ่มได้ทั้งปฏิกิริยาเคมีและแสง (dual cured resin cement) ทำให้เรซินซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ได้อย่างสมบูรณ์⁽²⁸⁾

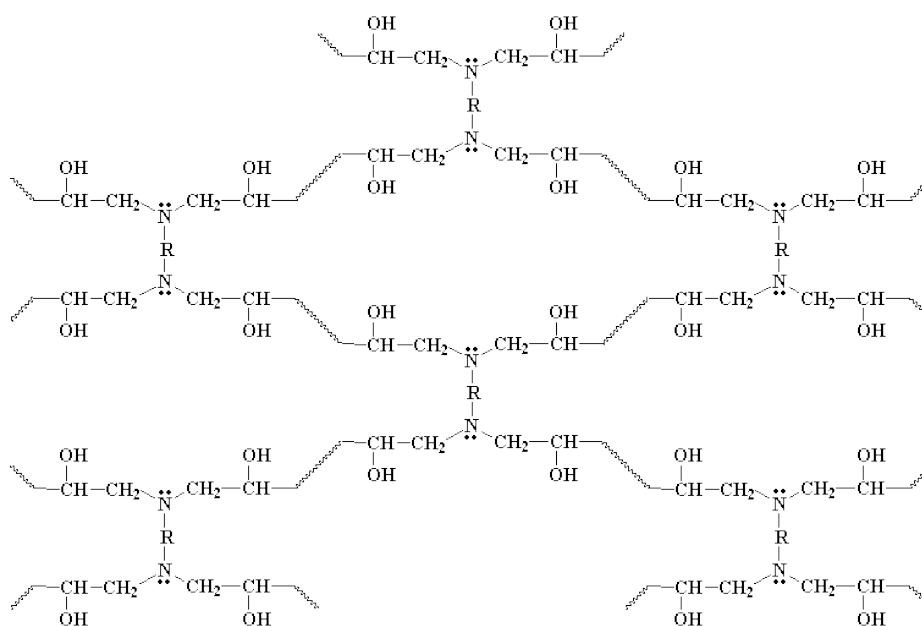
3. เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ (quartz fiber post) เดือยฟันชนิดนี้เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยซิลิกา มีสมบัติเหมือนกับเดือยฟันเสริมเส้นใยคาร์บอน แต่มีสีขาวใส ใกล้เคียงกับเนื้อฟันธรรมชาติจึงสวยงามกว่าและสามารถนำแสงได้ มักใช้ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มด้วยแสง และชนิดบ่มได้ทั้งปฏิกิริยาเคมีและแสง⁽²⁸⁾

ส่วนเมทริกซ์ที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิดหลัก ดังนี้

1. อีพอกซีเรซิน (epoxy resin) เดื่อยพื้นสำเร็จรูปชนิดเสริมเส้นใยส่วนมากมีส่วนของเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซิน (ภาพที่ 1) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์ มีลักษณะโครงสร้างแบบตาข่ายในปริมาณมาก (Highly cross-linked structure)⁽²⁹⁾ (ภาพที่ 2) เพื่อให้เกิดความแข็งแรงเพียงพอรองรับความแข็งแรงกด (compressive strength) ที่เกิดขึ้นโดยเดื่อยพื้นไม่เกิดการแตกหัก⁽²²⁾ เดื่อยพื้นที่มีส่วนเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซิน ได้แก่ DT Light Post[®], DT Light Post Illusion[™], Macrolock Illusion Post[®], Snowpost[®] และ Composipost[®]⁽³⁰⁾



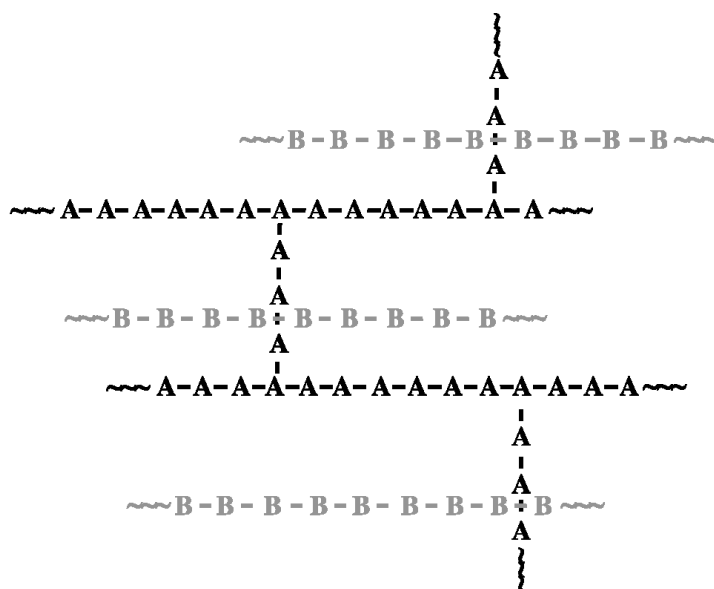
ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของอีพอกซีเรซิน (epoxy resin)



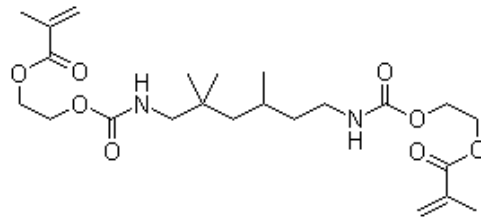
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของอีพอกซีเรซิน มีการเชื่อมขวางกันของโครงสร้างต่อกันเป็นร่างแห

เมื่อพิจารณาการยึดติดระหว่างเดือยฟันสำเร็จรูปที่มีส่วนเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซินกับวัสดุเรซินคอมพอสิต พบว่าไม่เกิดการยึดติดด้วยพันธะเคมีระหว่างวัสดุทั้งสอง เพราะส่วนของ อีพอกซีเรซินเมทริกซ์ได้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์แล้วตั้งแต่นั้นขั้นตอนการผลิต ไม่มีพันธะคู่ของหมู่ทำหน้าที่เหลือสำหรับทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระของวัสดุเรซินคอมพอสิต⁽³¹⁾

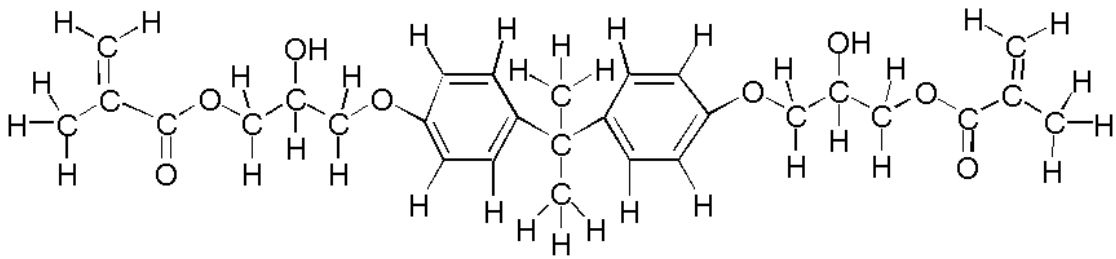
2. เมทริกซ์ที่มีโครงสร้างแบบเซมิไอพีเอ็น (semi-interpenetrating network: semi-IPN) (ภาพที่ 3) ประกอบด้วยเมทริกซ์ที่มีโครงสร้างแบบร่างแห เช่น ยูรีเทนไดเมทาคริเลต (UDMA) (ภาพที่ 4) หรือ บิส จีเอ็มเอ (Bis-GMA) (ภาพที่ 5) ร่วมกับโพลีเมอร์ที่เป็นเส้นตรงจากโพลีเมทิลเมทาคริเลต (polymethylmethacrylate: PMMA) (ภาพที่ 6) ได้โครงสร้างแบบเซมิไอพีเอ็น โดยพอลิเมอร์ทั้งสองแบบผสมกันโดยไม่ทำปฏิกิริยากันทางเคมี⁽³¹⁾ โพลีเมทิลเมทาคริเลตสามารถหย่อนตัวได้ดีช่วยลดความเค้นระหว่างผิวหน้าเส้นใยกับเรซินเมทริกซ์เมื่อได้รับแรง⁽²²⁾ และสายของโพลีเมทิลเมทาคริเลตที่บริเวณผิวหน้าของเดือยฟันสามารถถูกปรับสภาพผิวด้วยน้ำยาเฉพาะทำให้โมเลกุลขาดออกจากกัน เรซินซีเมนต์สามารถแทรกเข้าผิวของเดือยฟันและเกิดการยึดติดทางกลขนาดเล็ก (micromechanical bond) และทางเคมี⁽³²⁾ เดือยฟันที่มีส่วนเมทริกซ์เป็นไอพีเอ็นพอลิเมอร์ ได้แก่ FRC Postec plus[®], Reforpost[®] และ FibreKleer[®]⁽³⁰⁾



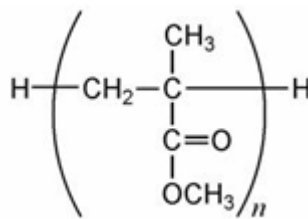
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะโครงสร้างแบบเซมิไอพีเอ็น (semi-interpenetrating network: semi-IPN)



ภาพที่ 4 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของยูรีเทนไดเมทาคริเลต (urethane dimethacrylate: UDMA)



ภาพที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของ บีส จีเอ็มเอ (Bis-GMA)



ภาพที่ 6 แสดงสูตรโครงสร้างทางเคมีของโพลีเมทิลเมทาคริเลต (polymethylmethacrylate: PMMA)

ปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันด้วยเดือยฟัน^(2,15,33)

การบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันแล้ว ควรได้รับการบูรณะที่เหมาะสม ควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสำเร็จของการบูรณะ ดังนี้ คือ

1. การสร้างชิ้นงานบูรณะคลุมปุ่มฟัน (cuspal coverage) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีฟันหลัง พบว่าการบูรณะคลุมปุ่มฟัน สามารถทำนายผลความสำเร็จในระยะยาวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีอัตราความสำเร็จเป็น 6 เท่า ของการบูรณะเฉพาะส่วนตัวฟัน (intracoronar restoration) ผลของการติดตามที่ระยะเวลา 9 ปี⁽²⁾

2. ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่และการมีเฟอร์ริล Richard และคณะ ในปี ค.ศ. 2004⁽²⁾ พบว่าการมีเฟอร์ริลสูง 1 มิลลิเมตร ในแนวตั้ง สามารถต้านต่อการแตกหักได้เป็น 2 เท่าของการบูรณะที่ไม่มีเฟอร์ริล Peutzfeldt และคณะ ในปี ค.ศ. 2008⁽³³⁾ พบว่าการบูรณะฟันที่ไม่มีเฟอร์ริล มักพบการแตกแบบไม่สามารถบูรณะใหม่ได้

3. ลักษณะของเดือยฟัน ได้แก่ รูปร่าง (shape) ความยาว (length) เส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter) สภาพพื้นผิว (surface design) และความแข็งของเดือย (stiffness) เดือยฟันทรงขนานให้การยึดติดมากกว่าทรงสอบ เดือยฟันชนิดมีเกลียว ให้การยึดติดมากกว่าชนิดพื้นผิวเรียบ เดือยฟันที่ยาวจะความสามารถในการยึดติดมากกว่าเดือยฟันที่สั้น สำหรับความแข็งของเดือยฟันนั้นขึ้นกับขนาดของเดือยฟันและค่ามอดุลัสของสภาพยึดหยุ่นของเดือยฟัน การบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความแข็งน้อย มีค่ามอดุลัสของสภาพยึดหยุ่นต่ำ สามารถช่วยลดความเสี่ยงของรากฟันแตกได้⁽³³⁾

4. ชนิดของซีเมนต์ที่เลือกใช้ยึดติดเดือยฟันกับคลองรากฟัน⁽³³⁾ ร่วมกับการนำระบบสารยึดติดมาใช้ในการยึดเดือยฟันช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดกับผนังคลองรากฟันและลดการรั่วซึมได้ดีกว่าการยึดเดือยฟันด้วยกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ หรือซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์⁽³⁴⁾ อย่างไรก็ตาม การบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมักพบความล้มเหลวคือการหลุดของเดือยฟัน แม้จะยึดด้วยเรซินซีเมนต์⁽⁵⁾

ปัจจัยที่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดระหว่างซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน⁽³⁵⁾ ได้แก่

1. ชนิดของเรซินซีเมนต์

Peutzfeldt และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 พบว่าเดือยฟันที่ยึดด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เกิดความล้มเหลวร้อยละ 40 เดือยฟันที่ยึดด้วยกลาสไอโอโนเมอร์เกิดความล้มเหลวร้อยละ 17 ในขณะที่เดือยฟันที่ยึดด้วยเรซินซีเมนต์เกิดความล้มเหลวร้อยละ 10⁽³³⁾

เรซินซีเมนต์ที่ใช้มี 3 ระบบ คือ ระบบโททอลเอทช์เรซินซีเมนต์ (total-etch resin cement) ระบบเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ (self-etch resin cement) และ ระบบเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ (self adhesive resin cement)⁽³⁶⁻³⁸⁾

ระบบโททอลเอทช์เป็นระบบที่ใช้กรดเตรียมพื้นผิวฟันก่อนทาสารยึดติด (adhesive) ส่วนระบบเซลฟ์เอทช์มีการใช้สารไพรเมอร์ (primer) ที่มีฤทธิ์เป็นกรดโดยไม่มีขั้นตอนของการล้างกรดแยกออกมา สารไพรเมอร์จะแทรกซึมผ่านชั้นเสมียร์ (smear layer) ละลายแร่ธาตุบางส่วนแต่ยังคงเหลือส่วนของเสมียร์ พัลค (smear plug) ระบบเซลฟ์เอทช์นั้นมีข้อดีคือไม่ต้องล้างกรดออก จึงไม่จำเป็นต้องควบคุมระดับความชื้น ประหยัดเวลาและง่ายต่อการใช้งานในคลองรากฟัน แต่ต้องคำนึงถึงความหนาของชั้นเสมียร์ด้วย โดยพบว่าเมื่อชั้นเสมียร์หนาจะทำให้ค่าแรงยึดติดแรงดึงขนาดเล็กลดลง⁽³⁹⁾

จากการศึกษาของ Hayashi และคณะในปี ค.ศ. 2005 พบว่าการใช้ระบบโททอลเอทช์ร่วมกับซีเมนต์ยึดคลองรากฟันมีแรงยึดเฉือน (shear bond strength) มากกว่าการใช้ระบบเซลฟ์เอทช์⁽⁴⁰⁾ แม้ว่าการใช้ระบบโททอลเอทช์ให้ค่ากำลังแรงยึดที่สูงแต่มีขั้นตอนการใช้งานที่ยุ่งยาก เช่น การควบคุมระยะเวลาในการใช้กรดกัด การกำจัดกรดออกจากคลองรากฟัน และการควบคุมระดับความชื้นของเนื้อฟันให้เหมาะสมต่อการยึดติดเนื่องจากไม่สามารถมองเห็นตลอดพื้นผิวคลองรากฟันได้⁽⁴¹⁾

แม้ว่าเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ให้ค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันในส่วนคลองรากฟันน้อยกว่าการใช้เรซินซีเมนต์ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอทช์^(40,42) แต่ก็ยังเป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะขั้นตอนการใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก และให้ค่ากำลังแรงยึดกับฟันที่ค่อนข้างสูง^(37,38)

เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ เป็นการพัฒนาเซลฟ์เอทช์เรซินซีเมนต์ที่ไม่มีขั้นตอนการใช้สารไพรเมอร์ มอนอเมอร์ที่มีความเป็นกรด (acidic monomer) ในซีเมนต์ชนิดนี้ทำหน้าที่ปรับสภาพผิวฟันให้เหมาะต่อการยึดติด⁽³⁸⁾ เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) และแบบส่องกราด (scanning electron microscope)

พบว่า เมื่อเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์สัมผัสกับเคลือบฟันเกิดการละลายแร่ธาตุบริเวณผิวบนสุด ออกเล็กน้อย ทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก เกิดการยึดติดทางกลระดับจุลภาค (micromechanical retention)⁽⁴³⁾ ระหว่างซีเมนต์กับเนื้อฟันหนาประมาณ 2 ไมครอน และพบชั้นสเมียร์และ สเมียร์พัลคูลปิดท่อนเนื้อฟันอยู่^(37,43) เมื่อทดสอบค่ากำลังแรงยึดของเซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์กับ เคลือบฟัน พบว่า เซลฟ์แอดฮีซีฟเรซินซีเมนต์ให้ค่ากำลังแรงยึดติดที่ต่ำกว่าการใช้เซลฟ์เอทซ์เรซิน ซีเมนต์ ส่วนค่ากำลังแรงยึดกับเนื้อฟันจะมีค่าใกล้เคียงกัน^(38,43)

2. สารตกค้างจากขั้นตอนการรักษาคลองรากฟัน

จากการศึกษาของ Tjan ในปี ค.ศ. 1992 และ Ngoh ในปี ค.ศ. 2001 พบว่าสารยูจีนอล (eugenol) ที่เป็นส่วนผสมของซีลเลอร์ (sealer) มีผลทำให้แรงยึดของสารเรซินซีเมนต์ลดลง โดย ยูจีนอลมีผลยับยั้งกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ของเรซิน^(44,45) แต่จากการศึกษาของ Schwartz และ คณะ ในปี ค.ศ. 1998 พบว่าการใช้ซีลเลอร์ที่มียูจีนอลหรือไม่มียูจีนอลไม่มีผลต่อการยึดอยู่ของ เดือยฟันในคลองรากฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และเรซินซีเมนต์ ฟานาเวีย 21 เมื่อล้างคลองราก ฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอ (ethylenediamene tetra-acetic acid; EDTA)⁽⁴⁶⁾ นอกจากนี้ Morris ในปี ค.ศ. 2001 และ Ari ในปี ค.ศ. 2003 ศึกษาผลของน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และ สารอาร์ซีเพรพ (RC-prep) ต่อค่ากำลังแรงยึดติดแรงดึงขนาดเล็กของสารเรซินซีเมนต์พบว่าผลทำให้ค่ากำลังแรงยึดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ^(42,47) โดยโซเดียมไฮโปคลอไรต์แตกตัวเป็นโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) และออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนจะไปขัดขวางกระบวนการโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของเรซินซีเมนต์^(42,48,49) แต่สารตกค้างนี้สามารถถูกกำจัดออกไปได้ในขั้นตอน ของการเตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน⁽⁵⁰⁾

3. การเตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟัน (post space preparation)

การกรอเตรียมคลองรากฟันสำหรับใส่เดือยฟันทำให้เกิดชั้นสเมียร์ที่ประกอบด้วยเศษเนื้อ ฟัน ซีลเลอร์ และบางส่วนของวัสดุอุดคลองรากฟัน ปกคลุมผนังคลองรากฟันเป็นจำนวนมาก การ ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ร่วมกับน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์จากการกรอเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยและเพิ่ม ค่าแรงยึดติดแรงดึงขนาดเล็ก⁽⁵¹⁾

4. สภาพพื้นผิวของเดือยฟัน

เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีพื้นผิวเรียบส่งผลต่อการยึดติด⁽⁸⁾ โดยเฉพาะในกรณีที่เดือยฟันมีส่วนเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซิน ซึ่งผ่านกระบวนการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์สมบูรณ์⁽²⁹⁾ จะไม่เกิดพันธะเคมีกับเรซินซีเมนต์และแกนฟันเรซินคอมโพสิต⁽⁹⁾ ดังนั้นจึงมีการศึกษาการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยด้วยวิธีต่างๆ เช่น การทำสารคู่ควบไฮเลน (silane coupling agent) การเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็ก (sandblasting) การกัดด้วยสารเคมี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรต์⁽⁵²⁾ กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid)^(52,53) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)^(52,53) ทำให้เกิดความขรุขระของพื้นผิวเดือยฟันเป็นการเพิ่มการยึดติดทางกล และเกิดการละลายของชั้นอีพอกซีเรซินเมทริกซ์⁽⁵⁴⁾ ทำให้เผยถึงชั้นของเส้นใยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วหรือเส้นใยควอตซ์ซึ่งมีซิลิกาเป็นส่วนประกอบทำให้เกิดพันธะเคมีกับสารคู่ควบไฮเลนและเรซินซีเมนต์ได้⁽⁵⁵⁾

การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน (surface treatment) แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม⁽¹¹⁾ คือ

1. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี
2. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกล
3. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มทั้งการยึดติดทางกลและทางเคมี

1. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางเคมี ด้วยวิธีไฮเลนไนเซชัน (silanization)

หลายการศึกษาพบว่าการทำสารคู่ควบไฮเลนที่เดือยฟันเสริมเส้นใยช่วยเพิ่มความแข็งแรงพันธะ^(6,9,56) เพราะไฮเลนช่วยเพิ่มการไหลผ่านพื้นผิวเดือยฟัน^(6,11,56) อย่างไรก็ตามสารคู่ควบไฮเลนเกิดพันธะกับอีพอกซีเรซินไม่ได้^(11,57) เนื่องจากอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ผ่านกระบวนการเกิดพอลิเมอร์สมบูรณ์มีลักษณะการเชื่อมขวางของโครงสร้างต่อกันเป็นร่างแห (crosslink) ไม่สามารถยึดเกาะกับไฮเลน เรซินซีเมนต์และเรซินคอมโพสิตเพราะไม่มีกลุ่มทำงาน (functional group) เหลืออยู่⁽²⁹⁾ จึงไม่ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน^(57,58)

2. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มการยึดติดทางกล

2.1 การเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็ก

ทำให้เกิดความขรุขระและเกิดช่องว่างขนาดเล็กที่พื้นผิวชั้นนอกของเดือยฟัน โดยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินา (alumina particle) หรืออะลูมิเนียมออกไซด์เคลือบซิลิเกต (silicate coated aluminium oxide particle)⁽⁵⁹⁾ Balbosh และ Kern ในปี ค.ศ. 2006 และ Asmussen และคณะในปี ค.ศ. 2005 พบว่าการเป่าพื้นผิวเดือยฟันเสริมเส้นใยด้วยอนุภาคอะลูมินาออกไซด์ขนาด 50

ไมครอน ด้วยแรงดันขนาด 2.5 บรรยากาศ ที่ระยะห่าง 30 มิลลิเมตร เป็นเวลา 5 วินาที ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และเกิดการยึดติดทางกลที่ดีกับเรซินซีเมนต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อรูปร่างของเดือยฟัน^(3,60) ไม่เกิดการแตกหักและไม่เปลี่ยนแปลงความทนแรงดัดของเดือยฟัน⁽⁹⁾ อย่างไรก็ตามปัญหาหลักของวิธีนี้คือ การเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็กอาจมีผลทำลายโครงสร้างของเดือยฟัน⁽¹¹⁾ จึงควรมีการควบคุมขนาดของอนุภาค ความดัน ระยะห่าง และเวลาที่ใช้ในการเป่า⁽⁵⁹⁾

2.2 การปรับปรุงสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยวิธีกัดพื้นผิวของเดือยฟันด้วยสารเคมี ได้แก่

2.2.1 กรดไฮโดรฟลูออริก (Hydrofluoric acid)

จากการศึกษาของ Arcangelo ในปี ค.ศ. 2007 พบว่า การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 9.5 นาน 15 วินาที ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเสริมเส้นใยแก้วและเส้นใยควอตซ์ ทำให้เดือยฟันเกิดรูพรุนขนาดเล็กบนพื้นผิวและระหว่างเส้นใย โดยไม่ทำลายเส้นใย ไม่ทำให้ความทนแรงดัดของเดือยฟันลดลง และช่วยเพิ่มการยึดติดอยู่กับเรซินซีเมนต์^(61,62) อย่างไรก็ตามบางการศึกษาพบว่า กรดไฮโดรฟลูออริกเป็นกรดกัดแก้วค่อนข้างแรง เช่น การปรับปรุงสภาพพื้นผิวเดือยฟันเสริมเส้นใยแก้วด้วยกรดไฮโดรฟลูออริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 นาน 60 วินาที⁽⁵³⁾ ทำให้เกิดรอยร้าวขนาดเล็ก (micro-cracks) หรือรอยแตกตามแนวยาว (longitudinal fractures) ในชั้นเส้นใยของเดือยฟัน^(11,53)

2.2.2 โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium permanganate)

นิยมใช้ในการปรับปรุงสภาพพื้นผิวอีพอกซีเรซินในงานอุตสาหกรรม เมื่อนำเดือยฟันเสริมเส้นใยควอตซ์มาแช่ในโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 จะเกิดการออกซิไดซ์ทำให้พันธะอีพอกไซด์แยกออก ทำให้เกิดร่องหลุมขนาดเล็กและเส้นใยเผยออกโดยไม่ทำลายเส้นใยของเดือยฟัน ทำให้มีความชอบน้ำ (hydrophilicity) มากขึ้น ส่งผลให้เกิดพันธะทางกลขนาดเล็กได้ดี ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติดแรงดึงขนาดเล็ก⁽⁶³⁾ แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตก่อนทาไฮเลนไม่มีผลช่วยเพิ่มค่าการยึดติดเมื่อเทียบกับการทาพื้นผิวด้วยสารคู่ควบไฮเลนเพียงอย่างเดียว และการปรับปรุงสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารนี้ มีขั้นตอนที่ยุ่งยากหลายขั้นตอน จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ในทางทันตกรรม^(63,64)

2.2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)

เป็นสารเคมีที่ถูกนำมาใช้ปรับปรุงสภาพพื้นผิวของอีพอกซีเรซินเพื่อยึดเนื้อเยื่อก่อนการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) จึงมีผู้นำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงสภาพพื้นผิว

เดือยพ่นเสริมเส้นใยแก้วโดยแช่เดือยพ่นในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 10 นาที และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 20 นาที พบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดได้ดีกว่าทาไซเลนเพียงอย่างเดียว^(11,12) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้เกิดการละลายของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ออกบางส่วนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการสลายพันธะของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ ส่วนของเส้นใยแก้วที่เผยออกสามารถจับกับไซเลน และยึดติดกับเรซินที่เมนต์ด้วยพันธะเคมี⁽⁶³⁾ ในขณะเดียวกันทำให้พื้นผิวเดือยพ่นขรุขระมากขึ้น โดยไม่ทำให้เส้นใยควอตซ์เกิดความเสียหายหรือแตกหักจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน⁽⁵³⁾

2.2.4 เมทิลีนคลอไรด์ (Methylene chloride)

จากการศึกษาของ Yenisey และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 นำเดือยพ่นเส้นใยแก้วและเดือยพ่นเส้นใยควอตซ์มาปรับสภาพพื้นผิวด้วยเมทิลีนคลอไรด์ นาน 5 วินาที ก่อนทาไซเลนแล้วนำไปยึดกับเรซินคอมโพสิตพบว่าค่าความแข็งแรงพันธะแบบเฉือนไม่ต่างจากกลุ่มที่ไม่มีมาปรับสภาพพื้นผิวเดือยพ่น ผู้ทดลองให้คำแนะนำว่าที่ระยะเวลา 5 วินาที เมทิลีนคลอไรด์ ไม่สามารถละลายอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ และเผยพื้นที่ผิวของเส้นใยได้อย่างพอเพียง จึงควรเพิ่มระยะเวลาการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพ่น⁽⁶⁴⁾

2.2.5 โซเดียมเอท็อกไซด์ (Sodium ethoxide)

สารนี้ถูกนำไปละลายพื้นผิวของอีพอกซีเรซินผ่านขบวนการออกซิเดชัน⁽¹¹⁾ ซึ่งใช้ยึดเนื้อเยื่อก่อนการส่งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Monticelli และคณะ ในปี ค.ศ. 2006 พบว่าการนำเดือยพ่นคอมโพสิตเสริมเส้นใยแช่ในโซเดียมเอท็อกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 21 นาน 20 นาที แล้วล้างด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ 5 นาที และน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water) 5 นาที ก่อนนำมายึดกับเรซินคอมโพสิต ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็กระหว่างพื้นผิวเดือยพ่นกับเรซินคอมโพสิตมากกว่ากลุ่มที่ทาไซเลน 60 วินาที⁽⁶³⁾ แต่ขั้นตอนการใช้งานซับซ้อนยุ่งยากจึงไม่เป็นที่นิยม

2.2.6 คลอโรฟอร์ม (Chloroform)

คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลายที่มีฤทธิ์รุนแรง Cheleux และคณะ ในปี ค.ศ. 2007 พบว่าเป็นสารที่ทำความสะอาดพื้นผิวของเดือยพ่นและแทรกซึมเข้าในส่วนอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ ไม่ละลายอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ แต่ทำให้เกิดการขยายส่วนโครงร่างพอลิเมอร์เมทริกซ์ทำให้เกิดความอ่อนนุ่ม เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของเดือยพ่นและ

ช่วยเพิ่มความแข็งแรงพันธะแต่ความแข็งแรงพันธะที่เพิ่มนั้นมีค่าน้อยกว่าการปรับสภาพพื้นผิวโดยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาตามด้วยการทาไฮเลนอย่างมีนัยสำคัญ และทั้งสองวิธีนี้ไม่มีผลต่อความทนแรงดึงของเดือยฟัน⁽⁹⁾ อย่างไรก็ตามการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมเพราะคลอโรฟอร์มเป็นสารก่อมะเร็ง⁽⁶⁵⁾

3. การปรับสภาพพื้นผิวเพื่อเพิ่มทั้งการยึดติดทางกลและทางเคมี

เป็นการทำให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิวของเดือยฟันและเผยถึงชั้นเส้นใยของเดือยฟันด้วยการเป่าด้วยผงอะลูมินาหรือปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมีร่วมกับการใช้ไฮเลน เป็นการรวมวิธีการของข้อ 1 และ ข้อ 2 เข้าด้วยกัน เพื่อทำให้เกิดพันธะทางกลและทางเคมี ช่วยเพิ่มความแข็งแรงการยึดติด^(6,9,11,12,53,58,63,66) อย่างไรก็ตาม Magni และคณะในปี ค.ศ. 2007 ไม่พบความแตกต่างของค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็กกระหว่างการปรับสภาพผิวเดือยฟันโดยการเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ร่วมกับการทาสารคู้ควบไฮเลน และการปรับสภาพผิวเดือยฟันโดยการทาด้วยสารคู้ควบไฮเลน เพียงอย่างเดียว⁽⁶⁾

วิธีทดสอบความแข็งแรงพันธะ (Bond Strength Tests)

การทดสอบการยึดอยู่นั้นมีทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ การทดสอบเชิงคุณภาพของความแข็งแรงพันธะนั้นทำได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ส่องดูบริเวณระหว่างพื้นผิวรอยต่อการยึดติด สำหรับการประมาณค่าความสามารถในการยึดอยู่เชิงปริมาณทำได้โดยการทดสอบความแข็งแรงพันธะ (bond strength tests)⁽¹²⁾

การทดสอบความสามารถในการยึดอยู่ของเดือยฟันสามารถทำได้โดย

1. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็ก (Microtensile test)
2. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง (Pull out test)
3. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก (Push out test)

1. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็ก (Microtensile test)

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็กใช้ในกรณีที่ชิ้นงานที่ทดสอบมีขนาดเล็ก แรงที่ทดสอบสามารถกระจายได้สม่ำเสมอ ทดสอบได้ในแต่ละบริเวณของรากฟัน ลดจำนวนฟันที่ใช้ทดสอบ^(5,12) แต่มีข้อด้อยคือ มีอัตราความล้มเหลวขณะเตรียมชิ้นงานสูง (high premature failure

rate) ทำให้เกิดการกระจายของข้อมูลมาก⁽⁶⁷⁾ เพราะการตัดชิ้นงานโดยใช้แรงตัดที่มากและรุนแรง ทำให้พันธะการยึดติดระหว่างพื้นผิวของเดือยฟัน ซีเมนต์และเนื้อฟันอ่อนแอ⁽¹²⁾ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้จึงทดสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กด้วยวิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก (Thin-slice Push out test) ซึ่งวิธีนี้แรงที่ทดสอบจะขนานไปกับพื้นผิวยึดติดที่ทำการทดสอบ⁽⁶⁷⁾

2. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง (Pull out test)

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึงเป็นการวัดความแข็งแรงพันธะแบบเฉือน เกิดแรงเสียดทานขณะที่มีการเคลื่อนไถลของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน โดยให้แรงกระทำกับเดือยฟันทั้งชิ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดแรงที่ไม่สม่ำเสมอ (non-uniform stress) ดังนั้น การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลักจึงเป็นวิธีทดสอบที่สามารถแก้ปัญหานี้ เนื่องจากเป็นวิธีที่มีความไวต่อการทดสอบหรือสามารถพิสูจน์ได้ในบริเวณที่อาจก่อให้เกิดการกระจายแรงที่ไม่สม่ำเสมอที่บริเวณพื้นผิวยึดติด ป้องกันการวัดแรงยึดที่ได้ค่าต่ำกว่าปกติจากการกระจายแรงที่ไม่เท่ากัน⁽¹²⁾

3. การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก (Push out test)

การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก เป็นการวัดความแข็งแรงพันธะแบบเฉือน และชิ้นงานที่ทดสอบมีขนาดเล็ก โดยจะเกิดแรงเสียดทานขณะที่มีการเคลื่อนไถลของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันเช่นเดียวกับการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง แต่เป็นวิธีที่สามารถวัดความต้านทานต่อแรงเสียดทานได้มากกว่าวิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบดึง แรงที่ทดสอบสามารถกระจายได้สม่ำเสมอเป็นแบบเดียวกันในแต่ละบริเวณ สามารถแสดงสภาพการยึดติดในแต่ละส่วนของฟันทั้งรากฟันในส่วนต้น ส่วนกลางถึงส่วนปลาย และลดจำนวนฟันที่ใช้ทดสอบ⁽¹²⁾ เป็นวิธีวัดความแข็งแรงพันธะได้ดีกว่าวิธีทดสอบแรงเฉือนแบบดั้งเดิม (conventional shear test) เพราะรอยแตกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบจะขนานไปกับพื้นผิวระหว่างเนื้อฟันกับสารยึดติดที่ทำการทดสอบ (dentin-bonding interface) ทำให้ได้ค่าของแรงเฉือนที่แท้จริง⁽⁵⁷⁾

จากปริทัศน์วรรณกรรมที่กล่าวมาพบว่า การปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันโดยการเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็กให้ผลดี แต่ต้องใช้เครื่องมือที่เฉพาะเจาะจง ซึ่งในบางคลินิกอาจไม่มีเครื่องมือเหล่านี้ เนื่องจากเครื่องมือมีราคาค่อนข้างสูง ส่วนการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 10 นาที เป็นวิธีที่เพิ่มการยึดติดของเดือยฟันกับคลองรากฟันที่มีประสิทธิภาพ แต่ในทางปฏิบัติจริงในคลินิกการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยการแช่ใน

สารเคมี 10 นาที เป็นเวลาที่นานเกินไปต้องเตรียมความเข้มข้นของสารเคมีด้วยขั้นตอนที่ยุ่งยาก การศึกษาจึงมุ่งหาความเข้มข้นที่เตรียมได้ง่าย และใช้เวลาน้อยลงในการแช่เดือยฟันในไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อเพิ่มค่ากำลังแรงยึดระหว่างเดือยฟันกับคลองรากฟันได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา

ฟันกรามน้อยล่างแท้ซี่ที่หนึ่งของมนุษย์

กลุ่มตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยล่างแท้ซี่ที่หนึ่งของมนุษย์ (mandibular first premolar) ถอนเพื่อการจัดฟัน เก็บฟันไว้ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 เป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (isotonic saline solution) ที่อุณหภูมิห้อง⁽⁴⁸⁾ ทำความสะอาดฟันด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์ขูดหินน้ำลายเพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่อและคราบสิ่งสกปรกอื่นจำนวน 35 ซี่ โดยฟันที่ใช้ในการวิจัยมีลักษณะดังนี้ คือ มีความยาวโดยวัดจากจุดยอดสุดของรอยต่อระหว่างผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟันทางด้านแก้ม (buccal) 15 ± 1 มิลลิเมตร และถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesiodistal) และแนวด้านแก้ม-ลิ้น (buccolingual) เพื่อสำรวจขนาดและรูปร่างของคลองรากฟันโดยกำหนดให้ฟันที่ใช้ในการทดลองมีปลายรากปิดเรียบร้อยละ 100 มีคลองรากฟันเดียวและตรง ไม่เคยรักษาคคลองรากฟันมาก่อน ไม่มีรอยร้าว ไม่มีการแตกหัก ไม่มีรอยผุและไม่มีการอุดบูรณะใดๆ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ (D.T.light-post[®], Bisco, France)
- 1.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 (hydrogen peroxide, Chulalongkorn university, Thailand)
- 1.3 น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 (sodium hypochloride, Chulalongkorn university, Thailand)
- 1.4 สารคู่ควบไฮเลน (Monobond-S[®], Ivoclar Vivadent, USA)
- 1.5 สารยึดเนื้อฟัน (Excite DSC[®], Ivoclar Vivadent, USA)
- 1.6 เรซินคอมโพสิตเหลวชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี (Multicore Flow[®], Ivoclar Vivadent, USA)
- 1.7 ซีเมนต์อุดคลองรากฟัน (AH-Plus[®], Dentsply, Germany)

- 1.8 กัตตาเปอร์ชา (gutta percha, Dentsply, Germany)
- 1.9 เรซินหล่อใส (ศึกษาภัณฑ์พาณิชย์)
- 1.10 กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Total Etch, Ivoclar vivadent, USA)
- 1.11 วัสดุอุดฟันชั่วคราว (Cavit™ G, 3M ESPE, Germany)

2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 เครื่องทดสอบสากลระบบไฮโดรลิก (universal testing machine, Instron® 8872, UK)
- 2.2 เครื่องทำความสะอาดด้วยคลื่นไฟฟ้า (ultrasonic cleaner รุ่น 5210 Branson, Germany)
- 2.3 เครื่องฉายแสง (Elipar® TriLight, USA)
- 2.4 เครื่องตัดชิ้นงานความเร็วต่ำ (Isomet® 1000, Buehler, USA)
- 2.5 เครื่องตัดเนื้อเยื่อชนิดแข็ง (saw microtome: Leica รุ่น SP 1600, Leica, Germany)
- 2.6 เครื่องวัดดิจิทัลเวอร์เนีย คาร์ลิปเปอร์ (Digital Vernier Caliper, Mitutoyo, Japan)
- 2.7 กล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอสำหรับวัดขนาด (measuring stereo microscope MEIJI รุ่น ML 9300, Meiji Techno, Japan)
- 2.8 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator รุ่น Contherm 160M, Contherm Scientific, New Zealand)

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก โดยพิจารณาปัจจัยในการวิเคราะห์คือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ระยะเวลาที่ใช้สำหรับปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันและระดับที่ต่างกันของรากฟัน โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแบ่งกลุ่มทดลอง

แบ่งฟันออกเป็น 7 กลุ่ม โดยวิธีสุ่ม (random) แต่ละกลุ่มใช้ฟันจำนวน 5 ซี่ โดยทำการบรูณะด้วยเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมี ซึ่งแบ่งได้ตามกลุ่มทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งกลุ่มทดลองทั้ง 7 กลุ่ม

กลุ่มที่	สารเคมีและเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพฟันผิว
1) control	ไม่ปรับสภาพฟันผิวด้วยสารเคมี
2) 24% H ₂ O ₂ / 5 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 5 นาที
3) 24% H ₂ O ₂ / 10 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 10 นาที
4) 30% H ₂ O ₂ / 5 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 5 นาที
5) 30% H ₂ O ₂ / 10 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 10 นาที
6) 35% H ₂ O ₂ / 5 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที
7) 35% H ₂ O ₂ / 10 min	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 10 นาที

2. การเตรียมซี่ฟันทดสอบ

2.1 การเตรียมคลองรากฟัน

นำฟันที่เตรียมไว้มาตัดส่วนตัวฟันออกโดยตัดตั้งฉากกับแนวแกนฟันที่บริเวณรอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (cementoenamel junction) ด้วยเครื่องตัดชิ้นงานความเร็วต่ำรุ่นไอโซเมต 1000 (Isomet[®] 1000, Buehler, USA) กำจัดเนื้อเยื่อในโพรงประสาทฟันและเตรียมคลองรากฟันด้วย เค-ไฟล์เบอร์ 15 ผ่านจากรูเปิดโพรงฟันถึงระยะก่อนปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร ขยายคลองรากฟันจนถึงไฟล์เบอร์ 40 แล้วทำการสเตปแบ็ก (step-back) ขึ้นมา 5 ขนาด ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนขนาดของเครื่องมือ ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ปริมาณ 2 มิลลิลิตร ระหว่างรักษาคลองรากฟันให้ใช้ผ้าก๊อชชุบน้ำหมาดๆ หุ้มรอบรากฟันเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นของรากฟัน และล้างคลองรากฟันครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร เมื่อขยายคลองรากฟันเสร็จแล้วขับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (paper point) อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาโดยวิธีเบียดอัดด้านข้าง (lateral condensation) ด้วยซีเมนต์อุดคลองรากฟัน (AH-Plus[®]; Dentsply, Germany) ตัดกัตตาเปอร์ชาส่วนบนออกอย่างน้อย 3 มิลลิเมตร ด้วยอุปกรณ์ลนไฟ กดกัตตาเปอร์ชาให้แน่นและปิดด้วยวัสดุอุดฟันชั่วคราว

(cavit™ G, 3M ESPE, Germany) ฟันที่รักษาคลองรากฟันเรียบร้อยแล้วเก็บในความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน⁽⁶⁸⁾

2.2 การเตรียมช่องว่างสำหรับเดือยฟันและยึดเดือยฟัน

เตรียมช่องว่างสำหรับใส่เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ดีทีไลท์โพสท์เบอร์ 1 ด้วยอุปกรณ์ลงไฟให้ ความร้อนร่วมกับหัวกรอเฉพาะสำหรับเดือย (DT light Post drill No. 1) มีความลึก 9 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากรอยต่อของเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน โดยหลีกเลี่ยงตาเปอร์ซาที่ส่วนปลายราก 4 มิลลิเมตร ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่นแล้วซับแห้งด้วยแท่งกระดาษซับ ประเมินช่องว่างสำหรับ เดือยฟันด้วยภาพถ่ายรังสี

เตรียมพื้นผิวเดือยฟันโดยจุ่มเดือยในสารเคมีที่ใช้ทดสอบในระยะเวลาที่กำหนดดังตาราง ที่ 1 จากนั้นนำเดือยฟันที่ได้ไปล้างในน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิคส์เป็นเวลา 2 นาที เป่าให้แห้ง 1 นาที ทาด้วยสารควบไซเลนทิงไว้ 60 วินาที แล้วเป่าลม 5 วินาที เพื่อเพิ่มการยึดติดของเดือย ฟัน

แบ่งฟันที่เตรียมคลองรากฟันแล้วโดยวิธีสุ่มตามกลุ่มทดลองที่กำหนด เตรียมพื้นผิวคลอง รากฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37(Total Etch) เป็นเวลา 15 วินาที ล้างน้ำเพื่อ กำจัดกรดออกให้หมด เป็นเวลา 30 วินาที ซับให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ จำนวน 4 แท่ง ทาสาร ยึดติดยี่ห้อเอกไซท์ ดีเอสซี (Excite DSC®) 10 วินาที ซับแห้งด้วยแท่งกระดาษซับ จำนวน 4 ชิ้น จากนั้นฉีดเรซิน คอมโพสิตเหลวชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมียี่ห้อมัลติคอร์โฟลว์ (Multicore Flow®, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) เข้าไปเติมคลองรากฟัน ใส่เดือยฟันเส้นใย ควอตซ์เข้าที่ กำจัดซีเมนต์ส่วนเกิน ฉายแสงผ่านเดือยฟันนาน 60 วินาที เก็บซี่ฟันในกล่องที่มีความ ชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง เพื่อให้ ซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อย่างสมบูรณ์



ก



ข



ค

ภาพที่ 7 แสดงเรซินคอมโพสิตเหลว (ก) สารยึดเนื้อฟัน (ข) และสารไซเลน (ค)

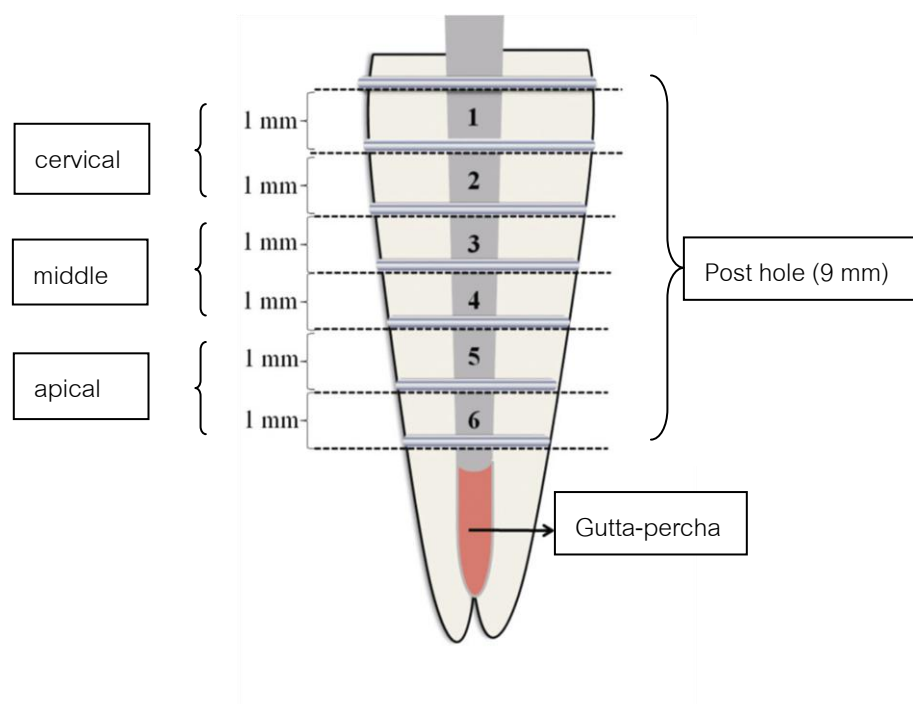
นำพื้นที่ยึดเดือยไว้ฝังลงในเรซินหล่อใสในแบบหล่อซิลิโคน (silicone mold) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสำรวจความขนาน (surveyor) เพื่อให้แกนพื้น (long axis) ตั้งฉากกับแนวระนาบ (horizontal plane) ฝังที่พื้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้เรซินเกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์



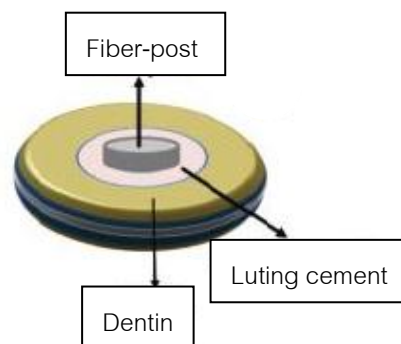
ภาพที่ 8 แสดงการลงบล็อคดีดพื้นโดยใช้เครื่องสำรวจความขนาน (surveyor)

3. การสร้างชิ้นทดสอบและการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก

ตัดรากฟันบริเวณที่ใส่เดือยฟันในแนวขวางด้วยเครื่องตัดเนื้อเยื่อชนิดแข็ง (saw microtome; Leica SP 1600) โดยแต่ละชิ้นมีความหนา 1 มิลลิเมตร นำมาทดสอบผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมีต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก ดังภาพที่ 9 และ 10



ภาพที่ 9 แสดงการตัดรากฟันในแนวขวางให้ได้ชิ้นงานทดสอบหนา 1 มิลลิเมตร



ภาพที่ 10 แสดงชิ้นทดสอบ

ทำเครื่องหมายบริเวณด้านบนของส่วนรากฟันที่ขึ้นทดสอบทุกชิ้น วัดความหนาของชิ้นทดสอบด้วยเครื่องวัดดิจิตอลเวอร์เนีย คาร์ลิปเปอร์ และวัดระยะเส้นผ่าศูนย์กลางของเดือยฟันด้วยกล้องจุลทรรศน์สำหรับวัดขนาด (measuring microscope) ที่กำลังขยาย 50 เท่า เพื่อคำนวณค่ารัศมีของเดือยฟัน ดังภาพที่ 11 ทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลักด้วยเครื่องทดสอบสากลยี่ห้ออินสตรอนรุ่น 8872 (universal testing machine, Instron® 8872, Instron, Fareham, UK) ด้วยหัว

กดทรงกระบอก (cylindrical plugger) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร โดยใช้ความเร็วหัวกด (cross head speed) 0.5 มิลลิเมตรต่อนาที และให้แรงกระทำในทิศทางจากส่วนปลายรากฟันมาส่วนต้นรากฟัน (apical-coronal direction) จนกระทั่งขึ้นทดสอบเกิดการแตกหักซึ่งสังเกตได้จากการลดลงของแรงที่ใช้ในการทดสอบโดยทันที⁽⁶⁸⁾



ภาพที่ 11 แสดงตัวแปรที่ใช้คำนวณค่ากำลังแรงยึดแบบผลัก h แทนความหนาของชั้นทดสอบ r1 แทนรัศมีของเดือยฟันด้านใกล้ตัวฟัน และ r2 แทนรัศมีด้านใกล้ปลายรากฟัน

ตรวจสอบชนิดความล้มเหลวที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอ (stereo microscope) รุ่น ML 9300 ยี่ห้อ Meiji ที่กำลังขยาย 15 เท่า โดยแบ่งชนิดของความล้มเหลวเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน พบเรซินซีเมนต์คลุมผิวเดือยทั้งหมด (adhesive failure between luting cement and dentin)
2. เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเดือยกับเรซินซีเมนต์ไม่พบเรซินซีเมนต์รอบเดือยฟัน (adhesive failure between the post and luting cement)
3. เกิดการแตกในชั้นเรซินซีเมนต์ (cohesive failure within luting cement)
4. เกิดการแตกที่ส่วนเนื้อฟันหรือในส่วนเดือยฟัน (cohesive failure in root dentine or post)
5. เกิดการแตกผสม พบว่ามีซีเมนต์ปกคลุมเดือยบางส่วนและมีซีเมนต์คลุมผนังคลองรากฟันบางส่วน (mixed adhesive failure)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้บันทึกค่าแรงที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในหน่วยนิวตัน จากนั้นคำนวณค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกในหน่วยเมกะปาสคาลจากสูตร $\text{Debond stress (MPa)} = \text{debonding force (N)} / A \text{ (mm}^2\text{)}$ โดยคำนวณพื้นที่จากสูตร $A = \pi(R_1 + R_2)\sqrt{(R_1 - R_2)^2 + h^2}$ เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวของเดือยฟันที่เกิดพันธะการยึดติด π เป็นค่าคงที่เท่ากับ 3.14 R1 คือ รัศมีของเดือยฟันด้านใกล้ตัวฟัน R2 คือ รัศมีของเดือยฟันด้านใกล้รากฟัน และ h คือ ความหนาของชิ้นงานหน่วยเป็นมิลลิเมตร บันทึกค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกในหน่วยเมกะปาสคาลลงตารางที่ 2 และบันทึกลักษณะของความล้มเหลวลงตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันเส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน หน่วยเป็นเมกะปาสคาล (MPa)

group \ root region	cervical	middle	apical	mean
1)Control				
2)24% H ₂ O ₂ 5 minutes				
3)24% H ₂ O ₂ 10 minutes				
4)30% H ₂ O ₂ 5 minutes				
5)30% H ₂ O ₂ 10 minutes				
6)35% H ₂ O ₂ 5 minutes				
7)35% H ₂ O ₂ 10 minutes				

cervical : ระดับคลองรากฟันส่วนต้น

middle : ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง

apical : ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย

ตารางที่ 3 แสดงชนิดของความล้มเหลวของชิ้นทดสอบ

Failure modes					
Experimental groups	1) ad c/d	2) ad p/c	3) co c	4) co d, p	5) mix ad
1)Control					
2)24% H ₂ O ₂ 5 minutes					
3)24% H ₂ O ₂ 10 minutes					
4)30% H ₂ O ₂ 5 minutes					
5)30% H ₂ O ₂ 10 minutes					
6)35% H ₂ O ₂ 5 minutes					
7)35% H ₂ O ₂ 10 minutes					

1) ad c/d : เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน

2) ad p/c : เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์

3) co c : เกิดการแตกในชั้นเรซินซีเมนต์

4) co d, p : เกิดการแตกที่ส่วนเนื้อฟันหรือในส่วนเดือย

5) mix ad : เกิดการแตกผสม พบว่ามีซีเมนต์ปกคลุมเดือยบางส่วนและคลุมผนังคลองรากฟันบางส่วน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละกลุ่มด้วย Levene's test และวัดการกระจายของข้อมูลด้วย Komogorov-Smirnov test ทดสอบการแจกแจงของค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบฉลัก ถ้าการกระจายเป็นปกติ (normal distribution) และมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ทดสอบทางสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) ในกลุ่มทดลองที่ 2-7 แล้วทดสอบทางสถิติด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variances) ในกลุ่มทดลองที่ 1-7 และทดสอบค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (multiple comparison) แบบทูกีย์ (Tukey HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ถ้าข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ ทดสอบทางสถิติด้วย nonparametric test

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการรวบรวมข้อมูล

เมื่อนำชิ้นงานทั้งหมด 210 ชิ้น จาก 7 กลุ่มทดลอง มาทดสอบด้วยเครื่องทดสอบสากล ระบบไฮดรอลิกเพื่อหาค่าแรงที่ทำให้ชิ้นงานแตกหัก และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน (แสดงในตารางที่ 1 ถึง 7 ในภาคผนวก) แล้วนำค่าดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟัน เส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน หน่วยเป็นปาสคาล (MPa)

group \ root region	cervical	middle	apical	mean
1)Control	15.67±4.28	13.02±4.18	10.26±4.48	12.98±4.73
2)24% H ₂ O ₂ 5 minutes	12.38±2.24	12.07±4.33	12.13±4.27	12.19±3.61
3)24% H ₂ O ₂ 10 minutes	15.97±4.40	16.38±3.19	15.75±2.80	16.04±3.41
4)30% H ₂ O ₂ 5 minutes	15.91±3.34	15.83±3.80	15.56±4.02	15.77±3.60
5)30% H ₂ O ₂ 10 minutes	19.24±4.50	19.16±3.03	18.59±5.32	18.99±4.24
6)35% H ₂ O ₂ 5 minutes	16.36±3.17	16.27±4.24	16.35±4.85	16.33±4.00
7)35% H ₂ O ₂ 10 minutes	13.30±3.01	14.60±4.20	13.73±4.89	13.93±4.01

cervical : ระดับคลองรากฟันส่วนต้น

middle : ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง

apical : ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันเส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน เมื่อทำการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างกันก่อนทาสารคูควบไซเลน พบว่ากลุ่มที่ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 10 นาที มีค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึด

แบบผลึกที่ระดับคลอกรากฟันส่วนต้น สูงสุด (19.24 ± 4.50 MPa) และ การทาพื้นผิวเดือยฟันด้วย สารคู่ควบโซเลนโดยไม่ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยสารเคมี มีค่าเฉลี่ยของค่ากำลังแรงยึดแบบ ผลึกที่ระดับคลอกรากฟันส่วนปลายต่ำสุด (10.26 ± 4.48 MPa)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ดังนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลของ กลุ่มที่ 2-7 โดยใช้สถิติแบบพารามेटริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพารามेटริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:MPa

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	816.057 ^a	17	48.003	3.075	.000
Intercept	43499.128	1	43499.128	2786.836	.000
region	4.701	2	2.350	.151	.860
duration	109.108	1	109.108	6.990	.009
concentration	335.325	2	167.663	10.742	.000
region * duration	5.224	2	2.612	.167	.846
region * concentration	4.071	4	1.018	.065	.992
duration * concentration	354.635	2	177.317	11.360	.000
region * duration * concentration	2.993	4	.748	.048	.996
Error	2528.624	162	15.609		
Total	46843.809	180			
Corrected Total	3344.681	179			

a. R Squared = .244 (Adjusted R Squared = .165)

จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้นต่างกันมีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ระดับของคลอรงากพื้นไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้น ($p=0.00$) แต่ไม่มีอิทธิพลร่วมของระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้น และระดับของคลอรงากพื้น ($p=0.846$) และไม่มีอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้นและระดับของคลอรงากพื้น ($p=0.992$) และไม่มีอิทธิพลร่วมของความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้นระยะเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้นและระดับของคลอรงากพื้น ($p=0.996$)

วิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มที่ 1-7 โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 2 ทาง (two-way analysis of variances) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 2 ทาง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:MPa

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1131.019 ^a	20	56.551	3.526	.000
Intercept	48391.792	1	48391.792	3017.596	.000
region	33.298	2	16.649	1.038	.356
group	967.227	6	161.204	10.052	.000
region * group	130.494	12	10.874	.678	.771
Error	3030.905	189	16.037		
Total	52553.716	210			
Corrected Total	4161.924	209			

a. R Squared = .272 (Adjusted R Squared = .195)

จากการศึกษาพบว่าระดับของคลอรงากพื้นไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.356$) และไม่มีอิทธิพลร่วมของกลุ่มทดลองและระดับของคลอรงากพื้น ($p=0.771$)

จากนั้นทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลัดต่อผนังคลองรากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวทั้ง 7 กลุ่ม โดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variances) พบว่ามีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลัดต่อผนังคลองรากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวอย่างน้อย 2 กลุ่ม ($p=0.000$) ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว

ANOVA

MPa

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	967.227	6	161.204	10.243	.000
Within Groups	3194.697	203	15.737		
Total	4161.924	209			

จากนั้นทำการทดสอบค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ (multiple comparison) แบบทูกีย์ (Tukey HSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟัน เส้นใยควอตซ์กับผนังคลองรากฟัน และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระหว่างกลุ่มทดลอง

group \ root region	cervical	middle	apical	mean (MPa)
1)Control	15.67±4.28	13.02±4.18	10.26±4.48	12.98±4.73 ^{a,b}
2)24% H ₂ O ₂ 5 minutes	12.38±2.24	12.07±4.33	12.13±4.27	12.19±3.61 ^a
3)24% H ₂ O ₂ 10 minutes	15.97±4.40	16.38±3.19	15.75±2.80	16.04±3.41 ^{c,d}
4)30% H ₂ O ₂ 5 minutes	15.91±3.34	15.83±3.80	15.56±4.02	15.77±3.60 ^{b,c}
5)30% H ₂ O ₂ 10 minutes	19.24±4.50	19.16±3.03	18.59±5.32	18.99±4.24 ^d
6)35% H ₂ O ₂ 5 minutes	16.36±3.17	16.27±4.24	16.35±4.85	16.33±4.00 ^{c,d}
7)35% H ₂ O ₂ 10 minutes	13.30±3.01	14.60±4.20	13.73±4.89	13.93±4.01 ^{a,b,c}

*ตัวอักษรเดียวกันแสดงถึงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

cervical : ระดับคลองรากฟันส่วนต้น

middle : ระดับคลองรากฟันส่วนกลาง

apical : ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย

กลุ่มที่ 5 ให้ค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกสูงที่สุด คือ 18.99±4.24 เมกะปาสคาล ตามด้วยกลุ่มที่ 6 และ 3 คือ 16.33±4.00 เมกะปาสคาล และ 16.04±3.41 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกระหว่างกลุ่มที่ 5 กลุ่มที่ 6 และกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ 7 และ กลุ่มที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกน้อยกว่ากลุ่มที่ 5, 6 และ 3 ตามลำดับ ดังนี้คือ 15.77±3.60 เมกะปาสคาล 13.93±4.01 เมกะปาสคาล และ 12.98±4.73 เมกะปาสคาล โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกระหว่างกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ 7 และกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 2 ให้ค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกน้อยที่สุด คือ 12.19±3.61 เมกะปาสคาล อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกกับกลุ่มที่ 7 และกลุ่มที่ 1

จากการทดลองสามารถจำแนกลักษณะความล้มเหลวของชิ้นทดสอบได้ดังตารางที่ 9 พบว่า กลุ่มที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟันมากที่สุด ในขณะที่ กลุ่มทดลองที่ 1 พบการแตกที่พื้นผิวระหว่างเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์มากที่สุด และกลุ่มที่ 7 พบเกิดการแตกผสม โดยพบว่ามีซีเมนต์ปกคลุมเดือยบางส่วนและคลุมผนังคลองรากฟันบางส่วนมากที่สุด และไม่พบเกิดการแตกที่ส่วนเนื้อฟันหรือในส่วนเดือยในการศึกษา

ตารางที่ 9 แสดงจำนวนและร้อยละของชิ้นทดสอบที่แสดงลักษณะความล้มเหลวแบบต่างๆ ด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดสเตอริโอกำลังขยาย 15 เท่า

Failure modes					
Experimental groups	1) ad c/d	2) ad p/c	3) co c	4) co d, p	5) mix ad
1)Control	8 (26.67)	14 (46.67)	1 (3.30)	-	7 (23.33)
2)24% H ₂ O ₂ 5 minutes	13 (43.33)	11 (36.70)	1 (3.30)	-	5 (16.67)
3)24% H ₂ O ₂ 10 minutes	15 (50.00)	12 (40.00)	-	-	3 (10.00)
4)30% H ₂ O ₂ 5 minutes	14 (43.67)	10 (33.33)	-	-	6 (20.00)
5)30% H ₂ O ₂ 10 minutes	13 (43.33)	9 (30.00)	1 (3.30)	-	7 (23.33)
6)35% H ₂ O ₂ 5 minutes	16 (53.33)	12 (40.00)	-	-	2 (6.67)
7)35% H ₂ O ₂ 10 minutes	10 (33.33)	8 (26.70)	-	-	12(40.00)

- 1) ad c/d : เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน
- 2) ad p/c : เกิดการแตกที่พื้นผิวระหว่างเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์
- 3) co c : เกิดการแตกในชั้นเรซินซีเมนต์
- 4) co d, p : เกิดการแตกที่ส่วนเนื้อฟันหรือในส่วนเดือย
- 5) mix ad : เกิดการแตกผสม พบว่ามีซีเมนต์ปกคลุมเดือยบางส่วนและคลุมผนังคลองรากฟันบางส่วน

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

การทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบผลของการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน ทำในฟันกรามน้อยล่างแท้ซี่หนึ่งของมนุษย์ซึ่งถอนเพื่อการจัดฟัน เก็บฟันไว้ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 เป็นเวลา 5 นาที แล้วเก็บในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (isotonic saline solution) ที่อุณหภูมิห้อง⁽⁴⁸⁾ เพื่อคงสภาพฟัน โดยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย^(48,69) และน้ำเกลือเป็นสารละลายที่สามารถหาได้ง่าย สะดวก ไม่ต้องเตรียมสารละลาย มีจำหน่ายราคาไม่แพง และมีความคงตัวของความเข้มข้น Naumann และคณะ ในปี ค.ศ. 2009 พบว่าน้ำเกลือเป็นสารละลายที่นิยมใช้สำหรับเก็บฟันมากที่สุดถึงร้อยละ 30 แต่อย่างไรก็ตาม การเก็บฟันในน้ำเกลือมีผลลดค่ากำลังแรงยึดของเนื้อฟันต่ำกว่าฟันธรรมชาติตามระยะเวลาที่เก็บฟัน⁽⁷⁰⁾ การเก็บฟันเพื่อใช้ในการทดลองนั้น ควรเก็บไว้ในที่มีความชื้นเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำโดยค้ำน้ำถึงระยะเวลาที่ใช้เก็บฟัน มีการศึกษาพบว่าเมื่อเก็บฟันไว้ในฟอร์มาลินที่ระยะเวลา 2 วัน และ 6 เดือน ให้ค่าแรงยึดเฉือนไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการเก็บฟันในน้ำเกลือ อย่างไรก็ตามไม่ควรเก็บฟันนานเกิน 6 เดือน^(70,71) ซึ่งในการทดลองนี้ ฟันที่ใช้ทดสอบเก็บไว้ในน้ำเกลือที่ระยะเวลาไม่เกิน 6 เดือน

สำหรับขั้นตอนการรักษาคลองรากฟันและการเตรียมขึ้นทดสอบนั้น ในส่วนของการเก็บฟันไม่สามารถทำการรักษาสภาพฟันให้เหมือนกับในช่องปากได้ แต่ทุกขั้นตอนได้พยายามป้องกันไม่ให้ฟันเกิดการสูญเสียความชื้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแรงยึดติดระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์ โดยเก็บฟันในกล่องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 100 เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและนำไปเก็บในตู้อบอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของร่างกายคนปกติและอุดคลองรากฟันด้วยซีเมนต์อุดคลองรากฟันเอเอชพลัส AH-Plus[®] ซึ่งเป็นซีเมนต์อุดคลองรากฟันที่ไม่มียูจินอลเป็นองค์ประกอบเพราะยูจินอลเป็นสารประกอบฟีนอล สามารถยับยั้งและหน่วงเหนี่ยวปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์⁽⁷²⁾ เพื่อป้องกันปัญหาการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่ไม่สมบูรณ์ของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดเดือยฟันในคลองรากฟัน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงยึดที่น้อยลง

การศึกษานี้เลือกใช้เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ดีทีไลท์โพสท์เบอร์ 1 ซึ่งเป็นเดือยฟันสำเร็จรูปเส้นใยควอตซ์ที่นิยมใช้ เนื่องจากมีค่ามอดุลัสของสภาพยึดหยุ่นใกล้เคียงกับฟัน มีคุณสมบัติทางกลที่ดี ความแข็งแรงต่อการดึงสูง เนื่องจากมีความหนาแน่นของเส้นใยและไม่มีตำหนิในเนื้อ

เดือยฟัน^(73,74) ทนต่อการฉีก สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ มีความที่บร้งสี และสามารถนำแสงได้⁽⁷³⁾ แต่มีพื้นผิวที่เรียบ^(8,10) และส่วนของเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซิน ซึ่งผ่านกระบวนการเกิดปฏิกิริยา การเกิดพอลิเมอร์ที่สมบูรณ์ มีลักษณะโครงสร้างแบบเชื่อมขวาง ทำให้ไม่มีกลุ่มทำงานเหลืออยู่ เพื่อเกิดปฏิกิริยากับไซเลนได้^(9,11,22,29,57)

การเตรียมพื้นผิวคลองรากฟันก่อนการยึดเดือยฟันแบบโททอลเอชต์ด้วยกรดฟอสฟอริก ความเข้มข้นร้อยละ 37 เนื่องจากเป็นระบบที่ให้ค่ากำลังแรงยึดในคลองรากฟันที่สูง Hayashi และคณะในปี ค.ศ. 2005 และ Ari และคณะในปี ค.ศ. 2003 พบว่าให้ค่ากำลังยึดติดของเดือยฟันใน คลองรากฟันมากกว่าการใช้ระบบเซลฟ์เอชต์^(40,42) โดยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 เป็น กรดที่สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ได้ดี ในขณะที่เดียวกันก็ทำให้เกิดการเปิดกว้างของท่อเนื้อฟัน ดังนั้น จึงเกิดพื้นผิวที่เหมาะสมในการเกิดการยึดติดทางกลในระดับไมโครเมตร⁽⁴⁴⁾ แต่มีขั้นตอนการใช้งานที่ ยุ่งยาก ต้องสามารถควบคุมระยะเวลาในการใช้กรดกัด การล้างกรดออก และควบคุมระดับ ความชื้นของเนื้อฟันหลังการล้างคลองรากฟันได้ดี⁽⁴¹⁾

งานวิจัยนี้ใช้สารยึดติดชนิดเอ็กไซท์ ดีเอสซี (Excite DSC[®]) ซึ่งเป็นระบบโททอลเอชต์ เกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ตัวเริ่มต้นปฏิกิริยา (self-polymerization initiators) อยู่ในส่วนขนแปรงและส่วนเหลวคือเรซินที่เข้มข้น ซึ่งมีความชอบน้ำ (hydrophilic resin monomer) เป็นตัวแทรกซึมผ่านเนื้อฟันที่ได้ทำการปรับสภาพพื้นผิวด้วยกรด (demineralized dentin) จากงานวิจัยของ Dagostin ในปี ค.ศ. 2001 ใช้สารยึดติดเอ็กไซท์ ดีเอสซี ร่วมกับระบบโท ทอลเอชต์แล้วอุดฟันด้วยเรซินคอมโพสิต ตัดฟันในแนวตามยาวของฟันผ่านกลางวัสดุบูรณะแล้ว นำมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าสามารถเกิดขึ้นไฮบริดในชั้นเนื้อฟัน ที่มีความหนา 4-6 ไมโครเมตร เกิดเรซินแทรกเป็นจำนวนมากมีความยาวมากกว่า 10 ไมโครเมตร และมีการเชื่อมของเรซินแทรกไปยังท่อเนื้อฟันข้างเคียง นอกจากนี้สารยึดติดเอ็กไซท์ ดีเอสซี ยัง สามารถใช้งานได้ง่ายเนื่องจากมีลักษณะเป็นขนแปรงขนาดเล็ก เข้าสู่คลองรากฟันได้ดี ช่วยให้เกิด การแทรกซึมของสารยึดติดเข้าสู่ท่อเนื้อฟันได้ทั่วถึง⁽⁷⁵⁾ แล้วยึดเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ด้วยเรซินคอมโพสิตเหลวชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมียี่ห้อมัลติคอร์โฟลว์ (Multicoreflow[®]) ซึ่งมี ลักษณะเหลวและมีการไหลแผ่ที่ดี ให้ลักษณะเนื้อวัสดุและลักษณะผิวรอยต่อระหว่างเดือยฟัน และเรซินคอมโพสิตเป็นเนื้อเดียวกัน ลดการเกิดฟองที่ผิวรอยต่อ ช่วยลดปัญหาการแตกระหว่างผิว รอยต่อของเรซินซีเมนต์กับแกนฟัน เกิดการกระจายแรงที่สม่ำเสมอ^(6,76-80) ใช้งานได้ง่าย มีกระบอก ปืนผสมอัตโนมัติทำให้สามารถควบคุมอัตราส่วนการผสมและลดการเกิดฟองจากการผสม มี หัวฉีดขนาดเล็กเข้าสู่คลองรากฟัน^(6,79,80) นอกจากนี้ยังมีวัสดุอุดแทรก (fillers) เป็นจำนวนมากถึง ร้อยละ 78 ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกล มีความทนแรงคราก (yield strengths)^(76,78) การใช้สารยึด

ติกระบบโททอลเอทซ์ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับปฏิกิริยาเคมี เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการยึดเดือยฟันในส่วนคลองรากฟัน ช่วยลดปัญหาเรื่องการผ่านของแสงไม่ถึงปลายราก ทำให้ได้ค่ากำลังแรงยึดติดที่สูง⁽⁸¹⁾

การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก โดยขั้นตอนการเตรียมชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบ การคำนวณพื้นที่ผิวยึดติด ตลอดจนขั้นตอนการทำการทดลอง ผู้วิจัยได้ประยุกต์และดัดแปลงจากการทดลองของ Mumcu และคณะ ในปี ค.ศ. 2010⁽⁶⁸⁾ การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการวัดความแข็งแรงการยึดติดของเดือยฟันในคลองรากฟัน^(5, 48, 56, 68, 82) การทดสอบในชิ้นตัวอย่างที่หนาหรือการให้แรงกระทำต่อเดือยฟันทั้งชิ้นจะเกิดแรงที่ไม่เป็นระเบียบ (non-uniform stress) ทำให้ค่าแรงยึดติดบริเวณผิวสัมผัสมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จึงมีการเตรียมชิ้นตัวอย่างให้บางลงในการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก⁽¹²⁾ อย่างไรก็ตาม การทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกในชิ้นตัวอย่างที่หนา 1 มิลลิเมตร ค่าที่วัดได้จะเป็นค่าความแข็งแรงยึดเฉือน (shear stress) และแนวการวางตำแหน่งของหัวกดและชิ้นงานจะส่งผลให้เกิดลักษณะการกระจายของแรงภายในชิ้นงานที่ไม่สม่ำเสมอ มีผลต่อค่าแรงที่วัดได้^(12, 83) ดังนั้นผู้ทดลองจึงควรมีความระมัดระวังในการวางตำแหน่งของหัวกดให้ตรงกับบริเวณที่ต้องการทดสอบ ส่วนการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแรงดึงขนาดเล็ก (microtensile test) เป็นวิธีที่สามารถวัดค่าแรงยึดติดบริเวณผิวสัมผัสได้ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่า เพราะชิ้นตัวอย่างมีขนาดเล็กทำให้ผิวสัมผัสที่ใช้ทดสอบมีขนาดเล็ก โอกาสเกิดตำหนิบริเวณผิวสัมผัสจึงเกิดขึ้นได้น้อย อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีอัตราความล้มเหลวขณะเตรียมชิ้นงานสูง (high premature failure rate) จากการตัดชิ้นงานซึ่งต้องใช้แรงตัดที่มากและรุนแรงทำให้เกิดพันธะการยึดติดระหว่างพื้นผิวของเดือยฟัน ซีเมนต์และเนื้อฟันอ่อนแอลง⁽¹²⁾ การรื้อแต่งชิ้นทดสอบมีข้อจำกัดในการควบคุมตำแหน่งของชิ้นทดสอบให้มีพื้นที่ของการยึดติดคงที่เท่ากันทุกชิ้นทำได้ยาก ทำให้เกิดการกระจายของข้อมูลมาก ส่งผลให้ค่ากำลังแรงยึดที่ได้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง^(67, 84, 85) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงทดสอบค่าแรงยึดติดของเดือยฟันด้วยวิธีการทดสอบค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก

งานวิจัยนี้เลือกการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เนื่องจากเป็นสารเคมีที่สามารถหาได้ง่าย โดยงานวิจัยนี้ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 35 ซึ่งเป็นน้ำยาฟอกสีฟันในรูปของสารละลาย มีจำหน่ายที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แล้วทำการเจือจางกับน้ำกลั่นเพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามกลุ่มทดลองที่กำหนด ซึ่งไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติเป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงสามารถสลายพันธะของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ ส่งผลเพิ่มความขรุขระให้พื้นผิวของเดือยฟัน ทำให้เห็นเส้นใยชัดเจนขึ้น⁽⁵²⁾ จากการทดลอง

พบว่า การแช่เดือยฟันเส้นใยควอตซ์ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 24 นาน 10 นาที ความเข้มข้น ร้อยละ 30 นาน 10 นาที และความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของเดือยฟันเมื่อยึดด้วยเรซินซีเมนต์ในคลองรากฟัน แตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้แช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่ากำลังแรงยึดของเดือยฟันที่แช่ในสารละลายทั้งสามกลุ่มทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าการแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น ร้อยละ 24 นาน 10 นาที เกิดการทำลายชั้นของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ ทั้งบริเวณพื้นผิวและระหว่างเส้นใยควอตซ์ ส่งผลเพิ่มความขรุขระให้พื้นผิวของเดือยฟัน ทำให้เห็นเส้นใยควอตซ์ชัดเจนขึ้น โดยไม่พบการทำลายส่วนของเส้นใยควอตซ์ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นซิลิกาออกไซด์ ทำให้สามารถเกิดพันธะเคมีกับไซเลน เป็นการเพิ่มการยึดอยู่ทั้งทางกลและทางเคมีระหว่างเดือยฟันเรซินซีเมนต์ และผนังคลองรากฟัน^(52,53,63,64) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดได้ดีกว่าทาไซเลนเพียงอย่างเดียว^(11,12,53) และสอดคล้องกับการศึกษาของ สราลี อรรถพิศุทธิ และคณะ ในปี ค.ศ. 2011⁽⁸⁶⁾ ซึ่งพบว่า การแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 10 นาที สามารถช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดของเดือยฟันในคลองรากฟันได้

การแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 5 นาที ไม่ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้แช่เดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อาจเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายน้อยเกินไป และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เดือยฟันไม่เพียงพอสำหรับการละลายอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ จึงไม่ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดติด ส่วนการแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 10 นาที ให้ค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม อาจเนื่องมาจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 10 นาที ทำให้อีพอกซีเรซินเมทริกซ์ถูกละลายออกมามาก เส้นใยส่วนที่อยู่บริเวณพื้นผิวเดือยฟันหลุดออก แต่ส่วนของเรซินซีเมนต์ไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปเติมเต็มส่วนที่อีพอกซีเรซินถูกละลายออกไป ทำให้เกิดช่องว่างขึ้น จึงทำให้ค่าความแข็งแรงยึดลดลง^(86,87)

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่เดือยฟันในสารเคมีมีอิทธิพลร่วมต่อค่ากำลังแรงยึดติด โดยค่ากำลังแรงยึดติดไม่ได้แปรผันตรงตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น หรือระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการแช่เดือยฟันที่นานเท่ากัน ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นไม่ช่วยทำให้ค่ากำลังแรงยึดติดเพิ่มขึ้นตาม เช่น การแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 10 นาที ให้ค่ากำลังแรงยึดติดต่ำกว่าการแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 24 และ ความเข้มข้นร้อยละ 30

นาน 10 นาที และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นในการแช่เดือยฟันที่ความเข้มข้นเดียวกัน ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เดือยฟันที่นานขึ้นไม่ได้เพิ่มค่ากำลังแรงยึดติด เช่น การแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 10 นาที ให้ค่ากำลังแรงยึดติดต่ำกว่าการแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที

เมื่อพิจารณาระดับคลองรากฟัน จากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกที่แต่ละระดับของคลองรากฟัน ชัดแจ้งกับการศึกษาของ Mumcu และคณะ ในปี ค.ศ. 2010⁽⁶⁸⁾ ซึ่งพบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันที่ค่าสูงที่สุดที่บริเวณคลองรากฟันส่วนต้น และมีค่าต่ำที่สุดที่บริเวณคลองรากฟันส่วนปลาย เนื่องจากการเข้าถึงบริเวณปลายรากทำได้ยาก ข้อจำกัดในเรื่องการไหลผ่านของเรซินซีเมนต์ และการผ่านของแสงลดลงบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายของรากฟัน ทำให้ปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงหรือชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม Bouillaguet และคณะ ในปี ค.ศ. 2003⁽⁸⁸⁾ พบว่าค่ากำลังแรงยึดของพานาเวีย เอฟ และซีแอนด์บี เมตาบอนด์ ไม่สัมพันธ์กับระดับคลองรากฟัน เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bitter และคณะ ในปี ค.ศ. 2006⁽⁸⁹⁾ และ Muniz และคณะ ในปี ค.ศ. 2005⁽⁹⁰⁾ ซึ่งพบว่าบริเวณของรากฟันไม่มีผลต่อค่ากำลังแรงยึดติด เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ที่มีประสิทธิภาพจากการใช้สารยึดติดและเรซินซีเมนต์ที่ใช้มีคุณสมบัติบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี สามารถช่วยลดปัญหาเรื่องการลดลงของแสงที่บริเวณปลายรากฟัน และเดือยฟันที่ใช้มีคุณสมบัตินำแสงได้ งานวิจัยนี้ปรับสภาพพื้นผิวคลองรากฟันด้วยกรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 โดยใช้เข็มฉีดกรดลงไปในคลองรากฟันแล้วล้างออกโดยใช้กระบอกฉีดน้ำกลั่น แล้วซับแห้งด้วยแท่งกระดาษซับ จำนวน 4 ชิ้น เพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินและเป็นการควบคุมความชื้นในคลองรากฟันร่วมกับใช้สารยึดติดเอ็กไซท์ ดีเอสซี ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic monomer) สามารถแทรกซึมเข้าไปในชั้นคอลลาเจนได้ดี ร่วมกับเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสงและปฏิกิริยาทางเคมีในการยึดเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ ซึ่งมีคุณสมบัติการนำแสงได้ ช่วยลดปัญหาการผ่านของแสงไม่ถึงปลายรากฟัน งานวิจัยนี้ใช้เดือยฟันดีทีไลท์โพสท์ ซึ่งมีคุณสมบัติแสงส่องผ่านได้ โดยปริมาณแสงที่วัดได้ (spectrophotometric counts) มีค่ามากที่บริเวณส่วนต้นของเดือยฟัน (coronal) แล้วลดลงในบริเวณส่วนกลาง (middle) และส่วนปลาย (apical) แต่จะมีค่าสูงเพิ่มขึ้นที่บริเวณปลายสุดของเดือยฟัน (tip) โดยมีค่าสูงใกล้เคียงกับบริเวณส่วนต้นของเดือยฟัน^(30,91) Erica และคณะ ในปี ค.ศ. 2006⁽⁹²⁾ พบว่าเดือยฟันดีทีไลท์โพสท์สามารถส่องผ่านแสงได้ร้อยละ 22 ที่ระยะ 10 มิลลิเมตร การใช้เดือยฟันดีทีไลท์โพสท์ในงานวิจัยนี้จึงอาจช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ได้อย่างสมบูรณ์

ในแต่ละบริเวณของคลองรากฟัน ประกอบกับงานวิจัยเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งสามารถควบคุมขั้นตอนการทำงานได้ง่าย

เมื่อพิจารณาการแตกหักของชิ้นงานพบว่า เกิดการแตกของชิ้นงานที่พื้นผิวระหว่างเนื้อฟันกับเรซินซีเมนต์มากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Monticelli ในปี ค.ศ. 2007⁽⁹³⁾ ซึ่งเกิดจากการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้พื้นผิวของเดือยฟันมีความขรุขระมากขึ้น เกิดเป็นช่องว่างขนาดเล็ก ช่วยเพิ่มการยึดติดทางกล และมีการสลายส่วนของอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ เผยพื้นผิวของเส้นใยควอตซ์ เมื่อทาสารค้ำค้ำบไซเลนจึงช่วยเพิ่มการยึดติดทางเคมีร่วมด้วย

มีปัจจัยในเรื่องของสภาพสิ่งแวดล้อมในคลองรากฟัน การเตรียมพื้นผิวคลองรากฟัน ออกซิเจนที่ตกค้างในท่อเนื้อฟัน ซึ่งมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์กับผนังคลองรากฟัน⁽⁹⁴⁾ ดังนั้นจึงพบการแตกเป็นส่วนมากเกิดขึ้นระหว่างบริเวณผนังคลองรากฟันกับเรซินซีเมนต์

สรุปผลการวิจัย

1. การแช่เดือยฟันในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 นาน 10 นาที ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 นาน 10 นาที และที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที ช่วยเพิ่มค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้แช่เดือยฟันด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
2. สารละลายที่เหมาะสมเพื่อนำมาปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ก่อนยึดเดือยฟันในคลองรากฟันคือ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 35 นาน 5 นาที เพราะให้ค่ากำลังแรงยึดแบบผลักระหว่างเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันสูง และช่วยลดระยะเวลาการทำงานในคลินิกได้ และเป็นความเข้มข้นที่มีจำหน่าย ไม่ต้องเตรียมสารละลายด้วยขั้นตอนที่ยุ่งยาก
3. การยึดเดือยฟันในคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอทท์โดยใช้กรดเตรียมพื้นผิวฟัน ตามด้วยทาสารยึดติดชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เป็นวิธีที่ให้ผลการยึดติดของเดือยฟันตลอดคลองรากฟันได้ดี อย่างไรก็ตามการยึดติดของเดือยฟันในคลองรากฟันควรคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการ

ล้างและอุดคลองรากฟัน การเตรียมคลองรากฟัน ความชื้นในคลองรากฟัน และการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน

ข้อเสนอแนะ

1. ในทางคลินิกแรงบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นมีหลายแนวและเป็นแรงที่เกิดขึ้นซ้ำๆกันเป็นวงจร (cyclic load) ดังนั้นเพื่อให้มีความคล้ายคลึงกับสภาพในช่องปากมากขึ้น ควรทดลองต่อเนื่องโดยศึกษาถึงอิทธิพลของแรงกระทำซ้ำๆ (fatigue) และอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยผ่านวงจรเพิ่มอุณหภูมิ (thermocycling)
2. ควรทดลองต่อเนื่องโดยเปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น เดือยฟันยี่ห้ออื่นซึ่งมีเรซินเมทริกซ์เป็นอีพอกซีเรซินเช่นเดียวกัน หรือที่ใช้เส้นใยและเมทริกซ์ชนิดอื่น และเรซินซีเมนต์ชนิดอื่น
3. การวิจัยนี้เป็นเพียงการทำนายแนวโน้มและเปรียบเทียบค่ากำลังแรงยึดของเดือยฟันในคลองรากฟันของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันด้วยเดือยฟันที่ผ่านการปรับสภาพพื้นผิวภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดในห้องปฏิบัติการ ควรมีการศึกษาต่อเนื่องโดยติดตามผลการรักษาในผู้ป่วยทางคลินิก

รายการอ้างอิง

- (1) Rosenstiel, S.F., Land, M.F., and Fujimoto, M. Contemporary fixed prosthodontics. 4. St. Louis: Mosby, 2006.
- (2) Schwartz, R.S., and Robbins, J.W. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A Literature review. J Endod 30 (May 2004): 289-301.
- (3) Balbosh, A., and Kern, M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. J Prosthet Dent 95 (March 2006): 218-23.
- (4) Christensen, G.J. Post: Necessary or unnecessary? J Am Dent Assoc 127 (October 1996): 1522-6.
- (5) Bitter, K., Meyer-Luckel, H., Priehn, K., Martus, P., and Kielbassa, A.M. Bond strengths of resin cements to fiber-reinforced composite posts. Am J Dent 19 (June 2006): 138-42.
- (6) Magni, E., and others. Adhesion between fiber posts and resin luting agents: A microtensile bond strength test and an SEM investigation following different treatments of the post surface. J Adhes Dent 9 (April 2007): 195-202.
- (7) Grandini, S., Goracci, C., Monticelli, F., Borracchini, A., and Ferrari, M. SEM evaluation of cement layer thickness after luting two different posts. J Adhes Dent 7 (Autumn 2005): 235-40.
- (8) O' Keefe, K.L., Miller, B.H., and Power, J.M. In vitro tensile strength of adhesive cements to new post materials. Int J Prosthodont 13 (January-February 2000): 47-51.
- (9) Cheleux, N., Sharrock, P., and Degrange, M. Surface treatments on quartz fiber post: Influence on adhesion and flexural properties. Am J Dent 20 (December 2007): 375-9.
- (10) Gallo, J.R., Miller, T., Xu, X., and Burgess, J.O. In vitro evaluation of the retention of composite fiber and Stainless Steel posts. J Prosthodont 11 (March 2002): 25-9.

- (11) Monticelli, F., Osorio, R., Sadek, F.T., Radovic, I., Toledano, M., and Ferrari, M. Surface treatments for improving, bond strength to prefabricated fiber posts: A Literature review. Oper Dent 33 (May-June 2008): 346-55.
- (12) Goracci, C., Grandini, S., Bossu, M., Bertelli, E., and Ferrari, M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. J Dent 35 (November 2007): 827-35.
- (13) Silverstein, W.H. The reinforcement of weakened pulpless teeth. J Prosthet Dent 14 (March-April 1964): 372-81.
- (14) Cohen, S., Hargreaves, K.M., and Keiser, K. Pathway of the pulp. 9. St. Louis: Mosby, 2006.
- (15) Stockton, L.W. Factors affecting retention of post system: A literature review. J Prosthet Dent 81 (April 1999): 380-5.
- (16) Christensen, G.J. Intracoronal and extracoronal tooth restoration. J Am Dent Assoc 130 (April 1999): 557-60.
- (17) Isidor, F., and Brundum, K. Intermittent loading of teeth with tapered, Individually post or prefabricated parallel – sided post . Int J prosthodont 5 (May-June 1992): 257-61.
- (18) Torbjørner , A., Kärsson, S., and Odman, P.A. Survival rate and failure characteristics for two post designs. J Prosthet Dent 73 (May 1995): 439-44.
- (19) Isidor, F., and Brundum, K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber post. Int J Prosthodont 9 (March-April 1996): 131-6.
- (20) Butz, F., Lennon, A.M., Heydecke, G., and Strub, J.R. Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post and core systems: an in vitro study. Int J Prosthodont 14 (January-February 2001): 58-64.
- (21) Ferrari, M. Vichi, A. and Garcia-Godoy, F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. Am J Dent 13 (May 2000): 15B-18B.

- (22) Lassila, L.V., Tanner, J., Le Bell, A.M., Narva, K., and Vallittu, P.K. Flexural properties of fiber reinforced root canal post. Dent Mater 20 (January 2004): 29-36.
- (23) Grandini, S., Goracci, C., Monticelli, F., Tay, F.R., and Ferrari, M. Fatigue resistance and structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. Dent Mater 21 (February 2005): 75-82.
- (24) Boschian, P. L., Cavalli, G., Bertani, P., and Gagliani, M. Adhesive post – endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. Dent Mater 18 (December 2002): 596-602.
- (25) Eskitascioglu, G., Belli, S., and Kalkan, M.. Evaluation of two post core system using two different method.(fracture strength test and a finite elemental stress analysis). J Endod 28 (September 2002): 629-33.
- (26) Duret, B., Reynaud, M., and Duret, F. New concept of coronoradicular reconstruction: the composipost(1). Chir Dent Fr 60 (November 1990): 131-41.
- (27) Kalkan, M., Usumez, A., Ozturk, A.N., Belli, S. and Eskitascioglu, G . Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. J Prosthet Dent 96 (July 2006): 41-6.
- (28) Fredriksson, M., Astback, J., and Pamenius, M. A retrospective study on 236 patients with teeth restored by carbon fiber- reinforced epoxy resin posts. J Prosthet Dent 80 (August 1998): 151-7.
- (29) Terry, D.A., Triolo, P.T., and Swift, E.J. Fabrication of direct fiber-reinforced posts: A structural design concept. J Esthet Restor Dent 13 (July 2001): 228-40.
- (30) Goracci, C., Corciolani, G., Vichi, A. and Ferrari, M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. J Dent Res 87 (December 2008): 1122-6.
- (31) Mannocci, F., Sherriff, M., Watson, T.F., and Vallittu, P.K. Penetration of bonding resins into fibre-reinforced composite posts:a confocal microscopic study. Int Endodod J 38 (January 2005): 46-51.
- (32) Lee Bell, A.M., Lassila, L.V., Kangasniemi, I., and Vallittu, P.K. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. J Dent 33 (August 2005): 533-9.

- (33) Peutzfeldt, A., Sahafi, A., and Asmussen, E. A survey of failed post-retained restorations. Clin Oral Investiq 12 (March 2008): 37-44.
- (34) Bachicha, W.S., Difiore, P.M., Miller, D.A., Lautenschlager, E.P., and Pashley, D.H. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. J Endod 24 (November 1998): 703-8.
- (35) Mazzoni, A. and others. Push-out stress for fibre posts luted using different adhesive strategies. Eur J Oral Sci 117 (August 2009): 447-53.
- (36) Jayasooriya, P.R., Pereira, P.N., Nikaido, T., and Tagami, J. Efficacy of a resin coating on bond strengths of resin cement to dentin. J Esthet Restor Dent 15 (March 2003): 105-13.
- (37) Al-Assaf, K., Chakmachi, M., Palaghias, G., Karanika-Kouma, A., and Eliades, G. Interfacial characteristics of adhesive luting resins and composites with dentine. Dent Mater 23 (July 2007): 829-39.
- (38) Hikita, K., and others. Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentine. Dent Mater 23 (January 2007): 71-80.
- (39) Oliveira, S.S., Pugach, M.K., Hilton, J.F., Watanabe, L.G., Marshall, S.J., and Marshall, G.W.Jr. The influence of the dentin smear layer on adhesion: a self etching primer vs. a total etching system. Dent Mater 19 (December 2003) :758-67.
- (40) Hayashi, M., Takahashi, Y., Hirai, M., Iwami, Y., Imazato, S., and Ebisu, S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentin. Eur J Oral Sci 113 (February 2005): 70-6.
- (41) Meerbeek, B.V., and others. Adhesives and cements to promote preservation of dentistry. Oper dent 26 (July-December 2001): 119-44.
- (42) Ari, H., Yasar, E., and Belli, S. Effect of sodium hypochlorite on bond strength of resin cements to root canal dentin. J Endod 29 (April 2003): 248-51.
- (43) De Munck, J., Vargus, M., Van Landuyt, K., Hikita, K., Lambrechts P, and Van Meerbeek, B. Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. Dent Mater 20 (December 2004): 963-71.

- (44) Tjan, A.H., and Nemetz, I.T. Effect of Eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated post luted with adhesive composite resin cement. Quintessence Int 23 (December 1992): 839-44.
- (45) Ngoh, E.C., Pashley, D.H., Loushine, R.J., Weller, R.N., and Kimbrough, W.F. Effect of eugenol on resin bond strength to root canal dentin. J Endod 27 (June 2001): 411-4.
- (46) Schwartz, R.S., Murchison, D.F., and Walker, W.A. Effect of eugenol and non eugenol endodontic sealer cements on post retention. J Endod 24 (August 1998): 564-7.
- (47) Morris, M.D., Lee, K.W., Agee, K.A., Bouillaguet, S., and Pashley, D.H. Effect of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strength of resin cement to endodontic surface. J Endod 27 (December 2001): 753-7.
- (48) Demiryurek, E.O., Kulunk, S., Sarac, D., Yuksel, G., and Bulucu, B. Effect of different surface treatments on the push-out bond strength of fiber post to root canal dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 108 (August 2009): e74-e80.
- (49) Ozturk, B., and Ozer, F. Effects of NaOCl on bond strength of bonding agent to pulp chamber lateral walls. J Endod 30 (May 2004): 362-5.
- (50) Boone, K.J., Murchison, D.F., Schindler, W.G., and Walker, W.A. Post retention: The effect of sequence of post space preparation, cementation time and different sealer. J Endod 27 (December 2001): 768-71.
- (51) Serafino, C., Gallina, G., Cumbo, E., and Ferrari, M. Surface debris of canal walls after post space preparation in endodontically treated teeth: A scanning electron microscopic study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 97 (March 2004): 381-6.
- (52) ศิริพร อรุณประดิษฐ์กุล, อิศราวัลย์ บุญศิริ, กัลยา ยิ่งยืน, กิจศิริภรณ์ บุญอำนวย, และ ชุตติมณฑน์ ศรีทวารนิช. ผลของการปรับสภาพพื้นผิวต่อลักษณะพื้นผิวของเดือยฟัน ชนิดเส้นใยควอตซ์ด้วยสารเคมี. ทันต จุฬาฯ 34 (มกราคม-เมษายน 2554): 1-8.
- (53) Vano, M., and others. The adhesion between fiber posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. Int Endod J 39 (January 2006): 31-9.

- (54) Monticelli, F., Toledano, M., Tay, F.R., Sadek, F.T., Goracci, C., and Ferrari, M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. J Endod 32 (January 2006): 44-7.
- (55) Goracci, C., Raffaelli, O., Monticelli, F., Balleri, B., Bertelli, E., and Ferrari, M. The adhesion between prefabricated FRC post and composite resin cores: microtensile bond strength with and without post-silanization. Dent Mater 21 (May 2005): 437-44.
- (56) Bitter, K., Noetzel, J., Neumann, K., and Kielbassa, A.M. Effect of silanization on bond strengths of fiber posts to various resin cements. Quintessence Int 38 (February 2007): 121-8.
- (57) Perdigao, J., Gomes, G., and Lee, I.K. The effect of silane on bond strengths of fiber posts. Dent Mater 22 (August 2006): 752-8.
- (58) Sahafi, A., Peutzfeldt, A., Asmussen, E., and Gotfredsen, K. Bond strength of resin cement to dentin and to surface-treated posts of titanium alloy, glass fiber and zirconia. J Adhes Dent 5 (Summer 2003): 153-62.
- (59) Mazzitelli, C., Ferrari, M., Toledano, M., Osorio, E., Monticelli, F., and Osorio, R. Surface roughness analysis of fiber post conditioning processes. J Dent Res 87 (February 2008): 186-90.
- (60) Asmussen, E., Peutzfeldt, A., and Sahafi, A. Bonding of resin cements to post materials: influence of surface energy characteristics. J Adhes Dent 7 (Autumn 2005): 231-4.
- (61) D'Arcangelo, C., D'Amario, M., Vadini, M., De Angelis, F., and Caputi, S. Influence of surface treatments on the flexural properties of fiber posts. J Endod 33 (July 2007): 864-7.
- (62) D'Arcangelo, C., D'Amario, M., Prospero, G.D., Cinelli, M., Giannoni, M., and Caputi, S. Effect of surface treatments on tensile bond strength and on morphology of quartz-fiber posts. J Endod 33 (March 2007): 264-7.
- (63) Monticelli, F., Toledano, M., Tay, F.R., Cury, A.H., Goracci, C., and Ferrari, M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. Dent Mater 22 (March 2006): 602-9.

- (64) Yenisey, M., and Kulunk, S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. J Prosthet Dent 99 (January 2008): 38-45.
- (65) Weisburger, E.K. Carcinogenicity studies on halogenated hydrocarbons. Environ Health Perspect 21 (December 1977): 7-16.
- (66) Valandro, L.F., and others. Microtensile bond strength between a quartz fiber post and a resin cement: Effect of post surface conditioning. J Adhes Dent 8 (April 2006): 105-11.
- (67) Akgungor, G., Sen, D., and Aydin, M. Influence of different surface treatments on the short term bond strength and durability between a zirconia post and a composite resin core material. J Prosthet Dent 99 (May 2008): 388-99.
- (68) Mumcu, E., Erdemir, U., and Topcu, F.T. Comparison of micro push-out bond strengths of two fiber posts luted using simplified adhesive approaches. Dent Mater J 29 (May 2010): 286-96.
- (69) Clarkson, R.M., and Moule, A.J. Sodium hypochlorite and its use as an endodontic irrigant. Aust Dent J 43 (August 1998): 250-6.
- (70) Naumann, M., and other. Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post-endodontic restorations: a structure review. J Oral Rehabil 36 (April 2009): 299-312.
- (71) Dewald, J.P. The use of extracted teeth for in vitro bonding studies :A review of infection control considerations. Dent Mater 13 (March 1997): 74-81.
- (72) Fujisawa, S., and Kadoma, Y. Action of eugenol as a retarder against polymerization of methyl methacrylate by benzoyl peroxide. Biomaterials 18 (May 1997): 701-3.
- (73) Wiskott, H.W., Meyer, M., Perriard, J., and Scherrer, S.S. Rotational fatigue-resistance of seven post types anchored on natural teeth. Dent Mater 23 (November 2007): 1412-9.
- (74) Seefeld, F., Wenz, H.J., Ludwig, K., and Kern, M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. Dent Mater 23 (March 2007): 265-71.

- (75) Dagostin, A., and Ferrari, M. In vivo bonding mechanism of an experimental dual-cure enamel-dentin bonding system. Am J Dent 14 (April 2001): 105-8.
- (76) Salameh, Z., Papacchini, F., Ounsi, H.F., Goracci, C., Tashkandi, E., and Ferrari, M. Adhesion between prefabricated fiber-reinforced posts and different composite resin cores: A microtensile bond strength evaluation. J Adhes Dent 8 (April 2006): 113-7.
- (77) Wang, Y., Zhang, L., Chen, J., Goracci, C., and Ferrari, M. Influence of c-factor on the microtensile bond strength between fiber posts and resin luting agents. J Adhes Dent 10 (October 2008): 385-91.
- (78) Wrbas, K.T., Schirrmeister, J.F., Altenburger, M.J., Agrafioti, A., and Kielbassa, A.M. Influence of the adhesive systems on bond strength between fiber posts and composite resin cores in a pull-out test design. Dent Mater J 26 (May 2007): 401-8.
- (79) Wrbas, K.T., Schirrmeister, F., Altenburger, J., Agrafioti, A., and Hellwig, E. Bond strength between fibre posts and composite resin cores: effect of post surface silanization. Int Endod J 40 (July 2007): 538-43.
- (80) Schmage, P., Cakir, F.Y., Nergiz, I., and Pfeiffer, P. Effect of surface conditioning on the retentive bond strengths of fiber-reinforced composite posts. J Prosthet Dent 102 (December 2009): 368-77.
- (81) Monticelli, F., Ferrary, M., and Toledano, M. Cement system and surface treatment selection for fiber post luting. Med Oral Pathol Oral Cir Bucal 13 (March 2008): E214-21.
- (82) Bitter, K., Neumann, K., and Kielbassa, A.M. Effect of Pretreatment and Thermocycling on bond strength of resin core materials to various fiber-reinforced composite posts. J Adhes Dent 10 (December 2008): 481-9.
- (83) Bitter, K., Paris, S., Hartwig, C., Neumann, K., and Kielbassa, A.M. Shear bond strengths of different substrates bonded to lithium disilicate ceramics. Dent Mater J 25 (September 2006): 493-502.
- (84) Goracci, C., Sadek, F., Monticelli, F., Cardoso, P.E., and Ferrai, M. Influence of substance, shape, and thickness on microtensile specimen structural

- integrity and their measured bond strength. Dent Mater 20 (September 2004): 643-54.
- (85) Sadek, F.T., Goracci, C., Monticelli, F., Tay, F.R., Cardoso, P.E., and Ferrari, M. Bond strength performance of different resin composites used as core materials around fiber posts. Dent Mater 23 (January 2007): 95-9.
- (86) สราลี อรรถพิศุทธิ, และ อิศราวัดย์ บุญศิริ. ความแข็งแรงยึดระหว่างเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยกับแกนฟันเรซินคอมโพสิตหลังการปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี. The 12th Graduate Research Conference Khon Kaen University, 2011: 949-57.
- (87) พิศเพลิน ชนาเทพาพร, ดาราพร แซ่ลี่, ฉัตรวรัณ สุวส์ดีพาณิชย์, เอกพันธ์ กวียานนท์. การศึกษาเปรียบเทียบผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และการสึกแบบฟันอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์ในอากาศต่อลักษณะพื้นผิวของฟันหลักไฟเบอร์. ว ทันต ขอนแก่น 13 (มกราคม-มิถุนายน 2553): 37-47.
- (88) Bouillaguet, S., Troesch, S., Wataha, J.C., Krejci, I., Meyer, J.M., and Pashley, D.H. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. Dent Mater 19 (May 2003):199-205.
- (89) Bitter, K., Meyer-Lueckel, H., Priehn, K., Kanjuparambil, J.P., Neumann, K., and Kielbassa, A.M. Effects of luting agent and thermocycling on bond strengths to root canal dentine. Int Endod J 39 (October 2006): 809-18.
- (90) Muniz, L., and Mathias, P. The influence of sodium hypochlorite and root canal sealers on post retention in different dentin regions. Oper Dent 30 (July-August 2005): 533-9.
- (91) Radovic, I., and other. Light transmission through fiber post: The effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. Dent Mater 25 (July 2009): 837-44.
- (92) Erica, C.N., Jeffrey, R., and Jeffery, Y. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. JADA 137 (July 2006): 1006-12.
- (93) Monticelli, F., and other. Effect of adhesive systems and surface treatment of methacrylate resin-based fiber posts on post-resin-dentin bonds. Am J Dent 20 (August 2007): 231-4.

- (94) de Sousa Menezes, M., Queirz, E.C., Soaresv, P.V., Faria-e-Silva, A.L., Soares, C.J., Martins, L.R. Fiber post etching with hydrogen peroxide: effect of concentration and application time. J Endod 37 (March 2011): 398-402.

ภาคผนวก

ตารางที่ 10 แสดงค่าแรงที่ทำให้ชิ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลักรวมของลุ่มที่ 1

ชิ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	56.90	3.40828585	16.69461
2	1	77.10	3.64392070	21.15853
3	1	35.01	3.61347945	9.68872
4	1	77.15	3.92996968	19.63119
5	1	45.33	3.45030210	13.13798
6	1	66.49	3.80578250	17.47078
7	1	72.39	3.82843523	18.90851
8	1	61.51	3.55589194	17.29805
9	1	32.41	4.03476845	8.03268
10	1	52.51	3.55414228	14.77431
11	2	61.90	3.05979688	20.23010
12	2	25.22	3.17121560	7.95279
13	2	43.10	3.10809171	13.86703
14	2	29.90	3.32205236	9.00046
15	2	36.36	3.06673119	11.85627
16	2	45.41	3.24662817	13.98682
17	2	29.01	3.33116497	8.70867
18	2	33.13	3.11507276	10.63539
19	2	55.61	3.00598423	18.49976
20	2	49.80	3.21274630	15.50076
21	3	39.02	2.98807997	13.08198
22	3	16.44	2.83941531	5.78992
23	3	22.10	2.91627322	7.57817
24	3	46.76	2.71714818	17.20922
25	3	33.16	2.89323452	11.46083
26	3	25.71	2.96712629	8.66495
27	3	49.05	2.73270032	17.94988
28	3	19.07	2.87451808	6.63416
29	3	19.50	3.04789926	6.39785
30	3	22.53	2.87133655	7.84652

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 11 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 2

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	53.08	4.05980505	13.07452
2	1	51.29	3.84285535	13.34685
3	1	54.26	4.17781385	12.98765
4	1	65.46	3.85558490	16.97799
5	1	52.15	4.47268257	11.65967
6	1	45.29	4.26210688	10.62620
7	1	64.07	4.64592683	13.79057
8	1	35.90	3.86932891	9.27810
9	1	51.50	4.15121283	12.40602
10	1	39.17	4.03864701	9.69879
11	2	29.78	3.53784150	8.41756
12	2	41.72	3.32636454	12.54222
13	2	32.38	3.18241104	10.17468
14	2	69.28	2.98442967	23.21382
15	2	49.18	3.97651294	12.36762
16	2	52.91	3.73392920	14.17006
17	2	30.06	3.34506296	8.98638
18	2	33.12	3.17113770	10.44420
19	2	29.88	3.37355282	8.85713
20	2	36.75	3.16135838	11.62575
21	3	38.26	3.10263831	12.33144
22	3	31.79	2.98474848	10.65081
23	3	41.08	2.92495424	14.04482
24	3	59.48	2.84490970	20.90752
25	3	18.29	3.07576363	5.94649
26	3	28.61	3.27865886	8.72613
27	3	46.40	2.91439705	15.92096
28	3	22.55	2.80086115	8.05110
29	3	36.04	3.02400294	11.91798
30	3	37.31	2.91374312	12.80484

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 12 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 3

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	71.54	4.19237156	17.06452
2	1	69.76	4.00315280	17.42625
3	1	62.22	4.35178062	14.29760
4	1	87.80	4.01753926	21.85417
5	1	67.66	3.92007315	17.25988
6	1	30.85	3.59505396	8.58123
7	1	62.40	4.21949577	14.78839
8	1	92.12	4.07404253	22.61155
9	1	65.86	4.22811087	15.57670
10	1	36.19	3.50361859	10.32932
11	2	47.08	3.25379917	14.46924
12	2	59.90	3.06809650	19.39313
13	2	44.13	3.47611262	12.69522
14	2	54.21	3.29591758	16.44762
15	2	72.55	3.36976577	21.52969
16	2	63.03	3.20927414	19.63996
17	2	41.13	3.10528060	13.24518
18	2	52.21	2.93535548	17.78660
19	2	38.01	3.07694784	12.35315
20	2	46.02	2.82020683	16.31795
21	3	35.74	2.85751499	12.50737
22	3	45.63	2.83002648	16.12352
23	3	59.54	3.20788093	18.56054
24	3	56.80	3.22425516	17.61647
25	3	51.14	2.85399986	17.91871
26	3	53.00	2.70211894	19.61424
27	3	33.37	2.72755663	12.23602
28	3	36.23	2.63974075	13.72581
29	3	33.50	2.69215617	12.44356
30	3	44.67	2.65882063	16.80068

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 13 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 4

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	63.51	3.92549698	16.17884
2	1	43.16	3.59301236	12.01220
3	1	100.37	4.35676361	23.03875
4	1	75.18	4.19171443	17.93538
5	1	67.38	3.91226057	17.22278
6	1	43.06	3.61928469	11.89738
7	1	60.70	3.60355980	16.84445
8	1	49.88	3.39041334	14.71207
9	1	68.03	4.13407397	16.45592
10	1	49.50	3.86297637	12.81395
11	2	39.21	3.13494818	12.56738
12	2	46.07	3.00499352	15.33115
13	2	54.26	3.73988472	14.50847
14	2	74.66	3.54850257	21.03986
15	2	41.31	3.44337395	11.99695
16	2	44.39	3.19405345	13.89770
17	2	65.56	3.18181385	20.60460
18	2	66.45	3.04439008	21.82703
19	2	47.07	3.66212591	12.85319
20	2	47.05	3.42499370	13.73725
21	3	56.58	2.89945620	19.51400
22	3	37.46	2.80287909	13.36483
23	3	42.65	3.38908680	12.58451
24	3	28.89	3.09294726	9.34061
25	3	46.34	2.96173648	15.64623
26	3	57.76	2.88227232	20.03974
27	3	59.39	2.96405349	20.03675
28	3	41.88	2.86208922	14.63217
29	3	62.12	3.18474768	19.50547
30	3	33.12	3.00531804	11.01965

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 14 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 5

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	73.85	4.09911109	18.01610
2	1	59.33	3.84815372	15.41778
3	1	105.14	4.06473597	25.86638
4	1	109.54	4.34871493	25.18930
5	1	88.49	3.96956993	22.29209
6	1	58.84	3.71035590	15.85832
7	1	86.72	4.25660218	20.37306
8	1	43.32	3.77496448	11.47560
9	1	91.96	4.50965119	20.39182
10	1	63.95	3.64568017	17.54131
11	2	50.66	3.37552904	15.00802
12	2	56.55	3.11299465	18.16579
13	2	58.61	3.58798623	16.33507
14	2	73.95	3.74273060	19.75830
15	2	67.33	3.48741398	19.30657
16	2	76.94	3.29306382	23.36426
17	2	67.25	3.28895928	20.44720
18	2	74.63	3.05837289	24.40186
19	2	77.18	4.12468433	18.71173
20	2	50.39	3.12788494	16.10993
21	3	55.75	2.97602989	18.73301
22	3	62.09	2.79584012	22.20799
23	3	30.88	3.17024242	9.74058
24	3	50.09	3.32677267	15.05663
25	3	56.46	3.02206577	18.68258
26	3	52.63	2.90744077	18.10183
27	3	75.61	2.95639315	25.57508
28	3	79.10	2.88880578	27.38156
29	3	43.42	3.04740926	14.24817
30	3	47.86	2.95694399	16.18563

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 15 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 6

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	78.24	4.19365923	18.70824
2	1	57.24	3.95857602	14.45975
3	1	99.54	4.16565361	23.89541
4	1	56.04	3.71957148	18.24045
5	1	53.39	3.88668541	13.73664
6	1	52.32	3.63798122	14.38160
7	1	54.68	3.71756400	14.70856
8	1	48.03	3.42999854	14.00292
9	1	61.26	4.08559546	14.99414
10	1	62.10	3.76714602	16.48463
11	2	57.35	3.48234531	16.46879
12	2	52.03	3.72885685	13.95334
13	2	62.72	3.26312989	19.22081
14	2	62.63	3.06320550	20.44590
15	2	39.42	3.12374511	12.61947
16	2	63.82	2.91693609	21.87912
17	2	60.07	3.19039951	18.82836
18	2	22.38	3.03165101	7.38212
19	2	57.50	3.58961096	16.01845
20	2	53.28	3.33638692	15.96937
21	3	70.14	3.04748008	23.01574
22	3	51.58	2.93437438	17.57785
23	3	64.10	2.91905863	21.95913
24	3	53.94	2.87415576	18.76725
25	3	58.80	2.79152839	21.06373
26	3	41.51	2.74715371	15.11018
27	3	34.47	2.87003031	12.01033
28	3	28.48	2.79166098	10.20181
29	3	28.41	2.88880578	9.83451
30	3	41.21	2.94848359	13.97668

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 16 แสดงค่าแรงที่ทำให้ขึ้นตัวอย่างแตกหักและค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกของกลุ่มที่ 7

ขึ้นตัวอย่าง	Root region	Debonding force (N)	Bonded area (mm ²)	Debond stress (MPa)
1	1	77.94	4.25157913	18.33201
2	1	40.01	3.32910854	12.01820
3	1	35.10	3.85035940	9.11603
4	1	30.52	3.54132744	8.61824
5	1	53.61	3.77236269	14.21113
6	1	50.71	3.52922243	14.36860
7	1	44.27	3.67988038	12.03028
8	1	50.12	3.49482699	14.34120
9	1	71.80	4.34656464	16.51879
10	1	53.83	3.99413113	13.47727
11	2	64.96	3.12052613	20.81700
12	2	60.29	2.96453939	20.33710
13	2	33.96	3.33589527	10.18018
14	2	52.69	3.12045128	16.88538
15	2	59.28	3.3616326	17.63429
16	2	43.35	3.10750573	13.95009
17	2	36.48	3.1875605	11.44449
18	2	49.12	3.05442286	16.08160
19	2	31.49	3.3326188	9.44903
20	2	33.44	3.09037789	10.82068
21	3	62.82	2.88095900	21.80520
22	3	38.80	2.78117372	13.95090
23	3	48.58	2.91714926	16.65324
24	3	40.86	2.80722877	14.55528
25	3	43.33	2.97262361	14.57635
26	3	27.60	2.83559154	9.73342
27	3	58.64	2.91549328	20.11323
28	3	23.65	2.8621905	8.26290
29	3	30.69	2.9107931	10.54352
30	3	20.55	2.8621905	7.17982

root region= 1 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนต้น (cervical) root region = 2 : แทนที่ระดับ
คลองรากฟันส่วนกลาง (middle) root region = 3 : แทนที่ระดับคลองรากฟันส่วนปลาย (apical)

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ของกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ทาพื้นผิวเดือยฟัน ด้วยสารเคลือบไฮเลน

Descriptive Statistics

level	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1 coronal MPa	10	8.03268	21.15853	15.6795362	4.27606957
2 middle MPa	10	7.95279	20.23010	13.0238041	4.18039258
3 apical MPa	10	5.78992	17.94988	10.2613474	4.47756509

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด ของแต่ละกลุ่มการทดลองที่แต่ละความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟัน ที่ระยะเวลา 5 นาที และ 10 นาที

Descriptive Statistics

txgroup	time	level		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
2) 24%H ₂ O ₂	1) 5 min	1 coronal	MPa	10	9.27810	16.97799	12.3846358	2.24408984
		2 middle	MPa	10	8.41756	23.21382	12.0799421	4.32704587
		3 apical	MPa	10	5.94649	20.90752	12.1302084	4.27227903
	2) 10 min	1 coronal	MPa	10	8.58123	22.61155	15.9789614	4.40295622
		2 middle	MPa	10	12.35315	21.52969	16.3877740	3.18822774
		3 apical	MPa	10	12.23602	19.61424	15.7546920	2.79193919
3) 30%H ₂ O ₂	1) 5 min	1 coronal	MPa	10	11.89738	23.03875	15.9111720	3.33670904
		2 middle	MPa	10	11.99695	21.82703	15.8363580	3.80365977
		3 apical	MPa	10	9.34061	20.03974	15.5683955	4.01588200
	2) 10 min	1 coronal	MPa	10	11.47560	25.86638	19.2421760	4.49621216
		2 middle	MPa	10	15.00802	24.40186	19.1608730	3.03499431
		3 apical	MPa	10	9.74058	27.38156	18.5913060	5.32154382
4) 35%H ₂ O ₂	1) 5 min	1 coronal	MPa	10	13.73664	23.89541	16.3612340	3.16936609
		2 middle	MPa	10	7.38212	21.87912	16.2785726	4.24307353
		3 apical	MPa	10	9.83451	23.01574	16.3517214	4.85018555
	2) 10 min	1 coronal	MPa	10	8.61824	18.33201	13.3031747	3.00830101
		2 middle	MPa	10	9.44903	20.81700	14.7599840	4.19873869
		3 apical	MPa	10	7.17982	21.80520	13.7373858	4.88610088

ตารางที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบว่าค่ากำลังแรงยึดแบบหลักในแต่ละกลุ่มว่ามี การแจกแจงแบบใด โดยใช้ One-sample Kolmogorov-Smirnov

Surface tx group	Root region	Kolmogorov-Smirnov Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
control	cervical	.613	.847
	middle	.418	.995
	apical	.757	.616
24%H2O2 5 min	cervical	.523	.947
	middle	.814	.521
	apical	.434	.992
24%H2O2 10 min	cervical	.541	.931
	middle	.436	.991
	apical	.562	.911
30%H2O2 5 min	cervical	.544	.929
	middle	.800	.545
	apical	.748	.630
30%H2O2 10 min	cervical	.340	1.000
	middle	.430	.993
	apical	.599	.866
35%H2O2 5 min	cervical	.844	.475
	middle	.541	.932
	apical	.425	.994
35%H2O2 10 min	cervical	.511	.956
	middle	.585	.883
	apical	.453	.986

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบพารามเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 3 ทาง (three-way analysis of variances) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบ ผลัก จำแนกตามความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้น ระยะเวลาที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยพื้น และระดับของคลองรากฟัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:MPa

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	816.057 ^a	17	48.003	3.075	.000
Intercept	43499.128	1	43499.128	2786.836	.000
region	4.701	2	2.350	.151	.860
duration	109.108	1	109.108	6.990	.009
concentration	335.325	2	167.663	10.742	.000
region * duration	5.224	2	2.612	.167	.846
region * concentration	4.071	4	1.018	.065	.992
duration * concentration	354.635	2	177.317	11.360	.000
region * duration * concentration	2.993	4	.748	.048	.996
Error	2528.624	162	15.609		
Total	46843.809	180			
Corrected Total	3344.681	179			

a. R Squared = .244 (Adjusted R Squared = .165)

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติแบบพารามेटริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบ 2 ทาง

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:MPa

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1131.019 ^a	20	56.551	3.526	.000
Intercept	48391.792	1	48391.792	3017.596	.000
region	33.298	2	16.649	1.038	.356
group	967.227	6	161.204	10.052	.000
region * group	130.494	12	10.874	.678	.771
Error	3030.905	189	16.037		
Total	52553.716	210			
Corrected Total	4161.924	209			

a. R Squared = .272 (Adjusted R Squared = .195)

ตารางที่ 22 แสดงการทดสอบความแปรปรวนของทั้ง 7 กลุ่มการทดลองเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกด้วยค่าสถิติ Levene's

Test of Homogeneity of Variances

MPa

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.454	6	203	.196

ตารางที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติแบบพาราเมตริกซ์ ชนิดความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way analysis of variances) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกต่อผนังคลองรากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิวทั้ง 7 กลุ่ม

ANOVA

MPa

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	967.227	6	161.204	10.243	.000
Within Groups	3194.697	203	15.737		
Total	4161.924	209			

ตารางที่ 24 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 1

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1 no treat	2 24%H2O2 5 min	.78996713	1.02428588	.987	-2.2605071	3.8404414
	3 24%H2O2 10 min	-3.05224657	1.02428588	.050	-6.1027208	-.0017723
	4 30%H2O2 5 min	-2.78374593	1.02428588	.099	-5.8342202	.2667283
	5 30%H2O2 10 min	-6.00988910	1.02428588	.000	-9.0603633	-2.9594149
	6 35%H2O2 5 min	-3.34228010	1.02428588	.022	-6.3927543	-.2918059
	7 35%H2O2 10 min	-.94528560	1.02428588	.969	-3.9957598	2.1051886

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 25 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 2

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
2 24%H2O2 5 min	1 no treat	-.78996713	1.02428588	.987	-3.8404414	2.2605071
	3 24%H2O2 10 min	-3.84221370	1.02428588	.004	-6.8926879	-.7917395
	4 30%H2O2 5 min	-3.57371307	1.02428588	.010	-6.6241873	-.5232388
	5 30%H2O2 10 min	-6.79985623	1.02428588	.000	-9.8503305	-3.7493820
	6 35%H2O2 5 min	-4.13224723	1.02428588	.001	-7.1827215	-1.0817730
	7 35%H2O2 10 min	-1.73525273	1.02428588	.621	-4.7857270	1.3152215

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 26 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 3

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3 24%H2O2 10 min	1 no treat	3.05224657	1.02428588	.050	.0017723	6.1027208
	2 24%H2O2 5 min	3.84221370	1.02428588	.004	.7917395	6.8926879
	4 30%H2O2 5 min	.26850063	1.02428588	1.000	-2.7819736	3.3189749
	5 30%H2O2 10 min	-2.95764253	1.02428588	.064	-6.0081168	.0928317
	6 35%H2O2 5 min	-.29003353	1.02428588	1.000	-3.3405078	2.7604407
	7 35%H2O2 10 min	2.10696097	1.02428588	.382	-.9435133	5.1574352

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 27 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 4

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
4 30%H2O2 5 min	1 no treat	2.78374593	1.02428588	.099	-.2667283	5.8342202
	2 24%H2O2 5 min	3.57371307 [*]	1.02428588	.010	.5232388	6.6241873
	3 24%H2O2 10 min	-.26850063	1.02428588	1.000	-3.3189749	2.7819736
	5 30%H2O2 10 min	-3.22614317 [*]	1.02428588	.031	-6.2766174	-.1756689
	6 35%H2O2 5 min	-.55853417	1.02428588	.998	-3.6090084	2.4919401
	7 35%H2O2 10 min	1.83846033	1.02428588	.553	-1.2120139	4.8889346

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 28 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 5

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
5 30%H2O2 10 min	1 no treat	6.00988910	1.02428588	.000	2.9594149	9.0603633
	2 24%H2O2 5 min	6.79985623	1.02428588	.000	3.7493820	9.8503305
	3 24%H2O2 10 min	2.95764253	1.02428588	.064	-.0928317	6.0081168
	4 30%H2O2 5 min	3.22614317	1.02428588	.031	.1756689	6.2766174
	6 35%H2O2 5 min	2.66760900	1.02428588	.130	-.3828652	5.7180832
	7 35%H2O2 10 min	5.06460350	1.02428588	.000	2.0141293	8.1150777

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 29 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 6

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
6 35%H2O2 5 min	1 no treat	3.34228010	1.02428588	.022	.2918059	6.3927543
	2 24%H2O2 5 min	4.13224723	1.02428588	.001	1.0817730	7.1827215
	3 24%H2O2 10 min	.29003353	1.02428588	1.000	-2.7604407	3.3405078
	4 30%H2O2 5 min	.55853417	1.02428588	.998	-2.4919401	3.6090084
	5 30%H2O2 10 min	-2.66760900	1.02428588	.130	-5.7180832	.3828652
	7 35%H2O2 10 min	2.39699450	1.02428588	.230	-.6534797	5.4474687

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 30 แสดงค่าสถิติสำหรับทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบจับคู่พหุคูณ แบบ Tukey HSD ของกลุ่มทดลองที่ 7

Multiple Comparisons

MPa Tukey HSD

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
7 35%H2O2 10 min	1 no treat	.94528560	1.02428588	.969	-2.1051886	3.9957598
	2 24%H2O2 5 min	1.73525273	1.02428588	.621	-1.3152215	4.7857270
	3 24%H2O2 10 min	-2.10696097	1.02428588	.382	-5.1574352	.9435133
	4 30%H2O2 5 min	-1.83846033	1.02428588	.553	-4.8889346	1.2120139
	5 30%H2O2 10 min	-5.06460350	1.02428588	.000	-8.1150777	-2.0141293
	6 35%H2O2 5 min	-2.39699450	1.02428588	.230	-5.4474687	.6534797

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 31 แสดงการจัดระดับของข้อมูลค่าเฉลี่ยค่ากำลังแรงยึดแบบผลึกต่อผนังคลองรากฟันของเดือยฟันที่ได้รับการปรับสภาพพื้นผิว โดยใช้สถิติเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบ Tukey HSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

MPa

Tukey HSD^a

group	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2 24%H2O2 5 min	30	12.1982621			
1 no treat	30	12.9882292	12.9882292		
7 35%H2O2 10 min	30	13.9335148	13.9335148	13.9335148	
4 30%H2O2 5 min	30		15.7719752	15.7719752	
3 24%H2O2 10 min	30			16.0404758	16.0404758
6 35%H2O2 5 min	30			16.3305093	16.3305093
5 30%H2O2 10 min	30				18.9981183
Sig.		.621	.099	.230	.064

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ปริญาพร ศรีอ่อนเที่ยง เกิดวันที่ 21 ตุลาคม พ.ศ. 2525 ที่ จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีทันตแพทยศาสตรบัณฑิต คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2550 จากนั้นเข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ ระดับ 4 ที่ โรงพยาบาล เชียงใหญ่ อ.เชียงใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช เป็นเวลา 1 ปี แล้วลาออกเพื่อทำงานเอกชน เป็นเวลา 1 ปี ก่อนเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาทันตกรรมประดิษฐ์ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย