

ผลของจำนวนและความยาวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยต่อ
ความต้านทานการแตกในฟันกรามน้อยบน



นางสาว พิววรรณ จิ่งพิทักษ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF NUMBER AND DOWEL LENGTH OF FIBER-REINFORCED COMPOSITE POSTS ON
FRACTURE RESISTANCE IN MAXILLARY PREMOLARS



Miss Pirawan Chungpituk

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของจำนวนและความยาวเดือยฟันคอมโพสิต

เสริมเส้นใยต่อความต้านทานการแตกในฟันกรามน้อยบน

โดย

นางสาวพิราวรรณ จึงพิทักษ์

สาขาวิชา

ทันตกรรมประดิษฐ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ

คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

วิษณุภรณ์ ทักษิณกุล

คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง วิษณุภรณ์ ทักษิณกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

วิษณุภรณ์ ทักษิณกุล

ว.วิเศษ

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.ปิยวัฒน์ พันธุ์โกศล)

รองศาสตราจารย์ อิศราวัลย์ บุญศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง อิศราวัลย์ บุญศิริ)

วิษณุภรณ์ ทักษิณกุล

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วิวิธพิศ ศรีมณีพงศ์)

ว.วิเศษ

กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วรรณธนะ สัตตบรรณสุข)

พิธาวรรณ จึงพิทักษ์ : ผลของจำนวนและความยาวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยต่อ
ความต้านทานการแตกในฟันกรามน้อยบน (EFFECT OF NUMBER AND DOWEL
LENGTH OF FIBER-REINFORCED COMPOSITE POSTS ON FRACTURE
RESISTANCE IN MAXILLARY PREMOLARS)

อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ทญ.อิศราวัลย์ บุญศิริ 58 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของจำนวนและความยาวของเดือยฟันคอมโพสิต
เสริมเส้นใยต่อความต้านทานการแตกและรูปแบบการแตกในฟันกรามน้อยบน ใช้ฟันกรามน้อยบน
จำนวน 40 ซี่ ตัดส่วนตัวฟันที่ตำแหน่งเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร แล้ว
รักษาคลองรากฟัน แบ่งฟันแบบสุ่มเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ใส่เดือยฟัน 1 คลองรากฟันด้าน
เพดานยาว 8 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 2 ใส่เดือยฟัน 2 คลองรากฟันด้านเพดานและด้านแก้มยาว 8
มิลลิเมตร กลุ่มที่ 3 ใส่เดือยฟัน 1 คลองรากฟันด้านเพดานยาว 4 มิลลิเมตร กลุ่มที่ 4 ใส่เดือยฟัน 2
คลองรากฟันด้านเพดานและด้านแก้มยาว 4 มิลลิเมตร ยึดเดือยฟันไฟเบอร์เคลียร์และครอบฟันโลหะ
ด้วยสารยึดติดเอ็กไซค์ ดีเอสซี และเรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทู นำขึ้นทดสอบทั้งหมดทดสอบค่าความ
ต้านทานการแตกด้วยเครื่องทดสอบสากลชนิดอินสตรอน ให้แรงอัดทำมุม 45 องศากับแนวแกนฟัน
ความเร็วหัวกด 0.5 มิลลิเมตร/นาที จนเกิดฟันแตก บันทึกค่าแรงที่ทำให้เกิดการแตกและรูปแบบ
การแตก วิเคราะห์ค่าแรงที่วัดได้ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง และ
วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์ ($p < 0.05$) ผลการทดลองพบว่าความต้านทานการ
แตกของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.008$) แต่ไม่แตกต่างกับ
กลุ่มที่ 3 และ 4 และกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน รูปแบบการแตกทุกกลุ่มเกิดราก
ฟันแตกในแนวเฉียงไปที่บริเวณปลายเดือยฟัน ในกลุ่มที่ 1 2 และ 4 รอยแตกส่วนมากเกิดบริเวณ
ส่วนกลางรากฟัน ส่วนกลุ่มที่ 3 รอยแตกส่วนมากเกิดบริเวณส่วนต้นของรากฟันมากกว่ากลุ่มอื่น
จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าความต้านทานการแตกของฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันเพียงคลองราก
เดือยมากกว่ากลุ่มที่ใส่เดือยฟันสองคลองรากฟัน แต่ความต้านทานการแตกของฟันกลุ่มที่ใส่เดือย
ฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ความยาวของเดือย 4 และ 8 มิลลิเมตร มีค่าไม่แตกต่างกัน

ภาควิชา.....ทันตกรรมประดิษฐ์....ลายมือชื่อ..... พิศาวรรณ จึงพิทักษ์
สาขาวิชา....ทันตกรรมประดิษฐ์.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....อิศราวัลย์ บุญศิริ
ปีการศึกษา.....2553.....

5176124232 : MAJOR PROSTHODONTICS

KEYWORDS : FRACTURE RESISTANCE / POST LENGTH / POST NUMBER

PIRAWAN CHUNGPITUK : EFFECT OF NUMBER AND DOWEL LENGTH OF FIBER-REINFORCED COMPOSITE POSTS ON FRACTURE RESISTANCE IN MAXILLARY PREMOLARS. THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR ISSARAWAN BOONSIRI, 58 pp.

The objective of this study was to determined the effect of number and dowel length of fiber-reinforced composite posts on fracture resistance and mode of failure in maxillary premolars. Forty maxillary premolars were sectioned 2 mm above the buccal cemento–enamel junction and then endodontically treated. All teeth were randomly divided into four groups: Group 1 restored with 1 post, 8 mm length at palatal canal. Group 2 restored with 2 posts, 8 mm length at buccal and palatal canal. Group 3 restored with 1 post, 4 mm length at palatal canal. Group 4 restored with 2 posts, 4 mm length at buccal and palatal canal. FibreKleer® posts and full metal crowns were cemented with bonding agent; Excite® DSC and resin cement; Variolink® II . All specimens were tested the fracture resistance using universal testing machine (Instron®). The compressive load was applied at 45 degrees to the long axis of the tooth. The crosshead speed is 0.5 mm/min until tooth fracture occurred. A fracture load and fracture mode were also recorded. Statistical analysis was performed using two-way ANOVA and Tukey multiple comparison (p<0.05). The results showed that the fracture resistance of group 1 was statistically significant different from group 2 (p=0.008) but there was not different from group 3 and 4. No significant differences were identified among group 2, 3 and 4. The oblique root fracture at the end of the posts were found in all groups. The most of fracture line of group 1, 2 and 4 occurred at middle 1/3 whereas that of group 3 occurred at coronal 1/3 more than others. From the result of this study, it can be concluded that fracture resistances of teeth restored with 1 post were more than teeth restored with 2 posts. However, the fracture resistances of teeth restored with post length 4 mm and 8 mm were not different.

Department :.....Prosthodontic..... Student's Signature PIRAWAN CHUNGPITUK
Field of Study :.....Prosthodontic..... Advisor's Signature Issarawan Boonsiri
Academic Year :.....2010.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิงอิศราวัลย์ บุญศิริ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย และทำให้ขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงานมีความราบรื่นและมีประสิทธิภาพ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทันตแพทย์หญิงศิริพร อรุณประดิษฐ์กุล ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำต่างๆ ดูแลเอาใจใส่ และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ไพพรรณ พิทยานนท์ ที่ให้ความรู้และให้คำปรึกษาทางด้านสถิติในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในศูนย์วิจัยทันตวัสดุศาสตร์และบัณฑิตวิทยาลัย คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่ในศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ขอขอบพระคุณบริษัท เอสดีเอส เคอร์ จำกัด ที่ได้เอื้อเฟื้อเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย และห้างหุ้นส่วนจำกัด บุญชู-อารียา (บ.อ.) เด็นทัลแล็บ ที่ได้เอื้อเฟื้อครอบฟันโลหะหล่อผสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไขให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัว รวมทั้งเพื่อนทุกคน และผู้ที่มีได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดมา ทำให้ผู้เขียนสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ญ

บทที่

1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามงานวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
สมมติฐานการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
ข้อจำกัดของการวิจัย.....	4
คำสำคัญ.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
การออกแบบการวิจัย.....	4
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
วิธีบูรณะพื้นที่รักษารากพื้น.....	6
ชนิดของเดือยพื้น.....	8
- เดือยพื้นโลหะเหลือง.....	8
- เดือยพื้นสำเร็จรูป.....	8
การปรับสภาพพื้นผิวของเดือยพื้นคอมโพสิตเสริมเส้นใย.....	12
การยึดเดือยพื้นด้วยเรซินซีเมนต์หรือคอมโพสิตแกนพื้นชนิดไหลแผ่ได้.....	15
วัสดุบูรณะที่ใช้ก่อแกนพื้น.....	19

บทที่	หน้า
ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการแตกหักในพืชรักษารากฟันและบูรณะด้วย เดือยฟัน.....	19
- ความยาวของเดือยฟัน.....	19
- ขนาดของเดือยฟันและเนื้อของรากฟันที่เหลืออยู่.....	20
- รูปร่างของเดือยฟัน.....	20
- ชนิดของเดือยฟัน.....	20
การศึกษาความต้านทานการแตกหักของพืชรักษาคลองรากฟันแล้วบูรณะด้วย เดือยฟันและไมใส่เดือยฟัน.....	21
การศึกษาความต้านทานการแตกหักของพืชรักษาคลองรากฟันแล้วบูรณะด้วย เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวต่างๆ.....	22
3. วิธีดำเนินงานวิจัย.....	23
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	23
วิธีการวิจัย.....	26
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	35
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	36
5. อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	40
อภิปรายผล.....	40
สรุปผลการวิจัย.....	45
ข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	46
ภาคผนวก.....	56
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	58

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เรซินซีเมนต์ สารยึดติด และวัสดุแกนฟันที่นำมาใช้ในงานวิจัย Compositions of fiber-reinforced composite post, resin cement, adhesive bonding and core material of experimental.....	25
ตารางที่ 2 ค่าแรงต่ำสุด ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกของฟัน ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน Minimum fracture load, maximum fracture load , mean and standard deviation.....	36
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง Result of the Two-way ANOVA.....	37
ตารางที่ 4 ผลของการทดสอบวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์ Result of the Tukey test.....	38
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ตำแหน่งการแตกด้วยสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ Analysis of mode of failure with non-parametric statistic.....	39

สารบัญญภาพ

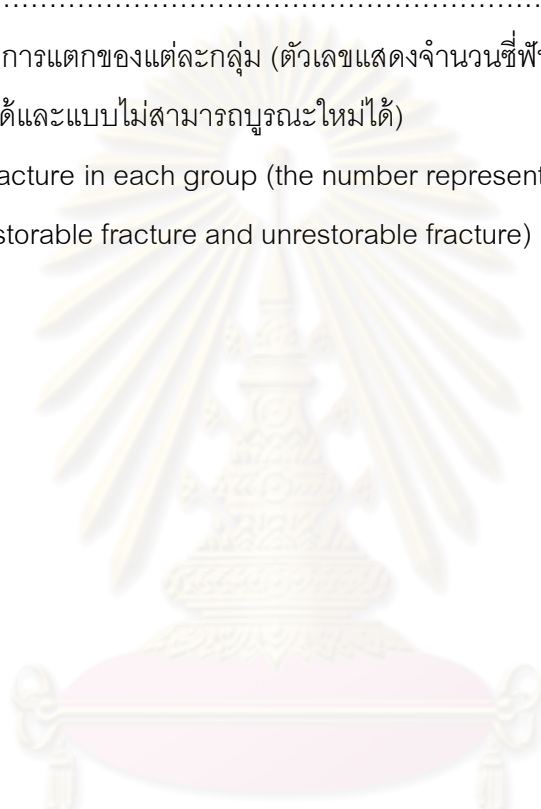
ภาพประกอบ	หน้า
ภาพที่ 1 การตัดตัวฟันเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันด้านแก้ม 2 มิลลิเมตร The clinical crowns of teeth were sectioned at 2 mm above the buccal cemento–enamel junction.....	27
ภาพที่ 2 การเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟันของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม Post space preparation of 4 experimental groups.....	29
ภาพที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกรรบเตรียมคลองรากฟันและเดือยฟันไฟบริเคลียร์ Diameter of FibreKleer [®] drill and post.....	29
ภาพที่ 4 สารยึดติดเอ็กไซเตดีเอสซี Excite [®] DSC adhesive bonding.....	30
ภาพที่ 5 เรซินซีเมนต์ชนิดวาริโอลิงค์ทู Variolink [®] II resin cement.....	30
ภาพที่ 6 เรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเท็ค แซ็ค 250 Filtek [™] Z250 resin composite.....	31
ภาพที่ 7 ก่อแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิต Core build up with resin composite.....	31
ภาพที่ 8 รูปร่างของขี้ผึ้ง; (A) ด้านแก้ม, (B) ด้านประชิด, (C) ด้านบดเคี้ยว Shape of crown wax pattern; (A) buccal view, (B) proximal view, (C) occlusal view.....	32
ภาพที่ 9 รูปร่างและขนาดของครอบฟันโลหะและตำแหน่งซี่ฟันในบล็อกอะคริลิกเรซิน Shape and size of full metal crown and position of tooth in acrylic resin block.....	33
ภาพที่ 10 เครื่องทดสอบสากลอินสตรอนรุ่น 8872 Instron universal testing machine model 8872	34

ภาพประกอบ

หน้า

ภาพที่ 11 การทดสอบความต้านทานการแตก ด้วยแรงอัดทำมุม 45 องศา กับแนวแกนฟัน
Fracture resistance test with compressive loading 45-degree to the tooth axis..... 34

ภาพที่ 12 รูปแบบของการแตกของแต่ละกลุ่ม (ตัวเลขแสดงจำนวนซี่ฟันที่แตกในแบบ
บูรณะใหม่ได้และแบบไม่สามารถบูรณะใหม่ได้)
Mode of fracture in each group (the number represented the number of
teeth in restorable fracture and unrestorable fracture) 39



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การบูรณะฟันรักษาคคลองรากที่เกิดการสูญเสียเนื้อฟันส่วนตัวฟันไปมากมักนิยมเลือกใช้
เดือยฟันโลหะเหวี่ยงเพื่อช่วยให้การยึดอยู่แก่แกนฟันและครอบฟัน ในฟันที่มีหลายคลองรากมักเลือก
ใส่เดือยฟันในคลองรากฟันที่มีขนาดใหญ่และตรงเพียงหนึ่งคลองราก เช่น ฟันกรามบนมักใส่เดือย
ฟันในคลองรากฟันในรากด้านเพดาน ฟันกรามล่างมักใส่เดือยฟันในคลองรากฟันในรากด้านไกล
กลาง (1) ในฟันกรามน้อยบนมักใส่เดือยฟันที่คลองรากฟันด้านเพดาน จะช่วยให้ฟันทนต่อแรงที่
กระทำซ้ำๆ (cyclic load) ได้มากกว่าการใส่เดือยฟันที่คลองรากฟันด้านแก้ม (2) และนิยมยึดเดือย
ฟันโลหะเหวี่ยงด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ (3) เมื่อฟันได้รับแรงบิดเคี้ยวจะเกิดการสะสมแรงเค้นที่
ปลายเดือยฟัน และถ่ายทอดแรงเค้นสู่เนื้อฟันที่แข็งน้อยกว่า ทำให้เกิดรากฟันแตกจนไม่สามารถ
เก็บฟันชิ้นนั้นไว้ได้ (4, 5) นอกจากนี้การเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันโลหะเหวี่ยง ต้องกำจัด
ไม่ให้มีส่วนคอดทำให้สูญเสียเนื้อฟันมาก เกิดการกัดกร่อนของโลหะ (corrosion) กระบวนการรักษา
จำเป็นต้องนัดผู้ป่วย 2 ครั้ง และต้องใส่ครอบฟันชั่วคราวระหว่างส่งทำเดือยในห้องปฏิบัติการทาง
ทันตกรรม จึงมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อจากการรั่วซึมบริเวณตัวฟัน

ในปัจจุบันใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยในการบูรณะฟันที่รักษาคคลองรากฟันแล้วมาก
ขึ้น เนื่องจากใช้ระยะเวลาและขั้นตอนในการทำงานลดลง ให้ความสวยงาม มีสีคล้ายฟันธรรมชาติ
มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน จึงช่วยกระจายแรง
อย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวรากฟัน (4-7) ลดความเสี่ยงในการเกิดการแตกหักของรากฟัน(8)
เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยยึดติดกับผนังคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ร่วมกับสารยึดติด
(bonding agent) ทำให้เกิดการยึดติดทางกลขนาดเล็ก (9, 10) (micromechanical retention) ซึ่ง
ให้การยึดติดที่ดีกว่าการใช้ซีเมนต์ชนิดอื่น (11) และช่วยให้เกิดการยึดของเนื้อฟัน เดือยและแกนฟัน
เป็นหน่วยเดียวกันทั้งระบบ ทำให้เกิดการกระจายแรงในรากฟันได้ดีขึ้น (12) ดังนั้นในการบูรณะฟัน
ที่รักษารากโดยการใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยหลายคลองรากฟันหรือใส่เดือยฟันที่ยาวแทนที่
วัสดุอุดคลองรากฟันที่เป็นกัตตาเปอร์ชา (gutta percha) และยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์ ช่วย
เสริมความแข็งแรงของฟันได้ดีกว่าการใส่เดือยฟันเพียงคลองรากฟันเดียวหรือใส่เดือยฟันที่มีขนาดสั้น
(11)

ความต้านทานการแตกของการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น
ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ลักษณะของเดือยฟัน วัสดุที่ใช้ทำเดือยฟัน ค่ามอดุลัสความยืดหยุ่น

ขนาดและความยาวของเดือยฟัน (13) จากการศึกษาของ Adanir และ Belli ในปี 2008 (14), Buttel และคณะในปี 2009 (15) และ Giovanni และคณะในปี 2009 (16) พบว่าฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ยาวช่วยให้ฟันมีความต้านทานการแตกมากกว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันสั้น และการใส่เดือยฟันยาวทำให้เกิดการแตกที่ส่วนต้นของรากฟันมากกว่าการใส่เดือยฟันสั้น ในขณะที่การศึกษาของ One ในปี 2006 (17) และ McLaren และคณะในปี 2009 (18) พบว่าความยาวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ไม่มีผลต่อความต้านทานการแตกในการบูรณะฟันที่รักษารากฟันแล้วด้วยเดือยฟัน

คำถามงานวิจัย

การบูรณะฟันกรามน้อยที่รักษาคอลงรากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยทั้งสองคอลงรากฟันมีความต้านทานการแตก (fracture resistance) แตกต่างกับการใส่เดือยฟันเพียงคอลงรากฟันเดียวหรือไม่ และความยาวของเดือยฟันมีผลต่อความสามารถในการต้านทานการแตกของฟันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของจำนวนและความยาวของเดือยฟันในฟันกรามน้อยที่รักษารากฟันแล้วบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยต่อความต้านทานการแตก และรูปแบบการแตก (fracture mode)

สมมติฐานงานวิจัย

1. เปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการแตกของฟันกรามน้อยที่รักษารากและบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย 2 คอลงรากฟันร่วมกับแกนฟันเรซินคอมโพสิต กับการใส่เดือยฟันเพียงคอลงรากฟันเดียว

H_0 : ค่าแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเพียงคอลงรากฟันเดียว และกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยทั้งสองคอลงรากฟัน มีค่าไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

H₁: ค่าแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยเพียงคลองรากฟันเดียว และกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยทั้งสองคลองรากฟัน มีค่าแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2. เปรียบเทียบค่าแรงต้านทานการแตกของฟันกรามน้อยที่รักษารากและบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวต่างกัน

H₀: ค่าแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวของเดือยต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

H₁: ค่าแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวของเดือยต่างกัน มีค่าแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ขอบเขตของการวิจัย

1. เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (experimental research) ในห้องปฏิบัติการ
2. ฟันที่ใช้ในการทดลองเป็นฟันมนุษย์ซี่กรามน้อยบนซี่ที่ 1 ปลายรากฟันปิด เป็นรากรวบไม่แยกออกจากกัน แต่มีคลองรากสองคลองรากฟันที่แยกออกจากกัน และคลองรากฟันมีลักษณะตรง ไม่มีรอยผุ วัสดุอุดหรือรอยร้าวใดๆ โดยมีขนาดและรูปร่าง ความยาว ความหนาของปริมาตรเนื้อฟันที่ใกล้เคียงกันทั้งในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (bucco-lingual) และในแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal) แตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร
3. เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ใช้ คือ เดือยเส้นใยแก้วไฟเบอร์เคลียร์ (FibreKleer[®], Kerr, Pentron, USA) ชนิดสอบ (taper) เบอร์ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายเดือยฟัน 1.25 มิลลิเมตร
4. เรซินคอมโพสิตที่ใช้สร้างแกนฟัน คือ ฟิลเท็ค แซ็ต 250 (filtek[™] Z250, 3M ESPE, USA)
5. เรซินซีเมนต์ที่ใช้ยึดเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับคลองรากฟัน คือ วาเรียลิงค์ทู (Variolink[®] II, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) และใช้สารยึดติดเอ็กไซค์ ดีเอสซี (Excite[®] DSC adhesive bonding, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

ข้อตกลงเบื้องต้น

การทดลองนี้ทำในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้อ้างอิงถึงการทดลองในสิ่งมีชีวิต ทำการทดลองโดยผู้ทำการทดลองคนเดียวตลอดกระบวนการทดลอง และใช้เครื่องทดสอบเดียวกันตลอดการศึกษาในห้องทันตวัสดุศาสตร์ อาคารสมเด็จย่า ชั้น 9 คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อุทธรณ์ห้อง

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่างให้เหมือนกับสถานะช่องปากได้ทุกประการ

คำสำคัญ

fracture resistance คือ ความต้านทานการแตก

fracture mode คือ รูปแบบการแตก

fracture load คือ แรงที่ทำให้เกิดการแตก

modulus of elasticity คือ มอดุลัสของสภาพความยืดหยุ่น

reinforcement คือ การเสริมความแข็งแรง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อศึกษาผลของจำนวนและความยาวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยต่อความต้านทานการแตกและรูปแบบการแตก ในฟันกรามน้อยที่รักษารากฟันแล้วบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย
2. เป็นแนวทางในการศึกษาต่อถึงวิธีการบูรณะฟันกรามน้อยที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย

การออกแบบการวิจัย

เป็นงานวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experimental research)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมักมีสาเหตุจากฟันผุ หรือฟันแตกหักเนื่องจากได้รับอุบัติเหตุจนทะลุโพรงประสาทฟัน ทำให้เกิดการสูญเสียโครงสร้างฟันส่วนที่ให้ความแข็งแรงจากการศึกษาของ Reeh และคณะในปี ค.ศ.1989 (19) พบว่าเมื่อกรอเปิดเนื้อฟันเพื่อรักษารากฟัน ความแข็ง (stiffness) ของฟันลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ และความแข็งของฟันลดลงมากขึ้นเมื่อเกิดการสูญเสียเนื้อฟันด้านบดเคี้ยว, ด้านบดเคี้ยวร่วมกับสันริมฟันหนึ่งข้าง และด้านบดเคี้ยวร่วมกับสันริมฟันสองข้าง เป็น 5, 20 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทำให้ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมีความต้านทานการแตกหักลดลง (20, 21) นอกจากนี้ขั้นตอนการรักษารากฟัน การกำจัดเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันออก ทำให้การตอบสนองของประสาทสัมผัสการรับแรงบดเคี้ยว (proprioception) ลดลง กลไกการป้องกันตัวเองขณะบดเคี้ยวตามธรรมชาติของฟันจึงลดลงด้วย (22) ฟันที่ได้รับการรักษารากฟันมีความเสี่ยงต่อการล้มเหลวในการบูรณะมากกว่าฟันมีชีวิต ดังนั้นการเลือกวิธีบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันให้เหมาะสมกับโครงสร้างฟันที่เหลืออยู่จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อให้การบูรณะนั้นประสบความสำเร็จ

ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกวิธีบูรณะฟันที่รักษารากฟัน ในกรณีที่เหลือเนื้อฟันน้อยนิยมบูรณะโดยใช้เดือยฟันเพื่อให้การยึดอยู่แก่แกนฟันในการรองรับครอบฟัน (retain core) (13, 23) ในอดีตนิยมใช้แกนเดือยฟันโลหะหรือเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดโลหะ (1) เพราะโลหะมีความแข็งแรง แต่เดือยฟันโลหะมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น (elastic modulus) มากกว่าฟัน จึงเกิดแรงเค้นถ่ายทอดมาที่ฟันมาก เมื่อฟันได้รับแรงในแนวเฉียงหรือเบนออกไป (oblique force) จากแกนฟัน (24) ทำให้รากฟันแตกได้ (4, 5) ต่อมามีการนำเดือยฟันคอมโพสิตเสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยชนิดต่างๆมาใช้มากขึ้น เนื่องจากมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติ ช่วยลดแรงเค้นที่กระทำต่อรากฟัน (4-7) จากการศึกษาติดตามผลการบูรณะฟันที่รักษารากโดยการใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับแกนฟันที่ใช้วัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตและใช้สารยึดติด (dentine bonding agent) เป็นเวลา 4 ปี พบว่าประสบความสำเร็จร้อยละ 95 และไม่เกิดการแตกของรากฟัน (6) แสดงให้เห็นว่าการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับเรซินซีเมนต์ มีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟันที่รักษารากฟันแล้ว (11)

วิธีบูรณะฟันที่รักษารากฟันขึ้นกับสภาพของฟันหลังการรักษารากฟัน ได้แก่ ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ตำแหน่งของฟันในขากรรไกร แรงบดเคี้ยวที่ได้รับ และการทำหน้าที่ของฟันชิ้นนั้น (25)

วิธีบูรณะฟันที่รักษารากฟัน (22)

1. การบูรณะฟันที่รักษารากโดยการอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน (filling)

ใช้ในกรณีฟันหน้าที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปเล็กน้อย เช่น สูญเสียเนื้อฟันบริเวณรูเปิด เพื่อเป็นทางเข้าไปรักษารากฟัน (1) เหลือสันริมฟัน สันปลายฟัน ปุ่มนูนคอฟันสมบูรณ์ และมีความสวยงามเป็นที่ยอมรับได้ จากการศึกษาของ Sorensen และ Martinoff ในปี ค.ศ.1984 (26) พบว่าการบูรณะฟันหน้าบนและล่างที่รักษารากฟันโดยการใส่แกนเดือยฟันและครอบฟัน มีอัตราการประสบความสำเร็จไม่แตกต่างกับการบูรณะโดยไม่คลุมปุ่มฟัน (no coronal coverage) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Dean และคณะในปี ค.ศ.1998 (27) พบว่าการบูรณะฟันที่รักษารากฟันแล้ว และมีการสูญเสียเนื้อฟันไปเฉพาะบริเวณทางเปิดเข้าไปรักษารากฟัน โดยอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต พบว่ามีความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างกับการบูรณะโดยใส่เดือยฟันเส้นใยคาร์บอนและอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตอย่างมีนัยสำคัญ

2. การบูรณะฟันที่รักษารากโดยการคลุมปุ่มฟันด้วยอะมัลกัม เรซินคอมโพสิต หรือ โลหะเหวี่ยง (onlay tip cusp)

ในกรณีฟันหลังที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปเล็กน้อย มีปุ่มฟันด้านแก้มและลิ้นที่สมบูรณ์ ไม่จำเป็นต้องใส่เดือยฟัน แต่ควรปกป้องปุ่มฟันเพื่อป้องกันการแตกหัก Christensen (28) แนะนำว่าการบูรณะฟันรักษารากที่สูญเสียเนื้อฟันไปควรมีการเชื่อมปุ่มฟันด้านแก้มและด้านลิ้นเข้าด้วยกัน เพื่อเสริมความแข็งแรงแก่เนื้อฟันที่เหลืออยู่ เช่น การทำออนเลย์ (onlay) Yamada และคณะในปี 2004 (29) ศึกษาความต้านทานการแตกหักในการบูรณะฟันกรามน้อยบนที่รักษารากฟันและเกิดการสูญเสียเนื้อฟันด้านใกล้กลาง ด้านบดเคี้ยว และด้านไกลกลาง (mesio-occluso-distal) พบว่าการบูรณะด้วยออนเลย์ชนิดโลหะเหวี่ยงและยึดด้วยเรซินซีเมนต์ มีความต้านทานการแตกหักมากกว่าออนเลย์ชนิดไฮบริดเรซินคอมโพสิตและยึดด้วยเรซินซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การบูรณะด้วยออนเลย์ชนิดโลหะเหวี่ยง ทำให้เกิดฟันแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะได้ร้อยละ 90 แต่การบูรณะด้วยออนเลย์ชนิดไฮบริดเรซินคอมโพสิตจะเกิดการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะได้ร้อยละ

40

3. การบูรณะฟันที่รักษารากโดยการใส่วัสดุอะมัลกัมอุดเป็นเดือยและแกน (amalgam coronal – radicular core) และครอบฟัน

กรณีฟันรักษารากที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปปานกลาง คือมีปุ่มฟันที่สมบูรณ์อย่างน้อยหนึ่งปุ่ม หรือกรณีที่รากฟันโค้งมากไม่สามารถทำเดือยและแกนฟันได้ ควรบูรณะด้วยการอุดอะมัลกัมใน

คลองรากฟันลึกประมาณ 3 มิลลิเมตร เพื่อเป็นเดือยและแกนฟัน จากการศึกษาของ Sorensen และ Martinoff ในปี ค.ศ.1984 (26) พบว่าการบูรณะฟันหลังที่รักษารากฟันในกรณีที่มีเนื้อฟันเหลือมากเพียงพอ สามารถบูรณะโดยอุดอะมัลกัมเป็นเดือยและแกนฟันและทำครอบฟัน หรือบูรณะด้วยการคลุมปุ่มฟัน (coronal coverage) ด้วยอนนเลย์ มีอัตราการประสบความสำเร็จไม่แตกต่างกับการใส่เดือยและแกนฟันโลหะเหวียง

4. การบูรณะฟันที่รักษารากด้วยการใส่หมุดร่วมกับแกนอะมัลกัมหรือเรซินคอมโพสิต (Pin-retained amalgam or resin composite)และทำครอบฟัน

กรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปปานกลาง คือมีปุ่มฟันที่สมบูรณ์อย่างน้อยหนึ่งปุ่ม หรือในกรณีที่รากฟันโค้งมากไม่สามารถทำเดือยและแกนฟันได้ ทำการบูรณะโดยการใส่หมุดพร้อมกับอุดด้วยอะมัลกัมหรือเรซินคอมโพสิตและทำครอบฟัน จากการศึกษาของ Lovdahl และ Nicholls ในปี ค.ศ.1977 (30) พบว่าการบูรณะโดยการใส่หมุดร่วมกับแกนอะมัลกัมและครอบฟันมีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการบูรณะด้วยแกนเดือยโลหะเหวียงและครอบฟันอย่างมีนัยสำคัญ และจากการศึกษาของ Perez Moll และคณะในปี ค.ศ.1978 (31) พบว่าการบูรณะโดยการใส่หมุดร่วมกับแกนเรซินคอมโพสิตและครอบฟัน มีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการบูรณะด้วยการใส่แกนเดือยโลหะเหวียงและครอบฟันประมาณ 4 เท่า

5. การบูรณะฟันที่รักษารากด้วยการใส่เดือยและแกนฟันแล้วทำครอบฟัน (post core and crown)

การใส่เดือยฟันมักพิจารณาจากลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟัน ในฟันรักษารากซี่ฟันกรามบนนิยมใส่เดือยฟันในคลองรากฟันด้านเพดาน (palatal) และในฟันรักษารากซี่กรามล่างมักใส่เดือยฟันในคลองรากฟันด้านไกลกลาง (distal) เนื่องจากคลองรากฟันมีลักษณะตรงและมีขนาดใหญ่ ในฟันกรามน้อยบนที่มีสองคลองรากฟัน มักใส่เดือยฟันที่คลองรากฟันด้านเพดาน (palatal) (22) เนื่องจากคลองรากฟันมีขนาดใหญ่และอยู่ตรงกับปุ่มฟันด้านทำงาน (functional cusp)

5.1 การบูรณะฟันรักษารากด้วยการใส่เดือยฟันสำเร็จรูป (prefabricated post) ร่วมกับแกนอะมัลกัมหรือเรซินคอมโพสิต หรือกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผสมโลหะเงินแล้วทำครอบฟัน

กรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปมาก ไม่สามารถบูรณะโดยการปักหมุดได้ กรณีคลองรากฟันมีหน้าตัดกลม หรือในกรณีที่ผนังโพรงฟันหรือคลองรากฟันมีความคอดมาก การทำแกนเดือยโลหะเหวียงต้องกรอตัดเนื้อฟันออกไปมากเพื่อไม่ให้เกิดความคอด จึงเสียเนื้อฟันมาก

5.2 การบูรณะฟันรักษารากด้วยการใส่แกนเดือยฟันโลหะเหวียงแล้วทำครอบฟัน

กรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปมาก มีความเสี่ยงต่อการแตกหักสูง หรือใช้ในกรณีที่ฟันซี่นั้น ต้องใช้เป็นฟันหลัก คลองรากฟันมีลักษณะสอบ จากการติดตามผลการบูรณะฟันโดยการใส่แกน เดือยฟันโลหะเหวี่ยงหลังการรักษา 6 ปี พบว่าประสบความสำเร็จ 90.6 เปอร์เซ็นต์ โดยความ ล้มเหลวที่เกิดขึ้นส่วนมากคือเดือยหลุด และรากฟันแตก (32)

ชนิดของเดือยฟัน

1. เดือยฟันโลหะเหวี่ยง

เดือยชนิดนี้มีส่วนเดือยและแกนติดเป็นชิ้นเดียวกัน มีความแนบสนิทกับผนังคลองรากฟัน มากกว่าเดือยฟันสำเร็จรูป มีความแข็งแรงสูง แต่ต้องสูญเสียเนื้อฟันระหว่างการเตรียมคลองรากฟัน เพื่อกำจัดเนื้อฟันไม่ให้เกิดความคอดซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการใส่เดือยฟันโลหะเหวี่ยง ซึ่งเดือยฟันชนิด นี้มีความอดุลย์ของสภาพยืดหยุ่นสูง จึงส่งผ่านแรงเค้นไปยังรากฟันมาก ทำให้รากฟันแตกได้ ขั้นตอน การรักษาจำเป็นต้องนัดผู้ป่วยอย่างน้อย 2 ครั้ง และค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง (33) การใช้เดือยฟันโลหะ เหวี่ยงจึงจำเป็นต้องใส่ครอบฟันชั่วคราวระหว่างรอเดือยจากห้องปฏิบัติการทางทันกรรม ดังนั้นอาจ เกิดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อซ้ำจากการรั่วซึมบริเวณตัวฟัน (34) วัสดุที่ใช้ทำเดือยฟันโลหะเหวี่ยง ได้แก่

- 1.1 ประเภทโลหะ ได้แก่ โลหะผสมทอง โลหะผสมซิลเวอร์-พาลาเดียม โลหะผสมโคบอลต์-โครเมียม โลหะผสมนิกเกิล-โครเมียม โลหะผสมคอปเปอร์-อะลูมิเนียม เดือยกลุ่มนี้มีโอกาสเกิดการกัดกร่อน (corrosion) ได้
- 1.2 ประเภทโลหะ ได้แก่ เซรามิกชนิดเซอริโคเนีย

2. เดือยฟันสำเร็จรูป

การใช้เดือยฟันสำเร็จรูปบูรณะฟันรักษารากด้วยการใส่เดือยฟันเข้าไปในคลองรากฟันและ ทำแกนฟันโดยใช้วัสดุอุด หรือแกนฟันสำเร็จรูป เดือยสำเร็จรูปมีพื้นผิวของเดือยหลายลักษณะทั้ง แบบผิวเรียบ แบบฟันเลื่อย (serrate) แบบเกลียว (thread) รูปทรงขนานหรือรูปทรงสอบ เดือยฟัน สำเร็จรูปสามารถยึดกับคลองรากฟัน แล้วก่อแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิตได้ทันทีโดยไม่ต้อง นัดผู้ป่วยหลายครั้ง จึงประหยัดเวลาในการรักษา แต่มีข้อเสีย คือ ไม่แนบสนิทกับคลองรากฟัน เดือยฟันสำเร็จรูปทำจากวัสดุหลายประเภท ได้แก่

- 2.1 ประเภทโลหะ ได้แก่ สแตนเลสสตีล ไทเทเนียม
- 2.2 ประเภทโลหะ ได้แก่ เซรามิก คอมโพสิตเสริมเส้นใย (fiber-reinforced composite)

2.2.1 เดือยฟันสำเร็จรูปเซรามิก

เดือยฟันชนิดนี้ประกอบด้วยผลึกเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ ให้ความสวยงาม เข้ากับเนื้อเยื่อในช่องปากได้ดี ความทนต่อความเค้น (fracture toughness) และความทนแรงดัด (flexural strength) สูง (8) บิดงอไม่ได้ มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นสูงประมาณ 210 กิกะปาสคาลใกล้เคียงกับโลหะ (33) มีความทึบรังสี (radiopaque) (35) การยึดติดกับผนังคลองรากฟันทำได้ยากและรื้อออกยาก (7) จากการศึกษาของ Maccari และคณะในปี 2003 (33) พบว่าเดือยฟันสำเร็จรูปเซอร์โคเนียมีความทนต่อการแตกหัก (fracture strength) สูงกว่าเดือยฟันเส้นใยคาร์บอนและเดือยฟันเส้นใยแก้ว เดือยฟันสำเร็จรูปเซอร์โคเนียที่มีความแข็งแรงมากจะเกิดการกระจายแรงไปยังรากฟันมากกว่าเดือยฟันเส้นใยคาร์บอนและเดือยฟันเส้นใยแก้ว ทำให้รากฟันแตกและไม่สามารถบูรณะใหม่ได้

2.2.2 เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย (fiber –reinforced composite post)

เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยประกอบด้วยเส้นใยหลายชนิด ได้แก่ คาร์บอน คิววิตซ์ ซิลิกา หรือแก้ว อยู่ในเรซินเมทริกซ์ชนิดอีพ็อกซี (epoxy) หรือ บิส-จีเอ็มเอ (Bis-GMA) เส้นใยและเรซินเมทริกซ์เชื่อมต่อกันด้วยสารคู่ควบไซเลน (silane coupling agent) ทำให้เดือยฟันเหล่านี้มีการยึดติดด้วยสมบัติทางเคมีที่เข้ากันได้กับบิส-จีเอ็มเอ ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน และเรซินคอมโพสิตที่ใช้ก่อแกนฟัน (36)

เมื่อมีแรงกระทำที่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เรซินเมทริกซ์จะดูดซับแรงและถ่ายทอดแรงไปตามรอยต่อของเส้นใยกับเรซินเมทริกซ์ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความหนาแน่นของเส้นใยมาก มีการทนความเค้น (toughness) และความแข็ง (stiffness) มาก จึงสามารถต้านทานต่อแรงที่มากกระทำได้มากกว่าเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความหนาแน่นของเส้นใยน้อย (37) นอกจากนี้ทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยในเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีความสำคัญต่อความต้านทานต่อแรงที่มากกระทำ จากการศึกษาของ Dyer และคณะ (38) พบว่าเดือยฟันชนิดนี้ที่มีลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยในทิศทางเดียวกันและมีแนวการเรียงตัวเส้นใยขนานกับทิศทางของแรงที่มากกระทำ สามารถต้านทานต่อแรงที่มากกระทำได้ดี แต่ในกรณีที่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีความบกพร่องในโครงสร้าง เช่น มีฟองอากาศ รอยร้าว หรือมีช่องว่าง มีผลทำให้เดือยฟันสามารถต้านทานต่อแรงที่มากกระทำลดลง (37) ดังนั้นคุณสมบัติทางกล (mechanical properties) ของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยและชนิดของเมทริกซ์ ลักษณะเรขาคณิตของการเสริมด้วยเส้นใย (geometry of reinforcement) เช่น ความยาวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวของเส้นใย และความหนาแน่นของเส้นใย ความแข็งแรงพันธะระหว่าง

เส้นใยและเมทริกซ์ (37) คุณสมบัติการดูดน้ำของเรซินเมทริกซ์ วิธีการเตรียมพื้นผิวเส้นใย และ ขบวนการผลิตเดือยฟัน (38)

เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน จึงส่งผลให้เกิดการกระจายความเค้นไปยังเนื้อฟันรอบๆ ตลอดจนความยาวรากฟัน ช่วยลดการเกิดความเค้นสะสมที่รากฟันบริเวณปลายเดือย (5) และการยึดเดือยฟันติดกับผนังคลองรากฟันด้วยระบบ แอดฮีซีฟ (adhesive) ด้วยเรซินซีเมนต์หรือเรซินคอมโพสิตแกนฟันทำให้เกิดการรวมของเนื้อฟัน เดือยและแกนฟัน เป็นหน่วยเดียวกันทั้งระบบ (mono-block dentin-post-core system) ทำให้เกิดการกระจายแรงในรากฟันได้ดีขึ้น (7, 12, 39) การบูรณะฟันรักษารากด้วยแกนเดือยฟันโลหะเหวี่ยง นั้นมีความทนต่อการแตกหักมากกว่าเดือยฟันสำเร็จรูปเสริมเส้นใยร่วมกับแกนฟันเรซินคอมโพสิต แต่รูปแบบการแตกหัก มักแตกที่รากฟันทำให้ไม่สามารถบูรณะใหม่ได้ ในขณะที่การบูรณะด้วยเดือย ฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยร่วมกับแกนฟันเรซิน ถึงแม้ค่าแรงต้านทานการแตกหักที่ต่ำกว่า แต่ให้ รูปแบบการแตกหักที่สามารถซ่อมแซมและบูรณะขึ้นมาใหม่ได้ (12, 24, 40) Isidor และคณะ (41) กล่าวว่า การบูรณะ ฟันรักษารากด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยคาร์บอน เมื่อเปรียบเทียบกับ เดือยฟันสำเร็จรูปไทเทเนียม หรือเดือยฟันโลหะเหวี่ยงที่ทำจากทองทำให้เกิดรากฟันแตกน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญ

เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยสามารถจำแนกตามชนิดของเส้นใยได้ดังนี้

- เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber post)

ประกอบด้วยอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์ เสริมความแข็งแรงด้วยเส้นใยคาร์บอนที่เรียงตัวในแนว ยาว มีความทนแรงดึง (tensile strength) สูง และไม่ถูกกัดกร่อนเหมือนเดือยฟันโลหะ แต่มีสีดำ จึงไม่ควรเลือกใช้ในกรณีที่ทำครอบฟันชนิดเซรามิกชนิดที่แสงสะท้อนจากแกนฟันออกมาได้ เพื่อให้มี สีใกล้เคียงฟันธรรมชาติมากขึ้น ต่อมาจึงมีการพัฒนาโดยนำเส้นใยควอตซ์มาคลุมทับ เพื่อบดบังสีดำ ของเส้นใยคาร์บอน (35)

ตัวอย่างเช่น เอสทีที โปส (Aestheti-Post, Bisco) ประกอบด้วย เส้นใยคาร์บอน 10 เปอร์เซ็นต์ เส้น ใยควอตซ์ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ฝังอยู่ในอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

- เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (glass fiber post)

ประกอบด้วยเส้นใยแก้วเรียงตัวในทิศทางเดียวกันในอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์ มีค่ามอดุลัสของ สภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน แต่ต่ำกว่าเดือยฟันเส้นใยคาร์บอน เส้นใยแก้วมีหลายชนิดแต่เส้น ใยที่นำมาผลิตเดือยฟันชนิดนี้ได้แก่

- อีแกลส (electrical glass: E-glass) เป็นแก้วประเภทหนึ่งที่ใช้มากที่สุด ซึ่งมีส่วนประกอบ ของ SiO_2 , CaO , B_2O_3 , Al_2O_3 และออกไซด์ของโลหะอัลคาไล (alkaline metal)

- เอสแกลส (high-strength glass: S-glass) เป็นแก้วที่มีความแข็งแรงสูง
- เส้นใยควอตซ์ (quartz fiber) เป็นซิลิกาบริสุทธิ์ในรูปผลึก เป็นวัสดุที่มีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยา และมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (coefficient of thermal expansion) ต่ำ (34)

ตัวอย่างเช่น เอฟอาร์ซี โฟสเท็ก พลัส (FRC Postec Plus, Ivoclar-Vivadent) ประกอบด้วยเส้นใยแก้วประมาณ 70เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ผังอยู่ในเรซินคอมโพสิตเมทริกซ์ซึ่งประกอบด้วย ไดเมทาโครเลต (dimethacrylate) และยิทเทอเบียม ฟลูออไรด์ (ytterbium fluoride) มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นประมาณ 48 กิกะปาสคาล

เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยสามารถแบ่งตามลักษณะของพอลิเมอร์เมทริกซ์ได้ดังนี้

- พอลิเมอร์เมทริกซ์ที่มีโครงสร้างเชื่อมโยงข้ามสูง (highly cross-linked polymer matrix) เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีพอลิเมอร์เมทริกซ์ชนิดนี้ มีการยึดติดกับสารยึดติดต่ำ เนื่องจากโมโนเมอร์ในสารยึดติดไม่สามารถแทรกเข้าไปเกิดการยึดติดทางเคมีเป็นโครงสร้างเดียวกับพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยงข้ามสูง พอลิเมอร์เมทริกซ์ชนิดนี้ ได้แก่ อีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์ ไดเมทาโครเลตพอลิเมอร์เมทริกซ์ (25, 42)
- พอลิเมอร์เมทริกซ์หลายวัฏภาค (multiphase polymer matrix) เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีพอลิเมอร์เมทริกซ์ชนิดนี้ โครงสร้างพอลิเมอร์มีลักษณะเป็นเซมิไอพีเอ็น (semi-interpenetrating polymer network ; semi IPN) ประกอบด้วย พอลิเมอร์เชิงเส้น (linear polymer phase) ของพอลิเมทิลเมทาโครเลต (polymethylmethacrylate ; PMMA) และพอลิเมอร์โครงสร้างแบบเชื่อมโยงข้าม (cross-linked polymer phase) ของบิส-จีเอ็มเอ สารยึดติดสามารถแทรกเข้าไปเกิดการยึดติดทางเคมีกับพอลิเมอร์เชิงเส้นของพอลิเมทิลเมทาโครเลต โดยสารยึดติดที่แทรกเข้าไปในพอลิเมทิลเมทาโครเลตได้นั้นต้องมีค่าการละลาย (solubility parameter) ใกล้เคียงกับพอลิเมทิลเมทาโครเลต ได้แก่ สารยึดติดที่มีส่วนประกอบของบิส-จีเอ็มเอ และไฮดรอกซีเอทิลเมทาโครเลต (hydroxyethylmethacrylate; HEMA) หรือไตรเอทิลีน ไกลคอลไดเมทาโครเลต (triethylene glycoldimethacrylate; TEGDMA) (25, 43)

การศึกษาเปรียบเทียบการแทรกซึมของสารยึดติดเรซินบนพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีโครงสร้างเป็นไอพีเอ็น และพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยงข้ามสูง พบว่าเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีโครงสร้างเป็นไอพีเอ็น มีการแทรกของสารยึดติดเรซินได้ดีเมื่อแช่ในสารยึดติดเรซินเป็นเวลา 5 นาที บนพื้นผิวเป็นชั้นของพอลิเมทิลเมทาโครเลต ซึ่งโมโนเมอร์ของสารยึดติดเรซิน (adhesive resin) สามารถแทรกซึมผ่านชั้นพื้นผิวพอลิเมทิลเมทาโครเลตถึงเส้นใยพอลิเมอร์

เชิงเส้นได้เกิดการยึดติดด้วยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ตรงกันข้ามกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ซึ่งมีพอลิเมอร์เมทริกซ์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยงข้ามสูง พบว่าไม่เกิดการแทรกของสารยึดติดเรซิน (43)

การบูรณะฟันโดยใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆที่มีความสำคัญ ได้แก่ การปรับสภาพพื้นผิวของเดือยฟัน (post surface treatment) การยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์หรือคอมโพสิตแกนฟันชนิดไหลแผ่ได้ และการใช้วัสดุบูรณะก่อก่อนฟัน ดังนี้

1. การปรับสภาพพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย

เป็นการปรับสภาพผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยโดยการละลายอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์หรือเรซินเมทริกซ์ที่มีเมทาโครเลตเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของเดือยฟันด้วยสารเคมี เนื่องจากเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยมีพอลิเมอร์เมทริกซ์ชนิดแบบโครงสร้างเชื่อมโยงข้าม มีการเกิดพอลิเมอร์สูง ทำให้ไม่เหลือพันธะในการเกิดปฏิกิริยากับโมโนเมอร์ของเรซินซีเมนต์ (43, 44) จึงต้องปรับสภาพพื้นผิวเดือยด้วยวิธีต่างๆเพื่อเพิ่มความหยาบของพื้นผิว (surface roughness) เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว (surface area) ของเดือยฟัน ทำให้เกิดการยึดติดทางกลขนาดเล็กมากขึ้น (9, 10) และสลายพันธะของอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์ทำให้เส้นใยเผยออก เพื่อให้สารคู่ควบไซเลนเข้าไปเกิดพันธะเคมีกับเส้นใยแก้วของเดือยฟันได้ (45, 46)

สารคู่ควบไซเลนมีส่วนประกอบทั้งสารอินทรีย์ (organic) และอนินทรีย์ (inorganic) ซึ่งสามารถช่วยให้เกิดการยึดติดกันระหว่างสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ในเมทริกซ์ ไซเลนเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซี (-OH group) ที่อยู่ในสารอนินทรีย์ เช่น ซิลิกาในเส้นใยแก้วหรือควอตซ์ โดยเกิดพันธะซิลอกเซน (siloxane bond) และจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เรซินเมทริกซ์ในวัสดุแกนฟันเกิดการยึดติดทางเคมี (45, 46) การใช้ไซเลนกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีชนิดเส้นใยแตกต่างกัน จะให้แรงยึดต่างกัน (25) แต่จากการศึกษาของ Perdigao J. และคณะ ในปี ค.ศ.2006 (47) ซึ่งศึกษาความแข็งแรงการยึดติด (bond strength) ของเนื้อฟันบริเวณรากฟันกับเดือยฟันเรซินคอมโพสิตเสริมเส้นใย 3 ชนิด ได้แก่ ดี.ที ไลท์ โปส (D.T. Light Post) ซึ่งเป็นเส้นใยควอตซ์และเอฟอาร์ซี โปสเทค พลัส (FRC Postec Plus) กับพาราโพสไฟเบอร์ไวท์ (ParaPost FiberWhite) ซึ่งเป็นเส้นใยแก้ว โดยเปรียบเทียบการทำไซเลนกับไม่ทำไซเลนที่พื้นผิวของเดือยฟันโดยไม่ได้รับการสภาพพื้นผิวเดือยฟัน พบว่าความแข็งแรงการยึดติดระหว่างการทากับไม่ทำไซเลนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเดือยฟันทั้ง 3 ชนิด

อย่างไรก็ตามการทำไซเลนควรทำเพียงชั้นเดียวตามคำแนะนำผู้ผลิต การทำไซเลนหลายชั้นทำให้ประสิทธิภาพของไซเลนลดลง เนื่องจากจำนวนกลุ่มเมทาโครเลตอิสระลดลง ทำให้เกิดการแตกหักภายในชั้นไซเลน (cohesive failure) (48, 49)

วิธีปรับสภาพพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีเมทริกซ์เป็นอีพ็อกซีเรซิน แบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

1. การปรับสภาพพื้นผิวด้วยสารเคมี (chemical treatment)

เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide), กรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid), โซเดียมเอทอกไซด์ (sodium ethoxide), โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (potassium permanganate) เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริก ตามด้วยการใช้สารควบแน่น (25) สารที่นิยมนำมาใช้ได้แก่

1.1 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

สารนี้ทำหน้าที่สลายพันธะของอีพ็อกซีเรซินด้วยการเกิดออกซิเดชัน ทำให้เผยเส้นใยให้ไซเลนเข้าไปทำปฏิกิริยา (46, 50) จากการศึกษาของ Yenisey และ Kulunk (51) พบว่าการเตรียมพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์เป็นส่วนประกอบโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาทีแล้วตามด้วยการทำไซเลน มีค่าความแข็งแรงของพันธะเฉือน (shear bond strength) มากกว่าการทำไซเลนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Vano และคณะ (50) พบว่าการเตรียมพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีเรซินเมทริกซ์เมทาโครเลตเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน โดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 24 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที แล้วทำไซเลน 60 วินาที มีค่าความแข็งแรงของพันธะดึงขนาดเล็ก (microtensile bond strength) มากกว่าการเตรียมพื้นผิวโดยทำไซเลนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 24 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที สามารถละลายเรซินเมทริกซ์มากกว่าการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที โดยไม่ทำลายเส้นใย แตกต่างกับการเตรียมพื้นผิวโดยใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 วินาที ซึ่งทำลายทั้งเรซินเมทริกซ์และเส้นใยแก้วส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้างเดือยฟัน

1.2 โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

นิยมใช้ในทางอุตสาหกรรม การใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตละลายอีพ็อกซีเรซินเมทริกซ์บริเวณพื้นผิว และช่วยเพิ่มคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilicity) ของเดือยฟันเส้นใยควอตซ์ (45) การศึกษาของ Monticelli F. และคณะ (45) เปรียบเทียบการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ ที่ใช้ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันชนิดเสริมเส้นใย พบว่าการใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของพันธะได้มากกว่า การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที โซเดียมเอทอกไซด์เข้มข้น 21 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 20 นาที โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตร่วมกับกรดไฮโดรฟลูออริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 60 นาที และการทำไซเลนเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ แต่ขั้นตอนการปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตซับซ้อน

และใช้เวลานาน

1.3 กรดไฮโดรฟลูออริก

การใช้กรดไฮโดรฟลูออริกตามด้วยสารไฮเลน เกิดการทำลายทั้งเรซินเมทริกซ์และเส้นใยของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและเส้นใยควอตซ์ แต่เกิดการทำลายเส้นใยแก้วมากกว่า เนื่องจากเส้นใยแก้วมีความแข็งแรงน้อยกว่าเส้นใยควอตซ์ (9) จากการศึกษาของ Vano และคณะ (50) พบว่าการใช้กรดไฮโดรฟลูออริกปรับสภาพพื้นผิวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีเมทาโครเลตเรซินเมทริกซ์เป็นส่วนประกอบ เพิ่มความแข็งแรงการยึดติดระหว่างเรซินคอมโพสิตกับเดือยฟัน แต่เส้นใยแก้วมีลักษณะบางมากขึ้นและเส้นใยบางส่วนถูกทำลาย จึงไม่แนะนำให้ใช้วิธีการนี้ทางคลินิก เนื่องจากเกิดผลทำให้เสถียรภาพ (stability) และความสมบูรณ์ของโครงสร้างเดือยลดลง (25)

2. การปรับสภาพพื้นผิวทางกล (mechanical treatment)

การเตรียมพื้นผิวทางกลเป็นการเพิ่มความขรุขระให้ผิวเดือยฟัน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดเดือยฟันกับซีเมนต์ ได้แก่ การเป่าด้วยอนุภาคขนาดเล็ก (sandblasting) อนุภาคที่ใช้ ได้แก่ อนุภาคอะลูมินา (alumina particle) อนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เคลือบซิลิเกต (silicate coated aluminium oxide particle) (10) จากการศึกษาของ Balbosh และ Kern (52) พบว่าการเตรียมพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วด้วยการเป่าด้วยอนุภาคอะลูมินาขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ความดัน 2.5 บาร์ เป็นเวลา 5 วินาที ที่ระยะห่าง 30 มิลลิเมตร ช่วยเพิ่มการยึดอยู่ (retention) ของเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์ (พานาเวียร์ เอฟ) มากกว่าการเตรียมพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วด้วยการแช่ในแอลกอฮอล์ และการแช่ในแอลกอฮอล์ร่วมกับทาอีดี-ไพรเมอร์ (ED-primer) อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเดือยฟัน ในทางตรงข้ามการศึกษาของ Sahafi และคณะ (53) พบว่าการเตรียมพื้นผิวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วด้วยการเป่าอนุภาคอะลูมินาขนาด 50 ไมโครเมตร ที่ความดัน 4 บาร์ เป็นเวลา 15 วินาที ที่ระยะห่าง 20 มิลลิเมตร จะเพิ่มการยึดอยู่ของเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์ (พานาเวียร์ เอฟ) มากกว่าการไม่ปรับสภาพพื้นผิวเดือยฟันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเดือยฟัน ทำให้เดือยฟันมีขนาดเล็กถึงไม่พอดีกับคลองรากฟัน ส่งผลให้ชั้นซีเมนต์หนามากขึ้น จึงต้องควบคุมขนาดอนุภาคที่ใช้ ความดัน ระยะเวลา และระยะห่างจากเดือยฟัน นอกจากนี้ยังมีการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีไตรโบเคมีคอล (tribochemical treatment) เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่างโลหะกับเรซินคอมโพสิต และเพิ่มความขรุขระให้พื้นผิวเซรามิกกลุ่มอะลูมิเนียมออกไซด์ (aluminum-oxide ceramics) เช่น In-Ceram Alumina, Procera AllCeram และเซรามิกกลุ่มเซอร์โคเนียออกไซด์ (zirconium-oxide ceramics) (54) การปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีไตรโบเคมีคอล เช่น ระบบโรคาเทค (Rocatec system, 3M ESPE; Seefeld, Germany) ประกอบด้วย การเป่าด้วยโรคาเทคพรีพาวเดอร์ (Rocatec Pre powder) ซึ่งเป็นอะลูมิเนียมออกไซด์ขนาด 110 ไมโครเมตร เพื่อทำความสะอาดผิวโลหะ จากนั้น

เคลือบด้วยซิลิกาโดยใช้โรคาเทคพลัสพาวเดอร์ (Rocatec Plus powder) แล้วทาไฮเลน (55) เพื่อเพิ่มการยึดติดระหว่างซิลิกาที่ผิวของโลหะกับเรซินเมทริกซ์ การปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีไตรโบเคมีคอลด้วยระบบโรคาเทค ช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเซรามิกกลุ่มอะลูมินัมออกไซด์กับเรซินซีเมนต์ที่มีบิส-จีเอ็มเอเป็นส่วนประกอบหลัก (54) การศึกษาของ Blixt และคณะในปี ค.ศ. 2000 (56) พบว่าความแข็งแรงการยึดติดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเซรามิกกลุ่มอะลูมินัมออกไซด์ ที่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยระบบโรคาเทค มีค่าสูงกว่าการใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และเรซินโมดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ ในปี ค.ศ.1989 มีการดัดแปลงระบบโรคาเทคเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม เรียกว่า ระบบโค-เจ็ต (Co-Jet system, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) ซึ่งประกอบด้วยการเป่าอนุภาคอะลูมิเนียมออกไซด์เคลือบซิลิเกต แล้วเชื่อมชั้นซิลิเกตลงบนผิววัสดุโดยใช้ความร้อนสูงจากแรงดัน จากนั้นทาไฮเลน พบว่าการปรับสภาพพื้นผิวด้วยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วด้วยระบบโค-เจ็ต ไม่ช่วยเพิ่มการยึดอยู่ของเดือยฟันกับเรซินซีเมนต์ (พานาเวียร์ เอฟ) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ปรับสภาพพื้นผิวด้วยฟัน นอกจากนี้การปรับสภาพพื้นผิวด้วยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วด้วยระบบโค-เจ็ต ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเดือยฟันเดือยฟันมีขนาดไม่พอดีกับคลองรากฟัน (53) ในทางตรงกันข้ามการปรับสภาพพื้นผิวด้วยฟันเซอร์โคเนียด้วยระบบโค-เจ็ต ช่วยเพิ่มการยึดติดระหว่างเดือยฟันเซรามิกกับเรซินซีเมนต์ (57)

2. การยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์หรือคอมโพสิตแกนฟันชนิดไหลแม่ได้

ค.ศ.1952 มีการนำเรซินซีเมนต์มาใช้ยึดครอบฟัน และขึ้นงานบูรณะแบบโดยอ้อม (indirect restoration) ซึ่งเรซินซีเมนต์มีส่วนประกอบพื้นฐานมาจากเมทิลเมทาไครเลต ต่อมาในปี ค.ศ.1970 นำวัสดุบูรณะเรซินคอมโพสิตมาใช้เป็นซีเมนต์ในการยึดครอบฟันและสะพานฟัน สามารถจำแนกประเภทของเรซินซีเมนต์ได้หลายลักษณะ ดังนี้

1. จำแนกเรซินซีเมนต์ตามปฏิกิริยาการบ่มตัว (ISO 4049 ADA spec.No 27) ได้แก่

- เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มเอง (self-cured resin cement)

เหมาะกับการใช้ยึดขึ้นงานบูรณะที่เป็นโลหะหรือเซรามิกที่มีความทึบแสง หรือเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เรซินซีเมนต์ชนิดนี้มีข้อจำกัดในด้านเวลาในการแข็งตัว แต่เนื่องจากมีการเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (polymerization) อย่างช้าๆ จึงมีแรงเค้นจากการหดตัวที่น้อยกว่าและมีการไหลแม่ (flow) ที่ดีกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยแสง (58)

- เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มตัวโดยใช้แสง (light-cured resin cement)

เรซินซีเมนต์ชนิดนี้มีระดับการเกิดพอลิเมอร์ (degree of conversion) สูง และเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความเค้นจากการหดตัวมากกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มเอง ส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุดีขึ้น เรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวโดยใช้แสงเหมาะกับการใช้ยึดขึ้นงานบูรณะที่มีความหนา

น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร การใช้เรซินซีเมนต์ที่บ่มตัวโดยใช้แสงในการยึดติดเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยต้องเลือกใช้เดือยฟันชนิดที่แสงส่งผ่านในคลองรากฟันได้ดี มักทำให้ปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์บริเวณปลายรากฟันไม่สมบูรณ์เนื่องจากแสงลงไปไม่ถึง (59)

- เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มเองร่วมกับการใช้แสง (dual-cured resin cement)

เรซินซีเมนต์ชนิดนี้ช่วยลดข้อจำกัดที่เกิดในเรซินซีเมนต์ทั้งสองชนิด เหมาะกับการใช้ยึดชิ้นงานบูรณะที่เป็นโลหะหรือเซรามิกที่มีความทึบแสง หรือเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย การเกิดปฏิกิริยาบ่มตัวด้วยตัวเองและโดยใช้แสงจะมีตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวต่างกัน

2. การจำแนกตามองค์ประกอบ ได้แก่ (60)

- อะคริลิกเรซินซีเมนต์ (acrylic resin cement)

ประกอบด้วย ส่วนผง คือ เมทิลเมทาไครเลตพอลิเมอร์ (methylmethacrylate polymer) ที่มีเบนโซอิลเพอออกไซด์ (benzoyl peroxide) เป็นตัวตั้งต้นปฏิกิริยา และส่วนเหลว คือ เมทิลเมทาไครเลตโมโนเมอร์ (methyl methacrylate monomer) ซึ่งมีเอมีน (amine) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (accelerator) เมื่อผสมส่วนผงและส่วนเหลวจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ซึ่งทำให้อะคริลิกเรซินซีเมนต์มีความแข็งแรงและความเหนียวสูง การละลายตัวต่ำ แต่ยึดติดกับเนื้อฟันที่มีความชื้นได้ไม่ดี อาจทำให้เกิดการรั่วซึมตามขอบ เรซินซีเมนต์บางชนิดมีการเติมสารช่วยการยึดติด เช่น โฟร์เมทา (4-META; 4-methoxy ethyltrimellitic anhydride) ซึ่งมีอนุพันธ์กรดคาร์บอกซิลิกเป็นส่วนประกอบ เข้าไปในเมทิลเมทาไครเลตโมโนเมอร์ และเติมไตรบิวทิลโบรอน (TBB; tributyl boron) เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการบ่มตัวในสภาวะที่มีออกซิเจนและน้ำ โดยใช้ร่วมกับการเตรียมผิวฟันด้วยกรดซิตริก (citric acid) ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ที่มีเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนประกอบ ช่วยคงสภาพโครงสร้างคอลลาเจนไม่ให้ฟุ้งตัว เพื่อช่วยให้โมโนเมอร์สามารถแทรกซึมเข้าไปในโครงสร้างคอลลาเจนเกิดพันธะเคมีกับเนื้อฟันได้ ตัวอย่างเช่น ซุปเปอร์ บอนด์ (Super bond) (61)

- ไดเมทาไครเลตซีเมนต์ (dimethacrylate cement)

มีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกับวัสดุอุดฟันเรซินคอมโพสิต คือ มีเรซินเมทริกซ์ประกอบด้วยบิส-จีเอ็มเอ อโรมาติก ไดเมทาไครเลต (aromatic dimethacrylate) และโมโนเมอร์ซึ่งเป็นไดฟังก์ชันนัลเมทาไครเลต (difunctional methacrylate) ที่มีกลุ่มคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัวเป็นกลุ่มทำงานที่หัวท้ายของสายโมเลกุล นอกจากนี้ในเรซินเมทริกซ์ยังประกอบด้วยโมโนเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น ไตรเอทิลีนไกลคอลไดเมทาไครเลต (triethylene glycol dimethacrylate; TEGDMA) ช่วยลดความหนืด ทำให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

3. การจำแนกตามวิธีการเตรียมผิวฟัน ได้แก่ (62)

- เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดโททอลเอ็ชหรือการใช้กรดทาแล้วล้างออก (total etch adhesive or etch and rinse)

การใช้เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดในระบบโททอลเอ็ช เตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 30-40 เป็นเวลา 15 วินาที กำจัดชั้นสเมียร์และสเมียร์พลา๊ก (smear plug) ออกทั้งหมด และสลายผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite crystal) ออกจากเนื้อฟัน ท่อนเนื้อฟันและเส้นใยคอลลาเจนเผยผิ้ออก จากนั้นทาสารปรับสภาพเนื้อฟัน (primer) เพื่อช่วยปรับสภาพเส้นใยคอลลาเจนให้พองฟูพร้อมต่อการแทรกซึมของสารยึดติด ช่วยเพิ่มพลังงานบนพื้นผิว (surface energy) และเพิ่มความสามารถในการไหลแผ่บนพื้นผิวเนื้อฟัน เพื่อให้โมโนเมอร์ของสารยึดติดแทรกซึมเข้าไประหว่างเส้นใยคอลลาเจนได้ดี เกิดเป็นชั้นไฮบริด (hybrid layer) (63) ปัจจัยสำคัญของการใช้สารยึดติดในระบบโททอลเอ็ช คือ ระยะเวลาของการเตรียมผิวฟันด้วยกรดฟอสฟอริก ถ้าใช้กรดฟอสฟอริกเตรียมผิวฟันนานเกินไป เกิดการละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันลึกมากเกินไป สารยึดติดแทรกซึมเข้าไปได้ ทำให้มีเส้นใยคอลลาเจนบางส่วนที่เผยผิ้อยู่ ซึ่งเส้นใยนี้ถูกทำลายโดยน้ำ ทำให้เกิดการรั่วซึมใต้ชั้นไฮบริด ส่งผลให้ความแข็งแรงพันธะลดลง (64) ปัจจัยที่สอง คือ การควบคุมความชื้นของเนื้อฟันภายหลังการล้างกรดออก ถ้าทำให้เนื้อฟันแห้งเกินไป เส้นใยคอลลาเจนเกิดการพุบตัว โมโนเมอร์ของสารยึดติดไม่สามารถแทรกเข้าไประหว่างเส้นใยคอลลาเจนได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดติดลดลง (63) ระบบโททอลเอ็ชสามารถแบ่งเป็นระบบย่อยๆได้เป็น ชนิด 3 ขั้นตอน (3-step total-etch) และชนิด 2 ขั้นตอน (2-step total-etch) เมื่อนำทั้งสองชนิดมาศึกษาเปรียบเทียบกัน พบว่าระบบโททอลเอ็ชชนิด 3 ขั้นตอนมีการยึดติดทางกลขนาดเล็ก ดีกว่าระบบโททอลเอ็ชชนิด 2 ขั้นตอน (65)

ตัวอย่างเรซินซีเมนต์ระบบโททอลเอ็ชชนิด 2 ขั้นตอน ได้แก่ วาโรลิงค์ทู (Variolink II), คาลิบรา (Calibra), เน็กซ์ (Nexus), มัลติลิงค์ (Multilink) ซึ่งใช้ร่วมกับเอ็กไซต์ ดีเอสซี (Excite DSC)

- เรซินซีเมนต์ที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดเซล์ฟ เอ็ช (self-etch adhesive)

สารยึดติดชนิดเซล์ฟ เอ็ช รวมส่วนของกรดที่ใช้เตรียมพื้นผิวฟันและสารปรับสภาพเนื้อฟันเข้าด้วยกัน โมโนเมอร์ที่ใช้มีความเป็นกรด ไม่ต้องล้างน้ำออก มีการละลายชั้นสเมียร์ และแร่ธาตุในเนื้อฟันบางส่วนเข้าเป็นส่วนหนึ่งของชั้นไฮบริด ชั้นไฮบริดที่ได้มีความหนาน้อยกว่าระบบโททอลเอ็ช(64) จากการศึกษาของ Mannocci และคณะ ในปี ค.ศ.2001 พบว่าการใช้สารยึดติดเนื้อฟันชนิดเซล์ฟ เอ็ช เกิดชั้นไฮบริดที่ไม่สม่ำเสมอ เกิดรอยรั่ว (microleakage) มากกว่า มีเรซินแทรกที่สั้นกว่า และมีค่าความแข็งแรงการยึดติดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบโททอลเอ็ช (66)

ความสามารถในการแทรกซึมเข้าไปในชั้นสเมียร์และละลายแร่ธาตุในเนื้อฟันของสารยึดติดชนิดเซล์ฟ เอ็ช ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของโมโนเมอร์ (64) การใช้สารยึดติดเนื้อฟันชนิดเซล์ฟ เอ็ช ที่

มีความเป็นกรดสูง จะส่งผลให้เรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง และชนิดบ่มตัวทั้งด้วยแสงร่วมกับบ่มตัวด้วยตัวเองเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากความเป็นกรดสูง ทำลายเทอเทียรีเอมีน (tertiary amine) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของเรซินคอมโพสิตหรือเรซินซีเมนต์ชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง นอกจากนี้สารปรับสภาพเนื้อฟันในระบบเซล์ฟ เอ็กซ์ ยังมีคุณสมบัติชอบน้ำสูง (hydrophilic) จึงเป็นชั้นที่ยอมให้ของเหลว (น้ำ) แพร่ผ่านได้ (semi-permeable membrane) เมื่อใช้กับเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองซึ่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์อย่างช้าๆ มีผลให้ความชื้นจากเนื้อฟันสามารถผ่านไปถึงบริเวณรอยต่อของสารยึดติดกับเรซินคอมโพสิต ส่งผลให้เกิดการยึดติดที่ไม่ดี

อย่างไรก็ตามการใช้สารยึดติดชนิดเซล์ฟ เอ็กซ์ มีข้อดีคือ ลดขั้นตอนการทำงานที่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดในระบบโททอลเอ็กซ์ เช่น การใช้กรดกัดผิวฟันมากหรือน้อยเกินไป การควบคุมความชื้นหลังการล้างกรดออกที่ไม่เหมาะสม จึงลดการเสียวฟันหลังบูรณะ (67)

ตัวอย่างเรซินซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ พานาเวียร์ 21 (Panavia 21), พานาเวียร์ เอฟ (Panavia F), พานาเวียร์ เอฟ 2.0 (Panavia F 2.0), มัลติลิงค์ (Multilink) ซึ่งใช้ร่วมกับแอดฮี เอสอี (Adhe SE)

- เรซินซีเมนต์ระบบการยึดติดแบบเซล์ฟ แอดฮีซีฟ (self adhesive resin cement)

พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.2002 เพื่อลดขั้นตอนการทำงานลงเหลือเพียงขั้นตอนเดียว ไม่มีการเตรียมผิวฟัน กลไกการยึดติดได้จากการยึดติดทางกลขนาดเล็ก และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างโมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดกับไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) โมโนเมอร์ที่มีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งมีกลุ่มทำงานฟอสเฟต (phosphoric acid group) จะละลายแร่ธาตุ และแทรกซึมเข้าไปในเคลือบฟันและเนื้อฟัน โดยไม่ได้กำจัดชั้นสเมียร์ออก (62)

ตัวอย่างเรซินซีเมนต์ชนิดนี้ได้แก่ รีไลเอกซ์ ยูนิเซ็ม (Rely X Unicem), แม็กซ์เซ็ม (Maxcem)

การยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันในคลองรากฟัน

Gorracci และคณะ (68) ศึกษาการยึดติดของเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันในคลองรากฟัน พบว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดระบบโททอลเอ็กซ์ (ซินแทค/วาริโอลิงค์ทู) ให้ค่าความแข็งแรงพันธะ (10.18 เมกกะพาสคาล) มากกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดชนิดเซล์ฟ เอ็กซ์ (อีดี-ไพร์เมอร์/พานาเวียร์ 21 5.04 เมกกะพาสคาล) และเรซินซีเมนต์ระบบการยึดติดแบบเซล์ฟ แอดฮีซีฟ (รีไลเอกซ์ ยูนิเซ็ม 5.01 เมกกะพาสคาล) อย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด (transmission electron microscopy;TEM) พบว่าวาริโอลิงค์ทู กำจัดชั้นสเมียร์ออกทั้งหมด เกิดชั้นไฮบริดที่มีความหนา 8-10 ไมโครเมตร และไม่พบช่องว่างระหว่างชั้นไฮบริดกับเรซินซีเมนต์ ส่วนพานาเวียร์ 21 มีการละลายชั้นสเมียร์ออกบางส่วน และยังคงมี สเมียร์พลัคหลงเหลืออยู่ และเกิดชั้นไฮบริดที่มีความหนา 1-1.5 ไมโครเมตร และรีไลเอกซ์ ยูนิเซ็ม ไม่มีการกำจัดชั้นสเมียร์และไม่

พบชั้นไฮบริด พบช่องว่างระหว่างชั้นสเมียร์ เรซินซีเมนต์ และเนื้อฟันส่วนคลองรากฟัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Huber และคณะ (58) พบว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดเนื้อฟันระบบโททอลเอ็กซ์ (ซูเปอร์ บอนด์) ให้ค่าความแข็งแรงการยึดติด 14.6 เมกกะพาสคาล สูงกว่าเรซินซีเมนต์ชนิดที่ใช้ร่วมกับสารยึดติดเนื้อฟันระบบเซล์ฟ เอ็กซ์ (พานาเวียร์ เอฟ และพาราโพสซีเมนต์ให้ค่าความแข็งแรงการยึดติด 8.8 และ 9.1 เมกกะพาสคาล ตามลำดับ) และเรซินซีเมนต์ชนิดเซล์ฟ แอดฮีซีฟ (รีไลเอ็กซ์ ยูนิเซ็มให้ค่าความแข็งแรงการยึดติด 12.4 เมกกะพาสคาล)

3.วัสดุทำแกนฟัน

วัสดุทำแกนฟันที่นิยมใช้ร่วมกับเดือยสำเร็จรูปได้แก่ อะมัลกัม เรซินคอมโพสิต และกลาสไอโอโนเมอร์ อย่างไรก็ตามวัสดุที่ใช้ในการก่อแกนฟันสำหรับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยนิยมใช้เรซินคอมโพสิตเนื่องจากมีสารประกอบพื้นฐานใกล้เคียงกัน เกิดการยึดติดด้วยพันธะเคมี

เรซินคอมโพสิต มีสีเหมือนฟันธรรมชาติ สามารถยึดติดกับฟันได้โดยการใช้

สารยึดติด และไม่ให้ฟันเปลี่ยนสี สามารถกรอแต่งฟันได้ทันทีหลังวัสดุก่อตัวด้วยการบ่มด้วยตัวเองหรือการบ่มโดยการใช้แสง เกิดการหดตัวเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ปัจจุบันเสริมความแข็งแรงของวัสดุทำแกนฟันชนิดเรซินคอมโพสิต โดยการใส่เส้นใยแก้ว อนุภาคโลหะหรือเส้นใยโลหะ เช่น บิวท์อิท เอฟอาร์ (Built it F.R), ไท คอร์ (Ti Core), ไลท์ คอร์ (Light Core) การศึกษาของ Combe และคณะในปี ค.ศ.1999 (69) พบว่าเรซินคอมโพสิตชนิดไฮบริดมีความทนแรงดึงและความทนแรงดัดมากกว่าอะมัลกัม เรซินคอมโพสิตชนิดที่มีเซรามิกฟิลเลอร์ เรซินคอมโพสิตชนิดที่มีไทเทเนียม และกลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผสมโลหะเงิน โดยเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีเซรามิกฟิลเลอร์ และเรซินคอมโพสิตชนิดที่มีไทเทเนียมมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่น ความแข็งแรงดึง และความทนแรงดัดมากกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผสมโลหะเงิน แต่มีค่าความทนแรงดัดน้อยกว่ากลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ผสมโลหะเงิน

ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการแตกหักในฟันที่รักษารากฟันและบูรณะด้วยเดือยฟัน(13)

1. ความยาวของเดือยฟัน

ความยาวของเดือยฟันมีผลต่อการกระจายแรง เดือยฟันที่มีความยาวมากกว่ามักกระจายแรงได้ดีกว่าเดือยฟันที่สั้น ส่งผลให้มีความต้านทานการแตกหักของฟันมากขึ้น (13) และเดือยฟันที่มีความยาวมากกว่าจะช่วยเพิ่มการยึดอยู่ (retention) ได้ดีกว่าเดือยฟันที่สั้น (70) Davy และคณะ ในปี ค.ศ. 1981 (71) กล่าวว่าเดือยฟันที่มีความยาวสองในสามของความยาวรากฟันลดความเค้นที่มากกระทำบริเวณคอฟัน Sorensen และ Martinoff ในปี ค.ศ.1984 (72) พบว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาวอย่างน้อยเท่ากับความสูงของตัวฟันประสบความสำเร็จร้อยละ 97

ซึ่งสอดคล้องกับ Goodacre และ Spolnik ในปี ค.ศ.1995 (73) ที่แนะนำว่าเดือยฟันควรวาวสามในสี่ของความยาวรากฟัน หรืออย่างน้อยยาวเท่ากับความสูงของตัวฟัน (74) Hunter และคณะ ในปี ค.ศ. 1989 (75) พบว่าบริเวณสันกระดูกรองรับฟันเป็นบริเวณที่มีความเค้นสะสมขณะบดเคี้ยว และเดือยฟันโลหะเหนียวเกิดแรงเค้นสะสมบริเวณปลายเดือยฟัน ดังนั้นเดือยฟันควรมีความยาวต่ำกว่าสันกระดูกรองรับ และควรวาวอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของระยะทางจากปลายรากฟันถึงสันกระดูกรองรับเพื่อป้องกันการแตกหัก (76)

2. ขนาดของเดือยฟันและเนื้อของรากฟันที่เหลืออยู่

Stern และ Hirshfeld ในปี ค.ศ.1973 (76) แนะนำว่าขนาดเดือยฟันที่เหมาะสมควรมีความกว้างหนึ่งในสามของเส้นผ่านศูนย์กลางของรากฟัน Halle และคณะ ในปี ค.ศ. 1984 (77) กล่าวว่าความกว้างของเนื้อฟันรอบเดือยฟันควรมีอย่างน้อย 1.75 มิลลิเมตร เพื่อให้ฟันสามารถต้านทานต่อการแตกหักได้ นอกจากนี้ Pilo และ Tamse ในปี ค.ศ. 2000 (78) กล่าวว่าฟันที่มีความหนาของเนื้อฟันที่เหลืออยู่บริเวณคอฟันมาก มีความต้านทานต่อการแตกหักดีกว่าฟันที่เหลือความหนาของเนื้อฟันน้อยกว่า

3. รูปร่างของเดือยฟัน

เดือยฟันที่มีลักษณะสอบ (taper) เกิดความเค้นสะสมมากบริเวณเส้นสิ้นสุดใกล้มุมฉากบริเวณตัวฟัน (coronal shoulder) และเกิดความเค้นบริเวณปลายรากน้อยกว่า (71, 79) เดือยฟันที่มีรูปทรงขนาน (parallel) ซึ่งทำให้เกิดความเค้นมากที่สุดบริเวณปลายรากฟัน แต่ช่วยต้านทานต่อแรงดึง แรงเฉือน แรงบิด และช่วยกระจายแรงเท่าๆกันตลอดความยาวเดือยฟันขณะบดเคี้ยวได้ดีกว่าเดือยฟันที่มีลักษณะสอบ (70)

4. ชนิดของเดือยฟัน

Akkayan และคณะในปี ค.ศ. 2002 (8) ศึกษาความต้านทานการแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟันที่บูรณะด้วยเดือยฟันสำเร็จรูปชนิดไทเทเนียม เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอตซ์ เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว และเดือยฟันเซอริโคเนีย โดยใช้เรซินซีเมนต์ยึดเดือยฟัน สร้างแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิตและใส่ครอบฟัน พบว่ากลุ่มที่ใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอตซ์ และเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วเกิดการแตกของรากฟันแบบสามารถบูรณะใหม่ได้ แต่กลุ่มที่ใช้เดือยฟันสำเร็จรูปชนิดไทเทเนียม และเดือยฟันเซอริโคเนียนั้นทำให้เกิดการแตกของรากฟันที่ไม่สามารถบูรณะใหม่ได้

Hayashi และคณะ ในปี ค.ศ. 2006 (5) ศึกษาความต้านทานการแตกหักของฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งที่รักษาคลองรากฟันและบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยควอตซ์ เดือยฟันโลหะ สำเร็จรูปสแตนเลสสตีล เดือยฟันโลหะทองเหลือง เดือยฟันและครอบฟันยึดด้วยเรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มเองร่วมกับการใช้แสง กลุ่มควบคุมเป็นฟันที่บูรณะด้วยครอบฟันไม่ทำเดือยฟัน ทำการทดสอบ

โดยให้แรงในแนว 90 องศาและ 45 องศา พบว่ากลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยฟันทั้งสามกลุ่ม ทนต่อแรงในแนว 90 องศาได้มากกว่า 45 องศา ส่วนกลุ่มควบคุมทนต่อแรงในแนว 90 องศา และ 45 องศาได้ใกล้เคียงกัน และกลุ่มที่ใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยชนิดควอตซ์ ทำให้รากฟันแตกบริเวณใกล้คอฟัน แต่ในกลุ่มที่ใช้เดือยฟันโลหะสำเร็จรูป และเดือยฟันโลหะเหวี่ยงนั้นทำให้รากฟันแตกบริเวณใกล้ปลายรากฟันและกลางรากฟัน

การศึกษาความต้านทานการแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วบูรณะด้วยเดือยฟันและไม่ใช่เดือยฟัน

Salameh และคณะ ในปี ค.ศ. 2008 (80) ศึกษาความต้านทานการแตกหักและลักษณะความล้มเหลวของฟันกรามล่างที่รักษาคลองรากฟัน และบูรณะด้วยการใส่และไม่ใช่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วและครอบฟันเซรามิกชนิดเซอริโคเนีย โดยแบ่งเป็นสามกลุ่มคือกลุ่มแรกสูญเสียเนื้อฟันด้านไกลกลางและใกล้กลางรวมทั้งบริเวณที่เปิดเข้าไปรักษาคลองรากฟัน เหลือเนื้อฟันประมาณร้อยละ 60 กลุ่มที่สองสูญเสียเนื้อฟันด้านไกลกลาง ใกล้กลาง และด้านแก้มรวมทั้งบริเวณที่เปิดเข้าไปรักษาคลองรากฟัน เหลือเนื้อฟันประมาณร้อยละ 20 และกลุ่มที่สามสูญเสียเนื้อฟันบริเวณตัวฟันไปทั้งหมด พบว่าฟันที่บูรณะโดยการใส่เดือยฟันมีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการบูรณะโดยไม่ใช่เดือยฟัน และการบูรณะโดยการใส่เดือยฟันเกิดการแตกชนิดที่ยังสามารถบูรณะใหม่ได้มากกว่าการบูรณะโดยไม่ได้ใส่เดือยฟัน

การศึกษาของ Sokol ในปี ค.ศ. 1984 (81) กล่าวว่า การใส่ครอบฟันในฟันที่รักษารากโดยไม่ใช่เดือยฟัน จะทำให้มีความเสี่ยงต่อการแตกหักของฟันในอนาคต แต่การใส่เดือยฟันช่วยเสริมความแข็งแรงให้ฟันที่รักษาราก เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mendoza และคณะในปี ค.ศ. 1997 (11) ซึ่งพบว่าการบูรณะฟันที่รักษารากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยและเรซินซีเมนต์ สามารถเสริมความแข็งแรงแก่ฟันที่มีคลองรากฟันส่วนต้นผายออก (flared canal) ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการแตกหักสูงได้ดีกว่าการยัดเดือยฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ Cheung ในปี ค.ศ. 2005 (20) พบว่าการบูรณะฟันที่รักษารากและเหลือเนื้อฟันน้อยด้วยแกนเดือยฟันโลหะเหวี่ยง ไม่ได้เพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อฟันที่เหลืออยู่ แต่ใส่เดือยฟันเพื่อให้การยึดอยู่แก่แกนฟันในการรองรับครอบฟัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Peroz ในปี ค.ศ. 2005 (82)

การศึกษาความต้านทานการแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวต่าง ๆ

จากการศึกษาของ Adanir และ Belli (14) พบว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาว 6 มิลลิเมตร มีความต้านทานการแตกหักน้อยกว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาว 9 และ 12 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ และการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาว 6 มิลลิเมตร เกิดการแตกที่รากฟันมากที่สุด ขณะที่การบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาว 9 และ 12 มิลลิเมตร เกิดการแตกที่แกนฟันมากกว่า และพบว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาวเดือยฟันต่อความสูงของตัวฟันทางคลินิกเท่ากับ 1 ต่อ 1 เพียงพอต่อการต้านทานการแตกของฟัน และจากการศึกษาของ Buttel และคณะ (15) พบว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีความยาว 6 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกมากกว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาว 3 มิลลิเมตร อย่างมีนัยสำคัญ โดยแนวแรงที่ใช้ทดสอบทำมุม 45 องศา กับแนวแกนฟัน

การศึกษาของ Giovanni และคณะ (16) พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของการบูรณะด้วยครอบฟันโลหะและเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีความยาว 8 มิลลิเมตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกรบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาว 6 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร แต่การบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วที่มีความยาว 10 มิลลิเมตร ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันแตกได้มากที่สุด และการบูรณะด้วยเดือยฟันที่มีความยาว 6 มิลลิเมตรมีความต้านทานต่อการเกิดฟันแตกได้น้อยที่สุด และเกิดการแตกบริเวณกลางรากฟัน แต่การบูรณะด้วยเดือยฟันยาว 8 และ 10 มิลลิเมตร เกิดการแตกบริเวณคอฟัน ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างเดือยฟันเสริมเส้นใยแก้วและแกนฟันเรซิน

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของ One (17) พบว่าการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาว 2, 5, และ 8 มิลลิเมตร มีความต้านทานการแตกไม่แตกต่างกัน และจากการศึกษาของ McLaren และคณะ (18) พบว่าการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาว 5 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร มีความต้านทานการแตกไม่แตกต่างกัน

จากวรรณกรรมที่ผ่านมาผลการศึกษเกี่ยวกับความยาวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ใช้ในการบูรณะฟันที่รักษารากต่อความต้านทานการแตกของฟันยังมีความขัดแย้งกัน จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- 1.1 เครื่องกรอความเร็วสูง 330,000 รอบ/นาที (high speed airtor, 798 W&H, Australia)
- 1.2 เครื่องกรอความเร็วต่ำ (micro-motor รุ่น Marathon-3, Marathon, Korea)
- 1.3 ด้ามกรอฟันแบบเร็ว (high speed handpiece รุ่น Super-Torque 640C, Kavo, Germany)
- 1.4 เครื่องฉายแสง (Elipar Trilight, 3M, USA)
- 1.5 เครื่องทดสอบแรงอินสตรอน (Instron testing machine model 8872, Instron, USA)
- 1.6 เครื่องตัดความเร็วต่ำ (low speed cutting machine ISOMET 1000, Buehler, USA)

2. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 ฟันกรามน้อยบนของมนุษย์จำนวน 40 ซี่
- 2.2 สารละลายน้ำเกลือ (normal saline solution) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9
- 2.3 เครื่องเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (vernier calipers, Links, Harbin, China)
- 2.4 ท่อพีวีซี (PVC) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ยาว 18 มิลลิเมตร
- 2.5 อะคริลิกชนิดปมตัวเอง (Formatray, Kerr Manufacturing, Orange, CA, USA)
- 2.6 ซิลิโคนชนิดพุดดี (Reposil putty, Dentsply, USA)
- 2.7 ซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (Amcoflex, Amcorp, Germany)
- 2.8 กล้องความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์
- 2.9 เข็มกรอเร็วจากเพชรทรงกลมขนาด 012 (round diamond bur #012, Intensiv SA, Lugano, Switzerland)
- 2.10 เข็มกรอเร็วจากเพชรทรงสอบ (round end taper diamond bur FG D8, Intensiv SA, Lugano, Switzerland)
- 2.11 เค-ไฟล์ (Dentsply Maillefer, Tulsa, USA)
- 2.12 โปรเทปเปอร์โรตารีไฟล์ (Protaper Rotary file, Dentsply Maillefer, Ballaigues,

Switzerland)

- 2.13 น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 (2.5% sodium hypochlorite)
- 2.14 น้ำยาเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 17
(ethylenediaminetetraacetic acid ; EDTA)
- 2.15 กระดาษซับและสำลีก้อนเล็ก
- 2.16 กัตตาเปอร์ชา (Gutta percha, Dentsply Asia, Hong Kong, China)
- 2.17 สารผนึกคลองรากฟัน (AH plus root canal sealer, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany)
- 2.18 เกลียวนำสารใส่คลองราก (Lentulo spiral, Dentsply Asia, Hong Kong, China)
- 2.19 วัสดุอุดชั่วคราว (Cavilon, GC, Tokyo, Japan)
- 2.20 กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (Vitrebond, 3M ESPE, St Paul, USA)
- 2.21 ชุดหัวกรอเตรียมคลองรากฟันของเดือยฟันแบบสอบเบอร์ 1 (FibreKleer[®] tapered drill, Pentron Clinical Technologies, Wallingford, USA)
- 2.22 เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้ว (FibreKleer[®] tapered Post, Pentron Clinical Technologies, Wallingford, USA)
- 2.23 เรซินซีเมนต์วาริโอลิงค์ทู (Variolink[®] II, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
- 2.24 สารยึดติดเอกไซต์ ดีเอสซี (Excite[®] DSC, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)
- 2.25 เรซินคอมโพสิต (Filtek[™] Z250, 3M ESPE, St Paul, USA)
- 2.26 โลหะผสมพื้นฐาน (base metal alloy, Ni-Cr alloy, Classic vision[™] Pisces, William, Amherst, USA)
- 2.27 วัสดุตรวจสอบความแนบ (Fit checker, GC corporation, Japan)

ส่วนประกอบของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เรซินซีเมนต์ สารยึดติด และวัสดุ
แกนฟันแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย เรซินซีเมนต์ สารยึดติด และวัสดุแกนฟันที่นำมาใช้ในงานวิจัย

Table 1 Compositions of fiber-reinforced composite post, resin cement, adhesive bonding and core material of experimental

Materials	Type	Composition (in weight %)			
FibreKleer [®] (taper)	Glass fiber reinforced composite. Solid rod	Mixture of cured copolymers Bis GMA, UDMA, HDDMA Bariumborosilicate* glasses, glass fibers *contains alumina as minor constituent of the glass			
Variolink [®] II	Dual-curing resin cement		Base	Catalyst High	Catalyst Low
		-Dimethacrylates	26.3	22.0	27.9
		-Inorganic fillers (silica, barium glass, Ytterbium Trifluoride)	73.4	77.2	71.2
		-Catalysts and Stabilizers	0.3	0.8	0.9
		-Pigments	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Excite [®] DSC	Dual-curing dental adhesive	- HEMA - Dimethacrylates - Phosphonic acid acrylate - Highly dispersed silicon dioxide - Initiators and stabilizers in an alcohol solution - The Excite DSC Brush is coated with initiators			
Filtek [™] Supreme XT Z250	Light-curing resin composite	- Silane treated ceramic			75-85
		- Bisphenol A polyethylene glycol diether dimethacrylate (Bis EMA6)			1-10
		- Diurethane dimethacrylate (UDMA)			1-10
		- Bisphenol A diglycidyl ether dimethacrylate (Bis GMA)			1-10
		- triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)			< 5

Bis GMA; Bisphenol A diglycidyl ether dimethacrylate

UDMA; Diurethane dimethacrylate

HDDMA; Hexanediol dimethacrylate

Bis EMA6; Bisphenol A polyethylene glycol diether dimethacrylate

TEGDMA; triethylene glycol dimethacrylate

HEMA; 2-hydroxyethyl methacrylate

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานทดสอบ ประกอบด้วย

1. การเลือกฟัน
2. การกรอเตรียมฟันหลัก
3. การเตรียมคลองรากฟัน
4. การเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟัน
5. การลองและยึดเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน
6. การสร้างแกนฟัน
7. การเตรียมครอบฟัน
8. การยึดครอบฟัน
9. การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการลงบล็อกยึดฟัน
10. การทดสอบค่าความความทนแรงอัด (compressive strength)

1. การเลือกฟัน

ใช้ฟันกรามน้อยบนซี่ที่หนึ่งของมนุษย์ที่ถอนเพื่อการจัดฟัน จำนวน 40 ซี่ มีเกณฑ์ในการคัดเลือกฟันมนุษย์ที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1. ฟันกรามน้อยบนมี 2 คลองรากฟัน รากฟันตรง เป็นรากรวบไม่แยกออกจากกัน แต่มีคลองรากที่แยกออกจากกัน

2. ฟันมีรูปร่างใกล้เคียงกันทุกซี่ ฟันแต่ละซี่มีขนาดความยาวรากฟันและความกว้างในแนวแก้ม-ลิ้น และแนวใกล้-ไกลกลางต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร นำฟันทั้งหมดมาวัดค่าความยาวฟันจากยอดของปุ่มฟันด้านแก้ม (buccal cusp) ถึงปลายรากฟันและวัดความกว้างในแนวแก้ม-ลิ้น (buccolingual) และแนวใกล้-ไกลกลาง (mesiodistal) ที่ระดับรอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟัน (cemento-enamel junction) ด้วยเครื่องเวอร์เนียคาลิเปอร์ บันทึกผลเป็นหน่วย

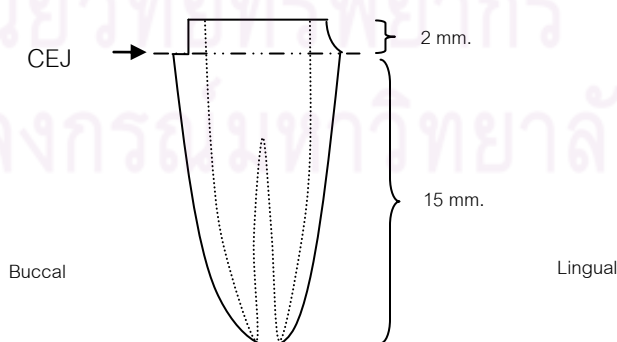
มิลลิเมตรทศนิยม 2 ตำแหน่ง นำข้อมูลไปหาค่าความยาวและค่าความกว้างโดยเฉลี่ย โดยมีขนาดความยาวรากฟันเฉลี่ย 15.05 มิลลิเมตร ความกว้างในแนวแก้ม-ลิ้นเฉลี่ย 8.63 มิลลิเมตร และความกว้างในแนวใกล้-ไกลกลางเฉลี่ย 4.78 มิลลิเมตร

3. ไม่มีฟันผุที่ตัวฟันและรากฟัน
4. ไม่มีการบูรณะด้วยวัสดุใด ๆ
5. ไม่เคยรักษาคลองรากฟันมาก่อน
6. ฟันไม่มีรอยร้าว หรือการแตกหักหรือบิ่น
7. ฟันมีการเจริญของรากเต็มที่แล้ว
8. คอฟันไม่ลึก

ฟันที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้นำมาแช่ในสารละลายน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (8) ที่อุณหภูมิห้องตลอดการวิจัย ทำความสะอาดด้วยเครื่องขูดหินปูน เพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่อและคราบสกปรกอื่น ๆ ก่อนทำการทดลอง

2. การกรอเตรียมฟันหลัก

แบ่งฟันออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ โดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง (random sampling) ตัดฟันเหนือรอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟันด้านแก้ม 2 มิลลิเมตร ในแนวระนาบตั้งฉากกับแนวแกนของฟันด้วยเครื่องไอโซเมท 1000 (Isomet 1000, Buehler, USA) จากนั้นกรอฟันด้านแก้มเป็นเส้นสิ้นสุดใกล้มุมฉาก (shoulder finishing line) ลึก 1.2 มิลลิเมตร ด้านประชิดและด้านลิ้นเป็นเส้นสิ้นสุดรอยตัดเฉียงโค้ง (chamfer finishing line) ลึก 0.5 มิลลิเมตรอยู่พอดีกับรอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟัน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 การตัดตัวฟันเหนือรอยต่อเคลือบฟันและเคลือบรากฟันด้านแก้ม 2 มิลลิเมตร

Figure 1 The clinical crowns of teeth were sectioned at 2 mm above the buccal cemento–enamel junction

3. การเตรียมคลองรากฟัน

ขั้นตอนรักษาคลองรากฟันใช้ผ้าก๊อชชุบน้ำเกลือหมาดๆ หุ้มรอบฟัน เพื่อให้ฟันมีความชุ่มชื้นตลอดการรักษา กลุ่มควบคุมใช้เข็มกรอเร็วจากเพชรรูปกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.2 มิลลิเมตร (round diamond airotor bur No.012) กรอเปิดคลองรากฟัน และใช้เค-ไฟล์เบอร์ 15 วัดความยาวรากฟัน เพื่อหาความยาวทำงานที่ใช้ขยายคลองรากฟัน (working length) โดยกำหนดให้สั้นกว่าปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร จากนั้นขยายคลองรากฟันด้วยวิธีคราวน์ดาวน์ (crown down technique) ใช้เครื่องมือโปรแทปเปอร์ (protaper) ตั้งแต่เบอร์ F1 ถึงเบอร์ F3 (F3 เท่ากับขนาดของเค-ไฟล์เบอร์ 30) ตามลำดับและขยายคลองรากฟันต่อด้วยเค-ไฟล์เบอร์ 35 โดยใช้ร่วมกับน้ำยาเอทิลลิโนไดอะมีนเททราอะซีติกความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที (83) เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ และล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 15 มิลลิลิตร เพื่อทำความสะอาดคลองรากฟัน และป้องกันการอุดตันของสิ่งสกปรกภายในคลองรากฟัน จากนั้นล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ชັบคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (paper point) 4 อันเท่ากันในฟันทุกซี่ และอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาด้วยวิธีการอัดด้านข้าง (lateral condensation) โดยใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาหลักเบอร์ 35 ร่วมกับสารพริกคลองรากฟัน จากนั้นอุดด้วยวัสดุอุดชั่วคราว รอยอย่างน้อย 48 ชั่วโมง และเก็บฟันในความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศา (84)

4. การเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟัน

แบ่งฟันเป็น 4 กลุ่ม และเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟัน ดังนี้

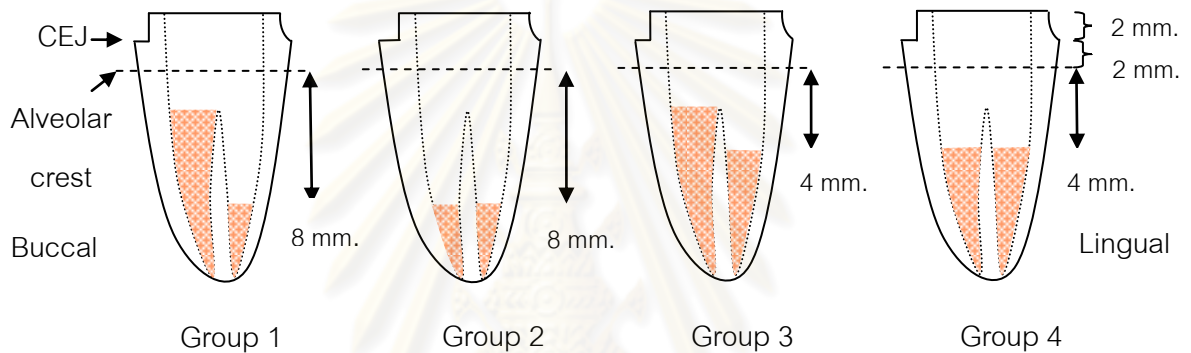
กลุ่มที่ 1 บุรณะโดยใส่เดือยฟัน 1 คลองรากฟันด้านเพดาน (palatal) ยาว 8 มิลลิเมตรจากสันกระดูกรองรับฟัน (alveolar bone crest)

กลุ่มที่ 2 บุรณะโดยใส่เดือยฟัน 2 คลองรากฟันด้านเพดานและด้านแก้ม (buccal) ยาว 8 มิลลิเมตร จากสันกระดูกรองรับฟัน

กลุ่มที่ 3 บุรณะโดยใส่เดือยฟัน 1 คลองรากฟันด้านเพดานยาว 4 มิลลิเมตรจากสันกระดูกรองรับฟัน

กลุ่มที่ 4 บุรณะโดยใส่เดือยฟัน 2 คลองรากฟันด้านเพดานและด้านแก้มยาว 4 มิลลิเมตรจากสันกระดูกรองรับฟัน (ภาพที่ 2)

ความยาวของเดือยที่ใส่ในคลองรากฟัน 8 มิลลิเมตร เพื่อจำลองความยาวของตัวฟันต่อความยาวเดือยที่อยู่ในกระดูกเท่ากับ 1 : 1 โดยเหลือวัสดุอุดคลองรากที่ส่วนปลายรากอย่างน้อย 4 มิลลิเมตร เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วซึมบริเวณปลายราก ใช้รูทแคแนลปลั๊กเกอร์ (root canal plugger) ลงไฟก้ำจำกัดตาเปอร์ซาในคลองรากส่วนต้น แล้วใช้เข็มเจาะพีโซ (peeso drill) เบอร์ 2 ก้ำจำกัดตาเปอร์ซาออกจากคลองรากฟันลึกตามความยาวเดือยที่กำหนดในแต่ละกลุ่ม (ภาพที่ 2) และใช้เข็มกรอเฉพาะของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยแก้วเบอร์ 1 (ภาพที่ 3) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมคลองรากฟันให้พอดีกับเดือยฟัน จากนั้นถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบความลึกและความหนาของเนื้อฟันที่เหลือโดยรอบอยู่ไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2 การเตรียมช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟันของกลุ่มทดลองทั้ง 4 กลุ่ม

Figure 2 Post space preparation of 4 experimental groups



ภาพที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกรอเตรียมคลองรากฟันและเดือยฟันไฟบริเคลียร์

Figure 3 Diameter of FibreKleer® drill and post

5. การลองและยึดเดือยฟันกับผนังคลองรากฟัน

ลองเดือยฟันให้มีความแนบสนิทกับคลองรากฟัน ตรวจสอบด้วยการถ่ายภาพรังสี ตัดให้เหลือเดือยฟันส่วนที่อยู่เหนือรอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟัน 6 มิลลิเมตร ยึดเดือยฟันในคลองรากฟันด้วยเอ็กไซต์ ดีเอสซี (ภาพที่ 4) และวาริโอลิงค์ทู (ภาพที่ 5) ทำตามวิธีการที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ดังนี้

1. ใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 ทาในคลองรากฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างน้ำ 30 วินาที และใช้กระดาษซับในแต่ละคลองรากฟัน 4 ครั้ง เพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออก และเป่าลม 5 วินาที ให้คลองรากฟันมีลักษณะขึ้น
2. ใช้ไมโครบรัชที่เคลือบด้วยสารเริ่มต้นปฏิกิริยาจุ่มเอ็กไซต์ ดีเอสซี ทาในคลองรากฟันในลักษณะถูไปมาเบาๆ อย่างน้อย 10 วินาที และใช้กระดาษซับในคลองรากฟันเพื่อกำจัดสารยึดติดส่วนเกิน เป่าลมเบาๆ 5 วินาที และทาเอ็กไซต์ ดีเอสซีที่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่เตรียมพื้นผิวแล้ว
3. ผสมวาริโอลิงค์ทูส่วนเบส (base) และตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) น้หนัก 5 กรัมเท่ากัน ในอัตราส่วน 1:1 ผสมให้เข้ากัน 10 วินาที นำเรซินซีเมนต์เคลือบที่เดือยฟันร่วมกับการปั่นด้วยเกลียวนำสารใส่คลองราก เพื่อให้เรซินซีเมนต์เข้าไปเต็มคลองรากฟัน และลดการเกิดฟองอากาศ กดเดือยฟันเข้าไปในคลองรากฟัน ใช้ฟู่กันฉาบเรซินซีเมนต์ให้เคลือบเนื้อฟันโดยรอบบางๆ และกำจัดเรซินซีเมนต์ส่วนเกินออกแล้วฉายแสง 40 วินาที



ภาพที่ 4 สารยึดติดเอ็กไซต์ ดีเอสซี

Figure 4 Excite[®] DSC adhesive bonding



ภาพที่ 5 เรซินซีเมนต์ชนิดวาริโอลิงค์ทู

Figure 5 Variolink[®] II resin cement

6. การสร้างแกนฟัน

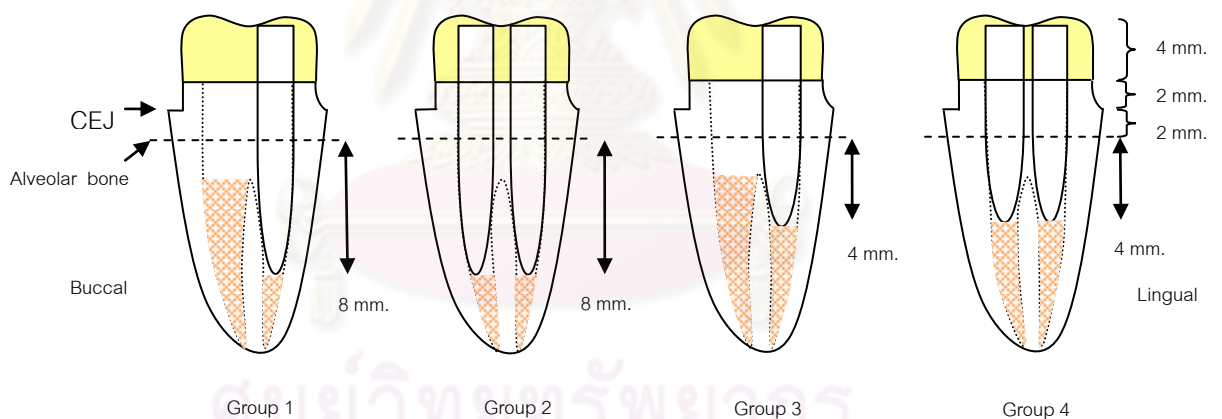
สร้างแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเท็ค แซ็ค 250 (ภาพที่ 6) โดยก่อเป็นชั้น แต่ละชั้นหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร โดยใช้แผ่นพลาสติกใส ฉายแสงทีละชั้น ชั้นละ 20 วินาที และ ฉายแสงทุกด้าน เมื่อได้รูปร่างแกนฟันที่สมบูรณ์แล้วจึงดึงแผ่นพลาสติกใสออก และกรอแต่งเรซิน คอมโพสิตส่วนเกิน จากนั้นนำแกนฟันที่ได้มาทำแบบพลาสติกใสสำหรับทำแกนฟัน เพื่อนำไปใช้ก่อ แกนฟันซี่อื่นให้มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน และมีความสูง 4 มิลลิเมตร เท่ากันทุกชิ้นงาน (ภาพที่ 7) ถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบฟองอากาศภายในชิ้นงาน



ภาพที่ 6 เรซินคอมโพสิตชนิดฟิลเท็ค

แซ็ค 250

Figure 6 Filtek™ Z250 resin composite



ภาพที่ 7 ก่อแกนฟันด้วยเรซินคอมโพสิต

Figure 7 Core build up with resin composite

7. การเตรียมครอบฟัน

แต่งซี่ผึ้งสำหรับครอบฟันบนฟันแต่ละซี่โดยใช้ดัชนีซิลิโคน (silicone index) ของฟันกราม น้อยบนซี่ที่หนึ่ง ตัวฟันมีความสูง 8 มิลลิเมตร และมีแอ่งเว้า (notch) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ที่บริเวณด้านบดเคี้ยวห่างจากปุ่มฟันด้านแก้มลงมา 2 มิลลิเมตร เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการ วางหัวทดสอบของเครื่องทดสอบแรงแบบสากลและป้องกันการลื่นไถลของหัวทดสอบ (ภาพที่ 8)

จากนั้นนำแบบขี้ผึ้งของครอบฟันไปหล่อเป็นครอบฟันด้วยโลหะผสมพื้นฐาน ตามวิธีการในห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม ทำการขัดครอบฟันแล้วเป่าทรายที่ด้านในของครอบฟันด้วยเครื่องเป่าทราย โดยใช้ผงอะลูมินาขนาด 50 ไมครอน ความดัน 80 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 วินาที ระยะห่างระหว่างครอบฟันกับหัวเป่าเท่ากับ 10 มิลลิเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดติด



ภาพที่ 8 รูปร่างของขี้ผึ้ง; (A) ด้านแก้ม, (B) ด้านประชิด, (C) ด้านบดเคี้ยว

Figure 8 Shape of crown wax pattern; (A) buccal view, (B) proximal view, (C) occlusal view

8. การยึดครอบฟัน

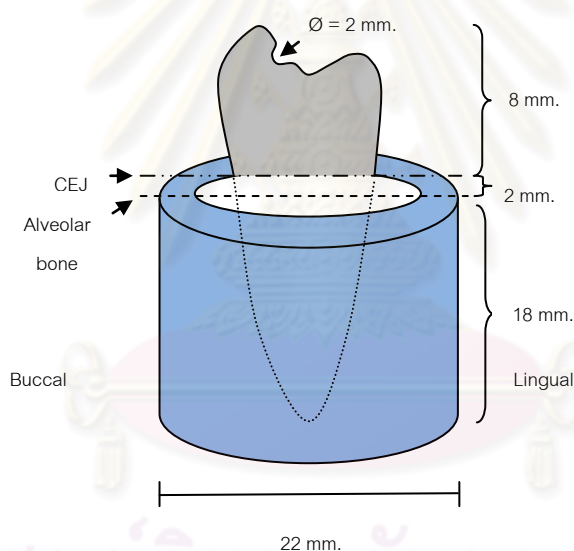
นำครอบฟันโลหะที่ได้ใส่บนฟันหลักที่เตรียมไว้ ตรวจสอบความแนบสนิทบริเวณขอบของครอบฟันด้วยวัสดุตรวจสอบความแนบร่วม (Fit checker, GC corporation, Japan) กับการใช้เครื่องมือตรวจสอบฟัน (explorer) ตรวจสอบความแนบสนิทของขอบ แล้วยึดครอบฟันด้วยเอ็กไซต์ ดีเอสซีและวาริโอลิงค์ทู กดครอบฟันโลหะให้เข้าที่ขณะยึดด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ด้วยแรง 3 กิโลกรัม กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินฉายแสง 40 วินาที แล้วนำไปเก็บในความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

9. การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการลงบล็อกยึดฟัน

นำฟันหลักที่เตรียมไว้ยึดติดกับแท่งวิเคราะห์ความขนาน (analyzing rod) ของเครื่องสำรวจความขนานด้วยขี้ผึ้งเหนียว (sticky wax) ให้แนวแกนฟัน (tooth axis) ตั้งฉากกับแนวระนาบ จากนั้นขีดเส้นรอบรากฟันให้อยู่ต่ำกว่ารอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟันของฟันที่ทดสอบ 2 มิลลิเมตร เพื่อจำลองระดับปกติของเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกรองรับฟัน (alveolar bone

proper) (ภาพที่ 9) แล้วนำรากฟันมายึดในแท่นยึดฟัน (block) ซึ่งทำจากท่อพีวีซี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ยาว 18 มิลลิเมตร ด้วยอะคริลิกเรซินชนิดบ่มเองตามอัตราส่วนที่บริษัทกำหนด ใส่อะคริลิกเรซินจนถึงระดับเดียวกับระดับของเส้นที่ขีดรอบรากฟัน ปาดอะคริลิกเรซินส่วนเกินออก จากนั้นรอจนอะคริลิกเรซินเริ่มแข็งตัวแล้วดึงรากฟันออกจากแท่นยึดฟัน เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของอะคริลิกเรซินทำลายคุณสมบัติของฟัน ดึงฟันออกจากแท่งวิเคราะห์ความขนาน กำจัดซี่ฝังเหนียวออกให้หมด เมื่ออะคริลิกเรซินแข็งตัวแล้วจึงลองนำรากฟันใส่เข้าไปในตำแหน่งเดิม โดยให้เส้นที่ขีดไว้อยู่ในระดับเดียวกับอะคริลิกเรซิน จากนั้นนำซิลิโคนชนิดไลต์บอดี้เคลือบรอบรากฟันและใส่ลงในอะคริลิกเรซิน และนำฟันใส่ลงไปให้อยู่ในตำแหน่งเดิมและแนบสนิท รอจนซิลิโคนชนิดไลต์บอดี้แข็งตัว จึงตัดแต่งซิลิโคนชนิดไลต์บอดี้ส่วนเกินออก แล้วนำแท่นยึดฟันไปเก็บไว้ในกล่องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ ระหว่างการเตรียมขึ้นทดสอบในแต่ละขั้นตอนเก็บขึ้นทดสอบในความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 รูปร่างและขนาดของครอบฟันโลหะและตำแหน่งซี่ฟันในบล็อกอะคริลิกเรซิน

Figure 9 Shape and size of full metal crown and position of tooth in acrylic resin block

10. การทดสอบค่าความทนแรงอัด (compressive strength)

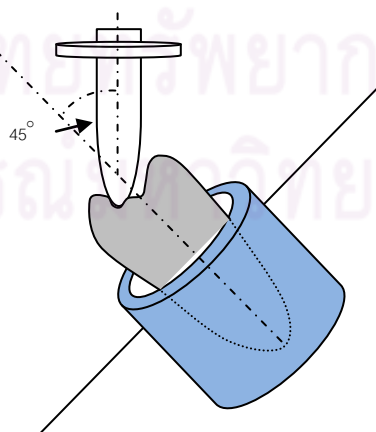
นำฟันทั้งหมดไปทดสอบค่าความทนแรงอัดที่ทำให้เกิดการแตกหักของฟัน หรือค่าความต้านทานต่อการแตกหัก ด้วยเครื่องทดสอบสากลอินสตรอนรุ่น 8872 (Instron universal testing machine model 8872, Instron, USA) (ภาพที่ 10) ให้แนวแรงทำมุมกับแนวแกนฟัน 45 องศา กับพื้นระนาบ (5) (ภาพที่ 11) โดยให้หัวทดสอบรูปทรงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร

วางอยู่บนรอยเว้าบนครอบฟันที่เตรียมไว้ ซึ่งอยู่ทางด้านบดเคี้ยวห่างจากปุ่มฟันด้านแก้ม 2 มิลลิเมตร และกำหนดความเร็วในการกดลูกบอลเหล็ก 0.5 มิลลิเมตร/นาที (5, 40) จนรากฟันหรือเดือยฟันแตก และบันทึกแรงที่ทำให้เกิดการแตกหน่วยเป็นนิวตัน (N) และสังเกตลักษณะการแตกที่เกิดขึ้น ซึ่งแบ่งเป็น การแตกหักแบบที่ไม่สามารถบูรณะใหม่ได้ (nonrestorable fracture) ได้แก่ รอยแตกที่อยู่ต่ำกว่าระดับอะคริลิกมากกว่า 1 มิลลิเมตร และการแตกหักแบบที่สามารถบูรณะใหม่ได้ (restorable fracture) ได้แก่ ครอบฟันหลุด รอยแตกที่อยู่สูงกว่าระดับอะคริลิกหรือต่ำกว่าระดับอะคริลิกไม่เกิน 1 มิลลิเมตร



ภาพที่ 10 เครื่องทดสอบสากลอินสตรอนรุ่น 8872

Figure 10 Instron universal testing machine model 8872



ภาพที่ 11 การทดสอบความต้านทานการแตก ด้วยแรงอัดทำมุม 45 องศา กับแนวแกนฟัน

Figure 11 Fracture resistance test with compressive loading 45-degree to the tooth axis

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเอสพีเอสเอส 17.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) ในการประมวลผลข้อมูลที่ใช้สถิติวิเคราะห์ ดังนี้

ตอนที่ 1 ทดสอบความสามารถในการต้านทานต่อการแตกหักของพื้นรักษาคลองรากฟันและบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีจำนวนและความยาวเดือยแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกหักของฟันทุกกลุ่ม โดยการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลด้วยวิธีโคลโมโกรอฟสเมโนฟ (Kolmogorov-Smirnov test) และตรวจสอบความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มด้วยการทดสอบความเหมือนของค่าความแปรปรวน (Test of homogeneity of variance) ด้วยวิธีของลีวีเน (Levene's test)

- ถ้าประชากรมีการแจกแจงปกติและประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากันจึงใช้สถิติแบบพารามेटริกซ์ ชนิดวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two way ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์ (Tukey test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$)
- ถ้าประชากรไม่มีการแจกแจงปกติต้องใช้สถิติแบบนอนพารามेटริกซ์ (Nonparametric statistics) โดยวิเคราะห์แบบสองทางใช้วิธีฟรีดแมน (Friedman test)

ตอนที่ 2 บันทึกลักษณะการแตกหรือหลุดของชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม วิเคราะห์รูปแบบของการแตกหรือหลุดของชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม โดยใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Non-parametric statistical analysis) ด้วยวิธีไคสแควร์ (Chi-square test) โดยใช้การทดสอบของฟิชเชอร์ (Fisher-exact test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการทดสอบการต้านทานต่อการแตกหักของฟันรักษาคลองรากฟันและบูรณะด้วยเดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีจำนวนและความยาวเดือยแตกต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 1 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่มมีค่าแรงต้านทานการแตกดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าแรงต่ำสุด ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดการแตกของฟัน ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Table 2 Minimum fracture load, maximum fracture load, mean and standard deviation

<i>Specimens</i>	<i>Group 1</i> (1 post, 8 mm.)	<i>Group 2</i> (2 post, 8 mm.)	<i>Group 3</i> (1 post, 4 mm.)	<i>Group 4</i> (2 post, 4 mm.)
1	896.07	842.80	852.51	775.63
2	804.23	626.66	617.45	826.13
3	1107.14	681.88	706.84	794.77
4	865.59	792.17	850.12	944.82
5	986.76	817.66	953.64	757.49
6	806.12	808.68	837.72	780.59
7	921.65	692.27	815.64	834.13
8	1270.57	804.23	1034.85	939.24
9	818.39	716.73	854.74	557.43
10	773.43	605.33	831.45	675.14
Minimum (N)	773.43	605.33	617.45	557.43
Maximum (N)	1270.57	842.80	1034.85	944.82
Mean (N)	924.99	738.84	835.49	788.53
SD (N)	157.71	85.19	115.03	114.57

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง ไม่พบการมีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างจำนวนเดือยฟันและความยาวเดือยฟัน ($p = 0.077$) ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวของเดือย 4 และ 8 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p=0.606$) แต่การใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยคลองรากฟันเดี่ยวมีค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกมากกว่าการใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยสองคลองรากฟัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.004$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง

Table 3 Result of the Two-way ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	188252.994 ^a	3	62750.998	4.292	.011
Intercept	2.703E7	1	2.703E7	1848.274	.000
number	135854.177	1	135854.177	9.291	.004
length	3960.697	1	3960.697	.271	.606
number * length	48438.120	1	48438.120	3.313	.077
Error	526387.049	36	14621.862		
Total	2.774E7	40			
Corrected total	714640.043	39			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์ พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 1 มากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.008$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ 3 และ 4 และกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4)

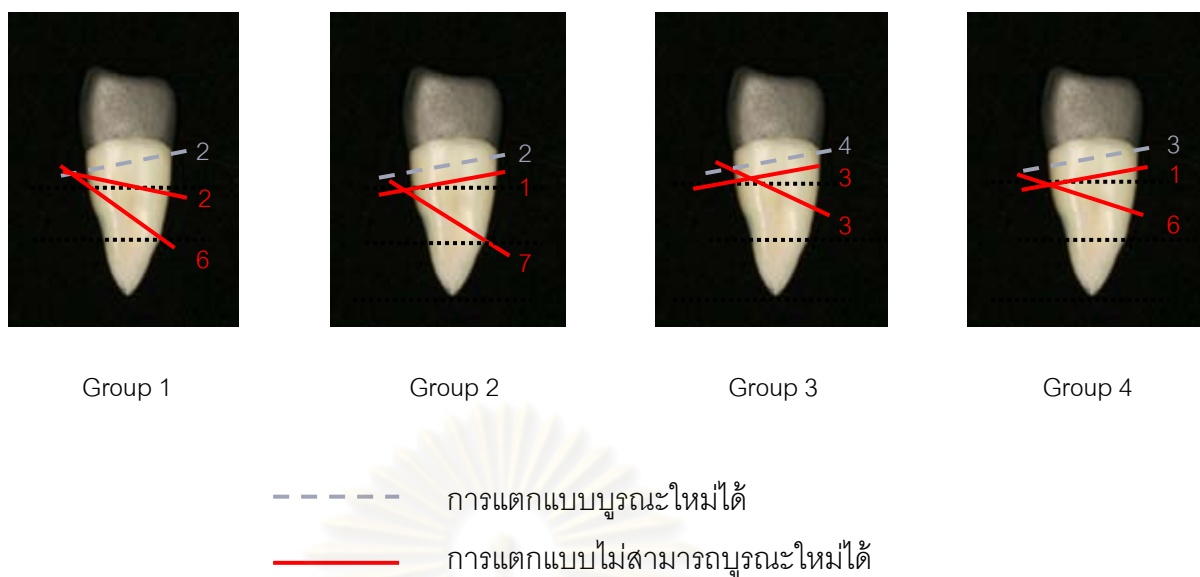
ตารางที่ 4 ผลของการทดสอบวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์

Table 4 Result of the Tukey test

Group		Mean difference	Sig.
1 (1 post, 8 mm)	2	186.154*	.008
	3	89.499	.362
	4	136.458	.073
2 (2 post, 8 mm)	1	-186.154*	.008
	3	-96.655	.296
	4	-49.696	.795
3 (1 post, 4 mm)	1	-89.499	.362
	2	96.655	.296
	4	46.959	.821
4 (2 post, 4 mm)	1	-136.458	.073
	2	49.696	.795
	3	-46.959	.821

* Statistical different (P<0.05)

จากการตรวจสอบลักษณะการแตกของชิ้นงานพบว่าทุกกลุ่มเกิดร้าวฟันแตกในแนวเฉียง (oblique fracture) ไปที่บริเวณปลายเดือยฟัน ในกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 รอยแตกส่วนมากจะเกิดบริเวณกลางร้าวฟัน ส่วนกลุ่มที่ 3 รอยแตกส่วนมากจะเกิดบริเวณส่วนต้นของร้าวฟัน (ภาพที่ 12) อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ตำแหน่งการแตกด้วยการทดสอบของฟิชเชอร์ พบว่ารูปแบบการแตกไม่มีความสัมพันธ์กับวิธีการบูรณะฟัน (p=0.865) (ตารางที่ 5)



ภาพที่ 12 รูปแบบของการแตกของแต่ละกลุ่ม (ตัวเลขแสดงจำนวนซี่ฟันที่แตกของการแตกแต่ละแบบ)

Figure 12 Mode of fracture in each group (the number represented the number of teeth in each fracture mode)

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ตำแหน่งการแตกด้วยสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

Table 5 Analysis of mode of failure with non-parametric statistic

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)	Point Probability
Pearson Chi-Square	1.379 ^a	3	.710	.865		
Likelihood Ratio	1.360	3	.715	.865		
Fisher's Exact Test	1.429			.865		
Linear-by-Linear Association	.611 ^b	1	.434	.535	.268	.092
N of Valid Cases	40					

a. 4 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.75.

b. The standardized statistic is -.782.

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษานี้ใช้ฟันธรรมชาติของมนุษย์ (natural human teeth) ในการทดลองเพื่อจำลองสภาวะให้ใกล้เคียงกับทางคลินิกมากที่สุด เพราะสามารถลอกเลียนการยึดติดระหว่างเนื้อฟันซึ่งประกอบด้วย ท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) เนื้อฟันระหว่างท่อฟัน (intertubular dentin) และเนื้อฟันรอบท่อฟัน (peritubular dentin) กับเรซินซีเมนต์และเดือยฟัน (11) อย่างไรก็ตามค่าความต้านทานการแตกหักของฟันธรรมชาติที่ได้มีค่าความแปรปรวนสูงกว่าการทดลองในฟันเทียมที่สร้างจำลองขึ้น (85-87) เนื่องจากในฟันธรรมชาติมีปัจจัยหลายประการที่ไม่สามารถควบคุมได้ ได้แก่ ความแตกต่างกันของขนาด รูปร่าง และตำแหน่งของโพรงประสาทฟัน สภาวะของเนื้อเยื่อในโพรงประสาทก่อนถอนฟัน ความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมฟอสเฟต (calcification) อายุของผู้ป่วย การเกิดรอยแตกขนาดเล็ก (microfracture) ในเนื้อฟัน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ยากแก่การตรวจพบ (12, 87, 88)

เนื่องจากการฝังรากฟันลงในอะคริลิกเรซินโดยไม่มีเอ็นยึดปริทันต์จำลองนั้นเป็นการเสริมแรงด้านนอก (external reinforcement) ให้กับรากฟันด้วยความแข็งแรงของอะคริลิกเรซิน ทำให้รากฟันมีความแข็งแรงมากขึ้น การเสริมแรงนี้ไม่สามารถพบได้จริงในฟันธรรมชาติ (40) ดังนั้นสภาวะที่จำลองและไม่จำลองเอ็นยึดปริทันต์ ส่งผลให้ค่าความต้านทานการแตกหักของฟันแตกต่างกัน (89) การศึกษานี้พยายามจำลองลักษณะของเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกครอบรากฟันโดยอาศัยการหดตัวของอะคริลิกเรซิน ทำให้เกิดช่องว่างครอบรากฟัน จากนั้นเคลือบรากฟันด้วยซิลิโคนชนิดเหลวชั้นบางๆ แล้วกดรากฟันลงในบล็อกอะคริลิกเรซินที่แข็งตัวสมบูรณ์แล้ว โดยให้เส้นที่ซีครอบรากฟันซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับรอยต่อของผิวเคลือบฟันกับผิวเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร อยู่พอดีกับระดับบล็อกอะคริลิกเรซิน จากนั้นกดด้วยแรงคงที่ขนาด 3 กิโลกรัม และรอให้ซิลิโคนชนิดเหลวแข็งตัวสมบูรณ์ ในฟันธรรมชาติลักษณะของเอ็นยึดปริทันต์จะมีความหนาในแต่ละตำแหน่งแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาวะการบดเคี้ยว ในสภาวะที่มีแรงบดเคี้ยวมากเอ็นยึดปริทันต์ส่วนต้นของรากฟันจะหนา 0.35 มิลลิเมตร ส่วนกลางรากฟันหนา 0.28 มิลลิเมตร และบริเวณปลายรากฟันหนา 0.3 มิลลิเมตร แต่ในสภาวะที่มีแรงบดเคี้ยวน้อยเอ็นยึดปริทันต์ส่วนต้นของรากฟันจะหนา 0.14 มิลลิเมตร ส่วนกลางรากฟันหนา 0.10 มิลลิเมตร และบริเวณปลายรากฟันหนา 0.12 มิลลิเมตร (90) จากการศึกษาพบว่าความหนาของซิลิโคนเหลวที่เคลือบครอบรากฟันมีค่าระหว่าง 0.15 - 0.32 มิลลิเมตร และไม่พบรูทะลุของซิลิโคนเหลวที่เคลือบครอบรากฟัน ความหนา

ของซิลิโคนเหลวที่เคลือบรอบรากฟัน ชนิดวัสดุที่ใช้จำลองเอ็นยึดปริทันต์และกระดูกครอบรากฟัน จึงอาจส่งผลให้ฟันบางซี่ในการศึกษานี้มีความต้านทานการแตกหัก ตำแหน่งของการแตกหัก และแนวการแตกหักแตกต่างจากฟันส่วนใหญ่ในการทดลอง (89)

การวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทางพบว่า ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของการใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยคลองรากฟันเดี่ยวในฟันกรามน้อยบนมากกว่าการใส่เดือยฟันสองคลองรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.004$) จึงปฏิเสธสมมติฐานว่างที่ 1 ของงานวิจัย เพราะขณะเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟันทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อฟันมากขึ้น ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือย 2 คลองรากฟันจึงน้อยกว่าการเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟันเพียงคลองรากเดียว ซึ่งปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่รากฟันเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความต้านทานการแตกในการบูรณะฟันรักษาคลองรากฟันแล้ว (13, 78, 91) จากการศึกษาของ Katz และคณะ (92) พบว่าฟันกรามน้อยบนมี 2 ราก รากฟันด้านแก้มมีผนังคลองรากฟันบางกว่าด้านเพดาน เนื่องจากมีร่องรากฟัน (radicular fluting) ด้านเพดาน และจากการศึกษาของ Pilo และคณะ (93) พบว่าในฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 หลังเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟัน บริเวณด้านเพดานของรากฟันด้านแก้มตลอดความยาวราก จะมีปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใส่เดือยฟันในคลองรากฟันด้านแก้มของฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทีชกี พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 1 มากกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.008$) แต่กลุ่มที่ 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p=0.821$) อาจเนื่องจากการเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟัน 2 คลองรากฟัน ลึก 4 มิลลิเมตร ในกลุ่มที่ 4 มีการสูญเสียเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันส่วนต้นน้อยเท่านั้น เนื่องจากคลองรากฟันส่วนต้นได้รับการขยายคลองรากฟันในขั้นตอนรักษาคคลองรากฟันแล้ว แตกต่างจากกลุ่มที่ 2 ที่ใส่เดือยฟัน 2 คลองรากฟัน ลึก 8 มิลลิเมตร การเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟัน เกิดการสูญเสียเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายมากกว่า และคลองรากฟันบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายมีขนาดเล็กกว่าคลองรากฟันส่วนต้น นอกจากนี้ฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 มีรูปร่างของคลองรากฟันไม่กลม (94) การใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยซึ่งเป็นเดือยฟันสำเร็จรูปที่มีรูปร่างกลมจึงไม่แนบสนิทกับผนังคลองรากฟันของฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 และหัวกรอเตรียมคลองรากฟัน (preformed drill) ที่มีขนาดเดียวกับเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่เลือกไว้ แต่ขนาดของหัวกรอเตรียมคลองรากฟันมีขนาดใหญ่กว่าเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใย 1 มิลลิเมตร บริษัทผู้ผลิตกำหนดให้มีขนาดใหญ่กว่าเดือยฟันสำเร็จรูปคอมโพสิตเสริมเส้นใย เพราะต้องการให้เป็นที่อยู่ของซีเมนต์ ซึ่งไม่ตรงหลักเกณฑ์ของการใส่เดือยฟันควรแนบกับ

ผนังคลองรากฟันมากที่สุด เมื่อหัวกรอเตรียมคลองรากฟันมีขนาดใหญ่กว่า จึงเกิดการสูญเสียเนื้อฟันบริเวณผนังคลองรากฟันมากขึ้น และทำให้ชั้นซีเมนต์รอบเดือยฟันมีความหนาและหนาไม่เท่ากัน บางแห่งหนาเกินไป เป็นสาเหตุให้เกิดการแตกบริเวณชั้นซีเมนต์สูง ส่งผลต่อความสำเร็จในการรักษา นอกจากนี้การใช้หัวกรอเฉพาะของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกรอเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟันสำเร็จรูปคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีรูปร่างกลมให้แนบสนิทกับผนังคลองรากฟันของฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายวิภาคของคลองรากฟัน ทำให้เสียเนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันมาก และมีความเสี่ยงต่อการเกิดรอยทะลุที่รากฟันขณะเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยฟันมากขึ้น ในบางครั้งอาจเลือกใช้เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีรูปร่างไม่กลมตามลักษณะรูปร่างคลองรากฟันของฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 (95, 96)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธีทูกีย์ ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของการใส่เดือยฟันสำเร็จรูปคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวของเดือย 4 และ 8 มิลลิเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน จึงยอมรับสมมติฐานว่างที่ 2 ของงานวิจัย และไม่มีปฏิสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างจำนวนและความยาวของเดือยฟัน พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 1 ไม่แตกต่างกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ แต่ค่าแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 3 น้อยกว่ากลุ่มที่ 1 ประมาณ 90 นิวตัน อาจส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในทางคลินิกได้ Sorensen และ Martinoff (72) พบว่าการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากด้วยเดือยฟันที่มีความยาวอย่างน้อยเท่ากับความสูงของตัวฟันประสบความสำเร็จร้อยละ 97 และจากการศึกษาของ Gutmann (74) แนะนำว่าเดือยฟันควรยาวสามในสี่ของความยาวรากฟัน หรืออย่างน้อยยาวเท่ากับความสูงของตัวฟัน การศึกษานี้จึงใช้ความยาวเดือยฟัน 8 มิลลิเมตรเท่ากับ ความสูงของครอบฟันที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่าความยาวของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยยึดด้วยเรซินซีเมนต์ไม่มีผลต่อการต้านทานการแตกของฟัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ McLaren และคณะ (18) และการศึกษาของ One และคณะ (17) สาเหตุที่ความยาวเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยไม่มีผลต่อความต้านทานการแตกของฟัน อาจเนื่องจากการศึกษานี้บูรณะฟันที่มีเพอร์รูล 2 มิลลิเมตรด้วยครอบฟัน ทำให้เดือยฟันไม่มีผลต่อการบูรณะ เนื่องจากครอบฟันทำให้เกิดความเค้นสะสมบริเวณขอบของครอบฟันมากขณะที่ได้รับแรงบดเคี้ยว และแกนและเดือยฟันช่วยกระจายแรงไปยังรากฟัน (3, 97, 98) การใส่เดือยฟันยาวมากไปไม่ได้ลดความเค้นสะสมบริเวณคอฟัน แต่เพิ่มความเค้นที่รากฟันบริเวณปลายเดือยฟัน เนื่องจากสูญเสียเนื้อฟันขณะเตรียมคลองรากฟันบริเวณส่วนปลายของเดือยฟันมากขึ้น ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดฟันแตกหัก

และเกิดรอยทะลุที่รากฟันมากขึ้น (82) แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ Buttel และคณะ (15) และ การศึกษาของ Giovanni และคณะ (16) ซึ่งศึกษาการบูรณะฟันเขี้ยวบนด้วยเดือยฟันคอมโพสิต เสริมเส้นใยที่มีความยาวมาก มีความต้านทานการแตกมากกว่าการใส่เดือยฟันที่สั้น เนื่องจากฟัน เขี้ยวบนมีคลองรากฟันเดี่ยวและมีคลองรากฟันขนาดใหญ่ จึงมีการเสียน้ำฟันเพิ่มขึ้นขณะเตรียม ช่องว่างเพื่อใส่เดือยฟันน้อยกว่างานวิจัยนี้ที่ทำการศึกษาในฟันกรามน้อยบน ซึ่งมี 2 คลองรากฟัน และมีขนาดคลองรากฟันเล็กกว่า ดังนั้นผลการทดลองที่ได้จึงแตกต่างกัน นอกจากนี้การใส่เดือย ฟันที่ยาวมีหลายขั้นตอนที่ควบคุมได้ยาก (99) เช่น การล้างกรดฟอสฟอริกออกจากผนังคลองราก การควบคุมความชื้นในคลองรากฟัน การทาสารยึดติดบนผนังคลองราก และการแข็งตัวของเรซิน ซีเมนต์ที่ใช้ยึดเดือยฟันในคลองรากฟัน

การศึกษานี้ใช้สารยึดติดเอกไซด์ ดีเอสซี ซึ่งเป็นสารยึดติดชนิดที่บ่มเองร่วมกับการใช้แสง (dual-cured bonding agent) ระบบโททอลเอ็กซ์ชนิด 2 ขั้นตอน ซึ่งมีขั้นตอนการใช้งานทางคลินิก ที่ไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการยึดติดของเดือยฟันกับผนังคลองรากฟันได้ แตกต่างจากสารยึดติดระบบซินแทคที่เป็นระบบโททอลเอ็กซ์ชนิด 4 ขั้นตอนซึ่งใช้ร่วมกับสารยึดติด เฮลิโอบอนด์ที่บ่มตัวโดยใช้แสง (light-cured bonding agent) ซึ่งมีรายงานว่าเมื่อใช้สารยึดติด ระบบซินแทค ร่วมกับสารยึดติดเฮลิโอบอนด์ หรือใช้สารยึดติดระบบซินแทคเพียงอย่างเดียว ก่อน การยึดอินเลย์ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโบลิงค์ เมื่อนำมาส่องกล้องจุลทรรศน์พบว่าการแทรกซึมของสี ย้อม (dye penetration) มากกว่าการใช้สารยึดติดระบบซินแทคร่วมกับสารยึดติดเฮลิโอบอนด์ แล้วฉายแสง ก่อนยึดอินเลย์ด้วยเรซินซีเมนต์วาริโบลิงค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (100) และ การศึกษานี้แม้จะใช้วาริโบลิงค์ที่เป็น เรซินซีเมนต์ชนิดที่บ่มเองร่วมกับการใช้แสง (dual- cured resin cement) ในการยึดเดือยฟันที่ยาว แสงไม่สามารถเข้าถึงบริเวณกลางและปลายเดือยฟัน ทำให้เรซินซีเมนต์จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ที่ไม่สมบูรณ์ (101, 102) ส่งผลถึงคุณสมบัติทาง กายภาพ (physical property) ของเรซินซีเมนต์ (103) ทำให้ประสิทธิภาพการยึดติดของเรซิน ซีเมนต์ลดลง (103, 104) ซึ่งส่งผลต่อค่าความต้านทานการเกิดฟันแตกได้

จากการศึกษาของ Akgungor และ Akkayan (36) พบว่าเมื่อใช้เรซินซีเมนต์ร่วมกับสาร ยึดเดือยฟันระบบโททอลเอ็กซ์จะเกิดชั้นไฮบริด (hybrid layer) หนา 4-5 ไมโครเมตร และเกิด เรซินแท็ก (resin tag) สม่่าเสมอบริเวณส่วนต้นของคลองรากฟัน แต่ปลายรากฟันมีเรซินแท็กสั้น และมีความหนาแน่นน้อยลง เนื่องจากบริเวณปลายรากฟันมีจำนวนท่อเนื้อฟันต่อตารางมิลลิเมตร น้อย จึงเกิดความแข็งแรงการยึดระหว่างเรซินซีเมนต์กับเนื้อฟันบริเวณปลายรากต่ำ และจาก การศึกษาของ Goracci และคณะ (105) และ Kalkan และคณะ (106) พบว่าค่าการยึดติดแบบ ผลัก (push-out bond strength) ของเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันส่วนต้น

ด้วยเรซินซีเมนต์มากกว่าคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลาย นอกจากนี้การยึดเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันควบคุมความชื้นในคลองรากฟันได้ยาก (107) ดังนั้นการใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวมาก จึงไม่ได้เพิ่มความต้านทานการแตกของฟัน

ตำแหน่งของฟันที่สัมพันธ์กับหัวคดในการทดลองนี้ คือ กึ่งกลางฟันเรียงด้านเพดานของปุ่มฟันด้านแก้ม (15) เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่สัมพันธ์กับฟันล่างขณะที่ขากรรไกรเคลื่อนไปด้านข้างและมีการสบฟันด้านใช้งาน ซึ่งทำให้ครอบฟันเกิดความล้มเหลวมากกว่าแรงที่กระทำตามแนวแกนฟัน (axial load) จากการศึกษาของ Pegoretti และคณะ (108) พบว่าเมื่อมีแรงแนวเฉียงมากกระทำที่ด้านเพดานของฟัน จะเกิดแรงเค้นสะสมมากบริเวณส่วนต้นของรากฟันด้านแก้ม และบริเวณปลายเดือยฟัน จึงเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการแตกหักสูง สอดคล้องกับการทดลองนี้ คือ ทุกกลุ่มเกิดรากฟันแตกในแนวเฉียงมาที่บริเวณปลายเดือยฟัน โดยแนวการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 ส่วนมากเกิดบริเวณกลางรากฟัน ในขณะที่ฟันในกลุ่มที่ 3 รอยแตกเกิดบริเวณส่วนต้นของรากฟันมากกว่ากลุ่มอื่น ต่างกับการศึกษาของ Giovanni และคณะ (16) พบว่าการบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่ยาว ตำแหน่งการแตกส่วนมากเกิดบริเวณส่วนต้นของรากฟัน แต่การบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่สั้น จะเกิดรากฟันแตกบริเวณกลางรากฟัน และการศึกษาของ McLaren และคณะ (18) ศึกษาการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยโดยไม่ใส่ครอบฟันและให้แรงทดสอบในแนวตั้ง พบว่าไม่เกิดรากฟันแตก โดยความล้มเหลวที่เกิดขึ้น คือ แกนฟันแตก แกนฟันหลุด เดือยฟันงอ เดือยฟันหลุด แต่การศึกษานี้ไม่ได้บูรณะด้วยครอบฟันและให้แรงทดสอบในแนวตั้ง ผลการศึกษาจึงแตกต่างกัน

การศึกษานี้ทำการทดสอบโดยใส่ครอบฟัน เพื่อจำลองสภาวะให้เหมือนกับทางคลินิกที่แรงบิดเคี้ยวกระทำต่อครอบฟัน แต่ในการศึกษาที่ไม่ใส่ครอบฟัน แรงบิดเคี้ยวจะกระทำต่อแกนฟันโดยตรง ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงช่วยทำนายแนวโน้มความต้านทานการแตกของฟันที่รักษารากฟันแล้วบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยและครอบฟัน นอกจากนี้ทิศทางและลักษณะของแรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นแรงทิศทางเดียวและมีค่าคงที่ (static load) แต่ในสภาวะช่องปากจริงมีแรงหลายทิศทาง และเป็นแรงที่กระทำซ้ำๆ ความต้านทานการแตกของฟันที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในสภาวะช่องปากจึงอาจมีค่าน้อยกว่าการศึกษานี้

แรงบิดเคี้ยวปกติในฟันกรามน้อยมีค่าระหว่าง 222 ถึง 445 นิวตัน (109) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของการบูรณะฟันทุกกลุ่มในการศึกษานี้ ดังนั้นการบูรณะฟันรักษารากฟันด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีขนาดสั้น อาจพิจารณาใช้ในกรณีที่รากฟันโค้งหรือรากฟันตีบ โดยใส่เดือยฟันเพียงคลองรากฟันเดียว แทนการใส่เดือยที่มีขนาดยาวซึ่งอาจเสี่ยงต่อการเกิดการทะลุของรากฟัน แต่ในกรณีฟันที่มีคลองรากฟันขนาดใหญ่ และสามารถใส่เดือยฟันที่

ยาวได้โดยไม่เสียเนื้อฟันในคลองรากฟันเพิ่มขึ้นจากการกรอขยายคลองรากฟัน การใส่เดือยฟันที่ยาวจะมีความต้านทานการแตกมากกว่าเดือยฟันสั้น ดังนั้นฟันที่รักษาคคลองรากฟันควรบูรณะโดยการใส่เดือยฟันที่มีความยาวเดือยฟันอย่างน้อยเท่ากับความสูงของตัวฟันทางคลินิกเพียงคลองรากฟันเดียว ทั้งนี้การใส่เดือยฟันที่ยาวมีหลายขั้นตอนที่ต้องระมัดระวังดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อให้เกิดความแข็งแรงการยึดระหว่างเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยกับผนังคลองรากฟันสูงสุด

สรุปผลการวิจัย

จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของฟันกรามน้อยบนซี่ที่ 1 ของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยคลองรากฟันเดียวมากกว่ากลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยสองคลองรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ใส่เดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีความยาวของเดือย 4 และ 8 มิลลิเมตร มีค่าไม่แตกต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 1 มีค่ามากที่สุด และค่าเฉลี่ยแรงต้านทานการแตกของกลุ่มที่ 2 มีค่าน้อยที่สุด โดยตำแหน่งการแตกทุกกลุ่มเกิดรากฟันแตกในแนวเฉียง และแนวการแตกส่วนมากจะเกิดบริเวณปลายเดือยฟัน ในกลุ่มที่ 1, 2 และ 4 รอยแตกส่วนมากจะเกิดบริเวณส่วนกลางรากฟัน กลุ่มที่ 3 รอยแตกจะเกิดบริเวณส่วนต้นของรากฟันมากกว่ากลุ่มอื่น

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ มีข้อจำกัดหลายประการที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่างให้เหมือนกับสภาวะช่องปากได้ทุกประการ เช่น ทิศทางและลักษณะของแรงที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งเป็นแรงทิศทางเดียวและมีค่าคงที่ แต่ในสภาวะช่องปากจริงมีแรงหลายทิศทาง และเป็นแรงที่กระทำเป็นวัฏจักร การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่องปาก การรักษาสภาพของฟันที่ใช้ในงานวิจัยไม่ให้เกิดความชื้น และลักษณะของฟันที่ไม่สามารถกำหนดให้มีขนาดและรูปร่างเท่ากันทุกกลุ่มการทดลอง ดังนั้นการศึกษาต่อไปอาจทำการทดสอบการล้า (fatigue test) และจำลองสภาวะการเปลี่ยนแปลงของวัสดุเนื่องจากอุณหภูมิ (thermocycling) ร่วมกับการศึกษาติดตามผลทางคลินิกในระยะยาว นอกจากนี้ควรทำการศึกษาความต้านทานการแตกของฟันกรามน้อยบนที่มีรูปร่างคลองรากฟันไม่กลมและบูรณะด้วยเดือยฟันคอมโพสิตเสริมเส้นใยที่มีรูปร่างไม่กลมตามลักษณะคลองรากฟันของฟันกรามน้อยบนต่อไป

รายการอ้างอิง

- [1] Silvers JE, Johnson WT. Restoration of endodontically treated teeth. Dent Clin North Am 36 (1992):631-650.
- [2] Fan P, Nicholls JI, Kois JC. Load fatigue of five restoration modalities in structurally compromised premolars. Int J Prosthodont 8 (1995):213-220.
- [3] Fernandes AS, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: a literature review. J Prosthet Dent 90 (2003):556-562.
- [4] Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. Am J Dent 13 (2000):9B-13B.
- [5] Hayashi M, Takahashi Y, Imazato S, Ebisu S. Fracture resistance of pulpless teeth restored with post-cores and crowns. Dent Mater 22 (2006):477-485.
- [6] Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. Am J Dent 13 (2000):15B-18B.
- [7] Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. Oper Dent 28(2003):86-91.
- [8] Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. J Prosthet Dent 87(2002):431-437.
- [9] Monticelli F, Osorio R, Sadek FT, Radovic I, Toledano M, Ferrari M. Surface treatments for improving bond strength to prefabricated fiber posts: a literature review. Oper Dent 33(2008):346-355.
- [10] Bitter K, Meyer-Luckel H, Priehn K, Martus P, Kielbassa AM. Bond strengths of resin cements to fiber-reinforced composite posts. Am J Dent 19(2006):138-142.
- [11] Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. J Prosthet Dent 78(1997):10-14.
- [12] Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. J Prosthet Dent 89(2003):360-367.
- [13] Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core

- reconstructed teeth: a review. Int J Prosthodont 14(2001):355-363.
- [14] Adanir N, Belli S. Evaluation of different post lengths' effect on fracture resistance of a glass fiber post system. Eur J Dent 2(2008):23-28.
- [15] Buttel L, Krastl G, Lorch H, Naumann M, Zitzmann NU, Weiger R. Influence of post fit and post length on fracture resistance. Int Endod J 42(2009):47-53.
- [16] Giovani AR, Vansan LP, de Sousa Neto MD, Paulino SM. In vitro fracture resistance of glass-fiber and cast metal posts with different lengths. J Prosthet Dent 101(2009):183-188.
- [17] One T. A study on post length for fiber post and composite resin core restorations. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi 50(2006):180-190.
- [18] McLaren JD, McLaren CI, Yaman P, Bin-Shuwaish MS, Dennison JD, McDonald NJ. The effect of post type and length on the fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 101(2009):174-182.
- [19] Reeh ES, Douglas WH, Messer HH. Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique. J Dent Res 68(1989):1540-1544.
- [20] Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. J Am Dent Assoc 136(2005):611-619.
- [21] Morgano SM, Hashem AF, Fotoohi K, Rose L. A nationwide survey of contemporary philosophies and techniques of restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 72(1994):259-267.
- [22] Robbins JW. Restoration of the endodontically treated tooth. Dent Clin North Am 46(2002):367-384.
- [23] Assif D, Gorfil C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 71(1994):565-567.
- [24] Martinez-Insua A, da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. J Prosthet Dent 80(1998):527-532.
- [25] Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber-

- reinforced composite post systems: a review. Am J Dent 20(2007):353-360.
- [26] Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 51(1984):780-784.
- [27] Dean JP, Jeansonne BG, Sarkar N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. J Endod 24(1998):807-810.
- [28] Christensen GJ. Post concepts are changing. J Am Dent Assoc 135(2004):1308-1310.
- [29] Yamada Y, Tsubota Y, Fukushima S. Effect of restoration method on fracture resistance of endodontically treated maxillary premolars. Int J Prosthodont 17(2004):94-98.
- [30] Lovdahl PE, Nicholls JI. Pin-retained amalgam cores vs. cast-gold dowel-cores. J Prosthet Dent 38(1977):507-514.
- [31] Perez Moll JF, Howe DF, Svare CW. Cast gold post and core and pin-retained composite resin bases: a comparative study in strength. J Prosthet Dent 40(1978):642-644.
- [32] Bergman B, Lundquist P, Sjogren U, Sundquist G. Restorative and endodontic results after treatment with cast posts and cores. J Prosthet Dent 61(1989):10-15.
- [33] Maccari PC, Conceicao EN, Nunes MF. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. J Esthet Restor Dent 15(2003):25-30; discussion 31.
- [34] Kremeier K, Fasen L, Klaiber B, Hofmann N. Influence of endodontic post type (glass fiber, quartz fiber or gold) and luting material on push-out bond strength to dentin in vitro. Dent Mater 24(2008):660-666.
- [35] Soares CJ, Mitsui FH, Neto FH, Marchi GM, Martins LR. Radiodensity evaluation of seven root post systems. Am J Dent 18(2005):57-60.
- [36] Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. J Prosthet Dent 95(2006):368-378.
- [37] Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Tay FR, Ferrari M. Fatigue resistance and

- structural characteristics of fiber posts: three-point bending test and SEM evaluation. Dent Mater 21(2005):75-82.
- [38] Dyer SR, Lassila LV, Jokinen M, Vallittu PK. Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. Dent Mater 20(2004):947-955.
- [39] Seefeld F, Wenz HJ, Ludwig K, Kern M. Resistance to fracture and structural characteristics of different fiber reinforced post systems. Dent Mater 23(2007):265-271.
- [40] Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-coresystems. J Prosthet Dent 81(1999):262-269.
- [41] Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. Int J Prosthodont 9(1996):131-136.
- [42] Le Bell A-M, Tanner J, Lassila LVJ, Kangasniemi L, Vallittu PK. Bonding of Composite Resin Luting Cement to Fiber-reinforced Composite Root Canal Posts. J Adhes Dent 6(2004):319-325.
- [43] Mannocci F, Sherriff M, Watson TF, Vallittu PK. Penetration of bonding resins into fibre-reinforced composite posts: a confocal microscopic study. Int Endod J 38(2005):46-51.
- [44] Le Bell AM, Lassila LVJ, Kangasniemi I, Vallittu PK. Bonding of fibre-reinforced composite post to root canal dentin. J Dent 33(2005):533-539.
- [45] Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Cury AH, Goracci C, Ferrari M. Post-surface conditioning improves interfacial adhesion in post/core restorations. Dent Mater 22(2006):602-609.
- [46] Monticelli F, Toledano M, Tay FR, Sadek FT, Goracci C, Ferrari M. A simple etching technique for improving the retention of fiber posts to resin composites. J Endod 32(2006):44-47.
- [47] Perdigao J, Gomes G, Lee IK. The effect of silane on the bond strengths of fiber posts. Dent Mater 22(2006):752-758.
- [48] Debnath S, Wunder SL, McCool JI, Baran GR. Silane treatment effects on glass/resin interfacial shear strengths. Dent Mater 19(2003):441-448.

- [49] Liu Q, Ding J, Chambers DE, Debnath S, Wunder SL, Baran GR. Filler-coupling agent-matrix interactions in silica/polymethylmethacrylate composites. J Biomed Mater Res 57(2001):384-393.
- [50] Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR, et al. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. Int Endod J 39(2006):31-39.
- [51] Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. J Prosthet Dent 99(2008):38-45.
- [52] Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. J Prosthet Dent 95(2006):218-223.
- [53] Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Retention and Failure Morphology of Prefabricated Posts. Int J Prosthodont 17(2004):307-312.
- [54] Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: A review of the literature. J Prosthet Dent 89(2003):268-274.
- [55] Xible AA, de Jesus Tavares RR, de Araujo CdRP, Bonachela WC. Effect of silica coating and silanization on flexural and composite-resin bond strengths of zirconia posts: An in vitro study. J Prosthet Dent 95(2006):224-229.
- [56] Blixt M, Adamczak E, Linden L, Oden A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. Int J Prosthodont 13(2000):221-226.
- [57] Sahafi A, Peutzfeldt A, Asmussen E, Gotfredsen K. Effect of Surface Treatment of Prefabricated Posts on Bonding of Resin Cement. Oper Dent 29(2004):60-68.
- [58] Huber L, Cattani-Lorente M, Shaw L, Krejci I, Bouillaguet S. Push-out bond strengths of endodontic posts bonded with different resin-based luting cements. Am J Dent 20(2007):167-172.
- [59] Asmussen E, Peutzfeldt A. Polymer structure of a light-cured resin composite in relation to distance from the surface. Eur J Oral Sci 111(2003):277-279.

- [60] O'Brien WJ (ed). Dental material and their selection.3rd. (Carol Stream: Quintessence Publishing Co, 2002):165-167.
- [61] Nagabayashi N. Adhesive bonding with 4-META. Oper Dent Suppl 5(1992):125-130.
- [62] Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. J Adhes Dent 10(2008):251-258.
- [63] Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. J Dent Res 71(1992):1530-1540.
- [64] Jacques P, Hebling J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and a self-etching primer adhesive system. Dent Mater 21(2005):103-109.
- [65] Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. Dent Mater 18(2002):495-502.
- [66] Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. J Prosthet Dent 85(2001):284-291.
- [67] Tay FR, Pashley DH, Yiu CK, Sanares AM, Wei SH. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part I. Single-step self-etching adhesive. J Adhes Dent 5(2003):27-40.
- [68] Goracci C, Sadek FT, Fabianelli A, Tay FR, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts to intraradicular dentin. Oper Dent 30(2005):627-635.
- [69] Combe EC, Shaglouf AM, Watts DC, Wilson NH. Mechanical properties of direct core build-up materials. Dent Mater 15(1999):158-165.
- [70] Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review. J Prosthet Dent 81(1999):380-385.
- [71] Davy DT, Dilley GL, Krejci RF. Determination of stress patterns in root-filled teeth incorporating various dowel designs. J Dent Res 60(1981):1301-1310.
- [72] Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. J

- Prosthet Dent 52(1984):28-35.
- [73] Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part II. Maintaining the apical seal. J Prosthodont 4(1995):51-53.
- [74] Gutmann JL. Preparation of endodontically treated teeth to receive a post-core restoration. J Prosthet Dent 38(1977):413-419.
- [75] Hunter AJ, Feiglin B, Williams JF. Effects of post placement on endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 62(1989):166-172.
- [76] Stern N, Hirshfeld Z. Principles of preparing endodontically treated teeth for dowel and core restorations. J Prosthet Dent 30(1973):162-165.
- [77] Halle EB, Nicholls JI, Van Hassel HJ. An in vitro comparison of retention between a hollow post and core and a custom hollow post and core. J Endod 10(1984):96-100.
- [78] Pilo R, Tamse A. Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with gates glidden and ParaPost drills. J Prosthet Dent 83(2000):617-623.
- [79] Standlee JP, Caputo AA, Collard EW, Pollack MH. Analysis of stress distribution by endodontic posts. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 33(1972):952-960.
- [80] Salameh Z, Ounsi HF, Aboushelib MN, Sadig W, Ferrari M. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars with and without glass fiber post in combination with a zirconia-ceramic crown. J Dent 36(2008):513-519.
- [81] Sokol DJ. Effective use of current core and post concepts. J Prosthet Dent 52(1984):231-234.
- [82] Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. Quintessence Int 36(2005):737-746.
- [83] Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. J Endod 28(2002):17-19.
- [84] Teixeira EC, Teixeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. J Am Dent Assoc 137(2006):1006-1012.
- [85] Fokkinga WA, Kreulen CM, Le Bell-Rönnlöf AM, Lassila LV, Vallittu PK,

- Creugers NH. In vitro fracture behavior of maxillary premolars with metal crowns and several post-and-core systems. Eur J Oral Sci 114(2006) : 250-256.
- [86] Krejci I, Duc O, Dietschi D, de Campos E. Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. Oper Dent 28(2003) : 127-135.
- [87] Ottl P, Hahn L, Lauer HCH, Fay M. Fracture characteristics of carbon fibre, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing loads. J Oral Rehabil 29(2002) : 175-183
- [88] Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. J Dent 29(2001) : 427-433.
- [89] Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. Braz Oral Res 19(2005) :11-16.
- [90] Kronfeld R. Histologic study of the influence of function on the human periodontal membrane. J Am Dent Assoc (18)1931:1242.
- [91] Nissan J, Barnea E, Carmon D, Gross M, Assif D. Effect of reduced post length on the resistance to fracture of crowned, endodontically treated teeth. Quintessence Int 39(2008):e179-182.
- [92] Katz A, Wasenstein-Kohn S, Tamse A, Zuckerman O. Residual dentin thickness in bifurcated maxillary premolars after root canal and dowel space preparation. J Endod 32(2006):202-205.
- [93] Pilo R, Shapenco E, Lewinstein I. Residual dentin thickness in bifurcated maxillary first premolars after root canal and post space preparation with parallel-sided drills. J Prosthet Dent 99(2008):267-273.
- [94] Santos AF, Tanaka CB, Lima RG, Esposito CO, Ballester RY, Braga RR, et al. Vertical root fracture in upper premolars with endodontic posts: finite element analysis. J Endod 35(2009):117-120.
- [95] Coniglio I, Garcia-Godoy F, Magni E, Carvalho CA, Ferrari M. Resin cement

- thickness in oval-shaped canals: oval vs. circular fiber posts in combination with different tips/drills for post space preparation. Am J Dent 22(2009):290-294.
- [96] Coniglio I, Magni E, Cantoro A, Goracci C, Ferrari M. Push-out bond strength of circular and oval-shaped fiber posts[online]. Clin Oral Investig.(2010)
- [97] Assif D, Oren E, Marshak BL, Aviv I. Photoelastic analysis of stress transfer by endodontically treated teeth to the supporting structure using different restorative techniques. J Prosthet Dent 61(1989):535-543.
- [98] Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. J Prosthet Dent 69(1993):36-40.
- [99] Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. J Dent Res 75(1996):1034-1044.
- [100] Hahn P, Schaller H, Hafner P, Hellwig E. Effect of different luting procedures on the seating of ceramic inlays. J Oral Rehabil 27(2000):1-8.
- [101] Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. Int J Prosthodont 17(2004):357-363.
- [102] Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. J Prosthet Dent 86(2001):101-106.
- [103] Radovic I, Corciolani G, Magni E, Krstanovic G, Pavlovic V, Vulicevic ZR, et al. Light transmission through fiber post: the effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. Dent Mater 25(2009):837-844.
- [104] Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. J Dent Res 87(2008):1122-1126.
- [105] Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al.

The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. Eur J Oral Sci 112(2004):353-361.

- [106] Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. J Prosthet Dent 96(2006):41-46.
- [107] Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. J Endod 31(2005):584-589.
- [108] Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. Biomaterials 23(2002):2667-2682.
- [109] Massa F, Dias C, Blos CE. Resistance to fracture of mandibular premolars restored using post-and-core systems. Quintessence Int 41(2008):49-57.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก การวิเคราะห์ความเหมือนของความแปรปรวน (Homogeneity of Variances) ด้วยการ
ใช้การทดสอบของลิวีน (Levene's test) ของค่าเฉลี่ยแรงที่ทำให้เกิดความล้มเหลว

Test of Homogeneity of Variances

load

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.750	3	36	.529

ตาราง ข การทดสอบค่าเฉลี่ยแรงที่ทำให้เกิดความล้มเหลวด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทาง
เดียว (One way ANOVA)

ANOVA

load

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	188252.994	3	62750.998	4.292	.011
Within Groups	526387.049	36	14621.862		
Total	714640.043	39			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิราวรรณ จีงพิทักษ์ เกิดที่กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปี พ.ศ. 2547

ประวัติการทำงาน

- พ.ศ. 2548-2549 เข้ารับราชการในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลราชสาส์น จ.ฉะเชิงเทรา
- พ.ศ. 2550 เข้ารับราชการในตำแหน่งทันตแพทย์ประจำโรงพยาบาลบ้านโพธิ์ จ.ฉะเชิงเทรา
- พ.ศ. 2551-ปัจจุบัน ศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา ทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย