ผลของการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินและการใช้เดือยชนิดต่าง ๆ ต่อความต้านทานการแตก
ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง

นางสาว ลัดดาวัลย์ สัมพันธ์ศิริกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-1812-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECT OF RESIN-REINFORCEMENT AND VARIOUS POST SYSTEMS ON FRACTURE RESISTANCE IN ENDODONTICALLY TREATED TEETH WITH FLARED ROOT CANAL

Miss Laddawan Sumpansirikul

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Prosthodontics
Department of Prosthodontics
Faculty of Dentistry
Chulalongkorn University
Academic Year 2002

ISBN 974-17-1812-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินและการใช้เดือยชนิดต่าง ๆ ต่อความต้านทานการแตกในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง
โดย	นางสาว ลัดดาวัลย์ สัมพันธ์ศิริกุล
ภาควิชา	ทันตกรรมประดิษฐ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี

คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ สุรสิทธิ์ เกียรติพงษ์สาร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ศุภบูรณ์ บุรณเวช)

……อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.มโน คูรัตน์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ ดร.วีระ เลิศจิราการ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นางสาวลัดดาวัลย์ สัมพันธ์ศิริกุล : ผลของการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยเรซินและการใช้เดือยชนิดต่าง ๆ ต่อความต้านการแตกในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง. (EFFECT OF RESIN-REINFORCEMENT AND VARIOUS POST SYSTEMS ON FRACTURE RESISTANCE IN ENDODONTICALLY TREATED TEETH WITH FLARED ROOT CANAL)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ทพญ. ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี, 71 หน้า. ISBN 974-17-1812-8.

ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วแต่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางหรือผายออกจะพบปัญหาของการพยากรณ์ความสำเร็จภายหลังการบูรณะด้วยเดือยและครอบฟัน เนื่องจากเนื้อฟันที่เหลือบางบริเวณคอฟันเป็นส่วนที่ได้รับแรงจากการบดเคี้ยวอาหารมากกว่าบริเวณอื่น และเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้จุดหมุนทำให้เกิดการแตกได้ง่าย มีผู้วิจัยได้เสนอกรณีศึกษาวิธีการบูรณะด้วยวิธีที่แตกต่างกันโดยการเสริมผนังคลองรากฟัน แต่ยังไม่มีข้อมูลที่แสดงถึงผลการรักษาระยะยาว ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและเปรียบเทียบแรงต้านการแตก รวมทั้งรูปแบบการแตกของฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวิธีต่าง ๆ กันจากปัจจัยการเสริมผนังคลองรากฟันและชนิดของเดือยที่ใช้ทางห้องปฏิบัติการ โดยพิจารณาปัจจัยหลักได้แก่ การเสริมหรือไม่เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน และชนิดของเดือยที่ใช้ (เดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล เดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน) เพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์เลือกวิธีการบูรณะฟันประเภทนี้อย่างเหมาะสม

ทำการศึกษาแรงต้านการแตกในการบูรณะด้วยเดือยและแกนในฟันซี่ตัดหน้ากลางบนที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยวิธีแตกต่างกัน 4 วิธี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีคลองรากฟันปกติและทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล(กลุ่มที่1) ซึ่งวิธีที่ใช้ได้แก่ บูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูลโดยไม่เสริมผนังคลองรากฟัน(กลุ่มที่ 2) เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วจึงบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล(กลุ่มที่3) เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วจึงบูรณะด้วยเดือยสเตนเลสสตีลร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน(กลุ่มที่4) และเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วจึงบูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน(กลุ่มที่5) ผลของแรงต้านการแตกเมื่อกดลงบริเวณด้านลิ้นของส่วนแกนพบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่า 1,126.9$\pm$75.5 นิวตัน กลุ่มที่ 2 มีค่า 489.4$\pm$48.7 นิวตัน กลุ่มที่ 3 มีค่า 639.9$\pm$48.3 นิวตัน กลุ่มที่ 4 มีค่า 301.1$\pm$50.4 นิวตัน และกลุ่มที่ 5 มีค่า 299.5$\pm$55.4 นิวตัน ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว และทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบเชฟเฟที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 จากผลการวิเคราะห์พบว่าการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะให้ค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าการไม่เสริมอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้เกิดการแตกของรากฟันในระดับที่มีความลึกน้อยกว่าการไม่เสริม การบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปชนิดเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินมีค่าแรงต้านการแตกไม่แตกต่างกัน การบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อให้ค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าการบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน แต่การบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อจะเกิดการแตกที่รากฟันในขณะที่การบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินจะเกิดการแตกที่แกนฟันโดยรากฟันไม่แตกซึ่งมีโอกาสทำการบูรณะฟันซี่นั้นใหม่ได้

ภาควิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ทันตกรรมประดิษฐ์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2545

##4476121332 : MAJOR PROSTHODONTICS
KEYWORD: RESIN-REINFORCEMENT / POST / FRACTURE RESISTANCE / ENDODONTICALLY TREATED TEETH / FLARED ROOT CANAL

LADDAWAN SUMPANSIRIKUL: EFFECT OF RESIN-REINFORCEDMENT AND VARIOUS POST SYSTEMS ON FRACTURE RESISTANCE IN ENDODONTICALLY TREATED TEETH WITH FLARED ROOT CANAL THESIS ADVISOR : Assistant Professor Dr. PRAROM SALIMEE, 71 pp.ISBN 974-17-1812-8.

The problem of restoration of endodontically treated teeth with flared root canal is the unpredictable prognosis when restored with post and core. This is because the thin tooth structure at the cervical region is near to the fulcrum and prone to fracture. Several studies suggest possible methods, but limited information in clinical longevity were supported. This study aimed to investigate fracture resistance and fracture mode of restoration in endodontically treated teeth with flared root canal by considering two parameters, 1)reinforcement of the flared root canal with composite resin, and 2)post systems (non-precious cast post and core, 2 prefabricated posts with composite resin core : stainless steel post, and carbon fiber post)

Extracted human maxillary central incisors with simulated flared root canal were restored in 4 different methods (n=10 each), compared with the control group : normal root canal restored with non-precious cast post and core (group 1). The others were flared root canal that were restored with non-precious cast post and core (group 2), composite resin reinforced and non-precious cast post and core (group 3), composite resin reinforced and stainless steel post with composite resin core (group 4), lastly composite resin reinforced and carbon fiber post with composite resin core (group 5), all kind of posts were cemented with resin cement. The fracture resistance when loaded on lingual surface of core in group 1 was 1,126.9$\pm$75.5 N, group 2 was 489.4$\pm$48.7 N, group 3 was 639.9$\pm$48.3 N, group 4 was 301.1$\pm$50.4 N, and group 5 was 299.5$\pm$55.4 N. One way ANOVA and Scheffe's statistical analysis were performed (α = 0.01). The analysis showed that reinforcement with composite resin in flared root canal could significantly increase the fracture resistance when restored with cast post and core, and resulted in shallower depth of root fracture. Fracture resistance between groups restored with stainless steel post and carbon fiber post were not significantly different. Restorations with cast post and core had significantly higher fracture resistance than those two prefabricated posts. Restorations with cast post and core resulted in root fracture, while restoration with prefabricated post, resulted in composite resin core fracture.

Department/Program Prosthodontics Student's signature……
Field of study Prosthodontics Advisor's signature……
Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์หญิง ดร.ปรารมภ์ ซาลิมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา แนะนำและเสนอแนะแนวทางข้อคิดต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ศุภบูรณ์ บุรณเวช ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.มโน คูรัตน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทันตแพทย์ ดร.วีระ เลิศจิราการ กรรมการร่วมตรวจสอบ ได้ช่วยให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาที่สมบูรณ์ ทันตแพทย์หญิง กฤตยา มีวาสนา ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ถ่ายภาพ เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิจัยของคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลและคณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนช่วยสอนวิธีใช้และควบคุมอุปกรณ์การทดลองต่าง ๆ เจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คลินิกบัณฑิตศึกษาภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย บริษัทอุดมเมดิคอล บริษัทแอคคอร์ดคอร์ปอเรชั่น และบริษัทยูนิตี้ เด็นตัล ที่เอื้อเฟื้อวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย ห้างหุ้นส่วนจำกัด พี.ซี.เด็นตัล แล็ป ที่ช่วยสร้างเดือยและแกนโลหะหล่อ

ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านและขอขอบคุณผู้มีอุปการะคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ลัดดาวัลย์ สัมพันธ์ศิริกุล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..จ
กิตติกรรมประกาศ……ฉ
สารบัญ……..ช
สารบัญตาราง……...ฌ
สารบัญภาพ……..ญ
บทที่
1. บทนำ
ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหางานวิจัย……..1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย……3
สมมติฐานของงานวิจัย……3
ขอบเขตของงานวิจัย……3
ข้อตกลงเบื้องต้น……..4
ข้อจำกัดของงานวิจัย……4
รูปแบบของงานวิจัย……5
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย……..5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย……..5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
วิธีการบูรณะฟันหลังรักษาคลองรากฟันและหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา……7
การบูรณะโดยการอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน……..7
การบูรณะโดยการใส่หมุดร่วมกับการอุดอะมัลกัมหรือคอมโพสิตเรซิน……7
การบูรณะโดยการอุดครอบด้วยอะมัลกัม คอมโพสิตเรซิน หรือใช้โลหะเหวี่ยง……8
การบูรณะโดยการอุดอะมัลกัมเป็นเดือยและแกนแล้วครอบฟัน……..……...8
การบูรณะโดยการอุดอะมัลกัมหรือคอมโพสิตเรซินเป็นแกนร่วมกับหมุด
แล้วครอบฟัน……8
การบูรณะโดยการใช้เดือยและแกนร่วมกับครอบฟัน……9
ข้อพิจารณาในการบูรณะด้วยเดือยและแกน……..9
ชนิดและวัสดุที่ใช้ทำเดือย……9

หน้า

ซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเดือย.....13
วัสดุที่ใช้ทำแกน 15
ความสำเร็จในการบูรณะด้วยการใส่เดือย.....16
การศึกษาการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน
และมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง.....18
3. วิธีดำเนินการวิจัย
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....22
ระเบียบวิธีวิจัย.....23
การเลือกฟัน.....25
การเตรียมคลองรากฟัน.....25
การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน.....27
การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการลงบล็อกยึดฟัน.....28
วิธีการบูรณะด้วยเดือยและแกน.....31
การทดสอบแรงต้านการแตก.....35
การวิเคราะห์ข้อมูล.....35
4. ผลการวิจัย.....36
5. สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....43
วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....43
วิจารณ์ผลการทดลอง.....45
สรุปผลการวิจัย.....51
ข้อเสนอแนะ.....52
6. รายการอ้างอิง.....53
7. ภาคผนวก.....65
8. ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....71

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

1. แสดงกลุ่มที่ 1 (กลุ่มควบคุม) ทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร……24
2. แสดงกลุ่มที่ 2 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล โดยไม่ทำการเสริมผนังคลองรากฟัน……..24
3. แสดงกลุ่มที่ 3 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร……..24
4. แสดงกลุ่มที่ 4 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปสเตนเลส สตีล เบอร์ 60 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร……...25
5. แสดงกลุ่มที่ 5 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปเส้นใยคาร์บอน เบอร์ 1 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 มิลลิเมตร……..25
6. แสดงรากฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้ว……..26
7. แสดงคลองรากฟันในกลุ่มที่ 2-5 ที่ทำการสร้างเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง……..…27
8. แสดงวัสดุที่ใช้ในการเสริมผนังคลองรากฟันได้แก่กรดฟอสฟอริคความเข้มข้นร้อยละ 37 บอนด์ดิ้งเอเจ้นท์ และคอมโพสิตเรซิน……28
9. แสดงเดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด1.5 มิลลิเมตร……28
10. ก . แสดงการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินร่วมกับการใช้เดือยพลาสติก……28
    ข. แสดงคลองรากฟันที่ได้รับการเสริมผนังส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินแล้ว…..……28
11. แสดงการเคลือบขี้ผึ้งที่รากฟัน…….. ...29
12. แสดงรากฟันที่ได้รับการเคลือบขี้ผึ้งแล้ว……...29
13. แสดงบล็อกท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 18 มิลลิเมตร……30
14. ก. แสดงเครื่องดูโรมิเตอร์……..30
    ข. แสดงการกดแม่แบบซิลิโคนเข้ากับบล็อกด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์……..30

หน้า

15. ก. แสดงซิลิโคนชนิดพุตตี้ที่ใช้ทำแม่แบบ……..30
ข. แสดงซิลิโคนใสที่ใช้ทำเอ็นยึดปริทันต์……..30
16. แสดงแม่แบบซิลิโคน ……31
17. แสดงเรซินซีเมนต์……..31
18. แสดงเดือยและแกนโลหะหล่อในกลุ่มที่ 1 และ 3……32
19. แสดงเดือยและแกนโลหะหล่อในกลุ่มที่ 2……..……32
20. แสดงชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ 1-3 ที่ยึดติดในบล็อก……..32
21. แสดงเดือยสเตนเลสสตีล และหัวกรอสำหรับเตรียมคลองรากฟันสำหรับ
เดือยสเตนเลสสตีล……...33
22. แสดงการสร้างแกนคอมโพสิตเรซินด้วยแม่แบบพลาสติกใส……33
23. แสดงเดือยเส้นใยคาร์บอนและหัวกรอและหัวกรอสำหรับเตรียมคลองรากฟันสำหรับ
เดือยเส้นใยคาร์บอน……34
24. แสดงชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ 4 และ 5 ที่ยึดติดในบล็อก……..34
25. ก. แสดงเครื่องทดสอบแรงสากล……..…...35
ข. แสดงชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบ……..35
26.แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ของฟันที่ไดรับการบูรณะด้วยวิธีต่าง ๆ กันในแต่ละกลุ่ม……37
27. แผนภูมิแสดงร้อยละของรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่ม……39
28. แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1
ก. แสดงการแตกที่บริเวณ coronal 1/3……..40
ข. แสดงการแตกที่บริเวณ middle 1/3……40
29.แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 2
ก.แสดงการแตกที่บริเวณ middle ……...40
ข.แสดงการแตกที่บริเวณ apical1/3……..40
30. แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีการแตกบริเวณ coronal 1/3……...41
31. แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 4 ซึ่งมีการแตกที่บริเวณแกนฟัน
โดยไม่มีการแตกของรากฟัน……..41
32. แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 5 ซึ่งมีการแตกที่บริเวณแกนฟัน
โดยไม่มีการแตกของรากฟัน……..42

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหางานวิจัย

ในทางคลินิกทันตแพทย์สามารถพบปัญหาของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้ว แต่มีผนังคลองรากส่วนต้นบางหรือผายออก ในขณะที่ยังมีผนังคลองรากฟันส่วนล่างสมบูรณ์ มีรากฟันที่ฝังอยู่ในกระดูกเบ้าฟันเพียงพอ ไม่มีพยาธิสภาพปลายรากฟัน อวัยวะปริทันต์ที่รองรับฟันแข็งแรง การที่มีผนังของคลองรากฟันบางนั้นอาจเนื่องมาจากการที่มีฟันผุลุกลามอย่างมากมาก่อน หรือมีการผุบริเวณขอบของครอบฟันหลังการบูรณะ มีความผิดปกติของเนื้อฟัน (dentin defect) ฟันได้รับภยันตรายในขณะที่การสร้างฟันยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ มีการละลายตัวที่ผิดปกติภายในคลองรากฟันเนื่องจากพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อ เกิดการสูญเสียเนื้อฟันที่ผนังส่วนต้นของคลองรากฟันโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือจากความผิดพลาดของทันตแพทย์ที่ให้การรักษาในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น การเตรียมคลองรากฟันโดยทำการขยายคลองรากฟันมากเกินไป การเปิดช่องเข้าสู่คลองรากฟันกว้างเกินไป ขณะการเตรียมคลองรากฟันเพื่อการบูรณะทำการกรอเนื้อฟันออกมากเกินไป หรือการรื้อเดือยเก่าซึ่งทำให้มีการสูญเสียเนื้อฟันที่ผนังส่วนต้นของคลองรากฟันไป[1] การที่จะทำการบูรณะฟันเหล่านี้มักจะมีปัญหาต่อการพยากรณ์ความสำเร็จภายหลังการรักษาซึ่งต้องทำการใส่เดือยในคลองรากฟัน แต่เนื่องจากเนื้อฟันที่เหลือบางขณะใช้งานบริเวณคอฟันเป็นส่วนที่ได้รับแรงกด แรงดึงและแรงบิดจากการบดเคี้ยวอาหารมากกว่าบริเวณอื่นและเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้จุดหมุน (fulcrum) ทำให้เกิดการแตกได้ง่าย[2-4] นอกจากนี้เนื้อฟันที่เหลือน้อยทำให้ไม่สามารถบูรณะด้วยการปักหมุด (retention pins) เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงให้การสร้างส่วนแกนฟันได้ ดังนั้นทันตแพทย์บางท่านอาจแนะนำให้ถอนฟันซี่นี้ออกไปและใส่ฟันปลอมทดแทน แต่ในปัจจุบันวิทยาการในการรักษาและเทคโนโลยีของวัสดุทันตกรรมมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้สามารถทำการบูรณะฟันประเภทนี้เพื่อยืดอายุการใช้งานไว้ได้ มีผู้วิจัยหลายรายเสนอกรณีศึกษา (case study) ถึงวิธีการบูรณะฟันที่มีคลองรากฟันบางด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เช่น การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยวัสดุต่าง ๆ การใช้เดือยชนิดต่าง ๆ แต่ยังไม่มีข้อมูลที่แสดงถึงผลการรักษาระยะยาว หรือวิธีการบูรณะที่ดีและเหมาะสมที่สุด

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหาวิธีการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยการเปรียบเทียบแรงต้านการแตก (Fracture resistance) รวมทั้งรูปแบบการแตก (Fracture Mode) ของฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวิธีต่าง ๆ กันทางห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์เลือกวิธีการบูรณะที่เหมาะสมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษา เปรียบเทียบแรงต้านการแตก และรูปแบบการแตกในฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง โดยทำการทดลองทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะมุ่งทดสอบผลกระทบของปัจจัยการเสริมหรือไม่เสริมคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน และชนิดของเดือยที่ใช้ในการบูรณะฟันตัดซี่หน้าบนของมนุษย์

สมมติฐานของงานวิจัย

ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางนั้น

1. **การเสริมและไม่เสริมผนัง**ที่บางด้วยคอมโพสิตเรซิน ไม่มีความแตกต่างกันของ**แรงต้านการแตก**
2. **การบูรณะด้วยเดือยชนิดต่าง ๆ** คือ เดือยโลหะหล่อ เดือยสำเร็จรูปที่ทำจากสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอน ร่วมกับการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซิน ไม่มีความแตกต่างกันของ**แรงต้านการแตก**

ขอบเขตของงานวิจัย

1. เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ที่ใช้ผลอ้างอิงถึงการทดลองในสิ่งมีชีวิต
2. การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดสอบเปรียบเทียบแรงต้านการแตกและรูปแบบการแตกของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน 4 วิธี เทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งมีผนังคลองรากฟันปกติ โดยปรับเปลี่ยนปัจจัยสำคัญ ได้แก่การเสริมผนังคลองรากและการบูรณะด้วยเดือย ซึ่งทำตามวิธีทั่วไปที่ใช้ในทางคลินิก ดังนั้นรูปแบบของการบูรณะจะแตกต่างกันตามวิธีการใช้วัสดุ เช่น เดือยโลหะหล่อจะมีส่วนแกนและเดือยเป็นชิ้นเดียวกัน ในขณะที่การบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปจะฝังเดือยลงในคลองรากฟันและก่อแกนด้วยคอมโพสิตเรซินซึ่งทำให้มีรอยต่อระหว่างแกนและเดือย ซึ่งอาจทำให้เกิดลักษณะการแตกที่มีความ แตกต่างกัน

3. การบูรณะฟันของชิ้นทดสอบไม่ทำครอบฟันซึ่งไม่เหมือนการบูรณะในฟันธรรมชาติจริง ๆ เพราะต้องการขจัดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากขั้นตอนการทำครอบฟัน และการยึดติดครอบฟันด้วยซีเมนต์

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ฟันที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นฟันถอนซี่ตัดหน้ากลางบนของมนุษย์ที่มีขนาดรูปร่าง ความยาวของรากฟันใกล้เคียงกัน เนื่องจากไม่สามารถหาฟันที่มีขนาดเท่ากันทุกซี่ได้ จึงใช้ฟันที่มีความกว้างของรากฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (bucco-lingual) และแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal) มีขนาดต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร
2. การสร้างเลียนแบบผนังคลองรากฟันส่วนต้นให้บางนั้นสร้างโดยทำการกรอคว้านคลองรากฟันให้มีความกว้างของเนื้อฟันส่วนที่เหลือ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ ทำให้รูปแบบคลองรากฟันที่ได้อาจมีขนาดไม่เท่ากันทุกซี่ แต่การวิจัยในครั้งนี้เน้นที่ความหนาของเนื้อฟันส่วนที่เหลือโดยให้มีความหนาโดยรอบ 1 มิลลิเมตรทุกซี่
3. วัสดุที่ใช้ทำแกนฟันและเสริมผนังคลองรากฟัน คือ คอมโพสิตเรซินชนิดเดียวกัน มีเพียง 1 ชนิดคือ Tetric Ceram และเรซินซีเมนต์ที่ใช้ก็มีเพียงชนิดเดียวคือ Super Bond C&B
4. กระบวนการทดลองทุกขั้นทำโดยบุคคลคนเดียวกันและใช้อุปกรณ์ชุดเดียวกันตลอดการทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดสอบทางห้องปฏิบัติการไม่สามารถควบคุมปัจจัยบางอย่างให้เหมือนกับสภาวะในช่องปากได้ทุกประการ เช่น แรงที่ใช้ในการทดสอบเป็นเพียงแรงในทิศทางเดียว แต่แรงบดเคี้ยวที่ใช้ในช่องปากมีได้หลายทิศทาง การรักษาสภาพของฟันไม่ให้เสียความชื้น

ตลอดจนขั้นตอนต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวิจัยได้ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นเพียงการทำนายแนวโน้ม ควรทำการศึกษาการติดตามผลระยะยาวทางคลินิกร่วมด้วย

รูปแบบงานวิจัย

เป็นการวิจัยในห้องปฏิบัติการ (experimental research)

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

ในการทดลองนี้มีคำที่มักกล่าวถึง ได้แก่

- " ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง " คือ " endodontically treated teeth with flared root canal "
- " แรงต้านการแตก " คือ " fracture resistance "
- " เดือยและแกนโลหะหล่อ " คือ " cast post and core "
- " รูปแบบการแตก " คือ " fracture mode "
- " ความเค้น " คือ " stress "
- " ความแข็งแรง " คือ " strength "
- " มอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น " คือ " modulus of elasticity "

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงความทนทานต่อการแตกในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางด้วยวิธีต่าง ๆ และสามารถนำไปเลือกประยุกต์ใช้ในฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วและมีสภาพใกล้เคียงกัน
2. เป็นแนวทางในการศึกษาต่อถึงวิธีการบูรณะฟันที่ได้รับรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางที่เหมาะสมต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจะประสบความสำเร็จได้นั้น นอกจากจะขึ้นกับประสิทธิภาพของขั้นตอนการรักษาคลองรากฟันแล้วยังขึ้นกับขั้นตอนการบูรณะหลังการรักษาคลองรากฟันด้วย ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วมักจะเปราะและมีความแข็งแรงน้อยกว่าฟันปกติซึ่งยังไม่ได้รับการคลองรักษารากฟัน ทั้งนี้เพราะมีการสูญเสียเนื้อฟันก่อนและระหว่างการรักษาคลองรากฟัน[5] การเปิดเข้าไปในโพรงประสาทฟัน (pulp chamber) จะทำลายเนื้อฟันซึ่งเป็นหลังคาของโพรงประสาทฟัน ทำให้ฟันเกิดการบิดเบี้ยวขณะได้รับแรงจากการบดเคี้ยว[6,7] ถ้ามีการสูญเสียเนื้อฟันไปเป็นจำนวนมากแรงจากการบดเคี้ยวธรรมดาอาจจะทำให้เกิดการแตกหักของ ปุ่มฟัน นอกจากการสูญเสียเนื้อฟันในส่วนตัวฟันแล้ว การสูญเสียเนื้อฟันในส่วนคลองรากฟันจากขั้นตอนการทำความสะอาดคลองรากฟันหรือการเตรียมคลองรากฟันเพื่อใส่เดือยที่ทำการกำจัดเนื้อฟันออกมากเกินไปจะทำให้รากฟันเกิดความอ่อนแอได้ [8-10] ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจะมีการเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจนและมีการสูญเสียความชุ่มชื้น (moisture) ในเนื้อฟัน [11,12] จากการศึกษาของ Gutmann[6] พบว่าฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมีความแข็งแรงลดลงร้อยละ14 โดยฟันในขากรรไกรบนจะมีความแข็งแรงมากกว่าฟันในขากรรไกรล่าง และฟันตัดหน้าล่างจะมีความอ่อนแอมากที่สุด ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจะมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของ เนื้อฟันทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการหักเหของแสง (light refraction) ผ่านฟันและเกิดสีคล้ำขึ้นซึ่งมีผลต่อความสวยงามโดยเฉพาะในฟันหน้า[13] นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียเส้นประสาทฟันทำให้ไม่มี proprioceptive response ที่จะป้องกันความรู้สึกจากแรงบดเคี้ยวทำให้ฟันมีโอกาสแตกหักง่ายขึ้น[14] จากการศึกษาของ Ray และ Trope[15] และ Vire[16] พบว่าการบูรณะภายหลังรักษาคลองรากฟันที่ไม่ดีเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความล้มเหลวได้ ดังนั้นการบูรณะฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วด้วยวิธีการที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ฟันมีรูปร่างที่ดีและสามารถทำหน้าที่ในช่องปากได้ต่อไป

หลักพื้นฐานในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันนั้นต้องทำการรักษาเนื้อฟันไว้ให้มากที่สุดเพื่อให้เกิดความแข็งแรง หลักการของการบูรณะทำเพื่อปกป้องปุ่มฟันโดยการคลุมหรือเชื่อมปุ่มฟัน และสร้างให้เกิดหรือทำให้เกิด ferrule effect ทั้งตัวเดือยและครอบฟันเพื่อต้านทานต่อแรงที่มากระทำต่อตัวฟัน รวมทั้งสร้างให้เกิดการยึดติด (retention) และการต้านทานต่อการหลุด (resistance) ในส่วนของชิ้นงานที่บูรณะ[17]

วิธีการบูรณะฟันหลังรักษาคลองรากฟันและหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

ในอดีตการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้ว มักบูรณะด้วยการใส่เดือยในส่วนคลองรากฟันและทำครอบฟันเสมอ เพราะเชื่อว่าเดือยจะช่วยให้เกิดการยึดอยู่ของครอบฟัน และช่วยเสริมความแข็งแรงของฟัน เนื่องจากสามารถป้องกันการแตกหักของฟันในแนวราบจากแรงที่มากระทำต่อฟัน[18-21] นอกจากนี้ยังช่วยกระจายแรงที่ได้รับบนตัวฟันไปตลอดความยาวรากฟัน[22] แต่หลายการศึกษาพบว่าเดือยไม่ได้ช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงให้กับฟัน นอกจากนี้การส่งผ่านแรงบดเคี้ยวสู่เดือยเข้าไปในฟันและรากฟันนั้นอาจทำให้เกิดการแตกหักของรากฟันในแนวดิ่งได้[10,23,24] ปัจจุบันมีความก้าวหน้าของวัสดุทางทันตกรรมมากขึ้นทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการบูรณะได้หลายวิธี ซึ่งการที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นกับสภาพของฟันหลังจากที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน คือปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่ ตำแหน่งของฟันในขากรรไกร รูปร่างคลองรากฟัน แรงบดเคี้ยวที่ได้รับ และการทำหน้าที่ของฟัน[1] ซึ่งวิธีการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน ได้แก่

- **การบูรณะโดยการอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟัน** วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่มีเนื้อฟันส่วนที่ดีเหลืออยู่มากหรือมีสันริมฟัน (marginal ridge) สมบูรณ์ มีการสูญเสียเนื้อฟันเพียงเล็กน้อยแค่การเปิดทางเข้าไปถึงโพรงประสาท (minimal access preparation) ซึ่งการบูรณะทำโดยใช้วัสดุอุดฟันปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันโดยการใช้ซีเมนต์ปิดส่วนกัตตาเปอร์ชาแล้วอุดทับด้วยคอมโพสิตเรซินร่วมกับบอนดิ้งเอเจ้นท์[25] จากการศึกษาของ Lovdahl และ Nicholls[26] พบว่าฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วได้รับการบูรณะโดยการอุดปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันและมีเนื้อฟันเหลืออยู่ครบสามารถต้านทานต่อการแตกได้มากกว่าการบูรณะด้วยเดือยและแกนที่ทำจากอะมัลกัมหรือทอง ดังนั้นในการบูรณะด้วยวิธีนี้ควรคำนึงถึงปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่หลังจากการกรอแต่งและแรงที่ได้รับจากการบดเคี้ยว ในฟันหน้าแรงจากการบดเคี้ยวจะถ่ายทอดสู่ฟันในแนวราบมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฟันหลังซึ่งจะรับแรงในแนวดิ่งมากกว่า[19] จากการศึกษาของ Mentink และ คณะ[27] พบว่าบริเวณฟันหน้ามีความเสี่ยงต่อการแตกสูงเนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับแรงหลายแนวแรงมากระทำขณะบดเคี้ยว ถ้าฟันหน้าที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วยังมีเนื้อฟันเหลืออยู่มากอาจบูรณะด้วยคอมโพสิตเรซิน ถ้ามีการเปลี่ยนสีของฟันอาจพิจารณาฟอกสีฟันหรือทำวีเนียร์[28,29] แต่ถ้ามีเนื้อฟันเหลืออยู่น้อยต้องบูรณะด้วยการทำครอบฟันและทำเดือยและแกนร่วมด้วยเสมอ[17,19,28,30,31]

- **การบูรณะโดยการใส่หมุดร่วมกับการอุดอะมัลกัมหรือคอมโพสิตเรซิน** Uyehara Davis และ Overton[32] เสนอว่าการบูรณะฟันกรามล่างที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วถ้ามีเนื้อ

ฟันเหลืออยู่มากโดยเฉพาะปุ่มฟันด้านแก้ม การใช้หมุดเสริมในแนวดิ่งและแนวนอนอย่างละ 2 ตัว ร่วมกับสารเชื่อมอะมัลกัมและวัสดุอุดอะมัลกัม จะเพิ่มความต้านทานต่อการแตกได้ใกล้เคียงกับฟันที่มีเนื้อฟันสมบูรณ์ นอกจากนี้ถ้าเกิดการแตกหักมักเกิดที่คอฟันซึ่งสามารถทำการบูรณะใหม่ได้ไม่ยากนัก แต่จากการศึกษาของ Mertz Parker และ Pellew [33] พบว่าการใส่หมุดเป็นการเพิ่มความเค้นในเนื้อฟัน ทำให้รากฟันแตกหรือหมุดอาจทะลุออกนอกเนื้อฟัน จึงไม่แนะนำให้ใช้วิธีนี้

- **การบูรณะโดยการอุดครอบ** (onlay) **ด้วยอะมัลกัม คอมโพสิตเรซิน หรือใช้โลหะเหวี่ยง** ในการบูรณะฟันหลังที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันควรทำการบูรณะส่วนตัวฟันให้มีการปกคลุมปุ่มฟันเสมอเพื่อป้องกันการแตกหัก[34] Libermann Jude และ Cohen[35] พบว่าในการบูรณะฟันหลังที่จะต้องทำให้เกิดความต้านทานต่อแรงทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง โดยการบูรณะแบบการอุดครอบนั้นจะปกป้องปุ่มฟันต่อแรงในแนวดิ่ง ในขณะที่เนื้อฟันที่เหลืออยู่มากพอนั้นจะช่วยต้านทานต่อแรงในแนวราบ ถ้ามีการสูญเสียเนื้อฟันไม่มากนักอาจทำการบูรณะโดยการอุดครอบด้วยโลหะเหวี่ยง (cast onlay) หรืออุดครอบด้วยวัสดุอุดฟันเช่น อะมัลกัม (amalgam onlay) หรือคอมโพสิตเรซิน (composite onlay) การใช้อะมัลกัมเป็นวัสดุบูรณะแบบปกคลุมปุ่มฟันจะช่วยปกป้องฟันได้ดีหากมีการกรอแต่งฟันที่เหมาะสม[36]

- **การบูรณะโดยการอุดอะมัลกัมเป็นเดือยและแกน** (amalgam coronal – radicular core) **แล้วครอบฟัน** วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันปานกลาง คือมีปุ่มฟันที่สมบูรณ์อย่างน้อยหนึ่งปุ่ม หรือในกรณีที่รากฟันโค้งมากจนไม่สามารถทำเดือยและแกนได้ ให้ทำการบูรณะโดยการอุดอะมัลกัมเป็นเดือยและแกนแล้วทำครอบฟัน โดยอุดอะมัลกัมลงไปในคลองรากฟันลึกประมาณ 2-3 มิลลิเมตร[37] เพื่อช่วยให้การยึดอยู่แก่แกนที่สร้างขึ้น ซึ่งการอุดอะมัลกัมเป็นเดือยและแกนให้ผลไม่ต่างกับการใช้เดือยและแกนโลหะหล่อรองรับครอบฟันและไม่ต่างกับการใส่เดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนอะมัลกัม[38-40]

- **การบูรณะโดยการอุดอะมัลกัมหรือคอมโพสิตเรซินเป็นแกนร่วมกับหมุดแล้วครอบฟัน** วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่มีการสูญเสียเนื้อฟันปานกลาง คือมีปุ่มฟันที่สมบูรณ์อย่างน้อยหนึ่งปุ่มสามารถให้แรงยึดกับวัสดุบูรณะได้โดยไม่จำเป็นต้องใส่เดือย หรือในกรณีที่รากฟันโค้งมากจนไม่สามารถทำเดือยและแกนได้ ซึ่งการบูรณะทำได้โดยการใส่หมุดพร้อมอุดอะมัลกัม (pin retained amalgam) หรือ คอมโพสิตเรซิน และตามด้วยครอบฟัน[31]

- **การบูรณะโดยการใช้เดือยและแกนร่วมกับครอบฟัน**

1. **การบูรณะโดยการใช้เดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนอะมัลกัม หรือคอมโพสิต หรือแก้วไอโอโนเมอร์ผสมโลหะเงินแล้วครอบฟัน** วิธีนี้จะใช้ในกรณีมีเนื้อฟันเหลืออยู่น้อยไม่เพียงพอที่จะปักหมุดหรือให้การยึดอยู่กับแกนได้ หรือในกรณีที่ผนังโพรงฟันหรือคลองรากฟันมีส่วนคอดหากต้องกำจัดส่วนคอดเพื่อใส่เดือยโลหะหล่อจะทำให้สูญเสียเนื้อฟันไปมาก[41]

2. **การบูรณะโดยการใช้เดือยและแกนโลหะหล่อแล้วครอบฟัน** วิธีนี้จะใช้ในกรณีที่เหลือเนื้อฟันน้อยไม่เพียงพอต่อการยึดอยู่ของครอบฟัน ฟันซี่นั้นได้รับแรงบดเคี้ยวมาก เป็นฟันหลักของฟันปลอมบางส่วนแบบถอดได้หรือฟันปลอมบางส่วนแบบติดแน่นจำเป็นต้องมีความแข็งแรงมากจึงต้องอาศัยแรงยึดเพิ่มจากการใส่เดือยในคลองรากฟัน[42,43]

ข้อพิจารณาในการบูรณะด้วยเดือยและแกน

เมื่อพิจารณาตามความเหมาะสมและความจำเป็นดังกล่าวข้างต้นมาแล้ว ความสำเร็จในการบูรณะด้วยเดือยและแกนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ คือเดือยและแกน รวมทั้งชนิดของซีเมนต์ที่ใช้ ซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

- **ชนิดและวัสดุที่ใช้ทำเดือย**

1) **ชนิดของเดือย** สามารถแบ่งตามการสร้างได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ เดือยโลหะหล่อและเดือยสำเร็จรูป

1.1) **เดือยโลหะหล่อ** เดือยชนิดนี้ตัวเดือยและแกนจะเป็นชิ้นเดียวกันและทำจากโลหะชนิดเดียวกัน เดือยชนิดนี้มีข้อดีคือ แนบกับผนังคลองรากฟันได้ดีเนื่องจากสร้างตามลักษณะของคลองรากฟัน เหมาะสมกับการใช้ในฟันที่มีคลองรากฟันรี มีความแข็งแรงสูง แต่มีข้อเสียคือ วิธีการทำยุ่งยากกว่า ใช้ขั้นตอนในการทำเพิ่มขึ้น ราคาสูงกว่า ถ้าต้องทำการรื้อจะทำได้ยาก แม้จะมีความต้านทานต่อการแตกมากกว่าเดือยสำเร็จรูป แต่อาจทำให้เกิดรากฟันแตกหักนำไปสู่การถอนฟันได้[44-46] ถ้าใช้เดือยสำเร็จรูปมักจะเกิดการแตกหักที่ตัววัสดุที่เป็นแกนมากกว่า[44] Torbjorner Karlsson และ Odman[47] รายงานว่าพบความล้มเหลวในการใช้เดือยโลหะหล่อร้อยละ 15 ในขณะที่การใช้เดือยสำเร็จรูปพบความล้มเหลวเพียงร้อยละ 8 แต่ Mentink[27] รายงานว่าร้อยละ 82 ของผู้ป่วยที่ได้รับการบูรณะฟันด้วยเดือยโลหะหล่อ ฟันซี่นั้นสามารถอยู่ได้ถึง 10 ปี นอกจากนี้

Morgano[48] รายงานความสำเร็จของการใช้เดือยโลหะหล่อ พบว่ามีอัตราความสำเร็จสูงถึงร้อยละ 96

1.2) **เดือยสำเร็จรูป** การใช้เดือยสำเร็จรูปจะทำการฝังลงในคลองรากฟันร่วมกับวัสดุที่ทำเป็นแกนซึ่งอาจใช้วัสดุอุดฟันเช่น อะมัลกัม คอมโพสิตเรซิน หรืออาจได้จากการเหวี่ยงโลหะ (cast core) เดือยสำเร็จรูปนี้มีหลายรูปแบบแต่ไม่สามารถทำให้เกิดความแนบสนิทตลอดคลองรากฟันได้ ใช้ได้กับคลองรากฟันที่มีความคอดทำให้ไม่ต้องเสียเนื้อฟันในการกำจัดความคอด และมีข้อดีคือโอกาสที่ทำให้เกิดฟันแตกน้อยกว่าการใช้เดือยโลหะหล่อ[41] โดยตัวแกนฟันมักจะมีการแตกมากกว่าทำให้เดือยหลุดหรือรากฟันแตก[44]

2) วัสดุที่นำมาใช้ทำเดือย[28,31] วัสดุที่นำมาใช้ทำเดือยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เดือยโลหะ และเดือยอโลหะ

2.1) **กลุ่มเดือยโลหะ** ได้แก่โลหะผสมแพลทตินัม-พัลลาเดียม-ทอง นิเกิล-โครเมียม โคบอลต์-โครเมียม สเตนเลสสตีล ทองเหลือง โลหะผสมไททาเนียม เดือยกลุ่มนี้มีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นและความแข็งมากกว่าเนื้อฟัน[47] มีสีของโลหะซึ่งอาจสะท้อนผ่านรากฟันกระดูก และเหงือกที่บางออกมาทำให้มีผลต่อความสวยงามโดยเฉพาะในฟันหน้า นอกจากนี้เดือยโลหะอาจถูกกัดกร่อนได้โดยพบว่าเดือยที่ทำจากนิเกิล-โครเมียม นิเกิล-เงิน-สเตนเลสสตีล จะถูกกัดกร่อนออกมาอยู่ในชั้นซีเมนต์ แต่เดือยที่ทำจากโลหะผสมทอง โลหะผสมไททาเนียม-เงิน-พัลลาเดียมจะไม่ถูกกัดกร่อนและถ้าใช้อะมัลกัมเป็นวัสดุทำแกนจะทำให้เกิดการกัดกร่อนของเดือยได้ [50] แต่มีบางการศึกษาพบว่าการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อความล้มเหลวในการรักษาทางคลินิกอย่างชัดเจน[51,52]

2.2) **กลุ่มเดือยอโลหะ** คือเดือยที่ทำจากสารที่ไม่ใช่โลหะ ได้แก่ เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย (Fiber reinforce composite, FRC) และเดือยเซรามิก

2.2.1) **เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใย** คือ เดือยที่ทำจากวัสดุคอมโพสิตที่ได้รับการเสริมความแข็งแรงโดยการใส่เส้นใยลงไป ประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือเมทริกซ์ (matrix) เป็นตัวช่วยพยุงและรองรับส่วนที่ให้ความแข็งแรง และส่วนที่สองคือส่วนที่ให้ความแข็งแรง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการในการใช้งาน เช่น แก้ว เส้นใยคาร์บอนหรือโพลีเอทิลิน เดือยคอมโพสิตเสริมเส้นใยแบ่งเป็นสองชนิดตามการใช้งาน ได้แก่ เดือยสำเร็จรูปที่ใช้ได้เลย (prefabricated) เช่น เดือยเส้นใยคาร์บอน และเดือยสำเร็จรูปที่ทำการประกอบในคลินิก (chairside-prefabricated) เช่น เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีน [53]

2.2.1.1) **เดือยเส้นใยคาร์บอน** (Carbon fiber post: C-Post, Aestheti-Post) ประกอบด้วยอีพอกซีเรซินเมทริกซ์ (epoxy resin matrix) และเส้นใยเสริมความแข็งแรง

คาร์บอน (carbon fiber reinforcement) [54,55] อิพอกซีเรซินเมทริกซ์เป็นการรวมสารของส่วนประกอบทางเคมีซึ่งเป็นปฏิกิริยาควบแน่น (polycondensation) ของ Diglycidylethy of bisphenol diepoxy resin (DGEBA) และ Diaminodiphenylmethane (DDM) ในสัดส่วนที่เหมาะสมอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 26 ต่อ 22 โดยทำการเตรียม DDM ในสารละลายน้ำมัน (oil base) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ DDM ที่เป็นของแข็งเกิดการละลายตัว ส่วนเส้นใยเสริมความแข็งแรงซึ่งเป็นเส้นใยคาร์บอนผิวของเส้นใยจะถูกเตรียมให้สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidation) เพื่อเพิ่มการเชื่อมกับคอมโพสิตเรซินได้ ลักษณะของเส้นใยคาร์บอนมี 3 รูปแบบคือ เส้นใยสั้นกระจายอยู่ทั่วไป (short randomly distribute fiber) เส้นใยยาวที่วางตัวในทิศทางเดียวกัน (long unidirectional fiber) และเส้นใยถักทอ (woven fiber) ตัวเดือยจะมีลักษณะรูปร่างเป็นทรงกระบอกมีปลายสองข้างสอบลง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ขนาดคือ 1.4 1.8 และ 2.1 มิลลิเมตร

เดือยเส้นใยคาร์บอนมีข้อดีคือ มีส่วนประกอบของเรซินสามารถเกิดพันธะเคมีกับเรซินทั้งในส่วนของแกนและเรซินซีเมนต์ ทำให้สามารถยึดส่วนเดือย รากฟัน และตัวฟันเป็นหน่วยเดียวกันเป็นการเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน แต่จากการศึกษาของ Purton และ Payne[56] พบว่าเดือยเส้นใยคาร์บอนมีแรงยึด กับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซินน้อยกว่าแรงยึดระหว่างเดือยสำเร็จรูปที่ทำจากโลหะ แต่เดือยเส้นใยคาร์บอนมีความแข็งตรึง (stiffness) มากกว่า นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อการกัดกร่อน (corrosion resistance) และความล้า (fatigue) และมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) ที่ดี [57] เดือยเส้นใยคาร์บอนยังช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดรากฟันแตก เนื่องจากมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นประมาณ 21 กิกะปาสคาลซึ่งใกล้เคียงกับเนื้อฟันที่มีค่าประมาณ 18 กิกะปาสคาล ทำให้เกิดความเค้นต่อตัวฟันน้อย[58,59] และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้เกิดความเค้นต่อวัสดุบูรณะและเนื้อฟันน้อยกว่าเดือยที่ทำจากโลหะ[60] Fredriksson และคณะ[61] ติดตามผลทางคลินิกในผู้ป่วยที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนพบว่ามีอัตราความล้มเหลวเพียงร้อยละ 2 โดยที่ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดจากความล้มเหลวของเดือย Ferrari Vichi และ Garcia-Godoy[62] ได้ติดตามผลทางคลินิกในผู้ป่วยที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซินเป็นเวลา 4 ปี พบว่ากลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซินมีอัตราความล้มเหลวของการบูรณะต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากการศึกษาของ Raygot Chai และ Jameson[63] ได้ทำการทดลองในฟันตัดซี่หน้าบนพบว่า

เดือยเส้นใยคาร์บอนไม่ได้ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกเมื่อเทียบกับเดือยสำเร็จรูปที่ทำจากโลหะและเดือยโลหะหล่อ

ข้อเสียของเดือยเส้นใยคาร์บอนคือ มีความโปร่งต่อรังสีเอ็กซ์ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นได้ในภาพถ่ายรังสี[64] มีความยืดหยุ่นขณะได้รับแรงทำให้เกิดการแยกกันของตัวเดือยกับคอมโพสิตเรซินซึ่งทำให้เกิดการรั่วบริเวณระหว่างครอบฟันกับเดือยได้[49,63] ถ้าคลองรากฟันมีขนาดกว้างและไม่กลมอาจทำให้เดือยไม่แนบกับคลองรากฟัน และมีราคาแพงกว่าเดือยอื่น ๆ นอกจากนี้ตัวเดือยมีสีดำทำให้มีปัญหาในเรื่องความสวยงามโดยสีของเดือยจะสะท้อนออกมาได้ในกรณีที่ผนังคลองรากฟันมีความหนาน้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ต่อมาได้มีการปรับปรุงโดยทำการหุ้มแกนเส้นใยคาร์บอนด้วยเส้นใยสีขาวเพื่อช่วยให้เกิดความสว่าง (value) ของฟันที่ดีขึ้นโดยใช้ชื่อทางการค้าว่า เอสเทติโพสต์ (Aestheti-Post, Bisco Dental Product, U.S.A.)

2.2.1.2) **เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีน** (Polyethylene woven fiber **หรือ** Woven polyester bondable ribbon : Ribbond) สร้างจากเส้นใยโพลีเอทิลีนที่ผ่านขบวนการบ่มด้วยพลาสมาก๊าซที่มีอุณหภูมิต่ำ (cold gas plasma treated) ซึ่งในการบูรณะมักจะใช้เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีนร่วมกับสารเชื่อมยึด และเดือยและแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซิน

Hornbrook และ Hastings[66] ได้เสนอการใช้เส้นใยเสริมความแข็งแรง (bondable reinforcement fiber, Ribbond) เป็นวัสดุทำเดือยและใช้คอมโพสิตเรซินทำแกนซึ่งจะให้ความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับฟัน เนื่องจากความยืดหยุ่นของคอมโพสิตเรซินและการรวมกันเป็นหน่วยเดียวของเดือยที่มีการยึดต่อกับเนื้อฟันภายในจะช่วยให้ฟันมีความต้านทานต่อการแตกเพิ่มขึ้น แต่การใช้คอมโพสิตเรซินที่มีสารอัดแทรกต่ำ (fillers) เป็นวัสดุทำเดือยและแกนฟันที่มีความแข็งต่ำกว่าเดือยจะทำให้เกิดการแตกหักบริเวณแกนคอมโพสิตเรซินได้ Karna[67] พบว่าการใช้เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีนร่วมกับสารเชื่อมยึดทำเป็นเดือยจะช่วยต้านทานต่อการเกิดรากฟันแตก เนื่องจากเดือยมีความสามารถในการดัดงอ (Flexibility) ทำให้ลดการดำเนินของรอยแตกเล็ก ๆ ไปยังรากฟัน รอยแตกจึงหยุดอยู่ที่ชั้นระหว่างเดือยกับสารเชื่อมยึด จากการทดสอบนำร่องพบว่าความล้มเหลวที่พบส่วนมากจะเกิดขึ้นที่ส่วนแกนคือครอบฟันหลุดโดยที่แกนคอมโพสิตเรซินบิ่นไปเล็กน้อย ซึ่งสามารถนำกลับมายึดติดได้โดยไม่พบรากฟันแตก ในขณะที่การใช้เดือยโลหะหล่อความล้มเหลวที่พบคือรากฟันแตก

2.2.2) **เดือยและแกนฟันเซรามิก : เดือยเซอร์โคเนีย** (Zirconia Post)

เดือยเซอร์โคเนียประกอบด้วยผลึกเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (SiO_2-ZrO_2-LiO_2-P_2O_5) ซึ่งมีพลังงานแตกหัก (fracture toughness) และความแข็งแรงดัดขวาง

(flexural strength) มากกว่าอลูมินา มีรูปร่างทรงกระบอกปลายเป็นรูปกรวย Koutayas และ Kern[68] ได้รวบรวมวิธีการสร้างเดือยและแกนฟันจากเซรามิกไว้หลายวิธีเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานและสภาพฟันที่เหลือ จากการศึกษาของ Schweiger และคณะ[69] พบว่าเมื่อใช้เดือยเซอร์โคเนียร่วมกับฮีทเพรสกลาสเซรามิกเป็นส่วนแกนจะมีความแข็งแรงพันธะที่สูงมาก และมีข้อดีมากกว่าการใช้เดือยเซอร์โคเนียร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน เนื่องจากคอมโพสิตเรซินมีความแข็งแรงน้อยกว่าเมื่อได้รับแรงอาจเกิดการบิดงอหรือการแตกหักจากผลของความล้าได้ [70] ข้อดีของเดือยเซอร์โคเนียคือ มีสีคล้ายเนื้อฟัน มีความโปร่งแสงมากขึ้น (translucency) ให้แสงผ่านจากเดือยไปสู่เหงือกได้[71-73] สามารถตกแต่งสีภายในแกนฟันให้เหมือนกับสีของเนื้อฟันได้ เป็นวัสดุที่มีความเฉื่อยไม่เกิดการกัดกร่อนจึงมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี[74] และมีความแข็งแรงสูง แต่การใช้เดือยเซอร์โคเนียก็มีข้อเสียคือมีขนาดของเดือยให้เลือกน้อย ไม่ควรใช้ในฟันที่มีคลองรากฟันกว้างผิดปกติหรือไม่กลม รากฟันมีการเปลี่ยนสี นอกจากนี้ยังขาดคุณสมบัติดูดซับความเค้น (stress adsorption) ถ้ามีการหักของเดือยในคลองรากฟันไม่สามารถเอาเดือยออกได้อาจต้องทำการถอนฟัน[71,74-76]

- **ซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเดือย**[77]

ซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเดือยกับคลองรากฟันมีหลายชนิด การเลือกใช้ควรคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรง ความสามารถในการละลาย (solubility) วิธีการใช้งาน เวลาที่ใช้ในการแข็งตัว (setting time) ฯลฯ ตัวอย่างซีเมนต์ที่นิยมใช้ได้แก่

ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เป็นซีเมนต์ที่มีการใช้มานาน ข้อดีของซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์คือ ใช้งานง่าย มีความแข็งแรงโดยมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) 13 กิกะปาสคาล ซึ่งมากเพียงพอที่ใช้ในบริเวณที่ได้รับแรงบดเคี้ยวมาก ๆ ได้ ระยะเวลาในการทำงานและการแข็งตัวดี มีการไหลแผ่ที่ดีเป็นฟิล์มที่มีความบาง 25 ไมโครเมตร แต่มีข้อเสียคือขาดการยึดติดที่แท้จริงเนื่องจากมีการยึดติดกับฟันโดยการยึดทางกล (mechanical interlocking) ไม่เกิดพันธะกับฟัน มีความเป็นกรดเนื่องจากมีกรดฟอสฟอริกเป็นส่วนประกอบ มีค่า pH ภายหลังผสมมีค่า 2 และจะสูงขึ้นเป็น 5.5 ภายใน 24 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการละลายสูง

โพลีคาร์บอกซีเลตซีเมนต์ เป็นซีเมนต์ตัวแรกที่เกิดพันธะเคมี (chemical bond) ในการยึดติดกับฟัน ข้อดีของโพลีคาร์บอกซีเลตซีเมนต์คือ มีการไหลแผ่ที่ดี เป็นฟิล์มที่มีความบาง 25 ไมโครเมตรหรือน้อยกว่า มีการความสามารถในการละลายน้อยกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ค่า pH

ภายหลังผสมซีเมนต์จะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมากกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ และกรดโพลีอะคริลิกมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่ากรดฟอสฟอริกจึงซึมผ่านเข้า dentinal tubule ได้น้อยกว่า แต่มีข้อเสียคือ มีความแข็งแรงกด (compressive strength) และมอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นน้อยกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ มีการยึดติดน้อยกว่าซิงค์ฟอสเฟตและแก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ และแข็งตัวเร็วกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ทำให้มีเวลาในการทำงาน (working time) สั้นกว่า

แก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ เป็นซีเมนต์ที่มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ มีการเกิดพันธะเคมียึดติดกับฟันช่วยป้องกันการซึมผ่านของน้ำในช่องปากบริเวณรอยต่อระหว่างซีเมนต์กับฟัน ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อโพรงประสาทฟันน้อยจึงทำให้ไม่มีปัญหาเสียวฟันภายหลังใช้ มีการไหลแผ่ที่ดี เป็นฟิล์มที่มีความบาง 25 ไมโครเมตรหรือน้อยกว่า แต่ผลของฟลูออไรด์เกี่ยวกับการป้องกันการเกิดฟันผุที่รากฟันยังไม่ชัดเจน มีข้อเสียคือ มีความแข็งแรงกดและมอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นน้อยกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ ผสมยาก ไวต่อความชื้น และต้องการเวลามากกว่า 24 ชั่วโมงหรืออาจถึงหลายสัปดาห์เพื่อทำให้เกิดการยึดติด (maximum bond strength) ดีขึ้น

ซีเมนต์แก้วไอโอโนเมอร์ผสมเรซิน (resin modified glass ionomer cement) เป็นซีเมนต์ที่มีการผสมกันระหว่างแก้วไอโอโนเมอร์กับคอมโพสิตเรซิน ทำให้มีคุณสมบัติผสมระหว่างวัสดุสองชนิดนั้น มีความแข็งแรง (strength) มากกว่าแก้วไอโอโนเมอร์แต่น้อยกว่าคอมโพสิตเรซิน มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ใกล้เคียงกับแก้วไอโอโนเมอร์ มีการรั่วซึม (microleakage) น้อย และมีความสามารถในการยึด (bond) กับฟันและคอมโพสิตเรซิน แต่มีข้อเสียคือสามารถดูดซับน้ำและเกิดการขยายตัว (hygroscopic expansion) มีรายงานพบว่าสามารถทำให้ครอบฟันเซรามิก (all ceramic crown) แตกได้ ซึ่งถ้านำมาใช้ยึดเดือยกับคลองรากฟันอาจทำให้เกิดรากฟันแตกได้จึงควรระวังเมื่อนำมาใช้ [78]

เรซินซีเมนต์ เป็นซีเมนต์ที่มีส่วนประกอบคล้ายกับวัสดุอุดฟันคอมโพสิตเรซินมีทั้งแบบที่บ่มตัวโดยใช้แสงและบ่มตัวด้วยตัวเอง ข้อดีของเรซินซีเมนต์คือ ให้การยึดอยู่สูงกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ 6 เท่า และเป็น 2 เท่าของแก้วไอโอโนเมอร์ [79] มีการเกิดพันธะในการยึดติดที่แข็งแรงกับฟัน มีพลังงานแตกหัก (fracture toughness) สูงกว่าซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ โพลีคาร์บอกซีเลตซีเมนต์ และแก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ไม่ละลายในน้ำในช่องปาก มีรายงานพบว่าช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันแตก[80] แต่มีข้อเสียคือปฏิกิริยาการแข็งตัวจะถูกยับยั้งโดยสารประกอบฟีนอล เช่น ยูจีนอลซึ่งมีอยู่ในซีเมนต์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันที่เป็น zinc oxide-based เมื่อนำมาใช้ในการ

ยึดเดือยควรทำความสะอาดผิวของคลองรากฟันไม่ให้มียูจีนอลหรือใช้ซีเมนต์อุดคลองรากฟันที่ไม่มีส่วนผสมของยูจีนอล และซีเมนต์มีความแข็งมากทำให้การกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออกทำได้ยาก

ปัจจุบันในการเลือกใช้ซีเมนต์ถ้าชิ้นงานบูรณะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการยึดอยู่ สามารถเลือกใช้ได้ทุกชนิดตามความเหมาะสม แต่หากมีปัญหาเรื่องการยึดอยู่ควรพิจารณาซีเมนต์ที่มีแรงยึดติดสูง เช่น เรซินซีเมนต์ เป็นต้น

- **วัสดุที่ใช้ทำแกน**[77] วัสดุที่นิยมใช้ในการบูรณะเป็นแกนร่วมกับเดือยสำเร็จรูป ได้แก่ อะมัลกัม คอมโพสิตเรซิน และแก้วไอโอโนเมอร์

อะมัลกัม มีความแข็งแรงกด ความแข็งแรงดึง (tensile strength) ค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่น และความเสถียรทางมิติมากกว่าคอมโพสิตเรซินและแก้วไอโอโนเมอร์ผสมโลหะเงิน ใช้งานง่าย แต่มีข้อเสียคือ มีสัมประสิทธิการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนมากกว่าฟัน 2-3 เท่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้เกิดการแตกของซีเมนต์ทำให้เกิดการรั่วซึมและการกัดกร่อน เมื่อใช้ร่วมกับโลหะไม่มีตระกูลจะเกิดการกัดกร่อนได้ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของฟันและขอบเหงือกจึงไม่ควรใช้ในการบูรณะในฟันหน้า ทำให้เกิดอาการแพ้ได้จึงไม่ควรใช้ในผู้ป่วยที่แพ้อะมัลกัม และไม่ยึดติดกับเนื้อฟัน แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาการใช้สารที่ช่วยในการยึดอะมัลกัมกับเนื้อฟันเพื่อทำให้เกิดความแนบสนิทที่บริเวณรอยต่อระหว่างฟันกับอะมัลกัม[81]

คอมโพสิตเรซิน ชนิดที่นิยมนำมาใช้ทำแกนคือชนิดไฮบริด (hybrid) มีข้อดีคือ ทำให้เกิดการผุกร่อนของโลหะที่ใช้ทำเดือยน้อยกว่าการใช้แกนที่ทำจากโลหะ มีการยึดติดกับเนื้อฟัน มีสีสวยงามเหมือนธรรมชาติและมีความแข็งแรง Cohen[82] พบว่าคอมโพสิตเรซิน Ticore มีความแข็งแรงเท่ากับการใช้อะมัลกัม แต่มีข้อเสียคือ มีการหดตัวเมื่อเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ ทำให้เกิดการรั่วซึม มีความเสถียรทางมิติต่ำ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนมากกว่าเนื้อฟัน 3 เท่า ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมิติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเกิดช่องว่างระหว่างแกนกับครอบฟัน ทำให้ซีเมนต์เกิดการละลายตัว รวมทั้งมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นต่ำกว่าเนื้อฟันทำให้เสียรูปร่างได้เมื่อได้รับแรงจะทำให้ซีเมนต์ที่ขอบแตกเกิดการรั่วที่ขอบทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของวัสดุและเกิดฟันผุภายหลัง[83] นอกจากนี้เมื่อทำปฏิกิริยากับยูจีนอลจะขัดขวางการเกิดโพลิเมอร์ทำให้ผิวเชื่อมต่อเกิดรูพรุน ความแข็งแรงพันธะลดลง[84]

แก้วไอโอโนเมอร์ ในการใช้ทำแกนจะมีการปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นโดยการผสมผงสเตนเลสสตีล หรือ เส้นใยของโลหะ เช่น เงิน ดีบุก หรือโดยการเผาโลหะเงินและผงแก้วที่อุณหภูมิ

สูง การเผาเป็นการเพิ่มความเหนียว (ductility) และความต้านทานต่อการแตก นอกจากนี้การผสมโลหะเงินเข้าไปจะทำให้เพิ่มความแข็งแรงกด และความแข็งแรงดัดขวาง[85,86] ซึ่งจะเรียกแก้วไอโอโนเมอร์ชนิดนี้ว่า เซอร์เมต (cermet) มีข้อดีคือมีความแข็งแรง กรอแต่งได้ทันที ให้ผิวเรียบ มีสีต่างจากตัวฟันทำให้สังเกตได้ง่าย มีการเกิดพันธะกับเนื้อฟัน มีการปลดปล่อยฟลูออไรด์ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนมีค่าใกล้เคียงกับฟัน แต่มีข้อเสียคือ มีความเปราะไม่ควรใช้บูรณะฟันที่ต้องรับแรงมาก หรือฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันไปมาก เช่น ในฟันหน้าที่เหลือเนื้อฟันน้อย หรือในฟันหลังที่มีปุ่มฟันหายไปหลายปุ่ม หรือในฟันที่เป็นฟันหลักของฟันปลอมบางส่วนแบบถอดได้และแบบติดแน่น มีแรงยึดกับเดือยสำเร็จรูปที่ทำจากโลหะน้อย[87] มีความไวต่อความชื้น ในการเกิดปฏิกิริยาก่อตัวในระยะแรกมีการดูดน้ำหรือสูญเสียน้ำทำให้ความแข็งแรงลดลง และละลายน้ำได้จึงไม่ควรใช้ในบริเวณที่ควบคุมความชื้นไม่ได้ ดังนั้นควรใช้แก้วไอโอโนเมอร์เป็นวัสดุทำแกนในกรณีที่มีความหนาของเนื้อฟันเพียงพอ มีแรงยึดเสริมจากการปักหมุดหรือการกรอเนื้อฟันทำเป็นร่องยึด สามารถควบคุมความชื้นได้ และต้องการควบคุมการเกิดฟันผุ

ความสำเร็จในการบูรณะด้วยการใส่เดือย

ในการบูรณะด้วยการใส่เดือยนั้นมักขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

ขนาดของเดือย ขนาดของเดือยจะถูกจำกัดด้วยขนาดและรูปร่างของรากฟันควรระวังในฟันที่มีร่องเว้าบริเวณด้านข้างของรากฟัน (proximal root invagination) เช่นในฟันตัดหน้าล่าง ฟันกรามน้อยบน ฟันกรามใหญ่ล่าง และฟันที่มีรากฟันที่มีขนาดเล็ก เช่น รากฟันด้านใกล้แก้มและไกลแก้มในฟันกรามใหญ่บนเพราะจะเกิดการทะลุออกนอกรากฟันได้[88-95] เดือยไม่ควรจะกว้างเกิน 1/3 ของความกว้างของรากฟันในทุกตำแหน่งและปลายสุดของเดือยควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 มิลลิเมตร[93] เดือยที่มีขนาดใหญ่จะเกิดการแตกหักของรากได้มากกว่าเนื่องจากเหลือผนังคลองรากฟันบาง แม้ว่า Johnson และ Sakamura[96] พบว่าเมื่อมีการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะมีการยึดอยู่เพิ่มขึ้น แต่ในการเตรียมคลองรากฟันควรหลีกเลี่ยงการทำลายเนื้อฟันโดยไม่จำเป็น เพราะเนื้อฟันที่เหลืออยู่เป็นส่วนที่ช่วยป้องกันการเกิดรากฟันหักและช่วยเพิ่มความแข็งแรงของรากฟัน[97] ในขณะที่ Sorensen และ Martinoff[93] พบว่าการเพิ่มขนาดของเดือยไม่ทำให้แรงยึดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญแต่ทำให้เสียเนื้อฟันมากขึ้นจึงทำให้เกิดการหักของฟัน

ความยาวของเดือย ความยาวของเดือยมีผลโดยตรงต่อการยึดอยู่[59] มีผู้แนะนำเกี่ยวกับความยาวที่เหมาะสมของเดือยมากมายเช่น ควรมีความยาวมากที่สุดที่จะไม่รบกวนต่อ

การ อัดแน่นของวัสดุอุดคลองรากฟัน (apical seal) และควรเหลือกัตตาเปอร์ชาอย่างน้อย 3-4 มิลลิเมตร บริเวณปลายรากฟันเดือยควรมีความยาวอย่างน้อยเท่ากับตัวฟัน และมีความยาวสองในสามของรากฟันที่ฝังในกระดูกเบ้าฟัน การกำหนดความยาวของเดือยขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายวิภาคของรากฟัน เช่น ความโค้ง ความยาว และความหนาของรากฟัน ต้องระวังไม่ให้เดือยมีความยาวมากเกินไป เพราะบริเวณปลายรากฟันจะเรียวทำให้ผนังคลองรากฟันส่วนปลายที่บางเกิดการแตกหักได้ [89,98-102]

ลักษณะและรูปร่างของเดือย เดือยที่มีลักษณะขนานจะให้การยึดอยู่ที่ดีกว่าเดือยที่มีลักษณะสอบ เดือยชนิดสอบจะทำให้เกิดแรงเครียดที่บ่าบริเวณตัวฟัน ในขณะที่เดือยชนิดขนานจะทำให้เกิดแรงเครียดที่ส่วนปลายรากฟันมากกว่า[2,103] ในเรื่องของลักษณะพื้นผิว เดือยที่มีผิวขรุขระจะมีการยึดอยู่ที่ดีขึ้น[47] ส่วนเดือยที่มีร่องจะให้ค่าการยึดอยู่มากกว่าเดือยที่มีผิวเรียบซึ่งมีความยาวเท่ากัน 2-3 เท่า[104] เดือยชนิดขนานที่มีเกลียวลักษณะเป็นฟันปลา (parallel side serrated post) จะให้การยึดอยู่ที่ดีกว่าเดือยที่มีลักษณะสอบถึง 4.5 เท่า[6]

ปรากฏการณ์เฟอร์รูล (Ferrule Effect) เนื่องจากเดือยและแกนฟันสามารถถ่ายทอดแรงบดเคี้ยวมายังรากฟันทำให้เกิดรากฟันแตกได้ ดังนั้นจึงควรสร้างส่วนที่ช่วยป้องกันการแตกหัก Eissman และ Radke[105] ได้เสนอการใช้ Ferrule effect ซึ่งเป็นการทำให้เกิดแถบโลหะกว้าง 1-2 มิลลิเมตรรอบเนื้อฟันที่เหลืออยู่เป็นวงโดยรอบ (360 องศา) ถ้ามีความสูงของเนื้อฟันเหลืออยู่เหนือขอบของครอบฟัน 1-2 มิลลิเมตรหรือทำขอบของครอบฟันให้อยู่ต่ำกว่าขอบของเดือยและแกนฟัน 1-2 มิลลิเมตรจะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันแตก การตัดเฉียงกลับทาง (bevel) ที่ขอบของครอบฟันจะช่วยเพิ่มการป้องกันการแตกหักของรากฟันได้ เนื่องจากเกิด slip effect ทำให้ขอบของฟันกับชิ้นงานบูรณะมีความแนบสนิทเพิ่มมากขึ้น[39,43,106] Shillingburg และ Kessler[107] แนะนำให้ทำ secondary ferrule โดยการตัดเฉียงกลับทางในส่วนตัวฟันที่รองรับเดือยและแกนเพื่อทำให้ส่วนแกนเกิด secondary ferrule แต่ Sorensens และ Engelman[45] รายงานว่าไม่พบข้อดีของการใช้ secondary ferrule เมื่อทำการยึดครอบฟันลงบนแกน เช่นเดียวกับการในอีกหลายการศึกษา[108,109] โดยชี้ว่า ferrule ควรมาจากส่วนที่เกือบขนานกับผิวฟันที่อยู่เหนือขอบของครอบฟันไม่ได้มาจากการตัดเฉียงกลับทางของส่วนรอยต่อระหว่างตัวฟันกับแกนและรายงานว่าการตัดเฉียงกลับทางขนาด 1 มิลลิเมตรที่ขอบของครอบฟันโดยปราศจากเนื้อฟันส่วนอื่น ๆ ไม่ได้ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกของฟัน

การศึกษาการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง

ในการบูรณะฟันที่มีส่วนต้นของคลองรากฟันผายออกหรือมีผนังบาง ในขณะที่คลองรากฟันส่วนล่างมีผนังคลองรากสมบูรณ์ดี อวัยวะปริทันต์ที่รองรับฟันแข็งแรง ไม่มีพยาธิสภาพ เมื่อพิจารณาตามสภาพของฟันที่เหลืออยู่ มีความจำเป็นต้องทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนซึ่งสามารถนำหลักการบูรณะข้างต้นมาประยุกต์ใช้ร่วมได้ แต่มีข้อควรระวังมากกว่าฟันปกติทั่วไป เนื่องจากมีการสูญเสียเนื้อฟันมากซึ่งเกิดมาจากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นแล้ว ได้มีผู้วิจัยหลายท่านคิดนำวัสดุทางทันตกรรมมาใช้ทดแทนเนื้อฟันส่วนที่เสียไปและเสริมความแข็งแรงของฟันก่อนที่จะทำการบูรณะโดยใส่เดือยซึ่งอาจเป็นเดือยชนิดต่าง ๆ และครอบฟันต่อไป

ในปี ค.ศ.1972 Landwerlen และ Berry[110] และ ในปี ค.ศ.1975 Stahl และ O'Neal[111] ใช้คอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองทำเป็นเดือยและแกนฟันเพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับรากฟัน ต่อมาในปี ค.ศ.1983 Linde[112,113] เสนอการใช้คอมโพสิตเรซินเป็นวัสดุบูรณะฟันถาวรสำหรับฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีเนื้อฟันเหลืออยู่น้อย แต่มีปัญหาการควบคุมการแข็งตัวของคอมโพสิตเรซินทำได้ยาก โดยเฉพาะในส่วนที่อยู่ลึกเช่นในคลองรากฟัน ถ้าใช้คอมโพสิตเรซินบ่มตัวด้วยแสงจะทำให้มีปัญหาในการเกิดการแข็งตัวได้เมื่อใส่วัสดุลงไปในคลองรากฟันส่วนที่อยู่ลึกมากกว่า 4-6 มิลลิเมตร[114,115] แต่ถ้าใช้คอมโพสิตเรซินที่บ่มตัวด้วยตัวเองวัสดุจะเกิดการแข็งตัวภายในคลองรากฟันทำให้ต้องทำการกรอวัสดุออกเพื่อเปิดช่องเข้าสู่คลองรากฟัน ซึ่งการกรออาจไปกระทบต่อเนื้อฟันที่บางและทำให้เกิดรากฟันแตกหักได้

ในปี ค.ศ.1988 Plasman Welle และ Vrijhoef [116] ได้ทำการเปรียบเทียบการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันที่ทำจากคอมโพสิตเรซินกับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ ในฟันที่มีผนังคลองรากส่วนต้นบางโดยทำการทดสอบความต้านทานต่อการหลุดโดยพบว่าการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันที่ทำจากคอมโพสิตเรซินให้ค่าความต้านทานต่อการหลุดไม่แตกต่างจากเดือยโลหะหล่อ

ในปี ค.ศ.1987 Lui[117] ใช้คอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยตัวเองที่มีความทึบต่อรังสีเอ็กซ์ร่วมกับลวดที่มีชื่อทางการค้าว่า Wiptam Wire โดยทำการกรอส่วนปลายคลองรากฟันให้มีขนาดพอดีกับลวด ใส่ลวดลงในคลองรากฟันจากนั้นฉีดคอมโพสิตเรซินลงในคลองรากฟัน รอให้แข็งตัวจึงดึงลวดออก แล้วจึงทำการพิมพ์คลองรากฟันเพื่อที่จะใช้เดือยและแกนโลหะหล่อในการบูรณะฟัน และแนะนำว่าควรใช้เดือยที่มีขนาดเล็กพอดีคลองรากฟันส่วนปลายเพื่อทำให้คอมโพสิตเรซินที่ใช้เสริมคลองรากฟันมีความหนามากเพียงพอและการใช้เดือยที่มีขนาดเล็กจะมีประสิทธิภาพในการต้านทานการแตกมากกว่าเดือยที่มีขนาดใหญ่[6,10,118] นอกจากนี้ยังควรใช้เดือยที่มีรูปร่างขนาน (parallel-side post) มากกว่าเดือยที่มีรูปร่างสอบ (taper post) เพราะเดือยที่มีรูปร่างสอบจะทำ

หน้าที่คล้ายลิ่มทำให้เกิดแรงสะสมบริเวณส่วนต้นของคลองรากฟันซึ่งจะทำให้รากฟันแตกได้[2-4] ต่อมาในปี ค.ศ.1992 Lui[119] ได้ใช้แก้วไอโอโนเมอร์ผสมโลหะเงิน (cermet) เสริมคลองรากฟัน แล้วจึงทำการยึดเดือยกับฟันด้วยแก้วไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ ทำการติดตามผลเป็นเวลา 5 ปี ไม่พบว่าเดือยฟันหรือครอบฟันหลุด หรือมีรากฟันแตก และต่อมาในปี ค.ศ.1994 Lui[120] ใช้คอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยแสงร่วมกับเดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสง (light transmitting plastic post) เสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บาง ซึ่งเดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงจะช่วยในการบ่มตัวของคอมโพสิตเรซินทำให้เกิดการแข็งตัวในบริเวณที่อยู่ลึกได้ โดยจะเลือกใช้เดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงให้มีขนาดเท่ากับตัวเดือยที่จะใช้ในการบูรณะ ซึ่งเดือยที่ใช้ในการบูรณะควรมีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำให้เดือยมีความแข็งแรงได้เพียงพอ เพื่อให้ส่วนของคอมโพสิตเรซินที่เสริมคลองรากฟันมีความหนาทำให้เพิ่มความต้านทานต่อการแตกของราก[93] นอกจากนี้การหดตัวเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยา โพลิเมอร์จะช่วยทำให้ผนังคลองรากที่บางถูกรวบเข้าหากันช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันแตก และวิธีนี้ทำได้สะดวกรวดเร็ว ได้คลองรากฟันที่พอดีกับขนาดเดือยที่ต้องการ

ในปี ค.ศ.1990 Sorensen และ Engelman[45] ได้ศึกษาการบูรณะฟันถอนซี่ตัดหน้าบนที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้วและทำการสร้างเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยการใช้เดือยโลหะหล่อที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน 4 ชนิด ได้แก่ กลุ่มแรกคือการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์และบูรณะด้วยเดือยที่มีรูปร่างขนาน และกลุ่มที่สองคือการบูรณะด้วยเดือยที่มีรูปร่างแนบสนิทกับคลองรากฟันที่ผายออก กลุ่มที่สามคือการบูรณะด้วยเดือยที่มีรูปร่างตามคลองรากฟันส่วนต้นที่ผายออกเพียงครึ่งหนึ่งของส่วนที่ผาย และกลุ่มที่สี่คือกลุ่มควบคุมเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันปกติบูรณะด้วยเดือยที่มีรูปร่างแนบสนิทกับคลองรากฟัน พบว่าฟันในกลุ่มแรกและกลุ่มที่สองจะเกิดรากฟันแตกมากที่สุด ส่วนกลุ่มที่สามทำให้เกิดรากฟันแตกบริเวณใกล้ปลายรากและรอยแตกจะอยู่ทางด้านลิ้น ในกลุ่มสุดท้ายทำให้เกิดรากฟันแตกน้อยกว่า และพบว่าการใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์เสริมในคลองรากฟันร่วมกับการใช้เดือยที่มีรูปร่างขนานไม่ได้ช่วยลดการเกิดรากฟันแตก

ในปี ค.ศ.1994 Godden Zhukovsky และ Bivona[121] ได้เสนอการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยการเสริมภายในคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยแสงและใช้เดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงที่มีชื่อทางการค้าว่า Luminex 2000 SLTP พบว่าจะช่วยให้เกิดการบ่มตัวของคอมโพสิตที่ดีขึ้น ลดการเกิดช่องว่าง การหดตัว รูพรุน และเพิ่มความแข็ง ให้กับคอมโพสิตเรซิน[122] แต่ยังไม่มีการติดตามผลในระยะยาว

ในปี ค.ศ.1996 Saupe Gluskin และ Radke[123] ศึกษาผลของการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินต่อความต้านทานต่อการแตกในฟันตัดหน้าบนที่มีผนังคลองรากส่วนต้นบาง

เปรียบเทียบการบูรณะโดยใช้เดือยโลหะผสมทองที่มีรูปร่างตามลักษณะคลองรากฟันส่วนต้นที่ผายออกกับการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินก่อนทำเดือยรูปทรงขนานแล้วยึดด้วยเรซินซีเมนต์โดยไม่ทำครอบฟันพบว่า การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะเพิ่มความต้านทานต่อการเกิดฟันแตกมากกว่าร้อยละ 41.1-52.4 เนื่องจากการเสริมคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะช่วยกระจายความเค้น เพราะคอมโพสิตเรซินมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน ในขณะที่การใช้เดือยโลหะหล่อโดยไม่เสริมผนังคลองรากฟันโลหะจะมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นมากกว่าฟันเมื่อได้รับแรงจะส่งผ่านความเค้นมาที่ผนังรากฟันทำให้บริเวณที่มีผนังคลองรากฟันบางเกิดการแตกได้ อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดของลักษณะการแตกอย่างชัดเจน

ในปี ค.ศ. 1997 Mendoza และคณะ[80] ได้ทำการศึกษาการบูรณะในฟันเขี้ยวล่างที่ทำการสร้างเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยใช้เดือยสำเร็จรูป Dentatus Post ร่วมกับวัสดุต่าง ๆ ได้แก่ ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ เรซินซีเมนต์สองชนิดคือพานาเวียร์ (Panavia) และ ซีแอนด์บีเมต้า-บอนด์ (C&B Meta-bond) และกลุ่มสุดท้ายใช้คอมโพสิตเรซินเสริมและเป็นซีเมนต์ พบว่าฟันในกลุ่มที่ใช้เรซินซีเมนต์จะมีความต้านทานต่อการแตกมากกว่าฟันในกลุ่มที่ใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่ได้ยึดกับฟันด้วยพันธะเคมีจึงทำให้รากฟัน ซีเมนต์ และเดือยไม่ยึดเป็นหน่วยเดียวกัน เมื่อซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ได้รับแรงเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ซีเมนต์เกิดการแตกและเกิดรากฟันแตกตามมา ส่วนฟันในกลุ่มที่ใช้คอมโพสิตเรซินและกลุ่มที่ใช้ซิงค์ฟอสเฟตซีเมนต์ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของความต้านทานต่อการแตก

ในปี ค.ศ.1999 Sirimai Riis และ Morgano[21] เสนอวิธีการใช้เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีนร่วมกับการใช้สารเชื่อมยึดและคอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยแสง และการใช้เดือยเส้นใยโพลีเอทิลีน ร่วมกับการใช้เดือยโลหะสำเร็จรูปซึ่งอาจเป็นไททาเนียมหรือสเตนเลสสตีล ร่วมกับสารเชื่อมยึดและคอมโพสิตเรซินชนิดบ่มตัวด้วยแสงในการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับรากฟัน

ในปี ค.ศ.2002 อรุณประดิษฐ์กุล[124] ทำการศึกษาผลของการบูรณะด้วยเดือยและแกนต่อการกระจายความเค้นในฟันที่มีผนังคลองรากฟันบางโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยในการศึกษาแบ่งเป็นปัจจัยเกี่ยวกับการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน เซอร์เมต และไม่เสริมผนังคลองรากฟัน และปัจจัยเกี่ยวกับเดือยที่ใช้ พบว่าการเสริมผนังคลองรากฟันจะช่วยลดการเกิดการแตกของรากฟัน โดยการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะมีการกระจายความเค้นในคลองรากฟันดีกว่าการใช้เซอร์เมต และถ้าทำการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินร่วมกับการใช้เดือยเส้นใยคาร์บอนจะช่วยลดความเข้มของความเค้นทำให้ลดการแตกของรากฟัน

จะเห็นได้ว่ามีผู้เสนอแนะวิธีการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางมาหลายวิธี แต่มีการควบคุมปัจจัยที่แตกต่างกันไปในแต่ละการทดลอง แต่ยังไม่มีการวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบการเสริมและไม่เสริมผนังคลองรากฟันร่วมกับการใช้เดือยชนิดต่าง ๆ ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเปรียบเทียบแรงต้านการแตก และรูปแบบการแตกของวิธีการบูรณะแบบต่าง ๆ ทางห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางให้ทันตแพทย์เลือกวิธีการบูรณะที่เหมาะสมต่อไป

การศึกษาแรงต้านการแตก คือการศึกษาแรงสูงสุดที่ชิ้นทดสอบสามารถทนได้ก่อนเกิดการแตกหักซึ่งส่วนใหญ่เป็นชิ้นงานที่มีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน มีประโยชน์ในการศึกษาความทนทานของการบูรณะฟันซึ่งมักประกอบด้วยวัสดุหลาย ๆ ชนิดร่วมกันและมีรูปร่างแตกต่างกันไป โดยเฉพาะในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน ซึ่งในแต่ละการศึกษานั้นได้มีการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่สนใจและสังเกตได้จากทางคลินิก เช่นชนิดของเดือยที่ใช้[20,41,45,46,58,125-127] ความยาวของเดือย[106,128] ขนาดของเดือย[97,128] รูปร่างของเดือย[94,129] ปริมาณเนื้อฟันส่วนที่เหลืออยู่ภายหลังจากได้รับการรักษาคลองรากฟัน[87,130,131] การตัดเฉียงกลับทางบริเวณเนื้อฟันส่วนขอบของครอบ ฟัน[43,109] และ ferrule effect[105] เพื่ออ้างอิงถึงอายุการใช้งานของชิ้นบูรณะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องกรอน้ำความเร็วสูง 330,000 รอบ/นาที (high speed airotor, 798 W&H, Australia)
2. เครื่องฉีดกัตตาเปอร์ชาเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ (low temperature gutta-percha filling system, ObtulaII, Exceed, U.S.A.)
3. เครื่องฉายแสง (TransluxEC, Kulzer, Germany)
4. เครื่องเป่าทราย (Miniblaster, Deldent, Isarael)
5. เครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific Tranduction Corp, U.S.A.)
6. คอมโพสิตเรซิน (Tetric Ceram, Ivoclar Vivadent, U.S.A.)
7. กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 (Total Etch, Ivoclar Vivadent, U.S.A.)
8. บอนด์ดิ้งเอเจ้นท์ (Excite, Ivoclar Vivadent, U.S.A.)
9. เส้นใยนำแสง (Fiber optic)
10. เดือยสเตนเลสสตีล (Para Post, Whaledent, U.S.A.)
11. เดือยเส้นใยคาร์บอน (C post, Bisco, U.S.A.)
12. เรซินซีเมนต์ (Super Bond C&B, Sun Medical, Japan)
13. ซิลิโคนพุตตี้ (Reprosil, Dentsply, U.S.A.) และซิลิโคนใส (Selley Chemical Co., U.S.A.)

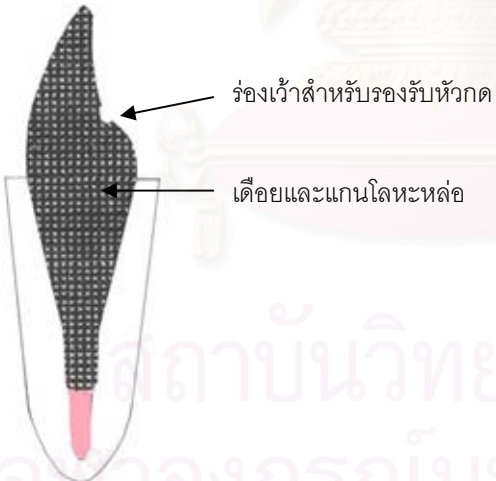
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระเบียบวิธีวิจัย

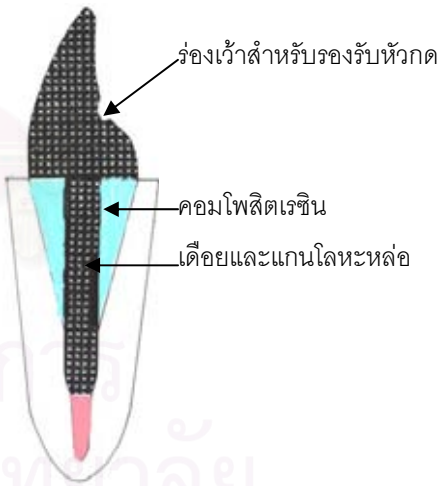
การวิจัยนี้เป็นการทดสอบหาแรงต้านการแตก (fracture resistance) ของวิธีการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยการพิจารณาปัจจัยในการวิเคราะห์ได้แก่ การเสริมหรือไม่เสริมผนังคลองรากฟันและชนิดของเดือยที่ใช้ในการบูรณะเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม (รูปที่ 1-5) ได้แก่

- **กลุ่มที่** 1 กลุ่มควบคุม ฟันในกลุ่มนี้เป็นฟันที่จะได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยมีผนังคลองรากฟันปกติ ทำการบูรณะโดยใส่เดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล (non-precious alloy)
- **กลุ่มที่** 2 การบูรณะด้วยเดือยโลหะหล่อในฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง ฟันในกลุ่มนี้เป็นฟันที่จะได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการบูรณะโดยใส่เดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูลตามรูปร่างผนังคลองรากฟัน
- **กลุ่มที่** 3 การบูรณะด้วยการเสริมผนังคลองรากฟันร่วมกับเดือยโลหะหล่อ ฟันในกลุ่มนี้เป็นฟันที่จะได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการบูรณะโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร
- **กลุ่มที่** 4 การบูรณะด้วยการเสริมผนังคลองรากฟันร่วมกับเดือยโลหะสำเร็จรูปสเตนเลสสตีล ฟันในกลุ่มนี้เป็นฟันที่จะได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการบูรณะโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปสเตนเลสสตีล(Para Post, Whaledent, U.S.A.) เบอร์ 60 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซิน
- **กลุ่มที่** 5 การบูรณะด้วยการเสริมผนังคลองรากฟันร่วมกับเดือยเส้นใยคาร์บอน ฟันในกลุ่มนี้เป็นฟันที่จะได้รับการรักษาคลองรากฟันโดยมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการบูรณะโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปเส้นใยคาร์บอนเบอร์ 1 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 มิลลิเมตร (C post, Bisco, U.S.A.) ร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซิน

รูปที่ 1 แสดงกลุ่มที่1 (กลุ่มควบคุม) ทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร



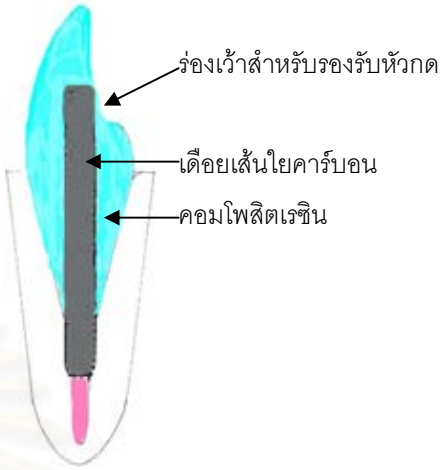
รูปที่ 2 แสดงกลุ่มที่ 2 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล โดยไม่ทำการเสริมผนังคลองรากฟัน



รูปที่ 3 แสดงกลุ่มที่ 3 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วใช้เดือยโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4 แสดงกลุ่มที่ 4 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปสเตนเลสสตีล เบอร์ 60 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 5 แสดงกลุ่มที่ 5 ทำการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางโดยเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน แล้วใช้เดือยสำเร็จรูปเส้นใยคาร์บอน เบอร์ 1 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 มิลลิเมตร

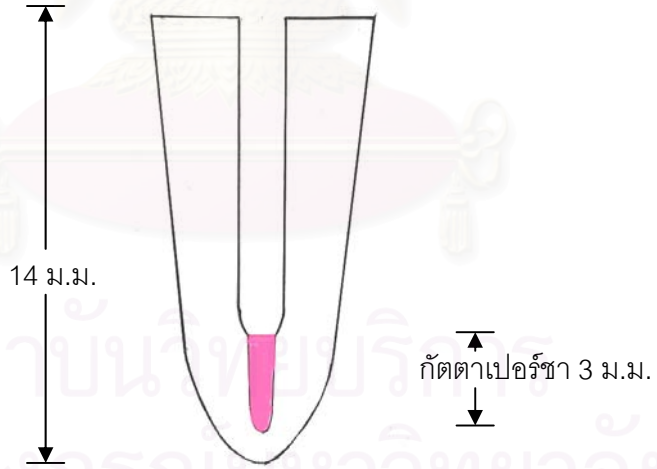
การเลือกฟัน

ใช้ฟันถอนของมนุษย์ซี่ตัดหน้าบนกลางจำนวน 50 ซี่ ฟันที่นำมาทำการวิจัยจะต้องไม่มีรอยผุหรือแตกบริเวณรากฟัน มีความยาว รูปร่าง ขนาด และความหนาของเนื้อฟันใกล้เคียงกันโดยมีความกว้างของฟันในแนวใกล้แก้ม-ใกล้ลิ้น (bucco-lingual) และใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal) ต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร มีคลองรากฟันตรง นำฟันที่ถูกคัดเลือกมาทำความสะอาดด้วยเครื่องขูดหินปูน เพื่อกำจัดเศษเนื้อเยื่อ และเก็บฟันโดยแช่ในน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 0.9[45] แบ่งฟันออกเป็น 5 กลุ่มตามที่กล่าวไว้ข้างต้นโดยใช้วิธีสุ่ม (random) แต่ละกลุ่มใช้ฟันจำนวน 10 ซี่

การเตรียมคลองรากฟัน

ทำการตัดส่วนตัวฟันออกด้วยหัวกรอกากเพชรรูปร่างสอบปลายมน (round end taper diamond bur) ขนาด 012 ต่อกับเครื่องกรอน้ำความเร็วสูง 330,000 รอบ/นาที (high speed airotor,

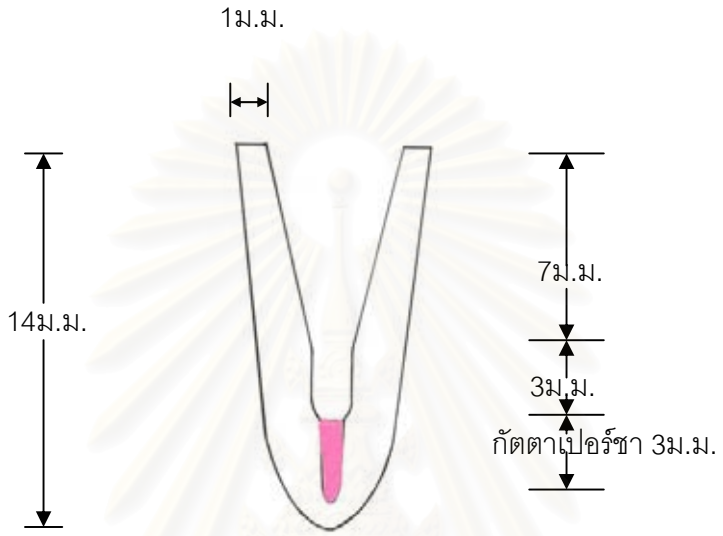
798 W&H, Australia) ที่บริเวณเหนือรอยต่อระหว่างเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน 1-2 มิลลิเมตร ให้ได้ผิวเรียบเสมอในแนวราบและตั้งฉากกับแนวแกนฟันและมีความยาวรากฟันที่เหลือเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ทำการรักษาคลองรากฟันโดยใช้เค-ไฟล์ (K-file) เบอร์ 15 ผ่านจากรูเปิดโพรงฟันถึงปลายรากฟัน นำระยะที่วัดได้ลดลง 1 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นความยาวที่ใช้ขยายคลองรากฟัน (working length) ขยายคลองรากฟันจนถึงเบอร์ 45 แล้วทำการสเตปแบ็ก (Step-back) ขึ้นมา 5 ขนาด[132] ล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์เข้มข้นร้อยละ 2.5 เพื่อทำให้คลองรากฟันสะอาดและป้องกันการอุดตันของสิ่งสกปรกในคลองรากฟัน ระหว่างรักษารากฟันใช้ผ้าก๊อซชุบน้ำหมาด ๆ หุ้มรอบรากฟันเพื่อให้ความชื้นกับรากฟันป้องกันการเกิดการสูญเสียน้ำของรากฟัน เมื่อขยายคลองรากฟันเสร็จแล้วซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ (paper point) อุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาโดยใช้วิธีฉีดกัตตาเปอร์ชาเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำ (low temperature gutta-percha filling system, Obturall, Exceed, U.S.A.) ลงไปในคลองรากฟัน ให้มีความยาวของกัตตาเปอร์ชาในคลองรากฟัน 3 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน กดกัตตาเปอร์ชาให้แน่นดี ใช้พีโซ รีเมอร์ (peeso reamer) เบอร์ 5 (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร) กรอขยายคลองรากฟันส่วนปลายโดยทำการกรอลงไปลึก 10 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงรากฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันแล้ว

สำหรับรากฟันในกลุ่มที่ 2-5 ให้ทำการสร้างรูปร่างคลองรากฟันเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง โดยการใช้หัวกรอกากเพชรรูปร่างสอบปลายตัด (flat end taper diamond bur)

ขนาด 012 ต่อกับเครื่องกรอน้ำความเร็วสูง กรอภายในคลองรากฟันให้มีผนังคลองรากฟันส่วนบนโดยรอบ 1 มิลลิเมตร และลึกลงไปในคลองรากฟัน 7 มิลลิเมตร ใช้พีโซ รีมเมอร์ เบอร์ 5 กรอ กลางคลองรากฟันบริเวณส่วนปลายที่เหลือ 3 มิลลิเมตร เป็นช่องให้ใส่เดือยเพื่อกำหนดตำแหน่ง ดังรูปที่ 7

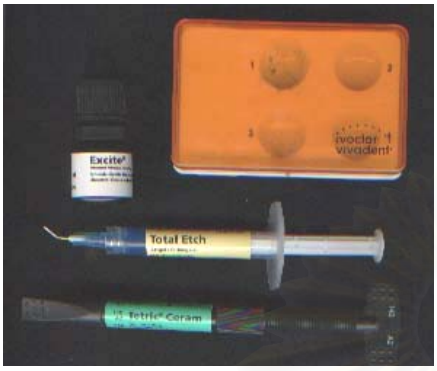


รูปที่ 7 แสดงคลองรากฟันในกลุ่มที่ 2-5 ที่ทำการสร้างเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง

การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน

ฟันในกลุ่มที่ 2-5 ทำการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรสิน โดยเริ่มจากการใช้กรดฟอสฟอริก (Total Etch, Ivoclar Vivadent, U.S.A.) ความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดคลองรากฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างด้วยน้ำเป็นเวลา 30 วินาที ตามด้วยเป่าลมเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นจึงทาบอนด์ดิ้งเอเจ้นท์ (Excite, Ivoclar Vivadent, U.S.A.) เป่าลมเป็นเวลา 5 วินาที แล้วฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที ใส่เดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสง (fiber optic) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง1.5 มิลลิเมตร ลงในคลองรากฟัน จากนั้นทำการอุดช่องว่างที่เหลือในคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน (Tetric Ceram, Ivoclar Vivadent, U.S.A.) ให้เต็มโดยวิธีการอุดเป็นชั้น แต่ละชั้นมีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ฉายแสงโดยใช้เครื่องฉายแสง (TransluxEC, Kulzer, Germany) เป็นเวลา 40 วินาที ทำการอุดซ้ำต่อไปเรื่อย ๆ จนเต็มปากด้านบนให้เรียบเสมอกันฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที จากนั้นดึงเดือย

พลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงออกแล้วฉายแสงต่ออีกเป็นเวลา 40 วินาที แล้วจึงใช้พีโซ รีมเมอร์ เบอร์ 5 กรอขยายคลองรากฟัน โดยทำการกรอลงไปลึก 10 มิลลิเมตร



รูปที่ 8 แสดงวัสดุที่ใช้ในการเสริมผนังคลองรากฟัน ได้แก่กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 บอนด์ดิ้งเอเจ้นท์ และคอมโพสิตเรซิน

รูปที่ 9 แสดงเดือยพลาสติกที่ช่วยส่งผ่านแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร

ก.

ข.

รูปที่ 10 ก. แสดงการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินร่วมกับการใช้เดือยพลาสติก
ข. แสดงคลองรากฟันที่ได้รับการเสริมผนังส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินแล้ว

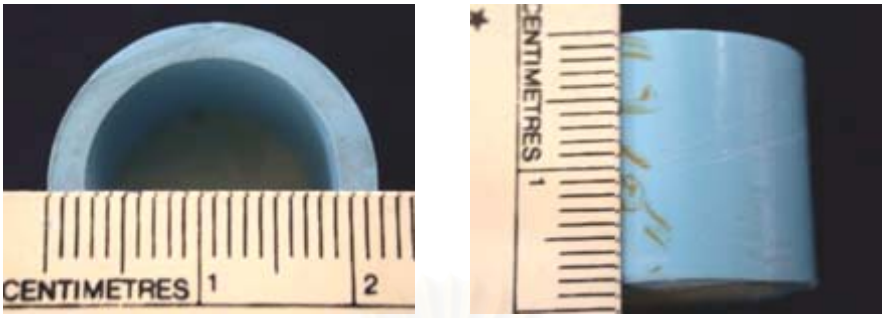
การสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองและการลงบล็อกยึดฟัน

ทำการสร้างเอ็นยึดปริทันต์จำลองรอบรากฟันโดยการนำรากฟันที่เตรียมไว้ข้างต้นในแต่ละกลุ่มไปจุ่มลงในขี้ผึ้งเหลว (pink baseplate wax) ร่วมกับการใช้เครื่องกำหนดความขนาน (surveyor)

โดยการยึดรากฟันติดกับ analyzing rod ด้วยขี้ผึ้งเหนียว (sticky wax) ให้แนวแกนฟันตั้งฉากกับพื้นราบ จากนั้นจึงจุ่มรากฟันลงในขี้ผึ้งเหลวโดยรอบให้มีความหนา 0.2 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับความหนาของเอ็นยึดปริทันต์และให้ขี้ผึ้งอยู่ต่ำจากขอบรากฟันส่วนบน 2 มิลลิเมตร เพื่อใช้แทนตำแหน่งของไบโอโลจิกวิดธ์ (Biologic width) [133] แล้วจึงนำไปฝังในอะคริลิกเรซินที่บ่มตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง (Formatray, Kurr, U.S.A.) ซึ่งอยู่ในบล็อกที่ทำจากท่อพีวีซีซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 18 มิลลิเมตร ให้ขอบรากฟันส่วนบนอยู่สูงกว่าอะคริลิกเรซิน 2 มิลลิเมตร เมื่ออะคริลิกเรซินเริ่มแข็งตัวให้ดึงรากฟันออกเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจากการบ่มตัวของอะคริลิกเรซินทำลายคุณสมบัติของเนื้อฟัน[21] หลังจากนั้นดึงฟันออกจาก analyzing rod และกำจัดขี้ผึ้งเหนียวออกให้หมด เมื่ออะคริลิกเรซินแข็งตัวแล้วจึงใส่รากฟันกลับเข้าไปให้อยู่ในตำแหน่งเดิม จากนั้นจึงทำการบูรณะฟันด้วยเดือยและแกนตามวิธีต่าง ๆ แล้วจึงทำการเปลี่ยนเอ็นยึดปริทันต์ที่เป็นขี้ผึ้งให้เป็นซิลิโคนโดยใช้ซิลิโคนชนิดพุตตี้ (Reprosil putty type, Dentsply, U.S.A.) พิมพ์ฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนแล้วเอาไว้เพื่อใช้เป็นแบบนำรากฟันให้กลับสู่ตำแหน่งเดิม เมื่อซิลิโคนแข็งตัวแล้วให้ทำการกำจัดขี้ผึ้งที่รากฟันออกให้หมด จากนั้นนำซิลิโคนใสที่ใช้ฉาบยึดกันแรงกระแทกและบ่มตัวได้ที่อุณหภูมิห้อง (clear silicone sealant, Selleys chemical Co., U.S.A.) ใส่ในแบบอะคริลิกเรซินและเคลือบรอบรากฟัน นำรากฟันใส่ลงไปในแม่แบบซิลิโคนให้แนบสนิทและอยู่ในตำแน่งเดิม แล้วจึงใส่รากฟันและแม่แบบซิลิโคนกลับเข้าไปที่บล็อกอะคริลิกเรซิน กดแม่แบบด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ (Durometer model 471, Pacific Tranduction Corp., U.S.A.) โดยใช้แรง 3 กิโลกรัมทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง[123,132] เพื่อให้ซิลิโคนแข็งตัว จากนั้นจึงนำแม่แบบซิลิโคนออกและตัดแต่งซิลิโคนใสส่วนเกินออก

รูปที่ 11 แสดงการเคลือบขี้ผึ้งที่รากฟัน

รูปที่ 12 แสดงรากฟันที่ได้รับการเคลือบขี้ผึ้งแล้ว



รูปที่ 13 แสดงบล็อกท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอก 22 มิลลิเมตร สูง 18 มิลลิเมตร

ก. ข.

รูปที่ 14 ก. แสดงเครื่องดูโรมิเตอร์

ข. แสดงการกดแม่แบบซิลิโคนเข้ากับบล็อกด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์

ก. ข.

รูปที่ 15 ก. แสดงซิลิโคนชนิดพุตตี้ที่ใช้ทำแม่แบบ

ข. แสดงซิลิโคนใสที่ใช้ทำเอ็นยึดปริทันต์

วิธีการบูรณะด้วยเดือยและแกน

1) กลุ่มที่ใช้เดือยและแกนโลหะหล่อ

ทำการสร้างเดือยและแกนฟันโดยการใช้เดือยพลาสติกสำเร็จรูป (plastic pin) ร่วมกับขี้ผึ้งบลูอินเลย์ (blue inlay wax) เพื่อจำลองรูปร่างคลองรากฟันและสร้างเป็นเดือยและแกนฟัน ที่ด้านลิ้นของแกนฟันมีร่องเว้าสำหรับรองรับหัวกดของเครื่องทดสอบสากลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร ลึก 0.5 มิลลิเมตร ใช้ซิลิโคนชนิดพุตตี้ พิมพ์รูปร่างของแกนไว้เพื่อใช้เป็นแม่แบบ (silicone mold) ในการสร้างแกนฟันให้มีรูปร่างเหมือนกัน[21] จากนั้นทำการเปลี่ยนจากขี้ผึ้งเป็นเดือยและแกนโลหะหล่อที่ทำจากโลหะไม่มีตระกูล (non-precious alloy) ด้วยวิธี casting เมื่อได้เดือยและแกนแล้วทำการเป่าทราย (sandblast) ที่ผิวของเดือยด้วยเครื่องเป่าทราย (Miniblaster, Deldent, Isarael) โดยใช้อลูมินาขนาด 50 ไมครอน ความดัน 0.3 เมกกะปาสคาล เป็นเวลา 10 วินาที ระยะห่างระหว่างเดือยกับหัวเป่า 10 มิลลิเมตร จากนั้นจึงทำการยึดเดือยเข้ากับคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ (Super Bond C&B, Sun Medical, Japan) โดยใช้วิธีการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต และใช้เลนตูโร สไปรอล (lentulo spiral) เป็นตัวนำซีเมนต์ส่วนหนึ่งลงไปในคลองรากฟัน และเคลือบซีเมนต์อีกส่วนหนึ่งที่ตัวเดือย จากนั้นจึงกดค่อย ๆ เดือยและแกนลงในรากฟันให้แนบสนิทดีด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ ด้วยแรง 3 กิโลกรัม เป็นเวลา 10 นาที[123,132] แล้วจึงกำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก

รูปที่ 16 แสดงแม่แบบซิลิโคน

รูปที่ 17 แสดงเรซินซีเมนต์

รูปที่ 18 แสดงเดือยและแกนโลหะหล่อ
ในกลุ่มที่ 1 และ 3

รูปที่ 19 แสดงเดือยและแกนโลหะหล่อ
ในกลุ่มที่ 2

รูปที่ 20 แสดงชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ 1-3 ที่ยึดติดในบล็อก

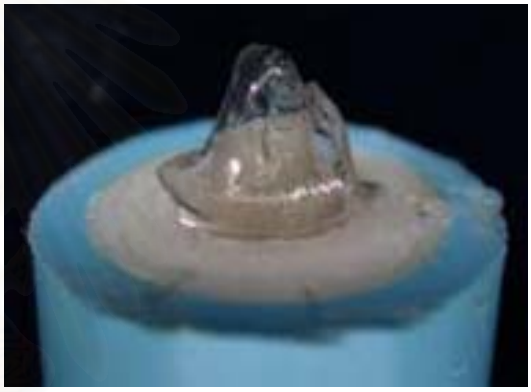
2) **กลุ่มที่ใช้เดือยสำเร็จรูป**

2.1) **เดือยสเตนเลสสตีล** (Parapost, Whaledent, U.S.A.)

ใช้หัวกรอเฉพาะของเดือยสเตนเลสสตีลเบอร์ 60 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร กรอคลองรากฟันลึก 10 มิลลิเมตร ทำการลองเดือยเบอร์ 60 ในคลองรากฟันให้มีความแนบสนิทดี จากนั้นทำการยึดเดือยในคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ โดยใช้วิธีการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใช้เลนตูโร สไปรอล เป็นตัวนำซีเมนต์ส่วนหนึ่งลงไปในคลองรากฟัน และเคลือบซีเมนต์อีกส่วนหนึ่งที่

ตัวเดือย จากนั้นจึงค่อย ๆ กดเดือยเข้ากับรากฟันด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ ด้วยแรงและเวลาเดียวกันกับการบูรณะในข้อ 1 กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก แล้วจึงเริ่มทำการสร้างแกนโดยใช้คอมโพสิตเรซิน เริ่มจากใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 37 กัดฟันเป็นเวลา 15 วินาที ล้างน้ำ 30 วินาที เป่าลม 10 วินาที และทาบอนด์ดิ้งเอเจ้นท์ เป่าลมเป็นเวลา 5 วินาที แล้วฉายแสงเป็นเวลา 20 วินาที ก่อส่วนแกนฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน โดยใช้แม่แบบพลาสติกใสเพื่อให้ได้แกนที่มีรูปร่างและขนาดเดียวกัน ทำการก่อคอมโพสิตเรซินเป็นชั้น ๆ ให้แต่ละชั้นมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ฉายแสงทีละชั้นเป็นเวลา 40 วินาที เมื่อก่อเป็นรูปร่างสมบูรณ์ให้ดึงแม่แบบพลาสติกใสออก จากนั้นฉายแสงที่แกนต่ออีกเป็นเวลา 40 วินาที

รูปที่ 21 แสดงเดือยสเตนเลสสตีลและหัวกรอสำหรับเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยสเตนเลสสตีล

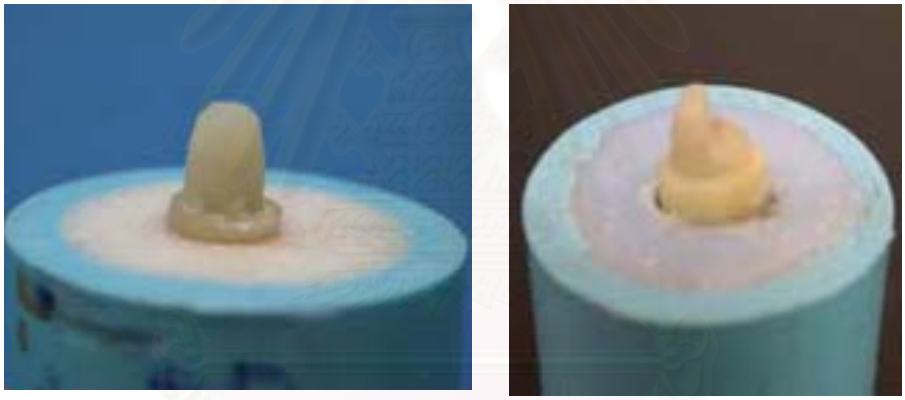


รูปที่ 22 แสดงการสร้างแกนคอมโพสิตเรซินด้วยแม่แบบพลาสติกใส

2.2) **เดือยเส้นใยคาร์บอน** (C-Post, Bisco, U.S.A.)

ใช้หัวกรอเฉพาะของเดือยเส้นใยคาร์บอน เบอร์ 1 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 มิลลิเมตร กรอคลองรากฟันลึก 10 มิลลิเมตร ตัดส่วนปลายของเดือยออกให้เดือยมีขนาดเท่ากันตลอด จากนั้นทำการลองเดือยเบอร์ 1 ในคลองรากฟันให้มีความแนบสนิทดี แล้วจึงทำการยึดเดือยในคลองรากฟันด้วยเรซินซีเมนต์ โดยใช้วิธีการตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใช้เลนตูโร สไปรอลเป็นตัวนำซีเมนต์ส่วนหนึ่งลงไปในคลองรากฟัน และเคลือบซีเมนต์อีกส่วนหนึ่งที่ตัวเดือย ค่อย ๆ กดเดือยลงไปในรากฟันด้วยเครื่องดูโรมิเตอร์ ด้วยแรงและเวลาเดียวกันกับการบูรณะในข้อ 1 กำจัดซีเมนต์ส่วนเกินออก จากนั้นทำการสร้างแกนโดยใช้คอมโพสิตเรซิน เช่นเดียวกับข้อ 2.1

รูปที่ 23 แสดงเดือยเส้นใยคาร์บอนและหัวกรอสำหรับเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยเส้นใยคาร์บอน

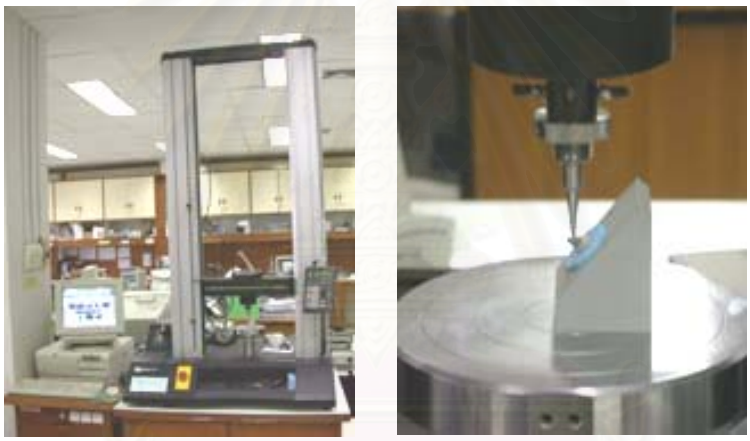


รูปที่ 24 แสดงชิ้นทดสอบในกลุ่มที่ 4 และ 5 ที่ยึดติดในบล็อก

เก็บชิ้นทดสอบทุกกลุ่มไว้ในกล่องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100% ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำของฟันและให้ซีเมนต์ได้แข็งตัวเต็มที่ในสภาวะที่คล้ายคลึงกับในช่องปาก ก่อนนำไปทดสอบ

การทดสอบแรงต้านการแตก (Fracture Resistance Test)

นำชิ้นทดสอบไปทดสอบแรงต้านการแตกด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล (Instron testing machine model 5566, Instron Co., U.S.A.) โดยชิ้นทดสอบยึดเข้ากับแป้นรองชิ้นทดสอบทดสอบซึ่งทำมุมกับพื้นระนาบ 130 องศา เหมือนแรงจากการบดเคี้ยวในฟันที่มีการสบฟันแบบที่1 (Class I occlusion)[135] กดหัวทดสอบลงบนตำแหน่งที่ทำไว้บริเวณด้านลิ้นของแกนฟัน โดยใช้ความเร็วหัวกด (cross head speed) 2 มิลลิเมตร/นาที จนรากฟันหรือเดือยหรือตัวแกนฟันแตกซึ่งจะสังเกตได้จากมีการลดลงของแรงทันที บันทึกแรงที่ใช้ทำให้เกิดการแตก (Fracture resistance) ของฟันหรือเดือยหรือแกนฟันเป็นนิวตัน (Newton) และสังเกตรูปแบบการแตก (Fracture Mode) ที่เกิดขึ้น



ก. ข.

รูปที่ 25 ก.แสดงเครื่องทดสอบแรงสากล
ข.แสดงชิ้นทดสอบขณะถูกทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลค่าเฉลี่ยของแรงที่ทำให้เกิดการแตกของรากฟันหรือเดือยหรือแกนฟันมาเปรียบเทียบทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 (α = 0.01) และวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติเชฟเฟ (Scheffe) รวมทั้งสังเกตรูปแบบการแตกของชิ้นทดสอบที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการทดสอบแรงต้านการแตก ผลการทดลองเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่ม

Group	Fracture Resistance (Mean $\pm$ S.D.)
1. normal canal + cast post & core	1126.9 $\pm$ 75.5 N*
2. flared canal + cast post & core	489.4 $\pm$ 48.7N*
3. flared canal + composite reinforced + cast post & core	639.9 $\pm$ 48.4 N*
4. flared canal + composite reinfored + stainless steel post + composite core	301.1 $\pm$ 50.4 N**
5. flared canal + composite reinfored + carbon fiber post + composite core	299.4 $\pm$ 55.4 N**

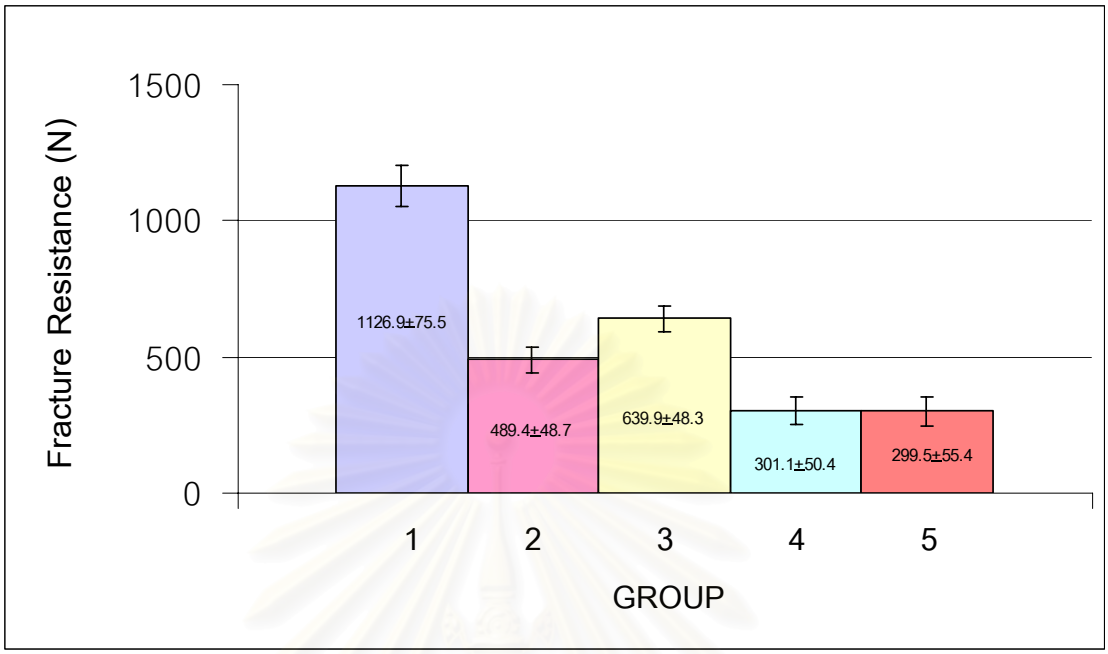
* เกิดการแตกที่รากฟัน

** เกิดการแตกที่ส่วนแกนฟันที่ทำจากคอมโพสิตเรซิน

เส้นตรงแสดงกลุ่มที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

จากตารางที่ 1 สามารถเขียนแผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตก และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยรูปแบบต่าง ๆ กันในแต่ละกลุ่มได้ดังรูปที่ 26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กลุ่มที่ 1 = normal canal + cast post & core

กลุ่มที่ 2 = flared canal + cast post & core

กลุ่มที่ 3 = flared canal + composite reinforced + cast post & core

กลุ่มที่4 = flared canal + composite reinfored + stainless steel post + composite core

กลุ่มที่5 = flared canal + composite reinfored + carbon fiber post + composite core

รูปที่ 26 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟันที่ได้รับการบูรณะด้วยวิธีต่าง ๆ กันในแต่ละกลุ่ม

จากแผนภูมิพบว่า กลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นฟันที่มีคลองรากปกติได้รับการรักษาคลองรากฟันและทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อมีค่าแรงต้านการแตกสูงที่สุด และกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกรองลงมาคือ กลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินและทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ กลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ กลุ่มที่ 4 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินและทำการบูรณะด้วยเดือยสเตนเลสสตีลร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน และกลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางและทำการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินและทำการบูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน ตามลำดับ

เมื่อทำการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลพบว่าทุกกลุ่มทดลองมีค่า Z ไม่ตกอยู่ในช่วงวิกฤต เพราะฉะนั้นจึงยอมรับสมมติฐาน ข้อมูลทุกกลุ่มทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ จึงทำการทดสอบข้อมูลทุกกลุ่มด้วยการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one way ANOVA) ซึ่งพบว่า ค่า P น้อยกว่า 0.01 จึงสรุปได้ว่ามีค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 อย่างน้อย 1 คู่ (ภาคผนวกตาราง ค.–จ.)

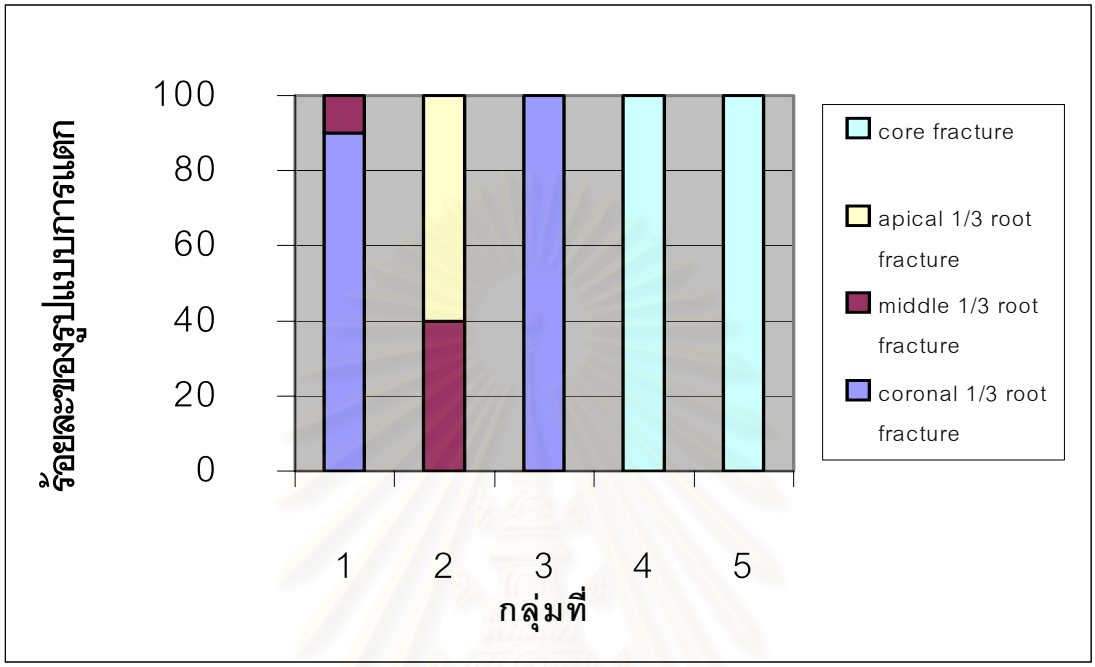
จากการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบเชฟเฟ (Scheffe) พบว่าได้ผลดังภาคผนวกตาราง ฉ. ซึ่งแสดงกลุ่มทดลองที่มีค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกในกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากบางและบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อเหมือนฟันในกลุ่มที่ 2 แต่ทำการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินนั้นมีค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกสูงกว่ากลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ 1-3 ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อมีค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกสูงกว่ากลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอน ตามลำดับ ร่วมกับแกนที่ทำจากคอมโพสิตเรซินมีค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

รูปแบบการแตก

ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	รูปแบบการแตก			
	แตกที่รากฟัน			แตกบริเวณแกนฟัน
	Coronal 1/3	Middle 1/3	Apical 1/3	
1	9	1	-	-
2	-	4	6	-
3	10	-	-	-
4	-	-	-	10
5	-	-	-	10

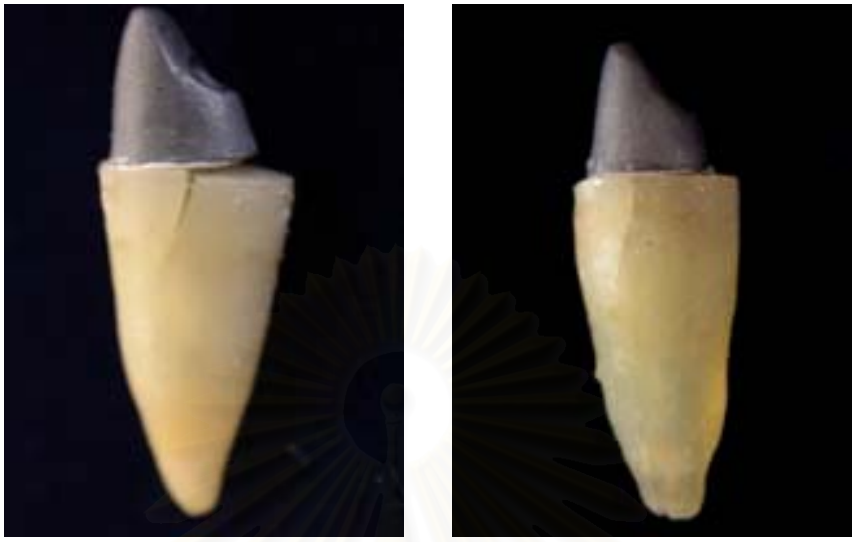
จากตารางที่ 2 สามารถสร้างแผนภูมิแสดงร้อยละของรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่มได้ดังรูปที่ 27



รูปที่ 27 แผนภูมิแสดงร้อยละของรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่ม

จากแผนภูมิพบว่า ฟันในกลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อในกลุ่มที่ 1-3 จะมีการแตกที่รากฟัน โดยฟันในกลุ่มที่ 1 เกือบทั้งหมดจะมีการแตกที่บริเวณ coronal 1/3 ฟันในกลุ่มที่ 2 มีการแตกทั้งบริเวณ middle 1/3 และ apical 1/3 ฟันในกลุ่มที่ 3 มีการแตกที่บริเวณ coronal 1/3 ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบความลึกของรอยแตกในฟันสามกลุ่มข้างต้นที่มีการแตกในระดับ coronal 1/3 ด้วยกันพบว่าความลึกของรอยแตกในกลุ่มที่ 3 มีค่าน้อยกว่าในกลุ่มที่ 1 และ 2 ส่วนฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 มีการแตกที่บริเวณแกนฟัน (core) ทั้งหมด โดยไม่พบการแตกที่รากฟัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ก. ข.

รูปที่ 28 แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1

ก. แสดงการแตกที่บริเวณ coronal 1/3

ข. แสดงการแตกที่บริเวณ middle 1/3

ก. ข.

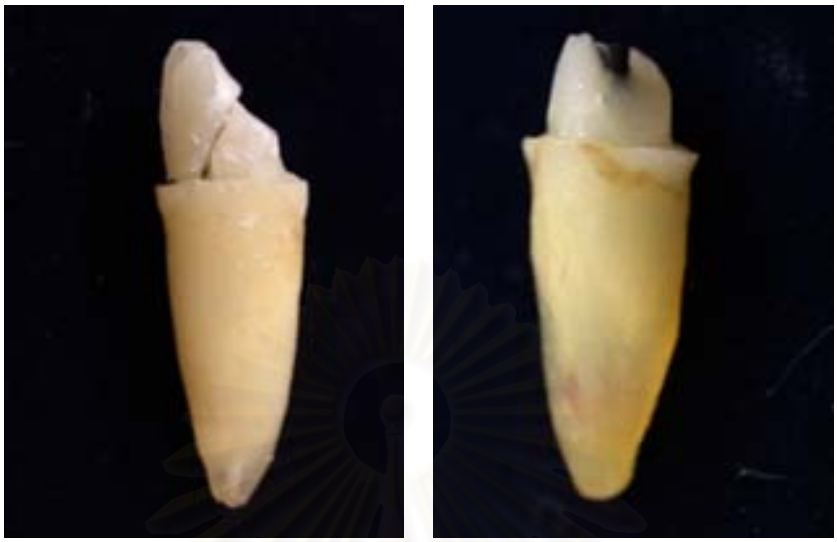
รูปที่ 29 แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 2

ก.แสดงการแตกที่บริเวณ middle 1/3

ข.แสดงการแตกที่บริเวณ apical 1/3

รูปที่ 30 แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีการแตกบริเวณ coronal 1/3

รูปที่ 31 แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 4 ซึ่งมีการแตกที่บริเวณแกนฟันโดยไม่มีการแตกของรากฟัน



รูปที่ 32 แสดงการแตกของฟันในกลุ่มที่ 5 ซึ่งมีการแตกที่บริเวณแกนฟันโดยไม่มีการแตกของรากฟัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้เป็นการทดลองภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อทดสอบแรงต้านการแตกของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางด้วยวิธีต่าง ๆ กัน ซึ่งการทดลองในครั้งนี้ทำในฟันถอนของมนุษย์ซี่ตัดหน้าบนกลาง เพราะคลองรากฟันมักตรง มีขนาดใหญ่และมีความหลากหลาย (variation) ของรูปแบบคลองรากฟันน้อย[1] โดยฟันที่นำมาใช้มีขนาด รูปร่างใกล้เคียงกัน ทำการรักษาคลองรากฟันและอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาโดยใช้วิธีฉีดกัตตาเปอร์ชาเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำลงไปในคลองรากฟัน (low temperature gutta-percha filling system) โดยที่ใช้วิธีนี้เนื่องจากต้องการลดความเค้นจากการทำการอุดด้วยวิธีแลทเทอรัลคอนเดนเซชั่น (lateral condensation) ซึ่งจากการศึกษาของ Harvey White และ Leeb[136] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยวิธีแลทเทอรัลคอนเดนเซชั่นทำให้เกิดรากฟันแตกได้ เนื่องจากความเค้นที่เกิดขึ้นระหว่างขบวนการอุดคลองรากฟัน นอกจากนี้ยังทำได้สะดวกและไม่ต้องใช้ซีเมนต์อุดคลองรากฟันที่มีส่วนผสมของยูจีนอลซึ่งจะขัดขวางปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์ของเรซินซีเมนต์ทำให้เรซินซีเมนต์ไม่เกิดการแข็งตัว[53] และมีผลกับการยึดติด (retention) ของซีเมนต์[137]

ในส่วนของการสร้างเลียนแบบฟันที่มีผนังคลองรากส่วนต้นบางนั้น ได้ทำการสร้างโดยกรอคว้านคลองรากฟันให้มีความกว้างของเนื้อฟันส่วนที่เหลือ 1 มิลลิเมตรโดยรอบ รูปร่างของคลองรากฟันที่ได้อาจมีขนาดไม่เท่ากันทุกซี่ แต่การวิจัยในครั้งนี้เน้นที่ความหนาของเนื้อฟันส่วนต้นที่เหลืออยู่ให้มีขนาดเท่ากันทุกซี่ ถ้าทำให้คลองรากฟันมีรูปร่างเหมือนกันทุกซี่เนื้อฟันส่วนที่เหลือโดยรอบจะไม่เท่ากัน ทำให้มีผลต่อความแข็งแรงของฟันและค่าแรงต้านการแตกเกิดความคลาดเคลื่อนได้

ในส่วนของการเก็บฟันนั้นไม่สามารถทำการรักษาสภาพฟันให้เหมือนกับในช่องปากได้ 100% แต่ทุกขั้นตอนในการทดลองนั้นได้พยายามป้องกันไม่ให้ฟันเกิดการสูญเสียความชื้น โดยห่อฟันด้วยผ้าก๊อซชุบน้ำ และเก็บฟันในกล่องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 100% เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและนำไปเก็บในตู้อบอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของร่างกายคนปกติเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

ในส่วนของการบูรณะฟันนั้น ฟันทุกซี่ที่ใช้ในงานวิจัยไม่ได้มีการทำครอบฟันและไม่มี ferrule effect กล่าวคือทำการทดสอบโดยให้แรงลงบนแกนฟันโดยตรงไม่มีครอบฟัน ซึ่งจากการศึกษาของ Assif และคณะ[128] พบว่าถ้าทำการบูรณะด้วยเดือยร่วมกับครอบฟันในฟันที่มีเนื้อฟันส่วนที่ดีเป็น

ferrule effect ยาว 2 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการกระจายแรงไปบนรากฟัน เดือยและแกนฟัน ซึ่งอาจจะทำให้ผลการทดลองเปลี่ยนแปลงได้ แต่เนื่องจากฟันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่สามารถสร้างให้มี ferrule effect ได้เนื่องจากมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบาง และจากการศึกษาของ Martinez-Insua และคณะ[20] ที่ได้ทำการทดสอบแรงต้านการแตกของฟันที่ทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อและเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินและใส่ครอบฟันนั้น พบว่าความล้มเหลวในกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน เกิดจากแกนฟันและเดือยหักร้อยละ 59 ครอบฟันหลุดร้อยละ 18 และแกนฟันหักร้อยละ 18 ในขณะที่เกิดรากฟันแตกเพียงร้อยละ 5 ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการใส่ครอบฟันไม่ได้ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการกระจายแรงไปบนรากฟันหรือแกนฟันเพราะความล้มเหลวส่วนใหญ่เกิดที่บริเวณแกนฟัน เนื่องจากคอมโพสิตเรซินที่ใช้ทำแกนฟันมีความแข็งแรงน้อยจึงเป็นจุดอ่อนแอ (weak point) ที่ทำให้เกิดการแตก ซึ่งคล้ายคลึงกับการทดลองในครั้งนี้ นอกจากนี้การใส่ครอบฟันอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจากขั้นตอนการทำครอบฟันและยึดครอบฟันด้วยซีเมนต์ อีกทั้งยังทำให้ค่าใช้จ่ายในงานวิจัยสูงขึ้นด้วย

และในส่วนของความเร็วหัวกดที่ใช้ 2 มิลลิเมตร/นาทีนั้น พบว่าหลาย ๆ การทดลองซึ่งทำการศึกษาแรงต้านการแตกของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจะใช้ความเร็วระดับนี้[123,129,132] ทำให้แรงที่ได้รับอาจมีลักษณะคล้ายเป็นแรงกระแทก (impact force) อย่างไรก็ตามถ้าทำการเปลี่ยนความเร็วหัวกดให้ช้าลงค่าแรงต้านการแตกที่ได้ในแต่ละกลุ่มอาจมีการเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเนื้อฟันประกอบด้วยอินทรีสาร เช่น ไฟเบอร์ คอลลาเจน เป็นส่วนใหญ่ จึงมีคุณสมบัติยืดหยุ่นเมื่อได้รับแรงจะมีการดูดซับแรงไว้บางส่วนและมีการกลับคืนสู่สภาพเดิม[1] ทำให้ความแข็งแรงน่าจะสูงกว่าการใช้ความเร็วหัวกดมากเพราะเมื่อเนื้อฟันได้รับแรงจะยังไม่เกิดการคืนกลับจึงน่าจะมีความแข็งแรงต่ำกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเกิดการแตกหักของฟันและทำให้ฟันซี่นั้นสามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติในช่องปากต่อไปโดยไม่มีพยาธิสภาพและไม่เกิดความล้มเหลว[1,18] ความล้มเหลวที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากรากฟันเกิดการแตก เดือยหัก เดือยหลุด ครอบฟันหลุด หรือแกนฟันแตก ซึ่งถ้าเป็นความล้มเหลวที่เกิดจากเดือยหลุด เดือยหัก หรือแกนฟันแตกก็สามารถทำการบูรณะใหม่ได้ แต่ถ้าเกิดจากรากฟันแตกในระดับที่ลึกมาก ก็ไม่สามารถจะทำการบูรณะฟันซี่นั้นใหม่ได้ต้องทำการถอนฟันออก[44,46,138] จากการศึกษาแรงต้านการแตกและรูปแบบการแตกในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการบ่งชี้ถึงความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นจากการบูรณะด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการหาวิธีการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางที่เหมาะสมได้ในระดับหนึ่ง

- **การศึกษาแรงต้านการแตก**

จากการทดลองพบว่ากลุ่มควบคุมที่มีผนังคลองรากฟันปกติมีค่าแรงต้านการแตกสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบการบูรณะภายในกลุ่มที่มีผนังคลองรากฟันบาง (กลุ่มที่ 2-5) พบว่าการบูรณะด้วยการเสริมผนังคลองรากด้วยคอมโพสิตเรซินและใช้เดือยและแกนโลหะหล่อมีค่าแรงต้านการแตกสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อตามรูปร่างคลองรากฟัน ส่วนกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปทั้งเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอนมีค่าแรงต้านการแตกน้อยที่สุด

<u>เปรียบเทียบการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันปกติและฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ</u> (กลุ่มที่1 และ 2)

จากการวิเคราะห์แรงต้านการแตกในแต่ละกลุ่มทดลอง เมื่อพิจารณาเทียบแรงต้านการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นฟันที่มีคลองรากฟันปกติและได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อกับกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ พบว่าค่าแรงต้านการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่าถึง 2.3 เท่า อาจเนื่องจากฟันในกลุ่มที่ 1 มีการสูญเสียเนื้อฟันน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tjan และ Whang[109] ที่พบว่าฟันที่มีเนื้อฟันเหลือน้อยมีโอกาสเกิดการแตกหักได้มากกว่าฟันที่มีเนื้อฟันเหลืออยู่มาก และจากการศึกษาของ Trabert Caputo และ Abou-Rass[128] และ Sorensen และ Martinoff [93] ที่พบว่าการบูรณะด้วยการใส่เดือยที่ทำการกรอเนื้อฟันเพื่อเตรียมช่องใส่เดือยออกมากเกินไปจะทำให้ฟันมีแรงต้านการแตกและความแข็งแรงลดลง ดังนั้นในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันจึง

ควรทำการรักษาเนื้อฟันส่วนที่เหลือไว้ให้มากที่สุดเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟัน โดยเฉพาะเนื้อฟันบริเวณส่วนต้นของผนังคลองรากฟันมีความสำคัญในการให้ความแข็งแรงกับการบูรณะฟัน อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงขนาดของเดือยที่ เหมาะสมด้วย

<u>เปรียบเทียบการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมและไม่เสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ</u> (กลุ่มที่ 2 และ 3)

การศึกษาปัจจัยการเสริมหรือไม่เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 พบว่าฟันในกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อมีค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าฟันในกลุ่มที่ 2 ซึ่งบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อโดยไม่เสริมผนังคลองรากฟันอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่าถึง 1.3 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Saupe Gluskin และ Radke[123] ซึ่งทำการทดสอบหาแรงต้านการแตกทางห้องปฏิบัติการพบว่าการเสริมผนังคลองรากฟันที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินก่อนการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อจะมีค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อโดยไม่เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน ทั้งนี้เนื่องมาจากคอมโพสิตเรซินมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน และมีค่าน้อยกว่าโลหะผสมนิเกิลโครเมียม ที่ใช้ทำเดือยและแกนโลหะหล่อ [77,139] เมื่อได้รับความเค้นจะทำให้เกิดการดูดซับความเค้นไว้ส่วนหนึ่งและกระจายความเค้นออกไปสู่รากฟันทำให้เนื้อฟันส่วนที่บางได้รับความเค้นน้อยลง แต่ในกลุ่มที่ไม่เสริมผนังคลองรากจะมีการถ่ายทอดความเค้นจากเดือยไปสู่ผนัง คลองรากส่วนที่บางโดยตรง นอกจากนี้การเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะทำให้เกิดรูปร่างของเดือยที่เป็นรูปร่างทรงขนานมากขึ้นทำให้มีการถ่ายทอดแรงได้ดีกว่า[2-4,120] จากการศึกษาของ อรุณประดิษฐ์กุล[124]ที่ทำการศึกษาด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าการเสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะช่วยลดความเข้มของความเค้นโดยที่คอมโพสิตเรซินจะทำให้เกิดการกระจายความเค้นใน คลองรากฟันได้ดีกว่าการไม่เสริมผนังคลองรากฟัน นอกจากนี้ Lui[117,120] และ Trope Maltz และ Tronstad[97] ยังพบว่าการใช้คอมโพสิตเรซินเสริมภายในคลองรากฟันส่วนที่บางก่อนทำการบูรณะจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟันและยังทำให้สามารถทำการบูรณะฟันซี่นั้นต่อไปได้

<u>เปรียบเทียบการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันปกติและฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ</u> (กลุ่มที่1 และ 3)

เมื่อพิจารณาแรงต้านการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ พบว่าค่าแรงต้านการแตกของฟันในกลุ่มที่ 1 มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่าถึง 1.8 เท่า

อาจเนื่องมาจากฟันในกลุ่มที่ 3 เป็นฟันที่มีการสูญเสียเนื้อฟันแม้ว่าจะได้รับการเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากเมื่อได้รับความเค้นคอมโพสิตเรซินที่เสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางนั้นแม้จะช่วยดูดซับความเค้นไว้ส่วนหนึ่งและกระจายความเค้นที่เหลือไปยังรากฟัน[123] บริเวณที่มีเนื้อฟันบางบริเวณทนทานต่อความเค้นได้น้อยกว่าจึงทำให้เกิดการแตกหักได้ง่ายกว่า แม้ว่าคอมโพสิตเรซินจะมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน แต่ขบวนการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินนั้นอาจไม่เกิดพันธะกับเนื้อฟันอย่างสมบูรณ์ (perfect bond) ในทุกจุด ซึ่งจุดที่เกิดพันธะที่ไม่สมบูรณ์จะเป็นจุดอ่อนแอทำให้เป็นจุดเริ่มต้นของการแตกหักได้

ดังนั้นจากการเปรียบเทียบในกลุ่มที่ 1-3 จะเห็นได้ว่าเนื้อฟันส่วนต้นของคลองรากฟันมีความสำคัญในการให้ความแข็งแรงกับการบูรณะฟันด้วยเดือยและแกน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำการเก็บรักษาเนื้อฟันส่วนนี้ไว้เพื่อให้ชิ้นงานบูรณะมีความแข็งแรง แต่หากมีสาเหตุทำให้ต้องสูญเสียเนื้อฟันส่วนนั้นไป เราควรใช้วัสดุที่มีสภาพใกล้เคียงกับเนื้อฟันทำการเสริมผนังคลองรากส่วนที่หายไปก่อนที่จะทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนเพื่อที่จะให้ชิ้นงานบูรณะมีความทนทานและสามารถใช้งานในช่องปากได้นานขึ้น

<u>เปรียบเทียบการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและบูรณะด้วยเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน</u> (กลุ่มที่ 4 และ 5)

เมื่อเปรียบเทียบฟันในกลุ่มที่ 4 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินและได้รับการบูรณะด้วยเดือยสเตนเลสสตีลร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน และกลุ่มที่ 5 ที่ใช้เดือยเส้นใยคาร์บอนซึ่งมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นต่ำกว่าเดือยสเตนเลสสตีล พบว่ามีค่าแรงต้านการแตกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทั้งสองกลุ่มได้รับการบูรณะด้วยแกนและเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซิน แต่จากการทดสอบคอมโพสิตเรซินเกิดการแตกหักขึ้นก่อน จึงทำให้แม้ว่าจะมีความแข็งของเดือยที่ต่างกันอยู่ภายในก็ไม่ทำให้ค่าแรงต้านการแตกที่ได้ต่างกัน แสดงว่าชนิดของเดือยสำเร็จรูปที่มีความแข็งต่างกันอย่างเช่นเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอน เมื่อทำการสร้างส่วนแกนฟันด้วยคอมโพสิตเรซินจะไม่ให้ผลของการแตกที่แตกต่างกัน ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของ McDonald King และ Setchell[125] ซึ่งทำการบูรณะฟันด้วยเดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอนแล้วอุดปิดรูเปิดด้วยคอมโพสิตเรซิน พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่ให้ผลของแรงต้านการแตกที่แตกต่างกัน เนื่องจากเกิดการแตกที่ตัวคอมโพสิตเรซินก่อน

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบพบว่าเกิดการแตกที่แกนคอมโพสิตเรซินก่อนโดยไม่เกิดการแตกที่บริเวณเดือยหรือรากฟันและแรงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความแข็งแรงของคอมโพสิตเรซินที่ใช้ทำ

แกนจากการทดลองของ Chang และ Millstein[140] จึงทำให้ค่าแรงที่ได้อาจเป็นค่าความแข็งแรงของคอมโพสิตเรซินที่ใช้ในการทดลอง และเนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้ทำการทดสอบต่อเนื่องภายหลังจากแกนฟันแตก ซึ่งถ้าทำการทดสอบต่อจนกระทั่งเกิดการแตกบริเวณอื่นแล้วอาจจะเห็นผลของความแตกต่างของเดือยสำเร็จรูปที่มีความแข็งต่างกันได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าการใช้เดือยสำเร็จรูปคือ เดือยสเตนเลสสตีลหรือเดือยเส้นใยคาร์บอน เดือยชนิดใดจะให้ค่าแรงต้านการแตกสูงกว่ากัน ซึ่งควรจะมีการศึกษาต่อไป

<u>เปรียบเทียบการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากส่วนต้นบางที่ทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซินบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ เดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิต เรซิน</u> (กลุ่มที่ 3 , 4 และ5)

เมื่อเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้ทำเดือยและแกนฟันในฟันที่ทำการเสริมผนังคลองราก (กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่ 4 และกลุ่มที่ 5) พบว่าฟันในกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อมีค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินอย่างมีนัยสำคัญ แต่เนื่องจากการลักษณะการแตกของฟันในกลุ่มที่ 3 เกิดการแตกที่รากฟันในขณะที่ฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 เกิดการแตกที่แกนฟันคอมโพสิตเรซิน ดังนั้นจึงไม่สามารถที่จะนำมาเปรียบเทียบความทนทานของการบูรณะร่วมกันได้

- **การศึกษารูปแบบการแตก**

<u>เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อกับเดือยสำเร็จรูป</u> (กลุ่มที่ 1-5)

เมื่อศึกษารูปแบบการแตกของฟันพบว่าฟันในกลุ่มที่ 1-3 ซึ่งได้รับการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อจะเกิดการแตกที่บริเวณรากฟันทั้งหมด ส่วนฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งทำการบูรณะด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินจะพบการแตกที่บริเวณแกนฟันโดยที่รากฟันไม่มีการแตก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Martinez-Inzua และคณะ[20] Fraga และคณะ[44] และ Bex และคณะ[46] เนื่องมาจากคอมโพสิตเรซินมีความแข็งแรงน้อยกว่าโลหะผสมนิเกิล-โครเมียมจึงเกิดการแตกหักได้ง่ายกว่า[77,139]

<u>เปรียบเทียบกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ</u> (กลุ่มที่ 1-3)

เมื่อเปรียบฟันในกลุ่มที่บูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ พบว่าฟันในกลุ่มที่ 2 ซึ่งไม่ได้ทำการเสริมผนังคลองรากฟันจะพบการแตกของรากฟันในระดับที่ลึกกว่าฟันในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเป็นฟันที่มีผนังคลองรากฟันปกติและกลุ่มที่ 3 ซึ่งทำการเสริมผนังคลองราก โดยฟันในกลุ่มที่ 3 จะเกิดการแตกบริเวณรากฟันในระดับที่ตื้นที่สุด คือบริเวณที่มีผนังคลองรากฟันบาง การที่ฟันในกลุ่มที่ 2 มีการแตก

ของรากฟันในระดับที่ลึกเนื่องมาจากเดือยและแกนโลหะหล่อที่ใช้มีส่วนต้นที่มีลักษณะเป็นรูปกรวย และมีค่ามอดูลัสของสภาพความยืดหยุ่นมากกว่าเนื้อฟันจึงไม่เกิดการดูดซับความเค้น แต่จะส่งผ่านความเค้นไปยังผนังคลองรากฟันทั้งหมด ทำให้เกิดแรงที่มีลักษณะคล้ายลิ่ม (wedging force) ก่อให้เกิดการแตกของรากฟันในระดับที่ลึกส่วนปลายของลิ่มได้[2-4,45] ในกลุ่มที่ 3 มีการแตกของรากฟันในระดับที่ตื้นที่สุด เนื่องมาจากเมื่อฟันได้รับความเค้นคอมโพสิตเรซินเสริมผนังคลองรากฟันส่วนที่บางนั้นจะช่วยดูดซับความเค้นไว้ ทำให้เกิดการกระจายความเค้นได้ดีกว่าการไม่เสริมผนังคลองรากฟัน นอกจากนี้ยังช่วยเสริมความแข็งแรงของ รากฟัน[97,123,124] จึงทำให้คลองรากฟันส่วนต้นเท่านั้นที่แตกเพราะมีเนื้อฟันบางไม่สามารถทนต่อความเค้นจำนวนมากได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 3 พบว่ากลุ่มที่ 1 จะมีการแตกของรากฟันในระดับที่ลึกกว่าทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเสริมผนังคลองรากฟันไม่สามารถทำให้เกิดการบูรณะทดแทน เนื้อฟันได้อย่างสมบูรณ์ทำให้แตกด้วยแรงที่น้อยกว่าในบริเวณส่วนบนของผนังคลองรากฟัน

<u>เปรียบเทียบกลุ่มที่เสริมผนังและบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อ เดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน</u> (กลุ่มที่ 3-5)

เมื่อเปรียบเทียบการบูรณะในกลุ่มที่ 3 กับกลุ่มที่ 4 ร่วมกับกลุ่มที่ 5 ซึ่งทำการเสริมผนังด้วยคอมโพสิตเรซิน แต่บูรณะด้วยเดือยต่างชนิดกันได้แก่เดือยและแกนโลหะหล่อ เดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอน ร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซินตามลำดับ พบว่าถึงแม้ว่าฟันในกลุ่มที่ 3 จะมีค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่าประมาณ 2 เท่า แต่ฟันทั้งหมดในกลุ่มนี้เกิดการแตกของรากฟันที่ระดับ coronal 1/3 ของรากฟัน ในขณะที่ฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 ไม่พบการแตกของรากฟันแต่จะพบความล้มเหลวที่เกิดจากการแตกบริเวณแกนฟันซึ่งน่าจะสามารถทำการบูรณะฟันซี่นั้นใหม่ต่อไปได้ และแรงที่ใช้ทำให้เกิดความล้มเหลวนั้นเป็นแรงที่มีค่าสูงกว่าแรงบดเคี้ยวของฟัน ธรรมชาติที่พบได้[77,141] ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงแรงต้านการแตกร่วมกับรูปแบบของการแตกที่เกิดขึ้นการบูรณะฟันทั้งสามกลุ่มนี้น่าจะใช้ได้กับการบูรณะฟันที่มีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางในทางคลินิก โดยการใช้การบูรณะในกลุ่มที่ 3 อาจทำให้สามารถใช้งานได้ในช่องปากเป็นเวลานาน แต่เมื่อมีความล้มเหลว เกิดขึ้นก็อาจจะต้องถอนฟันซี่นั้นออก[138] ในขณะที่การบูรณะในกลุ่มที่ 4 และ 5 อาจจะใช้งานได้ในเวลาจำกัด แต่สามารถที่จะทำการบูรณะซ้ำได้อีก

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการบูรณะฟันในกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 4 และ 5 พบว่า ถึงแม้ว่าฟันในกลุ่มที่ 2 จะมีค่าแรงต้านการแตกสูงกว่าฟันในกลุ่มที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญและมีค่าสูงกว่าประมาณ 1.6 เท่า แต่ร้อยละ 60 ของฟันในกลุ่มที่ 2 มีการแตกของรากฟันในระดับที่ลึกถึง apical 1/3 ของรากฟัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าถ้าทำการบูรณะแบบกลุ่มที่ 2 ในทางคลินิกจะทำให้ชิ้นงานบูรณะใช้

งานอยู่ในช่องปากได้ไม่นานพอและเมื่อเกิดความล้มเหลวจะไม่สามารถเก็บรากฟันเพื่อทำการบูรณะต่อไปได้[138]

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองภายในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบแรงต้านการแตก และรูปแบบการแตกของการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางด้วยวิธีต่าง ๆ โดยพิจารณาถึงปัจจัยการเสริมหรือไม่เสริมผนังคลองรากฟันด้วยคอมโพสิตเรซิน และชนิดของเดือยที่ใช้ ซึ่งได้แก่ เดือยและแกนโลหะหล่อ เดือยสเตนเลสสตีล และเดือยเส้นใยคาร์บอน พบว่า

1. เนื้อฟันบริเวณคลองรากฟันส่วนต้นที่เหลืออยู่ภายหลังจากการรักษาคลองรากฟันมีความสำคัญในการให้ความแข็งแรงกับการบูรณะฟันด้วยเดือยและแกน
2. การเสริมผนังคลองรากฟันที่บางด้วยคอมโพสิตเรซินแล้วจึงทำการบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อจะช่วยเพิ่มแรงต้านการแตกให้กับฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบาง มากกว่าการบูรณะโดยไม่ทำการเสริมผนังคลองรากฟัน นอกจากนี้จะทำให้เกิดการแตกของรากฟันในระดับที่มีความลึกน้อยกว่าด้วย
3. การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอนร่วมกับแกนฟันที่ทำจากคอมโพสิตเรซินไม่ให้แรงต้านการแตกและรูปแบบการแตกที่แตกต่างกัน
4. การบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากฟันส่วนต้นบางด้วยเดือยสำเร็จรูปร่วมกับแกนคอมโพสิตเรซิน จะทำให้เกิดการแตกที่บริเวณแกนฟันแต่ไม่ทำให้เกิดการแตกของรากฟัน ในขณะที่การบูรณะด้วยเดือยและแกนโลหะหล่อจะทำให้เกิดการแตกที่รากฟัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

ในทางคลินิกแรงบดเคี้ยวที่เกิดขึ้นในความเป็นจริงนั้น แรงที่มากระทำมีได้หลายแนวและเป็นแรงที่เกิดซ้ำ ๆ กันเป็นวงจร (cyclic load) ในการวิจัยครั้งนี้ชิ้นทดสอบในงานวิจัยถูกทดสอบด้วยแรงแบบสถิตย์ที่มีเพียงทิศทางเดียว ดังนั้นถ้าจะให้มีความคล้ายคลึงกับสภาพในช่องปากมากยิ่งขึ้นอาจเพิ่มขบวนการผ่านแรงที่เกิดซ้ำ ๆ กันเป็นวงจร (cyclic loading process) นอกจากนั้นแรงที่ใช้ในการทดสอบถึงแม้ว่าจะทำการสร้างให้เหมือนแรงที่เกิดจากการบดเคี้ยวในฟันที่มีการสบฟันแบบที่ 1 แต่ในความเป็นจริงแรงที่เกิดขึ้นมีได้หลายรูปแบบ และควรมีการทดสอบในกลุ่มที่ 4 และ 5 ต่อไป โดยออกแบบการทดลองให้สามารถเห็นความแตกต่างของชนิดของเดือยสเตนเลสสตีลและเดือยเส้นใยคาร์บอนที่นำมาใช้ในการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางที่เด่นชัดมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นเพียงการทำนายแนวโน้มและเปรียบเทียบโอกาสการเกิดความล้มเหลวของการบูรณะแต่ละวิธีภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงต้องทำการศึกษาโดยทำการควบคุมสภาวะต่าง ๆ ให้เหมือนกับสภาพในช่องปากจริง ๆ และศึกษาร่วมกับการติดตามผลการรักษาผู้ป่วยในระยะยาวด้วยเพื่อเป็นแนวทางในการหาวิธีการบูรณะฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากส่วนต้นบางที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

1. Cohen, S., Burns, R.C. Pathway of the pulp. 8th ed. St.Louis : C.V. Mosby, 2000.
2. Davy, D.T., Dilley, G.L., Krejci, R.F. Determination of stress patterns in root-filled teeth incorporating various dowel designs. J Dent Res 60(1981) : 1301-1310.
3. Deutsch, A.S., Cavaliari, J., Musikant, B.L., Silvestein, L., Lepley, J., Petroni, G. Root fracture and the design of prefabricated posts. J Prosthet Dent 53(1985) : 637-640.
4. Zmener, O. Adaptation of threaded dowels to dentin. J Prosthet Dent 43(1980) : 530-535.
5. Christine, M. Are endodontically treated teeth more brittle? J Endod 18(1992) : 332-337.
6. Gutmann, J.L. Preparation of endodontically treated teeth to receive a post-core restoration. J Prosthet Dent 38(1977) : 413-419.
7. Panitvisai, P., Messer, H.H. Cuspal deflection in molars in relation in endodontic and restorative procedure. J Endod 21(1995) : 57-61.
8. Robbin, J.W. Guideline for the restoration of endodontically treated teeth. J Am Dent Assoc 120(1990) : 558-566.
9. Sorensen, J.A., Martinoff, J.T. Intracoronal reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 51(1983) : 780-784.
10. Trabert, K.C., Cooney, J.P. The endodontically treated tooth. Restorative concepts and techniques. Dent Clin North Am 28(1984) : 923- 951.
11. Battistone, G., Burnett, G.W. Studies on the composition of teeth, Part III: The amino acid composition of human dentinal protein. J Dent Res 35(1956) : 255-259.
12. Helfer, A.R., Melnick, S., Schilder, H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 34(1972) : 611-670.
13. Pashley, D.H. Clinical correlations of dentin structure and function. J Prosthet Dent 66(1991) : 777-781.
14. Kowenstein, W.R.A. Study on the propioceptive sensitivity of a tooth. J Dent Res 3(1955) : 287-294.

15. Ray, H.A., Trope, M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. Int Endod J 28(1995) : 8-12.

16. Vire, D.E. Failure of endodontically treated teeth: Classification and evaluation. J Endod 17(1991) : 338-342.

17. Goerig, A.C., Mueninghoff, L.A. Management of endodontically treated teeth, Part I: concept for restorative designs. J Prosthet Dent 49(1983) : 340-345.

18. Colman, H.L. Restoration of endodontically treated teeth. Dent Clin North Am 23(1979) : 647-662.

19. Halpern, B.G. Restoration of endodontically treated teeth: A conservative approach. Dent Clin North Am 29(1985) : 293-303.

20. Martinez-Insua, A., Silva, L.D., Rio, B., Santana, U.Comparison of the fracture resistance of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with composite core. J Prosthet Dent 85(1998) : 527-532.

21. Sirimai, S., Riis, D.N., Morgano, S.M. An in vitro study of fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core system. J Prosthet Dent 81(1999) : 362-369.

22. Kantor, M.E., Pines, M.S. A comparative study of restorative technique for pulpless teeth. J Prosthet Dent 38(1977) : 405-412.

23. Baratieri, L.N., de Andrada, M.A., Arcari, G.M., Ritter, A.V. Influence of post placement in the fracture resistance of endodontically treated incisors veneer with direct composite. J Prosthet Dent 84(2000) : 180-184.

24. Guzy, G.E., Nicholls, J.I. In vitro comparison of intact endodontically treated teeth with and without endo-post reinforcement. J Prosthet Dent 42(1979) : 39-44.

25. Donovan, T.E., Chee, W.W. Endodontically treated tooth : A summary of restoration concerns. J Calif Dent Assoc 21(1993) : 49-56.

26. Lovdahl, P.E., Nicholl, J.I. Pin-retained amalgam core vs cast-gold dowel-core. J Prosthet Dent 38(1977) : 507-514.

27. Mentink, A.G., Meeuwissen, R., Kayser, A.F., Mulder, J. Survival rate and failure characteristics of all metal post and core restoration. J Oral Rehab 20(1993) : 455-461.

28. Rosenstial, S.F., Land, M.F., Fujimoto, J. Contemporary Fixed Prosthodontics.3rd ed. St. Louis : C.V. Mosby, 1995 : 272-312.

29. Orstavik, D., Ford, T.R.P. Essential Endodontology. Chicago : Blackwell science, 1998.

30. Baraban, D.J. The restoration of endodontically treated teeth: An update. J Prosthet Dent 59(1988) : 533-538.

31. Smith, C.T., Schuman, N.J. Restoration of endodontically treated teeth: A guide for the restorative dentist. Quintessence Int 28(1997) : 457-462.

32. Uyehara, M.Y., Davis, R.D., Overton, J.D. Cuspal reinforcement in endodontically treated molars. J Oper Dent 24(1999) : 364-370.

33. Mertz, K.A., Parker, M.W., Pellew, G.B.Shear strength of two coronal raaducular amalgam and pin-retained amalgam. J Dent Res 66(1987) : 289.

34.Johnson, J.K., Schwartz, N.L., Blackwell, R.T. Evaluation and restoration of endodontically treated posterior teeth. J Am Dent Assoc 93(1976) : 597-605.

35. Liberman, R., Judes, H., Cohen, E. Restoration of posterior pulpless teeth : amalgam overlay versus cast gold onlay restoration. J Prosthet Dent 57(1987) : 540-543.

36. Jacobi, R., Shillingburg, H.T. Pins, dowell, and other retentive device in posterior teeth. Dent Clin North Am 37(1993) : 367-390.

37. Nayyar, A., Walton, R.E., Leonard LA. Amalgam coronal radicular dowel and core technique for endodontically treated posterior teeth. J Prosthet Dent 43(1980) : 511-515.

38. Gelfand, M., Goldman, M., Sunderman, E.J. Effect of complete veneer crowns on the compressive strength of endodontically treated posterior teeth. J Prosthet Dent 52(1984) : 635-638.

39. Hoag, E.P., Dwyer, T.G. A comparative evaluation of three post and core techniques. J Prosthet Dent 47(1982) : 177-181.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

40. Plasmans, P.J., Visseren, L.G., Vrijhoef, M.M., Kayser, A.F. In vitro comparison of dowel and core technique for endodontically treated molar. J Endod 12(1986) : 382-387.

41. Isidor, F., ödman, P., BrØndum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber post. Int J Prosthodont 9(1996) : 131-136.

42. Christensen, G.J. Intracoronal and extracoronal tooth restorations. J Am Dent Assoc 130(1999) : 557-560.

43. Milot, P., Stein, R.S. Root fracture in endodontically treated teeth relate to post selection and crown design. J Prosthet Dent 68(1992) : 428-434.

44. Fraga, R.C., Chaves, B.T., Mello, G.S.B., Siqueira, J.R. Fracture resistance of endodontically treated roots after restoration. J Oral Rehab 25(1998) : 809-813.

45. Sorensen, J.A., Engelman, M.J. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 64(1990) : 19-424.

46. Bex, R.T., Parker, M.W., Judkins, J.T., Pelleu, G.B. Effect of dentinal bonded resin post-core preparations on resistance to vertical root fracture. J Prosthet Dent 67(1992) : 768-772.

47. Torbjorner, A., Karlsson, S., Odman, P.A. Survival rate and failure characteristic for two post designs. J Prosthet Dent 73(1995) : 439-444.

48. Morgano, S.M. Restoration of pulpless teeth: Application of traditional principles in present and future contexts. J Prosthet Dent 75(1996) : 375-380.

49. Ko, C.C., Chu, C.S., Chung, K.H., Lee, M.C. Effect of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth. J Prosthet Dent 68(1992) : 421-427.

50. Engelman, M.J., Sorensen, J.A., Avera, S.P., Lew, D. Effect of luting agents on corrosion resistance of metal posts (abstract 913). J Dent Res 69(1990) : 223.

51. Oden, A., Tullberg, M. Crack in gold crowns cemented on amalgam restoration. Acta Odontol Scand 43(1985) : 15-17.

52. Rud, J., Omnell, K.,A. Root fracture due to corrosion: diagnostic aspects. Scand J Dent Res 78(1970) : 397-403.

53. Freilich, M.A., Meiers, J.C., Duncan, J.P. FRC in clinical dentistry. 1st ed. Chicago : Quintessence , 2000.

54. Malquarti, G., Berruet, R.G., Buois, D. Prosthetic use of carbon fiber reinforced epoxy resin for esthetic crown and fixed partial denture. J Prosthet Dent 63(1990) : 251-257.

55. Viguie, G., Malquarti, G., Vincent, B., Bourgeois, D. Epoxy/carbon composite resin in dentistry: mechanical properties related to fiber reinforcement. J Prosthet Dent 72(1994) : 245-249.

56. Purton, D.G., Payne, J.A. Comparison of carbon-fiber and stainless steel root canal post. Quintessence Int 27(1996) : 93-97.

57. Torbjorner, A., Karlsson, S., Syverud, M., Hensten-Pettersen, A. Carbon fiber reinforce root canal post. Mechanical and cytotoxic properties. Eur J Oral Sci 104(1996) : 605-611.

58. Sidoli, G.E., King, P.A., Setchell, D.J. An in vitro evaluation of carbon fiber-based post and core system. J Prosthet Dent 78(1997) : 5-9.

59. Stockton, L.W. Factor affecting retention of post systems. A literature review. J Prosthet Dent 81(1999) : 380-385.

60. Yang, H.S., Lang, L.A., Guckes, A.D., Felton, D.A. The effect of thermal change on various dowel-and-core restorative materials. J Prosthet Dent 86(2001) : 74-80.

61. Fredriksson, M., Astback, J., Pamenius, M., Arvidson, K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber reinforced epoxy resin posts. J Prosthet Dent 80(1998) : 151-157.

62. 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.

63. Raygot, C.G., Chai, J., Jameson, D.L. Fracture resistance and primary failure mode of endodontically treated teeth restored with a carbon fiber-reinforced resin post system in vitro. Int J Prosthodont 14(2001) : 141-145.

64. Finger, W.J., Ahlstrand, W.M., Fritz, U.B. Radiopacity of fiber-reinforced resin posts. Am J Dent 15(2002) : 81-4.

65. Smith, C.T., Schuman, N.J., Wasson, W. Biochemical criteria for evaluating prefabricated post and core system: A guide for restorative dentist. Quintessence Int 29(1998) : 305-312.

66. Hornbrook, D.S., Hastings, J.H. Use of bondable reinforcement fiber for post and core build up in an endodontically treated tooth: maximizing strength and esthetics. Pract Periodontics Aesthet Dent 7(1995) : 33-42.

67. Karna, J.C. A fiber composite laminate endodontic post and core. Am J Dent 5(1996) : 230-232.

68. Koutayas, S.O., Kern, M. All ceramic post and core the state of the art. Quintessence Int 30(1999) : 383-392.

69. Sweiger, M., Frank, M., Cramer von Clausbruch, S., Holland, W., Rheinburger, V. Mechanical properties of a pressed ceramic core to a zirconia post. Quint Dent Technol 76(1998) : 320-328.

70. Sorensen, J.A., Mito, W.T. Rationale and clinical technique for esthetic restoration of endodontically treated teeth with the cosmopost and IPS Empress post system. Quint Dent Technol (1998) : 81-89.

71. Ahmad, Y. Partially stabilized zirconium dioxide post: An approach to restoring coronally compromised non vital teeth (abstract). Int J Periodont Rest Dent 18(1998) : 455-465.

72. Meyenberg, K.H., Luthy, H., Scharer, P. Zirconia Post: a new all ceramic concept for non vital abutment teeth (abstract). J Esthet Dent 7(1995) : 73-80.

73. Paul, S.J., Pietrobon, N., Schare, P. The new In-ceram spinell system: A case report. Int J Periodont Rest Dent 15(1995) : 520-527.

74. Ichikawa, Y., Akagawa, Y., Nikai, H., Tsuru, H. Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo. J Prosthet Dent 68(1992) : 322-326.

75.Christel, P., Meunier, A., Heller, M., Torre, J.P., Peille, C.N. Mechanical properties and short term in vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. J Biomed Mater Res 23(1989) : 45-61.

76. Kern, M., Wegner, S.M. Bonding to zirconia ceramic adhesion method and their durability. Dent Mater 14(1998) : 64-71.

77. Anusavice, K.J. Phillips' science of dental material. 10th ed. Philadelphia : WB Saunders, 1996.

78. Sindel, J., Frankenberger, R., Kramer, N., Petschelt, A. Crack formation of all-ceramic crowns dependent on different core build-up and luting materials. J Dent 27(1999) : 175-181.

79. Mojon, P., Hawbolt, E.B., MacEntee, M.I., Belser, U.C. Maximum bond strength of dentin luting cement to amalgam alloy. J Dent Res 68(1989) : 1545-1549.

80. Mendoza, D.B., Eakle, W.S., Kahl, E.A., Ho, R. Root reinforcement with a resin bonded pre-form post. J Prosthet Dent 78(1997) : 10-14.

81. Scherer, W., Penugonda, B., Allen, K., Ruiz, M., Paveda, C . Bonding amalgam to tooth structure a scanning electron microscope study. J Esthet Dent 4(1992) : 199-201.

82. Cohen, B.I., Pagnillo, M.K., Condos, S., Deutsch, A.S. Four different core materials measure for fracture strength in combination with five different design of endodontic posts. J Prosthet Dent 76(1996) : 487-495.

83. Oliva, R.A., Lowe, J.A. Dimensional stability of composite use as a core material. J Prosthet Dent 56(1986) : 554-561.

84. Millstein, P.L., Nathanson, D. Effect of eugenol and eugenol cement on cured composited resin. J Prosthet Dent 50(1983) : 211-215.

85. McLean, J.W., Gasser, O. Glass-cermet cement. Quintessence Int 16(1985) : 333-343.

86. Walls, A.W., Adamson, J., McCabe, J.F., Murray, J.J. The properties of a glass polyalkenoate (ionomer) cement in corporating sintered metallic particles. Dent Mater 3(1987) : 113-116.

87. Millstein, P.L, Ho, J., Nathanson, D. Retention between a serrated steel dowel and different core materials. J Prosthet Dent 65(1991) : 480-482.

88.James, L., Gutmann, J.L. The dentin-root complex: Anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 67(1992) : 458-467.

89. Yaman, P., Zillich, R. Restoring the endodontically treated bi-rooted premolar: the effect of endodontic and post preparation on width of root dentin. J Misch Dent Assoc 68(1986) : 79-81.

90. Zillich, R., Yaman, P. Effect of root curvature on post length in restoration of endodontically treated premolars. Endodont Dent Traumatol 1(1985) : 135-137.

91.Bone, J., Monle, A.J. The nature of curvature of palatal canal in maxillary molar teeth. Int Endod J 19(1986) : 178-186.

92.Perez, E., Zillich, R., Yaman, P. Root curvature localizations as indicator of post length in various tooth groups. Endodont Dent Traumatol 2(1986) : 58-61.

93. Sorensen, J.A., Martinoff, J.T. Clinically significant factor in dowel design. J Prosthet Dent 52(1984) : 28-35.

94. Gluskin, A.H., Radke, R.A., Frost, S.L., Watanabe, L.G. The mandibular incisor : rethinking guidelines for post and core design. J Endod 21(1995) : 33-37.

95. Schweitzer, J.L., Gutmann, J.L., Bliss, R.Q. Odontiatrogenic tooth fracture. Int Endod J 22(1989) : 64-74.

96. Johnson, J.K., Sakamura, J.S. Dowel form and tensile force. J Prosthet Dent 40(1978) : 645-649.

97. Trope, M., Maltz, D.O., Tronstad, L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. Endodont Dent Traumatol 1(1985) : 108-111.

98.DeSort, K.D. The prosthodontic use of endodontically treated teeth: Theory and biomechanics of post preparation. J Prosthet Dent 43(1983) : 203-206.

99. Hunter, A.J., Feiglin, B., Williams, J.F. Effect of post placement on endodontically treated teeth. J Prosthet Dent 62(1989) : 166-172.

100. Manning, K.E., Yu, D.C., Yu, H.C., Kwan, E.W. Factor to consider for predictable post and core build- ups of endodontically treated teeth: Part I: Basic theoretical concepts. J Can Dent Assoc 61(1995) : 685-668, 690, 693-695.

101. Mattison, G.D., Delivanis, P.D., Thacker, R.W.Jr., Hassel, K.J. Effect of post preparation on the apical seal. J Prosthet Dent 51(1984) : 785-789.

102. Goodacre, C.J., Spolnik, K.J. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review II. Maintaining the apical seal. J Prosthodont 4(1995) : 51-53.

103. Standlee, J.P., Caputo, A.A., Collard, E.W. Analysis of stress distribution by endodontic posts. Oral Surg Oral Med Oral Patho 33(1972) : 952-960.

104. Cooley, J.T. Retention of post crowns. Br Dent J 63(1968) : 124-128.

105. Eissman, H.F., Radke, R.A. Post endodontic restoration. Pathway of the pulp. St.Louis : C.V. Mosby, 1987 : 640-648.

106. Isidor, F., BrØndum, K., Ravnholt, G. The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. Int J Prosthodont 12(1999) : 78-82.

107. Shillingburg, H.T., Kessler, J.C. Restoration of the endodontically treated tooth. Chicago : Quintessence, 1982.

108. Loney, R.W., Kotowicz, W.E., McDowell, G.C. Three-dimensional photoelastic stress analysis of the ferrule effect in cast post and cores. J Prosthet Dent 63(1990) : 506-512.

109. Tjan, A.H., Whang, S.B. Resistance to root fracture of dowel channels with various thickness of buccal dentin wall. J Prosthet Dent 53(1985) : 496-500.

110. Landwerlen, J.R., Berry, H.H. The composite resin post and core. J Prosth Dent 28 (1972):500-503.

111. Stahl, G.J., O'Neal, R.B. The composite resin dowel and core. J Prosthet Dent 33(1975) : 642-648.

112. Linde, L.A. The use of composites as core material in root-filled teeth: Part I: In vitro study. Swed Dent J 7(1983) : 205-214.

113. Linde, L.A. The use of composites as core material in root-filled teeth: Part II: Clinical investigation. Swed Dent J 8(1984) : 209-216.

114. Matsumoto, H., Gres, J.E., Marker, V.A., Okabe, T., Ferracane, J.L., Harvey, G.A. Depth of cure of visible light cured resin: clinical simulation. J Prosthet Dent 55(1986) : 574-578.

115. Tirtha, R., Fan, P.L., Dennison, J.B., Powers, J.M. In vitro depth cure of photo-activated composite. J Dent Res 61(1982) : 1184-1187.

116. Plasmans, P.J., Welle, P.R., Vrijhoef, M.M. In vitro resistance of composite resin dowel and core. J Endod 14(1988) : 300-304.

117. Lui, J.L. A technique to reinforce weakened roots with post canals. Endodont Dent Traumatol 3(1987) : 310-314.

118. Mattison, G.D. Photoelastic stress analysis of cast-gold endodontic posts. J Prosthet Dent 48(1982) : 407-411.

119. Lui, J.L. Cermet reinforcement of a weakened endodontically treated root: a case report. Quintessence Int 23(1992) : 533-538.

120. Lui, J.L. Composite resin reinforcement of flared canal using light-transmitting plastic posts. Quintessence Int 25(1994) : 313-319.

121. Godder, B., Zhukovsky, L. , Bivona, P.L. Rehabilitation of thin-walled roots with light-activated composite resin: a case report. Compend Contin Educ Dent 15(1994) : 52-57.

122. Von Beetzen, M.V., Li ,J., Nicander, I., Sunstrom, F. Microhardness and porosity of class II light-cured composited restorations cured with transparent cone attached to light-curing wand. Oper Dent 18(1993) : 103-109.

123. Saupe, W.A., Gluskin, A.H., Radke, R.A. A comparative study of fracture resistance between morphologic dowel and cores and a resin-reinforced dowel system in

the intraradicular restoration of structurally compromised root. Quintessence Int 27(1996) : 483-491.

124. ศิริพร อรุณประดิษฐ์กุล. ผลของการบูรณะด้วยเดือยและแกนฟันด้วยวิธีต่าง ๆ ต่อการกระจายความเค้นในฟันซึ่งมีผนังคลองรากบาง : วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

125. McDonald, A.V., King, P.A., Setchell, D.J. An in vitro study to compare impact fracture resistance of intact root-treated teeth. Int Endod J 23(1990) : 304-312.

126. Isidor, F., BrØndum, K. Intermitten loading of teeth with tapered, individual cast or prefabricated parallel-side posts. Int J Prosthodont 5(1992) : 257-261.

127. Ottl, P., Hahn, L., Lauer, H.-CH., Fay, M. Fracture characteristics of carbon fiber, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing load. J Oral Rehab 29(2002) : 175-183.

128. Trabert, K.C., Caput, A.A., Abou-Rass, M. Tooth fracture: A comparison of endodontic and restorative treatments. J Endod 4(1978) : 341-345.

129. Assif, D., Bitenski, A., Pile, 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.

130. Robbin, J.W., Earnest, L.A., Schumann, S.D. Fracture resistance of endodontically-treated cuspids. Am J Dent 6(1993) : 159-161.

131. Patel, A., Gutteridge, D.L. An in vitro investigation of cast post and partial core design. J Dent 24(1996) : 281-287.

132. วงจันทร์ อิสสระพานิชกิจ, อมรา ม่วงมิ่งสุข. ความต้านทานต่อการแตกในแนวดิ่งของรากฟันที่ได้รับการรักษารากเมื่อยึดด้วยเรซินซีเมนต์สองชนิด. วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ 52(2002) : 2-9.

133. Gargiulo, A.W., Wentz, F.W., Orban, B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. J Periodont 32(1961) : 261-267.

134. Wheeler, R.C. Dental anatomy, physiology and occlusion. 5th ed. Philadelphia : WB Saunders, 1974.

135. Moyers, R.E. Handbook of orthodontics. 3rd ed. Chicago : Year Book Medical Publishers, 1997.

136. Harvey, T.E., White, J.T., Leeb, I.J. Lateral condensation stress in root canals. J Endod 7(1981) : 151-15.

137. Tjan, A.H., Nemetz, H. Effect of eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated posts luted with an adhesive composite resin cement. Quintessence Int 13(1992) : 839-844.

138. Pitts, D.L., Natkin, E. Diagnosis and treatment of vertical root fractures. J Endod 9(1983) : 338-346.

139. Phillips, R.W., Powers J.M.Skinner's science of dental materials. 9th ed. Philadelphia : W.B. Saunders,1991.

140. Chang, W-C., Millstein P.L. Effect of design of prefabricated post head on core materials. J Prosthet Dent 69(1993) : 475-482.

141. Craig, R.G. Restorative Dental Materials. 11th ed. St.Louis : C.V. Mosby, 2002.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก. แสดงค่าแรงต้านการแตกในแต่ละกลุ่มทดสอบ

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5
1	1010.417	428.577	601.242	378.732	371.896
2	1138.114	483.486	629.679	276.142	268.345
3	1193.597	448.828	667.956	300.478	299.875
4	1110.096	496.775	688.036	359.078	285.225
5	1072.033	490.111	708.902	336.332	220.627
6	1238.114	558.605	656.318	311.005	347.577
7	1195.063	418.776	589.129	268.869	240.985
8	1166.762	529.912	583.624	235.301	388.390
9	1020.807	482.398	689.658	319.958	263.950
10	1123.956	556.321	584.122	224.945	307.849
ค่าเฉลี่ย	1126.896	489.379	639.867	301.084	299.472
S.D.	75.501	48.741	48.380	50.414	55.358

ตาราง ข. สรุปรูปแบบการแตกในแต่ละกลุ่ม

กลุ่มที่	รูปแบบการแตก			
	แตกที่รากฟัน			แตกบริเวณแกนฟัน
	Coronal 1/3	Middle 1/3	Apical 1/3	
1	9	1	-	-
2	-	4	6	-
3	10	-	-	-
4	-	-	-	10
5	-	-	-	10

ตาราง ค.แสดงการกระจายตัวของข้อมูล

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		CONTROL	C	CCR	PCR	CFCR
N		10	10	10	10	10
Normal Parameters [a,b]	Mean	1126.8959	489.37491	639.86658	301.08398	299.47189
	Std. Deviation	75.50086	48.74340	48.38004	50.41431	55.38453
Most Extreme Differences	Absolute	.120	.143	.188	.104	.140
	Positive	.120	.140	.188	.104	.140
	Negative	-.112	-.143	-.140	-.095	-.107
Kolmogorov-Smirnov Z		.380	.452	.593	.329	.442
Asymp. Sig. (2-tailed)		.999	.987	.873	1.000	.990

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

จากตารางพบว่า

ค่าวิกฤตในกลุ่มที่ 1 (control) คือ Z < -1.998 หรือ Z > 1.998 แต่ค่า Z ที่คำนวนได้คือ 0.380 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงค่าวิกฤตดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานกล่าวคือการกระจายของข้อมูลในกลุ่มที่ 1 มีการกระจายแบบปกติ

ค่าวิกฤตในกลุ่มที่ 2 (C) คือ Z < -1974 หรือ Z > 1.974 แต่ค่า Z ที่คำนวนได้คือ 0.452 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงค่าวิกฤตดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานกล่าวคือการกระจายของข้อมูลในกลุ่มที่ 2 มีการกระจายแบบปกติ

ค่าวิกฤตในกลุ่มที่ 3 (CCR) คือ Z < -1.746 หรือ Z > 1.746 แต่ค่า Z ที่คำนวนได้คือ 0.593 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงค่าวิกฤตดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานกล่าวคือการกระจายของข้อมูลในกลุ่มที่ 3 มีการกระจายแบบปกติ

ค่าวิกฤตในกลุ่มที่ 4 (PCR) คือ Z < -2 หรือ Z > 2 แต่ค่า Z ที่คำนวนได้คือ 0.329 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงค่าวิกฤตดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานกล่าวคือการกระจายของข้อมูลในกลุ่มที่ 4 มีการกระจายแบบปกติ

ค่าวิกฤตในกลุ่มที่ 5 (CFCR) คือ Z < -1.99 หรือ Z > 1.99 แต่ค่า Z ที่คำนวนได้คือ 0.442 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงค่าวิกฤตดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานกล่าวคือการกระจายของข้อมูลในกลุ่มที่ 5 มีการกระจายแบบปกติ

ตาราง ง.แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA)

ANOVA

FORCE

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4670071	4	1167518	364.258	.000
Within Groups	144233.8	45	3205.195		
Total	4814305	49			

พบว่า ค่า P น้อยกว่า 0.01 ทำให้สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ. แสดงการทดสอบข้อมูลด้วยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแบบเชฟเฟ (Scheffe)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: FORCE

Scheffe

(I) GROUP	(J) GROUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	637.52100*	25.31875	.000	539.23432	735.80768
	3	487.02930*	25.31875	.000	388.74262	585.31598
	4	825.81190*	25.31875	.000	727.52522	924.09858
	5	827.42400*	25.31875	.000	729.13732	925.71068
2	1	-637.52100*	25.31875	.000	-735.808	-539.234
	3	-150.49170*	25.31875	.000	-248.778	-52.2050
	4	188.29090*	25.31875	.000	90.00422	286.57758
	5	189.90300*	25.31875	.000	91.61632	288.18968
3	1	-487.02930*	25.31875	.000	-585.316	-388.743
	2	150.49170*	25.31875	.000	52.20502	248.77838
	4	338.78260*	25.31875	.000	240.49592	437.06928
	5	340.39470*	25.31875	.000	242.10802	438.68138
4	1	-825.81190*	25.31875	.000	-924.099	-727.525
	2	-188.29090*	25.31875	.000	-286.578	-90.0042
	3	-338.78260*	25.31875	.000	-437.069	-240.496
	5	1.61210	25.31875	1.000	-96.67458	99.89878
5	1	-827.42400*	25.31875	.000	-925.711	-729.137
	2	-189.90300*	25.31875	.000	-288.190	-91.6163
	3	-340.39470*	25.31875	.000	-438.681	-242.108
	4	-1.61210	25.31875	1.000	-99.89878	96.67458

*. The mean difference is significant at the .01 level.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ฉ. สรุปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงต้านการแตกเชิงซ้อนแบบเชฟเฟ

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5
กลุ่มที่ 1		*	*	*	*
กลุ่มที่ 2	*		*	*	*
กลุ่มที่ 3	*	*		*	*
กลุ่มที่ 4	*	*	*		
กลุ่มที่ 5	*	*	*		

* คือกลุ่มทดลองคู่ที่มีค่าเฉลี่ยของแรงต้านการแตกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวลัดดาวัลย์ สัมพันธ์ศิริกุล สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต ในปี พ.ศ.2542 จากคณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นเข้ารับราชการตำแหน่งทันตแพทย์ ระดับ 4 ที่โรงพยาบาล ป่าโมก อ.ป่าโมก จ.อ่างทอง ต่อมาในปี พ.ศ. 2543 ย้ายไปรับราชการในตำแหน่งทันตแพทย์ ระดับ 5 ที่โรงพยาบาลอ่างทอง จ.อ่างทอง และในปี พ.ศ. 2544 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมประดิษฐ์ ที่คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย