



ความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด
เมื่อได้รับการเสริมความแข็งแรงด้วยเดือยเสมือนรากฟัน
FRACTURE RESISTANCE OF STIMULATED IMMATURE PERMANENT TEETH
WITH ANATOMIC POST

กฤติกา เจริญวุฒิลาภ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด
เมื่อได้รับการเสริมความแข็งแรงด้วยเดือยเสมือนรากฟัน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

FRACTURE RESISTANCE OF STIMULATED IMMATURE PERMANENT TEETH
WITH ANATOMIC POST



KRITTIKA CHAREONWUTILAP

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

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญาานิพนธ์

เรื่อง

ความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด

เมื่อได้รับการเสริมความแข็งแรงด้วยเดือยเสมือนรากฟัน

ของ

กฤติกา เจริญวุฒิลาภ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์จัตตชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ดร.ทพญ.จารุมา ศักดิ์ดี)

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทพ.วรรณณะ สัตตบรรณสุข)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ชินาลัย ปิยะชน)

ชื่อเรื่อง	ความต้านทานการแตกหักของพื้นจำลองสภาวะปลายรากพื้นเปิด เมื่อได้รับการเสริมความแข็งแรงด้วยเดือยเสมือนรากพื้น
ผู้วิจัย	กฤติกา เจริญวุฒิลาภ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.ทพญ. จารุมา ศักดิ์ดี

วัตถุประสงค์ : เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของพื้นจำลองสภาวะปลายรากพื้นเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันเปิดปลายรากพื้นด้วยโปรรูทเอ็มทีเอแล้วบรูณะด้วยเดือยเสมือนรากพื้นกับการอุดตลอดคลองรากพื้นด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับบรูณะด้วยเรซินคอมโพสิต วัสดุและวิธีการ : ใช้พื้นกรามน้อยล่างของมนุษย์ที่ถูกถอน 30 ซี่ กรอเตรียมให้เป็นพื้นจำลองสภาวะปลายรากพื้นเปิด แบ่งพื้นเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ กลุ่มที่ 1 ไม่ได้รับการอุดภายในคลองรากพื้น, กลุ่มที่ 2 ทำการสร้างแนวกันเปิดปลายรากพื้นด้วยโปรรูทเอ็มทีเอหนา 3 มิลลิเมตร ร่วมกับเดือยเสมือนรากพื้น และกลุ่มที่ 3 ทำการอุดตลอดคลองรากพื้นด้วยโปรรูทเอ็มทีเอและบรูณะด้วยเรซินคอมโพสิต ให้แรงกดซึ่งเป็นแรงคงที่ทำมุม 30 องศา กับแนวแกนพื้นบนตัวพื้นจนเกิดการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล บันทึกค่าแรงมากที่สุดซึ่งทำให้พื้นแตกหักในหน่วยนิวตันและวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ร่วมกับทดสอบโพสต์ฮอคด้วยวิธีของตุ๊กี ผลการศึกษา : การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของแรงกดที่ทำให้พื้นเกิดการแตกหักทางสถิติแสดงความแตกต่างระหว่างกลุ่ม จากการทดสอบโพสต์ฮอคพบว่ากลุ่มที่ 1 (721.43 ± 95.80 นิวตัน) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 ($1,115.01 \pm 101.50$ นิวตัน) และกลุ่มที่ 3 ($1,071.04 \pm 124.97$ นิวตัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การแตกหักของพื้นที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่อยู่ที่ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟพื้น โดยอยู่ในลักษณะเฉียงจากตัวพื้นไปสู่รากพื้น สรุป : การเสริมความแข็งแรงของพื้นปลายรากเปิดด้วยการใช้เดือยเสมือนรากพื้นหรือการอุดคลองรากพื้นด้วยโปรรูทเอ็มทีเอมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน โดยการแตกหักพบที่ระดับตัวพื้นและระดับ 1/3 ทางด้านคอฟพื้น

คำสำคัญ : พื้นที่มีการสร้างพื้นไม่สมบรูณ์, แนวกันเปิดปลายรากพื้น, การเสริมความแข็งแรงให้กับพื้น, เดือยเสมือนรากพื้น, โปรรูทเอ็มทีเอ, ความต้านทานการแตกหัก

Title	FRACTURE RESISTANCE OF STIMULATED IMMATURE PERMANENT TEETH WITH ANATOMIC POST
Author	KRITTIKA CHAREONWUTILAP
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Dr. Jaruma Sakdee

Objective: To compare the fracture resistance of simulated human immature teeth that had ProRoot® MTA as apical barriers and then restored with an anatomic post and filled in the entire root canal with ProRoot® MTA, then restored with composite resin. Materials and methods: Thirty extracted human mandibular premolars were prepared to be artificial immature teeth. They were randomly divided into three groups, 10 teeth each by the stratification size of the tooth. Group I – no root canal filling, Group II - 3 millimeters apical plug of ProRoot® MTA and anatomic post and Group III – entire root canal filled with ProRoot® MTA and composite restoration. The sample was subjected to static compression loads, 30 degrees to their long axis, until fractured under a Universal Testing Machine. The maximum force to fracture was recorded in Newtons and analyzed by One-Way ANOVA and Tukey's Honestly Significance Difference (HSD). Results: From the statistical analysis, the mean load to fracture was found to be different at a statistically significant level among the groups. Following the Post-hoc test showed that the load in Group I (721.43 ± 95.80 newtons) were statistically lower than Group II ($1,115.01 \pm 101.50$ newtons) and Group III ($1,071.04 \pm 124.97$ newtons). One-third of the cervical were shown in the major fracture point which were presented in an oblique fashion from crown through root direction. Conclusions: Reinforcement of immature teeth with anatomic post or entire root canal filling with ProRoot® MTA effectively increased fracture resistance with no differences. The common fracture level was found at the crown and one-third cervical of the root levels.

Keyword : Immature teeth, Apical barrier, Reinforcement, Anatomic post, ProRoot® MTA, Fracture resistance

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนงานวิจัย ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีได้เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ดร. ทพญ. จารุมา ศักดิ์ดี และ ผศ. ทพ. สุวิทย์ วิมลจิตต์ ผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยตระหนักถึงความทุ่มเทและตั้งใจของอาจารย์ที่มอบให้มาตลอด จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาเอนโดดอนต์ และคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ทุกท่านที่เมตตาสอนสั่ง ให้ความช่วยเหลือมาตลอดช่วงเวลาของการศึกษา รวมไปถึงบุคลากรประจำภาควิชาทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้การช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ให้เป็นไปอย่างราบรื่น ขอบพระคุณ นางกนกพร สุขยานันท์ ที่กรุณาช่วยเหลือในการใช้เครื่องทดสอบแรงสาก

ท้ายที่สุดขอขอบพระคุณบุพการี และบุคคลรอบข้างที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนในทุกช่วงเวลาของการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

กฤติกา เจริญวุฒิลดา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามงานวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
สมมติฐานการวิจัย.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ระยะการพัฒนาของรากฟัน.....	7
แนวคิดโมโนบล็อกในการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคงรากฟันแล้ว.....	9
การบูรณะฟันที่มีการเจริญของรากฟันไม่สมบูรณ์.....	10
เดือยฟันเสมือนรากฟัน (Anatomic post).....	14
เดือยฟันเส้นใย D.T. light post®.....	16
Multicore® Flow.....	17
รูปแบบการแตกหักของฟัน.....	18

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	20
การคัดเลือกพื้นที่ใช้ในการทดลอง.....	20
การเตรียมพื้นที่ใช้ในการทดลอง	20
การเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟัน (Intraradicular reinforcement)	24
การทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟัน.....	28
การวิเคราะห์ข้อมูล	31
บทที่ 4 ผลการศึกษา	32
ขนาดของฟันที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน	32
การทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟัน.....	33
การศึกษารูปแบบการแตกหักของฟัน	35
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	39
การอภิปรายผลการวิจัย	39
สรุปผลการวิจัย	45
ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	54
ประวัติผู้เขียน.....	59

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันเส้นใยและเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวสองทางที่ใช้ในการศึกษา	18
ตาราง 2 ขนาดฟัน (มิลลิเมตร) ในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ตำแหน่ง รอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน.....	32
ตาราง 3 ค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดเกิดการแตกหัก.....	33
ตาราง 4 ตารางแจกแจงความถี่แสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้น.....	36
ตาราง 5 ขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลาง ที่ระดับรอยต่อระหว่าง เคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน.....	55
ตาราง 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของแต่ละกลุ่ม.....	56
ตาราง 7 บันทึกค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก และตำแหน่งที่เกิดการแตกหักขึ้น	57
ตาราง 8 การทดสอบการแจกแจงของชุดข้อมูลด้วยการทดสอบชาร์ปีโร - วิลค์	58
ตาราง 9 การวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการ แตกหัก.....	58
ตาราง 10 การทดสอบภายหลังด้วยวิธีของตุกี (Tukey's Honestly Significance Difference) ..	58

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	5
ภาพประกอบ 2 การพัฒนาของของรากฟันจำเป็นตามภาพถ่ายรังสี	7
ภาพประกอบ 3 การแบ่งประเภทโมโนบล็อก	10
ภาพประกอบ 4 การเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันแท้ปลายรากเปิดที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้ ปลายรากฟันปิดด้วยเอ็มทีเอโดยวัสดุต่างๆ เช่น เอ็มทีเอ, เรซินคอมโพสิต หรือ เดือยฟัน	12
ภาพประกอบ 5 การลอกเลียนลักษณะทางกายภาพของคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับ เดือยฟันชนิดเส้นใย และลักษณะทางคลินิกและภาพรังสีของเดือยเสมือนรากฟัน	15
ภาพประกอบ 6 เดือยฟัน D.T. light post [®] ขนาดต่างๆ	17
ภาพประกอบ 7 Multicore [®] Flow	18
ภาพประกอบ 8 การกระจายความเค้นภายในเดือยฟันเส้นใย และโครงสร้างคอมโพสิต	19
ภาพประกอบ 9 ภาพรังสีของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด ก. ภาพรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ ลิ้น ข. ภาพรังสีในแนวใกล้กลางใกล้กลาง	21
ภาพประกอบ 10 แผงผังแสดงกระบวนการทดลอง	22
ภาพประกอบ 11 ภาพรังสีแสดงความหนาและคุณภาพของโปรรูทเอ็มทีเอของฟันในกลุ่มที่ 2 ก. ภาพรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพรังสีในแนวใกล้กลางใกล้กลาง	23
ภาพประกอบ 12 การใส่โปรรูทเอ็มทีเอในคลองรากฟัน ก. การสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันใน กลุ่มที่ 2 ข. การอุดตลอดคลองรากฟันในกลุ่มที่ 3	24
ภาพประกอบ 13 การทำเครื่องหมายบนเดือยฟันที่ระดับปุ่มฟันด้านแก้ม	24
ภาพประกอบ 14 การทำเครื่องหมายเพิ่มเติมบนเดือยฟันหลังเติมเรซินคอมโพสิตรอบเดือยฟัน ..	25
ภาพประกอบ 15 การเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟันในกลุ่มที่ 2	27
ภาพประกอบ 16 การอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอในกลุ่มที่ 3	27

ภาพประกอบ 17 การสร้างอวัยวะปริทัศน์จำลองโดยจุ่มรากฟันในซี่ฝังหลอมเหลว	28
ภาพประกอบ 18 การสร้างชิ้นงานบล็อคอะคริลิกเรซิน ก. ฟันซี่ฝังอยู่ในบล็อคเรซินอะคริลิก ข. ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ค. ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานในแนวใกล้กลางไกล กลาง.....	29
ภาพประกอบ 19 การทดสอบการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล	30
ภาพประกอบ 20 การยึดชิ้นตัวอย่างในแท่นโลหะเข้ากับเครื่องทดสอบแรงสากล โดยตั้งตำแหน่ง ชิ้นงานให้จุดที่ทำหลุมบนวัสดุเรซินคอมโพสิตตรงกับปลายของแท่งหัวกด ก. ภาพด้านหน้า ข. ภาพด้านข้าง	30
ภาพประกอบ 21 การแบ่งระดับที่เกิดการแตกหักของฟัน	31
ภาพประกอบ 22 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก	34
ภาพประกอบ 23 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก ของแต่ละ ชิ้นตัวอย่างในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง	35
ภาพประกอบ 24 การแตกหักของฟันที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือน- รากฟัน ที่เกิดขึ้นที่ระดับตัวฟัน ก. ภาพในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพในแนวใกล้กลางไกลกลาง	36
ภาพประกอบ 25 การแตกหักของฟันที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเฮอร์ร่วมกับ เรซินคอมโพสิต ที่เกิดขึ้นที่ระดับตัวฟัน ก. ภาพในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพในแนวใกล้กลาง ไกลกลาง	36
ภาพประกอบ 26 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน กับเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร	37
ภาพประกอบ 27 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน กับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร ก. ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบในบล็อคอะคริลิกเรซิน ข. ฟันซึ่ง เกิดการแตกหักหลังการทดสอบ	38
ภาพประกอบ 28 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน กับเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตร	38

ภาพประกอบ 29 แนวการแตกหักที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อให้แรงกระทำบนตำแหน่งและแนวแรง
กระทำที่กำหนด ก. เมื่อให้แรงทำมุม 30 องศา กับแนวแกนพื้น ข. เมื่อให้แรงทำมุม 45 องศา กับ
แนวแกนพื้น41



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การที่ฟันถูกรบกวนจากเหตุการณ์ต่างๆ ในช่วงระยะการสร้างรากฟัน เช่น การติดเชื้อของเนื้อเยื่อในจนวนนำไปสู่การตายของเนื้อเยื่อใน หรือการได้รับอุบัติเหตุ ส่งผลให้ฟันซี่นั้นเป็นฟันแท้ที่มีการสร้างรากฟันไม่สมบูรณ์ (Immature permanent teeth) มีลักษณะเป็นฟันที่ไม่มีจุดหยุดบริเวณปลายรากฟันหรือมีจุดเปิดปลายรากฟันกว้าง และมีเนื้อฟันบริเวณผนังคลองรากฟัน (Dentinal wall) บาง เมื่อโครงสร้างฟันมีความอ่อนแอลง ฟันจะมีความต้านทานการแตกหักน้อยลง และมีโอกาสเกิดการแตกหักจากการได้รับแรงที่มีขนาดน้อยลง เช่น จากแรงบดเคี้ยวหรือการบาดเจ็บเล็กน้อยเพิ่มมากขึ้น โดย Cvek ในปี 1992 (1) พบว่ามีโอกาสเกิดการแตกหักของฟันที่มีการสร้างรากฟันไม่สมบูรณ์มากถึงร้อยละ 61 โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ตำแหน่งคอฟัน (Cervical area) การแตกหักของฟันสามารถถูกพบได้มากขึ้นในฟันที่อยู่ในระยะการพัฒนาของรากฟันน้อยกว่า (1-3) จึงมีการค้นหาวิธีการบูรณะฟันที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟัน

แนวคิดในการเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน (Reinforcement) อาศัยหลักการเสริมความแข็งแรงขึ้นภายในคลองรากฟันด้วยวัสดุหรือวิธีการต่างๆ เพื่อให้ฟันซี่นั้นสามารถใช้งานและอยู่ภายในช่องปากได้เป็นระยะเวลานาน (4) วัสดุในอุดมคติที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันควรทำให้เกิดลักษณะที่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันขึ้นภายในคลองรากฟัน (Monoblock) รวมถึงมีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันและมีความอดหยุ่นของความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity) ที่เท่ากับเนื้อฟันบริเวณรากฟันอันจะทำให้การกระจายแรงภายในเนื้อฟันบริเวณรากฟันมีความทั่วถึง การตอบสนองหรือเคลื่อนที่เมื่อได้รับสิ่งกระตุ้นมีลักษณะที่ทุกองค์ประกอบเป็นหนึ่งเดียวกัน วัสดุดังกล่าวอาจเป็นได้ทั้งเดือยฟัน, วัสดุอุดคลองรากฟัน, วัสดุบูรณะฟัน, เรซินซีเมนต์หรือซีลเลอร์ (5-7)

วัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์เป็นวัสดุหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการอุดคลองรากฟันและมีคุณสมบัติเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้ฟันปลายรากเปิดได้ โดย Bayram และ Bayram ในปี 2016 (8) พบว่าทั้งเอ็มทีเอ แองเจลัส (MTA Angelus), ไบโอแอกกรีเกต (Bioaggregate) และไบโอเดนทีน (Biodentine) ต่างก็ทำให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดมีความต้านทานการแตกหักเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของภัทร และสุวิทย์ ในปี 2021 (9) ที่นำไปรื้อเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA) เอ็มทีเอแองเจลัส และเรโทรเอ็มทีเอ (Retro MTA) มาอุดตลอดคลองรากฟันมนุษย์ที่จำลองให้มีสภาวะปลายรากฟันเปิด เมื่อผ่านไป 1 เดือนพบว่าการอุดคลองรากฟันด้วย

วัสดุทั้งสามชนิดมีแนวโน้มทำให้ค่าความต้านทานการแตกหักของฟันเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ การอุดภายในคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชา

นอกจากนี้ยังมีการใช้เรซินคอมโพสิต, ซิลิเคอร์ชนิดต่างๆ และการใส่เดือยฟันเส้นใย (Fiber posts) ในการเสริมความแข็งแรงให้ฟัน (2, 8, 10-14) Linsuwanont และคณะ ในปี 2018 (14) พบว่าการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใย หรือเรซินคอมโพสิตในฟันจำลอง สภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ เป็นวิธีที่สามารถเพิ่มความต้านทานการแตกหักของฟันได้ โดยจะใช้ค่าแรงกดที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก น้อยกว่าฟันที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอซึ่งเป็นวิธีบูรณะที่ทำให้ฟันมีค่า ความต้านทานการแตกหักสูงสุดใกล้เคียงกับฟันปกติ

ปัจจุบันในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันมีการใช้เรซินคอมโพสิตมาเสริม รอบเดือยฟันเส้นใยให้เป็นเดือยเสมือนรากฟัน (Anatomic post) ซึ่งมีรูปร่างคล้ายช่องว่างของ คลองรากฟัน และได้รับการแนะนำให้นำมาใช้ในการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันที่มี ผังคลองรากฟันบางหรือคลองรากฟันกว้างผิดปกติที่มีลักษณะคลองรากฟันแบบผาย (15) เดือย เสมือนรากฟันสามารถช่วยเสริมความแข็งแรงของผนังคลองรากฟันและทำให้เพิ่มความต้านทาน ต่อการแตกหักของฟัน รวมทั้งเพิ่มการยึดอยู่ในคลองรากฟัน เนื่องจากการเสริมเดือยฟันเส้นใย สำเร็จรูปด้วยเรซินคอมโพสิตก่อนการยึดเดือยฟันเข้ากับคลองรากฟันด้วยซีเมนต์จะช่วยลดความ หนาของชั้นเรซินซีเมนต์ ลดช่องว่างและรูพรุนระหว่างเดือยฟันเส้นใยและคลองรากฟันที่อาจ เกิดขึ้น การใช้วัสดุที่มีความอดุลย์ยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันจะทำให้เกิดการรวมโครงสร้างของ วัสดุบูรณะกับเนื้อฟัน และลดโอกาสเกิดการแตกหักของรากฟัน อีกทั้งเมื่อเกิดความล้มเหลวขึ้นจะ เป็นรูปแบบที่สามารถทำการซ่อมแซมและบูรณะใหม่ต่อได้ (16-18) Brito-Junior และคณะ ในปี 2014 (16) พบว่าการบูรณะฟันด้วยเดือยฟันเส้นใย และการใช้เดือยฟันเส้นใยที่ได้รับการเสริม รูปร่างด้วยเรซินคอมโพสิต ร่วมกับเรซินซีเมนต์สามารถเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันที่ได้รับ การสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอ ได้มากกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชา ร่วมกับซิลิเคอร์ และการอุดตลอดความยาวของคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิต

ทั้งนี้การศึกษาที่เปรียบเทียบผลของการใช้เดือยเสมือนรากฟันในการเสริมความแข็งแรง ให้ฟันแท้ปลายรากเปิดกับวิธีการบูรณะภายในคลองรากฟันอื่นๆ ยังมีน้อย การศึกษาในครั้งนี้นี้จึงมี ความสนใจเปรียบเทียบความสามารถในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันของฟัน จำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอโดยการ ใช้ เดือยเสมือนรากฟัน กับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต

คำถามงานวิจัย

เดือยเสมือนรากฟันสามารถเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักของฟันแท้ปลายรากเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอได้แตกต่างกับการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันด้วยการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิตหรือไม่

ความสำคัญของการวิจัย

แม้การรักษาฟันแท้ปลายรากเปิดด้วยการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอจะเป็นวิธีที่มีอัตราความสำเร็จสูง แต่ก็ยังเป็นวิธีที่ไม่สามารถเพิ่มความหนาของผนังคลองรากฟันและเพิ่มความยาวของรากฟันได้ (19) โครงสร้างฟันยังคงมีความอ่อนแอ มีความต้านทานการแตกหักของฟันน้อยกว่าฟันที่มีการสร้างรากฟันสมบูรณ์ และมักเกิดการแตกหักในตำแหน่งคอฟัน (1-3) โดยอาจเกิดการแตกหักในระหว่างหรือภายหลังการรักษาได้ จึงจำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน (19) เพื่อให้ฟันสามารถคงอยู่ในช่องปากและสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน การเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน (Reinforcement) ใช้หลักการเสริมความแข็งแรงขึ้นภายในคลองรากฟันด้วยวัสดุที่มีการยึดติดกับเนื้อฟันและมีความอดุลย์ของความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันบริเวณรากฟันเพื่อให้มีการกระจายแรงหรือความเครียดภายในเนื้อฟันบริเวณรากฟันได้ดี ทุกองค์ประกอบมีลักษณะเป็นหนึ่งเดียวกัน (4-7)

ปัจจุบันมีการใช้เดือยฟันเสมือนรากฟันในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันที่มีผนังคลองรากฟันบาง มีรายงานการใช้เดือยเสมือนรากฟันในผู้ป่วยที่ฟันมีขนาดคลองรากฟันใหญ่ที่ประสบความสำเร็จหลังติดตามอาการ 1 ปี (20) วิธีนี้ช่วยลดช่องว่างและรูพรุนที่อาจเกิดขึ้นจากการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ (Polymerization shrinkage) ของชั้นเรซินซีเมนต์ซึ่งมีความหนา ส่งผลให้เพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักและเพิ่มการยึดอยู่ของเดือยฟัน อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ลดการเกิดช่องว่างและรูพรุนระหว่างเดือยฟันเส้นใยและคลองรากฟันอีกด้วย Silva และคณะในปี 2015 (21) พบว่าชั้นตัวอย่างซึ่งไม่มีรูพรุนในชั้นเรซินซีเมนต์จะมีการกระจายความเครียดอย่างสม่ำเสมอไปทั่วพื้นผิวของเนื้อฟันบริเวณรากฟัน ในขณะที่ชั้นตัวอย่างซึ่งมีรูพรุนเกิดขึ้นในชั้นเรซินซีเมนต์จะมีจุดรวมความเครียดเกิดขึ้นที่เนื้อฟันบริเวณรากฟันในตำแหน่งที่เกิดรูพรุนขึ้น การที่เดือยเสมือนรากฟันถูกสร้างขึ้นจากวัสดุที่มีมอดุลย์ยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน ทำให้เกิดการรวมโครงสร้างของวัสดุบูรณะกับเนื้อฟันและลดโอกาสเกิดการแตกหักของรากฟันได้ มีรูปแบบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะที่สามารถทำการซ่อมแซมและบูรณะใหม่ต่อได้อีกด้วย (16, 18) โดยการศึกษาที่ใช้เดือยเสมือนรากฟัน ในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันของฟัน

แต่ปลายรากเปิดนั้นยังมีน้อย การศึกษาในครั้งนี้จึงมีความสนใจเปรียบเทียบความสามารถในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันของฟันจำลองสภาวะปลายรากเปิดที่ได้รับการสร้างแนว-กันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอโดยใช้เดือยเสมือนรากฟัน กับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจของทันตแพทย์ในการเลือกวัสดุบูรณะฟันและวิธีการรักษาที่เหมาะสมให้ผู้ป่วยต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอแล้วบูรณะด้วยเดือยเสมือนรากฟันกับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเพิ่มความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการเสริมความแข็งแรงของฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post[®] ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®]) และการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรต้น คือ วัสดุที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงให้กับฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด ได้แก่
 - เดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post[®] ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®])
 - โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot[®] MTA)
2. ตัวแปรตาม คือ ค่าแรงกดที่ใช้ทดสอบจนทำให้ฟันเกิดการแตกหัก (บันทึกหน่วยเป็นนิวตัน) และตำแหน่งของการแตกหักของฟัน
3. ตัวแปรควบคุม คือ ขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น (Buccolingual) และแนวใกล้กลางไกลกลาง (Mesiodistal) ที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน, ความกว้างของคลองรากฟันและความยาวของรากฟันภายหลังการจำลองให้มีสภาวะปลายรากฟันเปิด และตำแหน่งกับทิศทางของแรงกดที่กระทำต่อฟัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ฟันที่มีการสร้างฟันไม่สมบูรณ์ (Immature teeth) หมายถึง ฟันที่มีการเจริญของรากฟันไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้มีความยาวของรากฟันสั้น ปลายรากฟันทู่ (Blunt end) และมีผนังคลองรากฟันบาง ปลายรากฟันมีลักษณะเป็นปลายรากเปิด (Open apex)
2. แนวกันปิดปลายรากฟันที่ถูกสร้างขึ้น (Artificial apical barrier) หมายถึง แนวกันที่สร้างจากวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตเพื่อสร้างเป็นจุดหยุดสำหรับทำงานบริเวณปลายรากฟัน
3. การเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน (Reinforcement) หมายถึง การใช้วัสดุหรือวิธีการใดภายในคลองรากฟัน เพื่อเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้โครงสร้างฟัน
4. เดือยเสมือนรากฟัน (Anatomic post) หมายถึง เดือยฟันที่สร้างขึ้นจากการนำเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปขนาดมาตรฐานมาเสริมด้วยเรซินคอมโพสิตให้มีรูปร่างคล้ายช่องว่างของคลองรากฟัน
5. ความต้านทานการแตกหัก (Fracture resistance) หมายถึง ความต้านทานต่อการแตกหักเมื่อให้แรงกระทำกับฟัน

กรอบแนวคิดการวิจัย

- ขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลาง ที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน
- ความกว้างของคลองรากฟันและความยาวของรากฟันภายหลังการจำลองให้มีสภาวะปลายรากฟันเปิด
- ตำแหน่งและทิศทางของแรงที่กระทำต่อฟัน

1. เดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post[®] ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®])
2. โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot[®] MTA) และเรซินคอมโพสิต

ค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ใช้ทดสอบจนทำให้ฟันเกิดการแตกหัก และตำแหน่งที่เกิดการแตกหักของฟันกรามน้อยล่างที่จำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานหลัก: การบูรณะฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอด้วยเดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post® ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT®) สามารถเพิ่มค่าแรงกดที่ใช้จนฟันเกิดการแตกหักให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดได้ไม่แตกต่างกับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต

สมมติฐานรอง: การบูรณะฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอด้วยเดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post® ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT®) สามารถเพิ่มค่าแรงกดที่ใช้จนฟันเกิดการแตกหักให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดได้แตกต่างกับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต



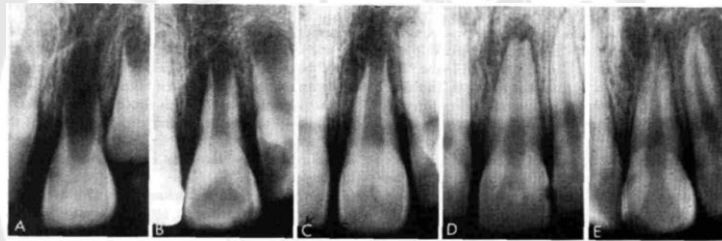
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระยะการพัฒนาของรากฟัน

Cvek ในปี 1992 (1) ได้จำแนกการพัฒนาของรากฟันเป็น 5 ระยะจากภาพถ่ายรังสี ดังภาพประกอบ 2 โดย A, B, C, D และ E คือ ระยะที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ดังนี้

- ระยะที่ 1 รากฟันมีความยาวน้อยกว่า 1/2 ของความยาวรากฟันที่สมบูรณ์
- ระยะที่ 2 รากฟันมีความยาว 1/2 ของความยาวรากฟันที่สมบูรณ์
- ระยะที่ 3 รากฟันมีความยาว 2/3 ของความยาวรากฟันที่สมบูรณ์
- ระยะที่ 4 ปลายรากฟันเปิด และมีความยาวของรากฟันเกือบสมบูรณ์
- ระยะที่ 5 ปลายรากฟันปิด และมีความยาวของรากฟันสมบูรณ์



ภาพประกอบ 2 การพัฒนาของของรากฟันจำแนกตามภาพถ่ายรังสี

ที่มา: จากการศึกษาของ Cvek ในปี 1992 (1)

การรักษาฟันแท้ที่มีการสร้างฟันไม่สมบูรณ์ซึ่งมีการติดเชื้อหรือเกิดการตายของเนื้อเยื่อในฟันมีความยากในการอุดคลองรากฟันเนื่องจากปลายรากฟันเปิดกว้าง ไม่มีจุดหยุดบริเวณปลายรากฟัน รวมถึงมีความท้าทายจากการที่ฟันผนังคลองรากฟันบาง ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกหักของฟันในระหว่างหรือภายหลังการรักษา และมีความท้าทายในการทำความสะอาดและตกแต่งรูปร่างของคลองรากฟันอีกด้วย ทางเลือกในการรักษาฟันแท้ที่มีการสร้างรากฟันไม่สมบูรณ์นี้มี 3 วิธี ได้แก่ การเหนี่ยวนำให้ปลายรากปิดด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Calcium hydroxide apexification), การสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอ (MTA apexification) และการทำให้มีเลือดมาเลี้ยงใหม่หรือรีวาสคูลาไรเซชัน (Revascularization) ซึ่งเป็นวิธีการรักษาที่ออกแบบมาเพื่อทำให้เกิดการพัฒนาของรากฟันต่อไป และทำให้โครงสร้างของรากฟันแข็งแรงมาก

ขึ้น หากการรักษาด้วยวิธีรากคูลาไรเซชันไม่ประสบความสำเร็จหรือไม่สามารถทำได้ การเหนี่ยวนำให้ปลายรากฟันปิดหรือการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันจะช่วยป้องกันการเกินออกนอกปลายรากฟันของวัสดุอุดคลองรากฟันได้ (19)

การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นยาที่ใส่ในคลองรากฟันสามารถทำให้เกิดการหายของเนื้อเยื่อบริเวณปลายรากฟัน มีการสร้างเนื้อเยื่อแข็งขึ้นบริเวณปลายรากฟัน (Apical calcification) เป็นจุดหยุดบริเวณปลายรากฟัน (Apical barrier) หรือเกิดการพัฒนาของรากฟันต่อได้ภายหลังสามเดือนของการรักษา (22) แต่จากการศึกษาของ Andreasen และคณะ ในปี 2002 (23) พบว่าการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันนานกว่า 30 วัน มีผลลดความแข็งแรงของรากฟันลง รากฟันมีความต้านทานต่อการแตกหักน้อยลง เมื่อได้รับแรงมักเกิดการแตกหักที่บริเวณคอฟัน

ต่อมาได้มีการใช้มีเนอรัล ไตรออกไซด์ แอวกกรีเกต หรือเอ็มทีเอ (Mineral trioxide aggregate: MTA) ในการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟัน (19) จากการศึกษาของ Jeeruphan และคณะ ในปี 2012 (19) พบว่าอัตราการรอดของฟันที่รักษาด้วยการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอสูงถึงร้อยละ 94.7 ซึ่งมากกว่าการรักษาด้วยการเหนี่ยวนำให้ปลายรากฟันปิดด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีอัตราการรอดของฟันร้อยละ 77.3 การสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอ (MTA apexification) นั้น มีกระบวนการรักษา 1 – 2 ขั้นตอน สามารถกดอัดวัสดุอุดคลองรากฟัน และบูรณะฟันส่วนตัวฟันต่อขึ้นมาได้ เป็นวิธีที่มีอัตราการสำเร็จสูงและสามารถลดจำนวนครั้งของการรักษาได้

ความหนาของวัสดุที่ใช้เป็นแนวกันปิดกันปลายรากฟัน (Apical barrier) ควรมีความหนาน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร เพื่อให้เกิดการผนึกบริเวณปลายรากฟัน (Apical seal) ที่ดี สามารถป้องกันความล้มเหลวจากการรั่วซึมของวัสดุที่อาจเป็นสาเหตุให้แบคทีเรียและผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษจากแบคทีเรียสามารถเข้ามาสู่คลองรากฟันได้ จากการศึกษาของ Bani และคณะ ในปี 2015 (24) ที่ได้ศึกษาการรั่วซึมบริเวณปลายราก (Apical microleakage) ของไบโอเดนทีน (Biodentine) และเอ็มทีเอ เมื่อใช้เป็นวัสดุปิดกันปลายรากฟัน โดยมีความหนาของวัสดุ 1, 2, 3 หรือ 4 มิลลิเมตร จากปลายรากฟัน พบว่าความสามารถในการผนึกบริเวณปลายรากฟันของทั้งสองวัสดุไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การใช้วัสดุที่มีความหนา 3 หรือ 4 มิลลิเมตร สามารถป้องกันการรั่วซึมบริเวณปลายรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ในขณะที่วัสดุที่มีความหนา 1 หรือ 2 มิลลิเมตร อาจมีประสิทธิภาพในการป้องกันการรั่วซึมบริเวณปลายรากฟันได้ไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ghorbanzadeh และคณะ ในปี 2014 (25) ได้ศึกษาความแนบสนิท

ขอบ (Marginal adaptation) ของวัสดุโปรรูทเอ็มทีเอ, ออโทเอ็มทีเอ และเรโทรเอ็มทีเอ ซึ่งใช้เป็นวัสดุอุดย้อนปลายรากฟันที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร พบว่าวัสดุทั้งสามชนิดเมื่อเก็บในน้ำยาฟอสเฟต - บัฟเฟอร์ ซาลีน (Phosphate – buffered saline solution: PBS) มีความแนบสนิทขอบที่ดีไม่แตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์หรือ 2 เดือน

นอกจากการเสริมความแข็งแรงที่กล่าวข้างต้น ยังมีวิธีอื่นอีก (26, 27) ได้แก่

1. การเสริมความแข็งแรงที่ส่วนรากฟัน (Root reinforcement)
2. การบูรณะฟันภายในตัวฟัน (Intracoronar restoration)
3. การบูรณะฟันภายนอกตัวฟัน (Extracoronar restorations)

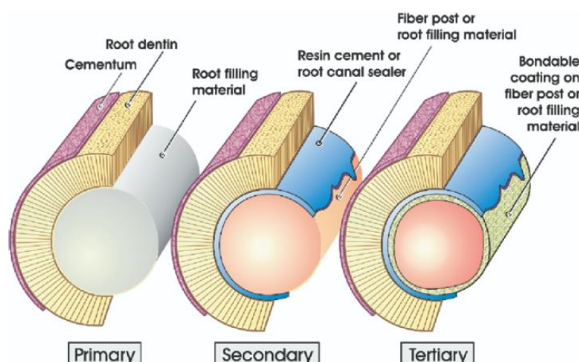
ซึ่งแต่ละวิธีจะเหมาะกับฟันในแต่ละรูปแบบ

แนวคิดโมโนบล็อกในการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันแล้ว

แนวคิดโมโนบล็อก คือ ความพยายามให้เกิดการประสานเสมือนเป็นหน่วยเดียวกันทางเชิงกลของฟันและวัสดุบูรณะ ด้วยการใช้วัสดุบูรณะที่สามารถยึดกันได้ดีและยึดติดกับเนื้อฟันได้อย่างสมบูรณ์ มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน เมื่อมีแรงกระทำต่อฟัน วัสดุจะมีการบิดตัวไปพร้อมกับเนื้อฟันทำให้มีการกระจายแรงที่เท่าๆ กัน (28)

Tay และ Pashley ในปี 2007 (6) ได้แบ่งประเภทโมโนบล็อกตามจำนวนของผิวสัมผัสระหว่างระบบยึดติด (Bonding) และวัสดุที่เป็นแกนกลาง (Core) ออกเป็น 3 ชนิด ดังภาพประกอบที่ 3 ได้แก่

1. โมโนบล็อกแบบปฐมภูมิ (Primary monoblock) จะมีผิวสัมผัสเพียงชนิดเดียวที่อยู่ระหว่างวัสดุและผนังคลองรากฟัน
2. โมโนบล็อกแบบทุติยภูมิ (Secondary monoblock) จะมีผิวสัมผัสสองลักษณะด้วยกัน ได้แก่ ผิวสัมผัสระหว่างเนื้อฟันกับซีเมนต์และผิวสัมผัสระหว่างซีเมนต์และวัสดุแกน เช่น การอุดคลองรากฟันที่มีวัสดุแกนและซีลเลอร์เป็นตัวประสาน หรือการใช้เดือยฟันร่วมกับซีเมนต์
3. โมโนบล็อกแบบตติยภูมิ (Tertiary monoblock) จะมีผิวสัมผัสสามลักษณะ ได้แก่ ระหว่างการยึดติดภายใน การยึดติดกับสารตั้งต้น และวัสดุที่เป็นหลัก เช่น เดือยฟันชนิดเส้นใย (Fiber post) ซึ่งมีซิลิเกตเคลือบที่ผิวด้านนอก (DT light SL,VDW GmbH, Munich, Germany) หรือเดือยฟันเส้นใยร่วมกับเรซินคอมโพสิต ที่มีลักษณะตามรูปร่างภายในคลองรากฟัน (Anatomic post)



ภาพประกอบ 3 การแบ่งประเภทโมโนบล็อก

ที่มา: จากการศึกษาของ Tay และ Pashley ในปี 2007 (6)

การใช้เดือยฟันและแกนฟันที่มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันยึดกับผนังคลองรากฟันจะเกิดการประสานเป็นหน่วยเดียวกัน (Homogenous unit) ของฟัน เดือยฟันและแกนฟัน เมื่อมีแรงมากระทำต่อฟันจะเกิดการถ่ายทอดแรงที่เท่าๆ กันในทุกบริเวณ ลดการสะสมแรงเค้นที่รากฟันและลดความเสี่ยงต่อการแตกหักของรากฟัน (28)

การบูรณะฟันที่มีการเจริญของรากฟันไม่สมบูรณ์

ฟันที่มีการสร้างรากฟันไม่สมบูรณ์มีความเสี่ยงที่จะเกิดการแตกหักของฟันสูงกว่าฟันที่มีการเจริญของรากฟันสมบูรณ์ จึงได้มีการใช้เทคนิคต่างๆ ในการเสริมความแข็งแรงให้กับฟัน (Reinforcement) ซึ่งแนวคิดนี้ได้อาศัยหลักการเสริมความแข็งแรงให้กับสิ่งนั้นๆ ด้วยวัสดุหรือตัวเสริม (Support) ในกรณีของภายในคลองรากฟัน หมายถึง การเพิ่มความแข็งแรงให้กับฟัน เพื่อให้ฟันนั้นสามารถใช้งานและอยู่ภายในช่องปากได้เป็นระยะเวลาานาน (4) วัสดุในอุดมคติที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันควรมีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันบริเวณรากฟันและมอดุลัสของความยืดหยุ่นที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟันบริเวณรากฟัน (7) การทำให้เกิดลักษณะโมโนบล็อกนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับคลองรากฟันได้ การเลือกใช้วัสดุใดก็ตาม ได้แก่ วัสดุที่เป็นเดือยฟัน, วัสดุอุดคลองรากฟัน, เรซินซีเมนต์ หรือซิลิเลอ์ในคลองรากฟันที่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่เท่ากับเนื้อฟันบริเวณรากฟันจะทำให้การกระจายแรงภายในเนื้อฟันบริเวณรากฟันมีความทั่วถึง เกิดเป็นลักษณะที่ทุกองค์ประกอบเป็นหนึ่งเดียวกัน (5, 6) และช่วยป้องกันการเกิดจุดรวม

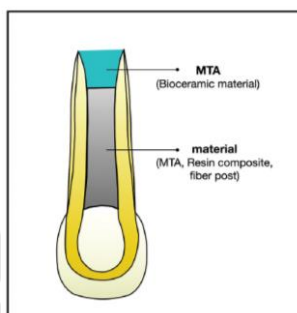
ความเครียดไปที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างวัสดุและเนื้อฟันอันจะส่งผลให้เกิดการหลุด (Debonding) ของวัสดุตามมา (29)

เนื้อฟันปกติจะมีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 14 – 18.6 จิกะปาสคาล (Gpa) หรือ 14,000 – 18,600 เมกะปาสคาล (MPa) ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและการเรียงตัวของท่อเนื้อฟัน (6, 30) ในขณะที่วัสดุบูรณะฟันหลังส่วนใหญ่มีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นที่คล้ายกับเนื้อฟัน 12,000 – 16,000 เมกะปาสคาล แต่กัตตาเพอร์ชามีค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเพียง 77 เมกะปาสคาล เท่านั้นจึงไม่สามารถเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันได้ (29) เอ็มทีเออาจเป็นวัสดุหนึ่งที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้คลองรากฟันได้ โดยพอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะมีค่ามอดุลัสของการบีบอัด (Compressive elastic modulus) ในช่วงแรกของการก่อตัวประมาณ 1.7 จิกะปาสคาล (1,700 เมกะปาสคาล) เมื่อผ่านไป 14 วัน ค่ามอดุลัสของการบีบอัดของพอร์ตแลนด์ซีเมนต์จะเพิ่มเป็น 15 จิกะปาสคาล (15,000 เมกะปาสคาล) ถึง 30 จิกะปาสคาล (30,000 เมกะปาสคาล) ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างน้ำและผงซีเมนต์ หากปริมาณซีเมนต์มากค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นจะเพิ่มมากขึ้น (6) เช่นเดียวกับเดือยฟันชนิดเส้นใยแก้ว (Glass fiber post) ซึ่งมีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นที่ใกล้เคียงกับเนื้อฟัน (31) การรวมความเครียดไปที่เนื้อฟันจึงน้อย (6) Mezzomo และคณะในปี 2011 (32) พบว่าจากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน เป็นบริเวณที่มีความเครียดมากที่สุดเมื่อได้รับแรงกระทำทั้งในฟันปกติและฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน การใส่เดือยฟันเส้นใยร่วมกับการสร้างแกนฟันด้วยวัสดุเรซินคอมโพสิตและใส่ครอบฟันชนิดพอร์ซเลนในฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันที่มีรูปร่างคลองรากฟันผายจะมีผลให้ความเครียดที่บริเวณเนื้อฟันบริเวณรากฟัน (Radicular dentin) ลดลง โดยไม่พบการกระจายความเครียดภายในชั้นของซีเมนต์ จากการศึกษาี้สรุปได้ว่าการใช้เดือยฟันและซีเมนต์ที่มีคุณลักษณะทางกายภาพคล้ายกับเนื้อฟัน และการเพิ่มความหนาของชั้นซีเมนต์ทำให้ฟันมีพฤติกรรมทางกายภาพและสรีรวิทยาคล้ายฟันปกติ

ภายหลังการเหนี่ยวนำให้ปลายรากปิดในฟันที่มีการสร้างรากฟันไม่สมบูรณ์แล้ว ปัจจุบันได้มีการพยายามเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันด้วยวัสดุหรือวิธีการต่างๆ เพื่อให้ฟันเหล่านี้สามารถรับแรงที่เพิ่มมากขึ้นได้ ส่งผลให้ลดความเสี่ยงต่อการแตกหักและสามารถทำหน้าที่ภายในช่องปากได้นานมากขึ้น ตัวอย่างวิธีการหรือวัสดุที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟัน ดังภาพประกอบ 4 ได้แก่ (27)

1. Resin – modified glass ionomer (RMGI)
2. เรซินคอมโพสิต (Composite resin)

3. ระบบเดือยฟันต่างๆ (Post systems) เช่น เดือยฟันเส้นใย (Fiber post)
4. วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิก (Bioceramics) หรือ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate) เช่น เอ็มทีเอ, ไบโอเดนทิน และไบโอแอกกรีเกท



ภาพประกอบ 4 การเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันแท้ปลายรากเปิดที่ได้รับการเห็นย่นำให้ปลายรากฟันปิดด้วยเอ็มทีเอโดยวัสดุต่างๆ เช่น เอ็มทีเอ, เรซินคอมโพสิต หรือ เดือยฟัน

ที่มา: จากการศึกษาของ เอธิส และคณะ ในปี 2019 (27)

มีการศึกษาจำนวนมาก (2, 8, 10-14) ที่พยายามค้นหาว่าวัสดุใดที่สามารถเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันได้มากที่สุด โดยให้ความสนใจกับค่าความต้านทานการแตกหักในฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด ซึ่งแต่ละการศึกษาจะมีความแตกต่างกันในเรื่องวิธีการอุดคลองรากฟัน, การเลือกฟัน, การจำลองฟันแท้ปลายรากเปิด, วิธีเตรียมกลุ่มทดลอง และทิศทางของแรงที่ให้กับฟันในระหว่างการทดสอบการแตกหักของฟัน (8) จากการวิเคราะห์ความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการเสริมความแข็งแรงด้วยวัสดุบูรณะฟันในรูปแบบต่างๆ ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามมิติโดย Ron และคณะ ในปี 2017 (3) ได้ใช้เอ็มทีเอและไบโอเดนทินในการบูรณะฟันร่วมกับเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและแสง (Dual - cure composite resin) ในการศึกษาใช้ฟันตัดหน้าซี่กลางจำลองให้เกิดสภาวะฟันปลายรากเปิดเป็นต้นแบบของฟันในกลุ่มทดลองต่างๆ แบ่งการทดลองออกเป็นการสร้างแนวกันปลายรากฟันที่มีความหนา 4 มิลลิเมตร ด้วยเอ็มทีเอหรือไบโอเดนทิน แล้วบูรณะส่วนที่เหลือด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวสองทาง กับกลุ่มที่อุดตลอดความยาวรากฟัน 8.5 มิลลิเมตรด้วยเอ็มทีเอ หรือไบโอเดนทิน แล้วบูรณะส่วนที่เหลือด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวสองทาง พบว่ากลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยไบโอเดนทินเป็นแนวกันปิดปลายรากฟันหนา 4 มิลลิเมตร ร่วมกับคอมโพสิต-เรซินชนิดบ่มตัวสองทางมีความต้านทานต่อการแตกหักมากที่สุดเมื่อได้รับความเครียด

นอกจากนี้ Bayram และ Bayram ในปี 2016 (8) ได้ใช้เอ็มทีเอ, ไบโอแอกกรีเกต (Bioaggregate) และไบโอเดนทีน (Biodentine) ในการอุดคลองความยาวของรากฟันจำลอง สภาวะปลายรากฟันเปิด พบว่าวัสดุทั้งสามชนิดสามารถเพิ่มความแข็งให้ฟันแท้ปลายรากฟันเปิดได้ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเอ็มทีเอมีค่าความต้านทานการแตกหักสูงสุด ตามด้วยไบโอแอกกรีเกต และไบโอเดนทีนตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุทั้งสามชนิดมี องค์ประกอบและโครงสร้างที่คล้ายกัน เช่นเดียวกับการศึกษาของภัทร และสุวิทย์ ในปี 2021 (9) ที่ได้ทำการศึกษาความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะฟันปลายรากฟันเปิดที่ได้รับการอุด คลองคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ เอ็มทีเอเองเจลลัส และเรโทรเอ็มทีเอ ในฟันกรามน้อยล่าง เปรียบเทียบกับการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชา ผลการศึกษาพบว่า เมื่อผ่านไป 1 เดือน ฟัน ที่อุดคลองรากฟันด้วยวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ทั้งสามชนิดดังกล่าวมีแนวโน้มที่ค่า ความต้านทานการแตกหักของฟันเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรอุดคลองรากฟันด้วยกัตตา- เพอร์ชา โดยการอุดภายในคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ เอ็มทีเอเองเจลลัส และเรโทรเอ็มทีเอ มีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชาอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ โดยการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ทั้งสามชนิดให้ผลต้านทาน ต่อการแตกหักของฟันที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้รูปแบบการแตกหักภายหลัง การให้แรงต่อฟันที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปแบบเฉียงลงสู่รากฟัน โดยพบว่าระดับของการแตกหักจะอยู่ที่ บริเวณรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน, บริเวณ 1/3 ทางด้านคอฟัน (Cervical one third) หรือ 1/3 ระดับกึ่งกลาง (Middle one third) ของรากฟัน อย่างไรก็ตามเอ็มทีเอไม่มี ความสามารถในการเกิดการยึดติดกับเนื้อฟัน มีความทนแรงดึงต่ำ และสามารถจัดการได้ยาก มี ระยะเวลาก่อตัวนาน และอาจทำให้ฟันเปลี่ยนสี เอ็มทีเอจึงอาจเป็นวัสดุที่ไม่เหมาะสมในการนำมา เสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟัน (7)

Tanalp และคณะ ในปี 2012 (12) ได้เปรียบเทียบการใช้ซีลเลอร์ชนิดต่างๆ ทั้ง Methacrylate – based sealer และ MTA – based sealer ในการเพิ่มความต้านทานการแตกหัก ในฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดซึ่งได้รับการอุดบริเวณปลายรากฟันด้วยเองเจลลัส ไวท์ เอ็มทีเอ (Angelus white MTA) หนา 4 – 5 มิลลิเมตร ตามด้วยการอุดคลองรากฟันส่วนที่เหลือ ด้วยเทคนิค Lateral condensation โดยใช้กัตตาเพอร์ชาร่วมกับเอเอช พลัส (AH plus), เมตาซีล (MetaSEAL) หรือเอ็มทีเอ ฟิลลาเปก (MTA Fillapex) และใส่เดือยฟันเส้นใยแก้วร่วมกับเรซิน ซีเมนต์ (Unicore™ posts กับ PermaFlo DC) พบว่าวัสดุทุกชนิดที่นำมาศึกษาสามารถเพิ่มความ ต้านทานการแตกหักของฟันได้ โดยการใช้ Unicore™ posts มีค่าความต้านทานการแตกหัก

สูงสุด ต่อมา Linsuwanont และคณะ ในปี 2018 (14) พบว่าภายหลังการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอในฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด การเสริมความแข็งแรงของฟันด้วยเอ็มทีเอ, เดือยฟันชนิดเส้นใย หรือเรซินคอมโพสิตสามารถเพิ่มความต้านทานการแตกหักของฟันได้ โดยการอุดตลอดความยาวของคลองรากฟันด้วยเอ็มทีเอมีค่าความต้านทานการแตกหักสูงสุดใกล้เคียงกับฟันปกติ แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้เรซินคอมโพสิตซีเมนต์ ทั้งนี้ลักษณะการแตกหักของฟันอาจเป็นเส้นในแนวขวาง หรือแนวเฉียงผ่านบริเวณคอฟันของรากฟัน โดยพบว่า 4 จาก 10 ซี่ของกลุ่มที่ใช้เดือยฟันชนิดเส้นใยมีการแตกหักของฟันในแนวเฉียงซึ่งมีขอบเขตจากบริเวณคอฟันไปถึงระดับ 1/3 ของรากฟัน ซึ่งเป็นการแตกหักอันไม่พึงประสงค์หรือไม่สามารถบูรณะต่อได้

Deutsch และคณะ ในปี 1985 (33) พบว่าการใช้เดือยฟันชนิดโลหะในการบูรณะฟันที่มีคลองรากฟันแบบผายทำให้เกิดการแตกหักที่ไม่พึงประสงค์ เช่น เกิดการแตกหักที่บริเวณปลายรากฟัน (Apical root fracture) หรือ การแตกหักที่ส่วนตัวฟันซึ่งมีขอบเขตครอบคลุมถึงบริเวณกึ่งกลางฟัน ในขณะที่การบูรณะฟันที่มีคลองรากฟันกว้างด้วยเดือยฟันเส้นใยอาจเหลือช่องว่างขนาดใหญ่และระหว่างเดือยฟันและผนังคลองรากฟัน ทำให้ความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเดือยฟันหนา ส่งผลให้ความแข็งแรงของวัสดุบูรณะลดลงได้ (15) การใช้คอมโพสิตชนิดบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและแสงในการเสริมความแข็งแรงให้รากฟันที่อ่อนแอในฟันปลายรากเปิดอาจพบปัญหาจากการหดตัวจากปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ได้ เนื่องจากในคลองรากฟันเป็นบริเวณที่มีปัจจัยซี (C – factor) สูง ปริมาณการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of conversion) โดยส่วนมากจะขึ้นอยู่กับกาได้รับแสงเพื่อให้เกิดการก่อตัวของวัสดุ (Light curing) (7)

เดือยฟันเสมือนรากฟัน (Anatomic post)

ศศิธร และธีรชัย ในปี 2013 (15) ได้แนะนำวิธีการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันและมีผนังคลองรากฟันบางหรือคลองรากฟันกว้างผิดปกติ ทำให้เกิดลักษณะคลองรากฟันแบบผายไว้ว่า การเสริมความแข็งแรงของผนังคลองรากฟันและลดความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์จะช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักและเพิ่มการยึดอยู่ ดังนั้นการบูรณะโดยใช้เดือยเสมือนรากฟันจึงช่วยในการเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ลดการเกิดช่องว่างและรูพรุนระหว่างเดือยฟันเส้นใยและคลองรากฟัน อีกทั้งยังใช้วัสดุที่มี modulus ของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน จึงทำให้เกิดการรวมโครงสร้างของวัสดุบูรณะและเนื้อฟัน ทำให้ลดโอกาสเกิดการแตกหักของรากฟัน และรูปแบบความล้มเหลวที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะที่สามารถทำการซ่อมแซมและบูรณะได้

จากการศึกษาของ Kim และคณะ ในปี 2010 (7) พบว่าการใช้เดือยฟันร่วมกับเรซินคอมโพสิตในฟันจำลองสภาวะปลายรากเปิดมีค่าความแข็งแรงการแตกหักสูงกว่าการใช้กัตาเพอร์ชาเพียงอย่างเดียวโดยไม่ใส่เดือยฟัน ทั้งนี้การใช้เดือยฟันซึ่งมีการขึ้นรูปร่างเองกับการใช้เดือยฟันชนิดเส้นใยแก้วขนาดมาตรฐานร่วมกับเรซินซีเมนต์หรือเรซินคอมโพสิตมีค่าความแข็งแรงการแตกหักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การใช้เดือยฟันสามารถเสริมความแข็งแรงให้รากฟันได้ โดยไม่ขึ้นกับกับขนาดและชนิดของเดือยฟัน

ต่อมา Brito - Junior และคณะ ในปี 2014 (16) ได้ประเมินความต้านทานต่อการแตกหักและการกระจายความเครียดในฟันตัดหน้าของวัวที่ได้รับการจำลองสภาวะฟันปลายรากฟันเปิดซึ่งได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอและบูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต, เดือยฟันเส้นใย หรือเดือยฟันเส้นใยที่ได้รับการเสริมรูปร่างด้วย เรซินคอมโพสิต (Relined fiber posts) พบว่าการใช้เดือยฟันเส้นใยหรือเดือยฟันเส้นใยที่ได้รับการเสริมรูปร่างด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับเรซินซีเมนต์มีค่าความต้านทานต่อการแตกหักสูงสุด นั่นคือ ต้องใช้แรงกดขนาด 2,175.1 นิวตัน หรือ 2,230.1 นิวตัน ตามลำดับ จึงสามารถทำให้ฟันแตกหักได้ ทั้งสองวิธีนี้มีความต้านทานต่อการแตกหักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การใช้กัตาเพอร์ชาในการบูรณะฟันมีความต้านทานต่อการแตกหักต่ำที่สุดเช่นเดียวกับการใช้เรซินคอมโพสิต คือ ต้องใช้แรงกดขนาด 1,649.9 นิวตัน หรือ 1,856.1 นิวตัน ตามลำดับ ฟันจึงเกิดการแตกหักขึ้น ลักษณะการแตกหักของฟันที่เกิดขึ้นอยู่ที่ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟันและระดับ 1/3 ของกึ่งกลางรากฟัน

Chandekar และคณะ ในปี 2018 (20) ได้ใช้เดือยฟันเส้นใยร่วมกับเรซินคอมโพสิตในการลอกเลียนลักษณะของคลองรากฟัน (Anatomic post) ดังภาพประกอบที่ 5 เพื่อบูรณะในผู้ป่วยที่ฟันหน้าบนแตกหักทะลุถึงเนื้อเยื่อในฟัน (Complicated crown fracture) ทำให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อในฟันขึ้น และติดตามอาการผู้ป่วยหลังการรักษา 3 สัปดาห์ พบว่าการรักษาประสบความสำเร็จ



ภาพประกอบ 5 การลอกเลียนลักษณะทางกายภาพของคลองรากฟันด้วยเรซินคอมโพสิตร่วมกับเดือยฟันชนิดเส้นใย และลักษณะทางคลินิกและภาพรังสีของเดือยเสมือนรากฟัน

ที่มา: จากการศึกษาคณะ Chandekar และคณะ ในปี 2019 (20)

เดือยฟันเส้นใย D.T. light post®

เป็นระบบเดือยฟันเส้นใยที่สร้างขึ้นจากเส้นใยควอทซ์ที่เรียงตัวในทิศทางเดียวซึ่งถูกหุ้มด้วยเรซินเมทริกซ์ มีความที่บร้งดี โปร่งแสง และสามารถส่งผ่านแสงได้ เดือยฟันชนิดนี้ถูกออกแบบมาให้มีความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural strength) 1,800 – 2,000 เมกะปาสคาล (MPa), มีค่าความต้านทานแรงเฉือนที่ปรากฏสูงสุดระหว่างชั้นเท่ากับ 65 - 70 เมกะปาสคาล และมีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นของเนื้อฟัน (มีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นที่มุม 30 องศาเท่ากับ 15 จิกะปาสคาล (GPa)) มอดุลัสที่น้อยจะกระจายความเครียดมากกว่าที่จะส่งผ่านความเครียดแล้วรวมความเครียดไปที่โครงสร้างรากฟันที่เหลือ ดังเช่นในเดือยฟันโลหะ เดือยฟันชนิดนี้สามารถใช้ร่วมกับวัสดุชนิดบ่มตัวด้วยแสงหรือบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและแสงและระบบยึดติดได้ เดือยฟันชนิดนี้จะเกิดพันธะยึดติดกับโครงสร้างฟันและคอมโพสิตที่สร้างเป็นแกนกลาง คำว่า D.T. ย่อมาจาก Double taper มีความหมายถึงรูปร่างของเดือยฟันที่เอื้อให้อนุรักษ์โครงสร้างฟันไว้ นอกจากนี้เดือยฟันสามารถรื้อออกได้หากจำเป็นต้องมีการรักษารากฟันซ้ำ ทางบริษัทผู้ผลิตแนะนำไม่ให้สัมผัสเดือยฟันด้วยมือโดยตรง เนื่องจากน้ำมันจากผิวหนังจะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงในการยึดติด (Bond strength) ของเดือยฟัน การสัมผัสกับเดือยฟันควรสวมถุงมือทุกครั้งหรือใช้คีม (Forceps) ในการหยิบจับ D.T. light post มี 4 ขนาดให้เลือกใช้งาน ดังภาพประกอบ 6 ได้แก่ (34, 35)

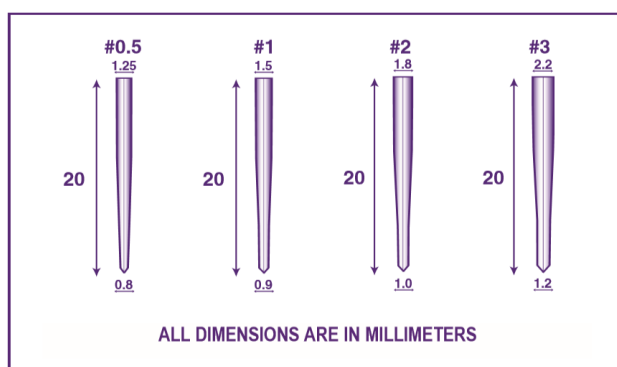
- ขนาด 0.5 เดือยฟันมีสีดำ เส้นผ่านศูนย์กลางของเดือยฟันด้านปลายราก เท่ากับ 0.8 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.25 มิลลิเมตร บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในฟันตัดล่างซี่กลาง, ฟันตัดล่างซี่ข้าง หรือตำแหน่งฟันอื่นที่ขนาดมีความเหมาะสม

- ขนาด 1 เดือยฟันมีสีแดง เส้นผ่านศูนย์กลางของเดือยฟันด้านปลายราก เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในฟันตัดล่างซี่กลาง, ฟันตัดล่างซี่ข้าง, คลองรากฟันด้านใกล้กลางหรือด้านไกลกลางของฟันกรามบน, ฟันกรามน้อยบนและล่าง หรือ คลองรากฟันด้านใกล้กลางของฟันกรามล่าง

- ขนาด 2 เดือยฟันมีสีเหลือง เส้นผ่านศูนย์กลางของเดือยฟันด้านปลายราก เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 1.8 มิลลิเมตร บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในฟันตัดบนซี่ข้าง, คลองรากฟันด้านไกลกลางของฟันกรามล่าง, คลองรากฟันด้านเพดานของฟันกรามบน หรือฟันเขี้ยวบนและล่าง

- ขนาด 3 เดือยฟันมีสีน้ำเงิน เส้นผ่านศูนย์กลางของเดือยฟันด้านปลายราก เท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางด้านตัวฟัน เท่ากับ 2.2 มิลลิเมตร บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้

ในฟันตัดบน, ฟันเขี้ยวบน, คลองรากฟันด้านใกล้กลางของฟันกรามล่าง, คลองรากฟันด้านเพดานของฟันกรามบน และคลองรากฟันที่ใหญ่หรือกว้าง

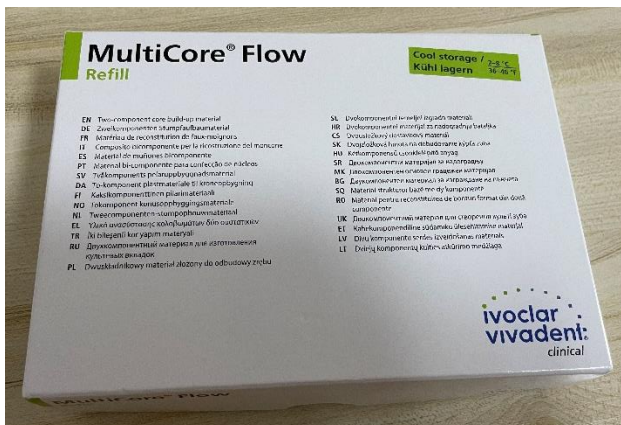


ภาพประกอบ 6 เดือยฟัน D.T. light post® ขนาดต่างๆ

ที่มา : https://www.bisco.com/assets/1/22/D.T._Light-Post_English.pdf

Multicore® Flow

Multicore® Flow ดังภาพประกอบที่ 7 เป็นวัสดุเรซินคอมโพสิตสำหรับก่อแกนฟัน (Core build up) สำหรับฟันที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมถึงสามารถใช้เป็นสารยึดติดเดือยฟันเส้นใยแก้วที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงให้คลองรากฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟัน (Glass fiber – reinforced endodontic posts) ซึ่งบ่มตัวด้วยปฏิกิริยาเคมีและแสง (Dual – cure composite resin) มีส่วนประกอบของฟลูออไรด์ และมีคุณสมบัติที่บร้งดี บรรจุภัณฑ์อยู่ในรูปแบบหลอดคู่แบบมีปลายหลอดเป็นแบบผสมในตัว มีระยะเวลาทำงาน 90 – 120 วินาที ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (36) สามารถบ่มตัวด้วยแสง (Light – cured) เมื่อฉายแสง 40 วินาที หรือสามารถบ่มตัวด้วยตัวเอง (Self 0 cured) ที่ระยะเวลา 4 – 5 นาที เมื่อใช้ในลักษณะบ่มตัวสองทางจะมีความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural strength) 135 เมกะปาสคาล มีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่น 9,000 เมกะปาสคาล มีความแข็งแรงต่อการกดอัด (Compressive strength) 250 เมกะปาสคาล (37)



ภาพประกอบ 7 Multicore® Flow

ตาราง 1 ส่วนประกอบของเดือยฟันเส้นใยและเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวสองทางที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุ	บริษัท	ส่วนประกอบ
D.T. light post®	Bisco Inc., Schaumburg, IL USA	เส้นใยควอทซ์ (Quartz fibers) ในเรซินเมทริกซ์ (Resin matrix)
MultiCore® Flow	Ivoclar Vivadent, Lienchtenstein, German	Monomer matrix: Dimethacrylate (29 wt%) Inorganic fillers: Barium glass, Ytterbiumtrifluoride, Ba – Al – fluorosilicate glass and highly dispersed silicon dioxide (70 wt%) Additional contents: Catalysts, stabilizers and pigments (1 wt%)

รูปแบบการแตกหักของฟัน

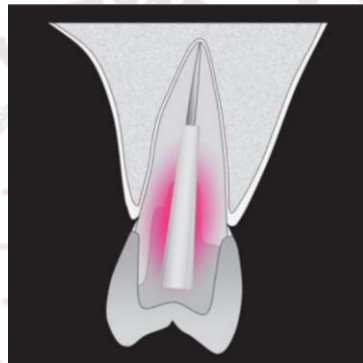
การศึกษารูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น (32, 38, 39)

1. รูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันต่อได้ ซึ่งได้แก่ ความล้มเหลวจากระบบยึดติดของวัสดุที่นำมาบูรณะ (Adhesive failures), การเกิดความล้มเหลวของการยึดติดด้วยซีเมนต์ระหว่างเดือยฟันกับเนื้อฟัน (Adhesive failures) และการแตกหักที่เกิดขึ้นเหนือระดับของสันกระดูกที่จำลองขึ้นในการทดสอบ

2. รูปแบบการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะฟันต่อได้ และนำไปสู่การถอนฟัน ซึ่งหมายถึงการแตกหักของรากฟันในแนวตั้ง (Vertical root fracture) และการแตกหักที่ระดับต่ำกว่าระดับของสันกระดูกที่จำลองขึ้น ซึ่งอาจเป็นการแตกหักในแนวเฉียงหรือแนวขวางที่ระดับที่ระดับ 1/3 ของกึ่งกลางหรือปลายรากฟัน

รูปแบบการแตกหักภายหลังการบูรณะฟันเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพิจารณาเลือกชนิดของวัสดุที่จะใช้ในการบูรณะ เพราะจะมีผลต่อการตัดสินใจในอนาคตว่าหากฟันชิ้นนั้นเกิดการแตกหักขึ้นภายหลังการรักษาจะสามารถบูรณะต่อได้หรือจำเป็นต้องถอนฟันเนื่องจากไม่สามารถบูรณะต่อได้ (17)

การบูรณะคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใย ซึ่งใช้ซีเมนต์ซึ่งมีส่วนประกอบของคอมโพสิตในการยึดเดือยฟัน จะทำให้มีการกระจายความเค้น (Stress distribution) ของเดือยฟันเส้นใยและส่วนประกอบของคอมโพสิตกับโครงสร้างฟันเมื่อได้รับแรงสะสมอยู่รอบเดือยฟันที่ตำแหน่งคอฟันเป็นหลัก ทำให้แนวโน้มของรูปแบบการแตกหักที่เกิดขึ้นมักเป็นแบบที่สามารถบูรณะฟันต่อได้ ลดโอกาสเกิดการแตกหักของรากฟันที่ไม่สามารถรักษาได้ ดังภาพประกอบที่ 8 (40)



ภาพประกอบ 8 การกระจายความเค้นภายในเดือยฟันเส้นใย และโครงสร้างคอมโพสิต

ที่มา : จากการศึกษาของ Dietschi และคณะ ในปี 2007 (40)

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

การคัดเลือกฟันที่ใช้ในการทดลอง

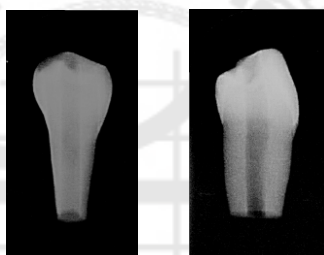
การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (SWUEC-G-279/2564X) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ใช้ฟันกรามน้อยล่างของมนุษย์ที่ถูกถอนออกมา ซึ่งมีจำนวนรากฟัน 1 รากและมีคลองรากฟัน 1 คลองรากฟัน จำนวน 30 ซี่ โดยเป็นฟันที่ไม่มีรอยผุ ไม่มีรอยร้าวหรือรอยแตก ไม่มีวัสดุบูรณะฟัน ไม่พบลักษณะการละลายของรากฟัน ภายในและภายนอก (External and Internal root resorption) ฟันเหล่านั้นจะไม่สามารถระบุตัวตน เพศ อายุของบุคคลที่เป็นเจ้าของฟัน รวมทั้งสาเหตุของการถอนฟันที่นั้นๆ ได้ หากฟันมีรอยร้าวหรือรอยแตก เคยผ่านการรักษาหรือบูรณะฟันมาก่อนจะถูกคัดเลือกออกจากการศึกษา

ทำการวัดขนาดของฟันทั้งในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันด้วยเครื่องมือวัดเวอร์เนียดิจิทัล (Digital vernier caliper: Mitutoyo, Japan) ฟันที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่การศึกษาจะเป็นฟันที่ขนาดแตกต่างกันไม่เกิน 1 มิลลิเมตร และจะถูกนำไปถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลาง เพื่อพิจารณาลักษณะจำนวนและรูปร่างของคลองรากฟัน ฟันที่เข้าร่วมในการศึกษาจะต้องมีจำนวน 1 คลองรากฟัน คลองรากฟันที่บริเวณ 1/3 ระดับตัวฟัน (Coronal 1/3) และ 1/3 ระดับกึ่งกลางของรากฟัน (Middle 1/3) มีรูปร่างตรง มองเห็นคลองรากฟันชัดเจน ไม่พบความผิดปกติ เช่น การตีบตันของคลองรากฟัน เป็นต้น ฟันเหล่านั้นจะได้รับการทำความสะอาด กำจัดหินปูนและเศษเนื้อเยื่อออก แล้วถูกเก็บในน้ำยา 0.1 % ไทมอล (Thymol) จนถึงเวลาที่นำมาศึกษา

การเตรียมฟันที่ใช้ในการทดลอง

เตรียมฟันให้มีความยาว 9 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน (Cementoenamel junction: CEJ) ถึงปลายรากฟัน (8) โดยใช้หัวกรอแผ่นคาร์โบรันดัม (Carborundum disc) กรอตัดปลายรากฟันส่วนเกินออก จากนั้นเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันด้วยหัวกรอกากเพชรทรงกลม (Round diamond bur) ขนาด 014 ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องกรอความเร็วสูงที่มีระบบหล่อน้ำ (High – speed handpiece) และหัวกรอคาร์ไบด์ทรงกลมก้านยาว ขนาด 014 ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องกรอความเร็วต่ำ (Long shank low speed carbide round bur) เตรียมคลองรากฟันโดยใช้พีโซริมเมอร์ ขนาด 1 – 6 (Mani Inc., Tochigi, Japan) ตามลำดับ กรอเตรียมตลอดความยาวของคลองรากฟันจนทะลุออกนอกปลายรากฟัน 1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้คลองรากฟันที่มี

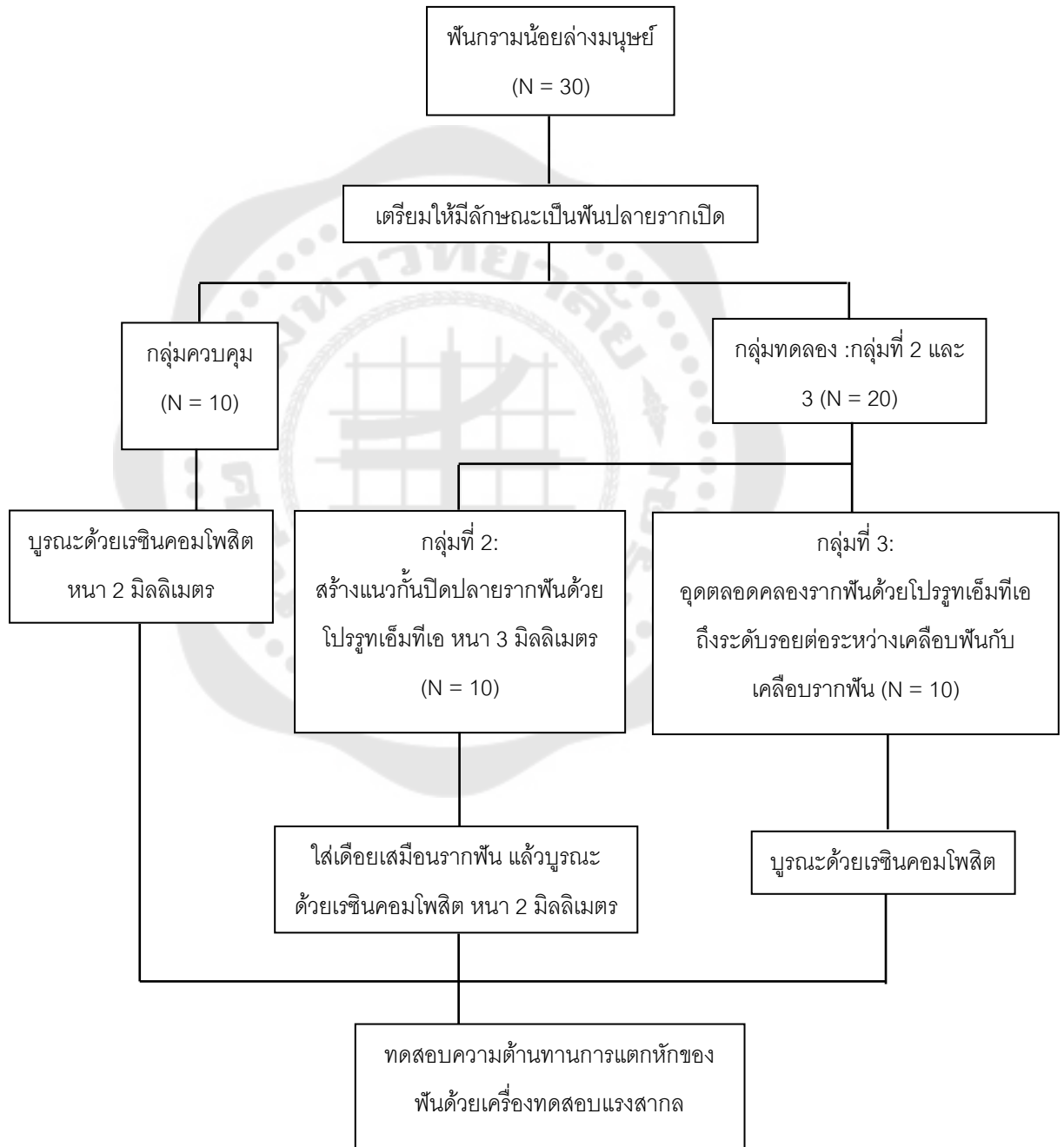
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณปลายรากฟัน 1.7 มิลลิเมตร ซึ่งเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพีโซริมเมอร์ขนาด 6 เพื่อจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดระยะที่ 3 ตามการจำแนกของ Cvek โดยล้างคลองรากฟันด้วย 2.5% โซเดียมไฮโปคลอไรต์ ปริมาตร 3 มิลลิลิตรในระหว่างขั้นตอนการเตรียมฟัน แล้วล้างด้วย 17% Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ตามด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ขับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับถ่ายภาพรังสีในแนวใกล้แก้ม ใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางไกลกลาง เพื่อดูลักษณะคลองรากฟันที่เตรียมได้ ดังภาพประกอบ 9 โดยฟันที่เข้าร่วมในการศึกษาจะต้องมีคลองรากฟันรูปร่างขนานเท่ากันตลอดความยาวของคลองรากฟัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.7 มิลลิเมตร จากนั้นนำฟันมาเรียงตามขนาดของฟันที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน แล้วสุ่มแบ่งฟันเรียงตามขนาดเป็น 3 กลุ่ม จำนวนกลุ่มละ 10 ซี่



ภาพประกอบ 9 ภาพรังสีของฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิด
ก. ภาพรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพรังสีในแนวใกล้กลางไกลกลาง

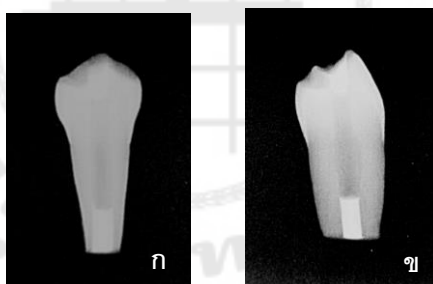
กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นฟันที่ได้รับการจำลองให้มีสภาวะปลายรากฟันเปิดที่ไม่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟัน โดยจะได้รับการบูรณะฟันที่ด้านบดเคี้ยวด้วยคอมโพสิตเรซิน (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) หนา 2 มิลลิเมตร ด้วยวิธีใส่ฟองน้ำในคลองรากฟันเพื่อเป็นแนวกันปิดภายในคลองรากฟัน แล้วเหลือพื้นที่สำหรับใส่คอมโพสิตเรซินหนา 2 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากขอบของทางเปิดเข้าสู่คลองรากฟันด้านบดเคี้ยวของฟันทางด้านลิ้น แล้วใช้ฟู่กันขนาดเล็ก (Microbrush) จุ่มสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, Minnesota, USA) พอชุ่มทำให้ทั่วโพรงฟัน ทิ้งไว้ 15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า 5 วินาที จากนั้นเปลี่ยนเป็นฟองน้ำอันใหม่ เพื่อป้องกันการมีความชื้นหรือสารละลายกรดฟอสฟอริกเหลืออยู่ภายในฟองน้ำอันเก่า แล้วเป่าโพรงฟันให้แห้ง จากนั้นใช้ฟู่กันขนาดเล็กอันใหม่จุ่มสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (3M™ Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Minnesota, USA) ให้พอชุ่ม แล้วนำไปมาให้ทั่วโพรงฟันนาน 20

วินาที และเป่าลมเบาๆ นาน 5 วินาที จากนั้นฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที แล้วใส่เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) ลงในโพรงฟัน โดยทำหลุมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตร ด้วยการใช้แท่งหัวกดที่ทำจากเหล็กกล้าไร้ สนิมกดลงไปที่วัสดุที่ตำแหน่งกึ่งกลางของวัสดุเรซินคอมโพสิต เพื่อเป็นตำแหน่งสำหรับกดในการ ทดสอบความต้านทานในการแตกหักต่อไป ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที ดังภาพประกอบที่ 10



ภาพประกอบ 10 แผงผังแสดงกระบวนการทดลอง

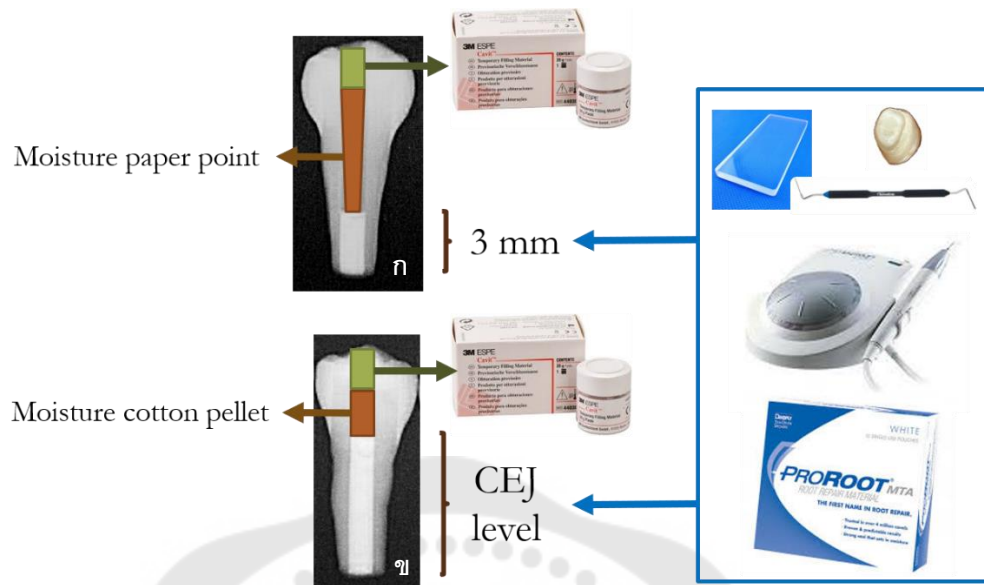
กลุ่มที่ 2 และ 3 เป็นกลุ่มทดลอง ซึ่งจะได้รับการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA, Densply Tulsa dental, Tulsa OK, USA) ดังภาพประกอบที่ 10 โดยกลุ่มที่ 2 มีความหนาของโปรรูทเอ็มทีเอ 3 มิลลิเมตร และกลุ่มที่ 3 อุดเอ็มทีเอจากปลายรากฟันขึ้นมาจนถึงระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน การเตรียมวัสดุโปรรูทเอ็มทีเอจะใช้อัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่ากับ 3:1.5 ซึ่งควบคุมปริมาณผงและน้ำโดยการชั่งน้ำหนักสารด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักสารเคมีแบบดิจิตอล ความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ผสมส่วนผงกับน้ำบนกระดาษสำหรับผสม นำวัสดุใส่ในคลองรากฟันและกดวัสดุให้แน่นกับผนังคลองรากฟันด้วยเอ็นโดดอนติกพ्लั๊กเกอร์ (Endodontic plugger) ร่วมกับการกระตุ้นด้วยอัลตราโซนิคส์ (P5 Newtron XS™, Satelec®, Acteon, North America) โดยให้หัวอัลตราโซนิคส์สัมผัสกับเอ็นโดดอนติกพ्लั๊กเกอร์ด้วยความแรงระดับ 4 (41) นำแท่งกระดาษซับที่เปียกเล็กน้อยกดที่วัสดุและเช็ดทำความสะอาดผนังคลองรากฟัน ในขั้นตอนการอุดวัสดุนี้ให้ส่วนปลายรากฟันสัมผัสกับแผ่นแก้ว (Glass slab) เพื่อป้องกันวัสดุอุดเกินออกนอกปลายรากฟัน นำฟันไปถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบความหนาและคุณภาพของวัสดุ ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 ภาพรังสีแสดงความหนาและคุณภาพของโปรรูทเอ็มทีเอของฟันในกลุ่มที่ 2

ก. ภาพรังสีในแนวใกล้แก้มใกล้ลิน ข. ภาพรังสีในแนวใกล้กลางใกล้กลาง

หลังจากนั้นใส่แท่งกระดาษซับชุบน้ำกลั่นปราศจากเชื้อภายในคลองรากฟันของฟันในกลุ่มที่ 2 ส่วนฟันในกลุ่มที่ 3 วางสำลีก้อนเล็กชุบน้ำกลั่นปราศจากเชื้อภายในคลองรากฟัน แล้วบูรณะด้วยวัสดุอุดฟันชั่วคราว Cavit™ (3M ESPE, Germany) ดังภาพประกอบ 12 เก็บฟันไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะชื้นสัมพัทธ์ 100% เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Incubator)



ภาพประกอบ 12 การใส่โปรรูทเอ็มทีเอในคลองรากฟัน

ก. การสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันในกลุ่มที่ 2 ข. การอุดตลอดคลองรากฟันในกลุ่มที่ 3

การเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟัน (Intraradicular reinforcement)

กลุ่มที่ 2 เดือยเสมือนรากฟัน ซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post[®] ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®] shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA): ใส่เดือยฟัน D.T. light post[®] (Bisco Inc., Schaumburg, IL USA) ขนาด 2 ซึ่งได้รับการขัดทำความสะอาดด้วยผ้าก๊อชชุบ 70% แอลกอฮอล์ และปล่อยให้แห้ง ลงไปถึงตำแหน่งของวัสดุเอ็มทีเอที่เป็นแนวกันบริเวณปลายรากฟัน ทำเครื่องหมายบนเดือยฟันที่ระดับปุ่มฟันด้านแก้ม ดังภาพประกอบที่ 13 แล้วทาสารหล่อลื่นกลีเซอรินซึ่งละลายน้ำได้ (KY gel Durex[®], Thailand) ที่ผนังคลองรากฟันโดยใช้ฟุ้งันขนาดเล็ก



ภาพประกอบ 13 การทำเครื่องหมายบนเดือยฟันที่ระดับปุ่มฟันด้านแก้ม

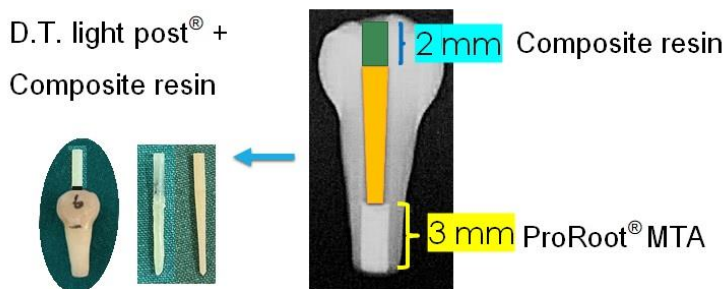
จากนั้นเตรียมพื้นผิวของเดือยฟันเส้นใย DT light post® ด้วยการใช้ฟูกันใหม่จุ่มสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, Minnesota, USA) ทาบนผิวของเดือยฟันเป็นเวลา 15 วินาที แล้วล้างน้ำเปล่า 5 วินาที และเป่าให้แห้ง หลังจากนั้นใช้ฟูกันใหม่จุ่มสารเคลือบไฮเลนโมโนบอนด์ เอ็น (Monobond N®, Ivoclar Vivadent, Lienchtenstein, German) ให้พอชุ่มแล้วทาบนพื้นผิวของเดือยฟันทิ้งไว้เป็นเวลา 60 วินาที ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เป่าลมเบาๆ แล้วใช้ฟูกันขนาดเล็กอันใหม่จุ่มสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (3M™ Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Minnesota, USA) ให้พอชุ่มแล้วนำไปมาให้ทั่วพื้นผิวของเดือยฟันนาน 20 วินาที เป่าลมเบาๆ เป็นเวลา 5 วินาที จากนั้นฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที (42) แล้วใช้เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) แต่งรอบเดือยฟันตั้งแต่บริเวณปลายเดือยฟันขึ้นมาจนถึงระดับต่ำกว่าตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ 2 มิลลิเมตร จากนั้นใส่เดือยฟันเข้าไปในคลองรากฟัน และดึงเดือยฟันเข้าออก 2 ครั้ง แล้วฉายแสงจากด้านบนเดือยฟันนาน 5 วินาที ทำเครื่องหมายบนเดือยฟันเพื่อให้สามารถใส่เดือยฟันกลับเข้าไปในตำแหน่งเดิมได้ ดังภาพประกอบที่ 14 จากนั้นใช้คีมจับเข็ม (Needle holder) จับดึงเดือยฟันออกจากคลองรากฟันแล้วฉายแสงนอกฟันต่ออีก 40 วินาที



ภาพประกอบ 14 การทำเครื่องหมายเพิ่มเติมบนเดือยฟันหลังเติมเรซินคอมโพสิตรอบเดือยฟัน

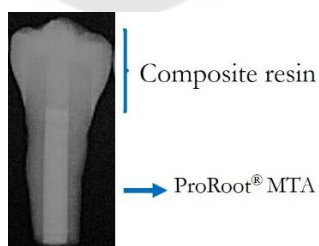
เดือยเสมีอนรากฟันที่ได้ควรมีลักษณะที่ลอกเลียนรายละเอียดช่องว่างของคลองรากฟันได้อย่างถูกต้องและไม่มีฟองอากาศ กรอขัดแต่งพื้นผิวเดือยฟันให้เรียบด้วยหัวกรอสโตนสำหรับขัดวัสดุบูรณะชนิดสีขาว ทรงแหลม (White stone flame shape bur) ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องกรอความเร็วสูงที่มีระบบหล่อน้ำ ใช้ผ้าก๊อชชุบน้ำกั้นเช็ดทำความสะอาดรอบเดือยฟัน และล้างคลองรากฟันด้วยน้ำกั้นปราศจากเชื้อปริมาตร 3 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยแท่งกระดาษซับ

เตรียมคลองรากฟันก่อนการยึดเดือยเสมือนรากฟันโดยการใช้ฟุ้งกันขนาดเล็กรวมสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, Minnesota, USA) พอชุ่มทำให้ทั่วผนังคลองรากฟัน ทิ้งไว้นาน 15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า นาน 5 วินาที และเป่าแห้ง จากนั้นทาสารยึดติดอีทีซี เอฟ ดีเอสซี (Excite F DSC®, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, German) เคลือบบางๆ ทั่วผนังคลองรากฟัน และเดือยเสมือนรากฟัน นาน 10 วินาที และเป่าลมเบาๆ เพื่อกำจัดสารยึดติดส่วนเกิน แล้วเคลือบเดือยเสมือนรากฟันที่สร้างขึ้นด้วยเรซินคอมโพสิตชนิดบ่มตัวสองทางมัลติคอร์ โฟลว์ (Multicore® Flow, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein, German) ที่ผสมแล้ว และใช้หัวสำหรับฉีดในคลองรากฟัน (Intra Canal tips) ฉีดเรซินคอมโพสิตมัลติคอร์ โฟลว์ที่ผสมแล้วใส่ในคลองรากฟัน แล้วยึดเดือยเสมือนรากฟันลงตำแหน่งในคลองรากฟัน ฉายแสงจากด้านบนบดเคี้ยวเป็นเวลา 20 วินาที โดยในระหว่างนี้ให้ทำการจับยึดเดือยเสมือนรากฟันให้อยู่ในตำแหน่งไปด้วย (17, 36, 43) แล้วจึงตัดเดือยเสมือนรากฟัน รวมถึงกรอกกำจัดเรซินคอมโพสิตออกเป็นความลึก 2 มิลลิเมตร จากขอบของโพรงฟันซึ่งเป็นทางเปิดเข้าสู่คลองรากฟันทางด้านลิ้นด้วยหัวกรอกกากเพชรทรงกระบอก (Cylinder diamond bur) ขนาด 016 ซึ่งใช้ร่วมกับเครื่องกรอความเร็วสูงที่มีระบบหล่อ น้ำ แล้วบรูณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) โดยใช้ฟุ้งกันขนาดเล็กรวมสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, Minnesota, USA) พอชุ่มทำให้ทั่วโพรงฟัน ทิ้งไว้นาน 15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า นาน 5 วินาที และเป่าแห้ง จากนั้นใช้ฟุ้งกันขนาดเล็กรวมสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (3M™ Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Minnesota, USA) ให้พอชุ่ม แล้วนำไปมาให้ทั่วโพรงฟัน นาน 20 วินาที และเป่าลมเบาๆ นาน 5 วินาที จากนั้นฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที แล้วใส่เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) ลงในโพรงฟัน โดยทำหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตรด้วยการใช้แท่งหัวกดที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมกดลงไปที่วัสดุที่ตำแหน่งกึ่งกลางของวัสดุเรซินคอมโพสิต ฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที ดังภาพประกอบที่



ภาพประกอบ 15 การเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟันในกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 3 โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA): เปลี่ยนวัสดุอุดฟันชั่วคราวเป็นวัสดุคอมโพสิตเรซิน (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) โดยใช้ฟุ้งกันจุ่มสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 (Scotchbond™ Etchant, 3M ESPE, Minnesota, USA) พอชุ่มทำให้ทั่วโพรงฟัน ทิ้งไว้ 15 วินาที แล้วล้างออกด้วยน้ำเปล่า นาน 5 วินาที และเป่าแห้ง จากนั้นใช้ฟุ้งกันขนาดเล็กล้างใหม่จุ่มสารยึดติดซิงเกิลบอนด์ยูนิเวอร์ซอล (3M™ Single Bond Universal Adhesive, 3M ESPE, Minnesota, USA) ให้พอชุ่ม แล้วนำไปทำให้ทั่วโพรงฟัน นาน 20 วินาที และเป่าลมเบาๆ นาน 5 วินาที จากนั้นฉายแสงเป็นเวลา 10 วินาที แล้วใส่เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT® shade A3.5, 3M ESPE, Minnesota, USA) ลงในโพรงฟัน โดยมีความหนาของเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้นไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ฉายแสงเป็นเวลา 40 นาที ต่อการอุดเรซินคอมโพสิตแต่ละชั้น เมื่อใส่เรซินคอมโพสิตชั้นสุดท้ายจะทำหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ความลึก 1 มิลลิเมตร ด้วยการใช้แท่งหัวกดที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม กดลงไปวัสดุที่ตำแหน่งกึ่งกลางของวัสดุเรซินคอมโพสิต แล้วฉายแสงเป็นเวลา 40 วินาที ดังภาพประกอบที่ 16



ภาพประกอบ 16 การอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอในกลุ่มที่ 3

ถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบคุณภาพของการบูรณะฟันของทั้ง 3 กลุ่ม เก็บฟันไว้ที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ 100% ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิ จนถึง ระยะเวลาทดสอบการแตกหัก (12)

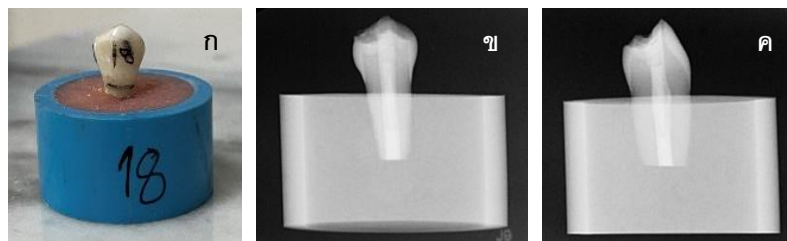
การทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟัน

สร้างอวัยวะปริทันต์จำลองโดยนำรากฟันมาจุ่มในซีเมนต์ที่ถูกหลอมเหลว เพื่อให้มีความหนาของซีเมนต์ประมาณ 0.2 – 0.3 มิลลิเมตร ใตรรอยต่อระหว่างเคลือบรากฟันกับเคลือบฟัน 2 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบที่ 17



ภาพประกอบ 17 การสร้างอวัยวะปริทันต์จำลองโดยจุ่มรากฟันในซีเมนต์หลอมเหลว

นำฟันไปใส่วงแหวนพอลิไวนิลคลอไรด์ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร โดยฝังอยู่ในเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเอง (Self – cured acrylic resin) โดยระยะห่างระหว่างส่วนบนของเรซินอะคริลิกชนิดบ่มด้วยตัวเองกับรอยต่อระหว่างเคลือบรากฟันกับเคลือบฟันเท่ากับ 2 มิลลิเมตร เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างฟันและสันกระดูก (Crest bone) เมื่อเรซินบ่มตัวแล้ว (Resin polymerization) ทำเครื่องหมายบนฟันและบล็อกเรซินอะคริลิก จากนั้นจึงนำฟันออกจากบล็อกเรซินอะคริลิกในขณะที่เรซินอะคริลิกกำลังอุ่นร้อน แล้วเช็ดทำความสะอาดเพื่อกำจัดซีเมนต์ออกจากผิวรากฟันด้วยผ้าก๊อซแห้ง และเช็ดกำจัดซีเมนต์ออกจากหลุมเบ้าฟันในบล็อกเรซินอะคริลิกโดยใช้ไม้ฟันสำลี แทนที่บริเวณที่เป็นซีเมนต์ด้วยวัสดุพิมพ์ปากซิลิโคนชนิดไลท์บอดี้ (Silagum® light, DMG, Germany) ด้วยการนำวัสดุพิมพ์ปากที่ถูกผสมแล้วใส่ในช่องว่างที่สร้างขึ้นในบล็อกเรซินอะคริลิก แล้วนำฟันใส่กลับเข้าตำแหน่งอีกครั้ง โดยตรวจสอบตำแหน่งให้ตรงกับเครื่องหมายที่ทำไว้ กำจัดส่วนเกินของวัสดุออกด้วยมีดผ่าตัดเบอร์ 15 (16) จะได้ชิ้นงานดังภาพประกอบที่ 18ก แล้วนำชิ้นงานไปถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบแนวฟันในแนวใกล้ แก้มใกล้ลิ้นและแนวใกล้กลางไกลกลาง ดังภาพประกอบที่ 18ข และ 18ค



ภาพประกอบ 18 การสร้างชิ้นงานบล็อคอะคริลิกเรซิน

ก. ฟันซึ่งฝังอยู่ในบล็อกอะคริลิก ข. ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ค.

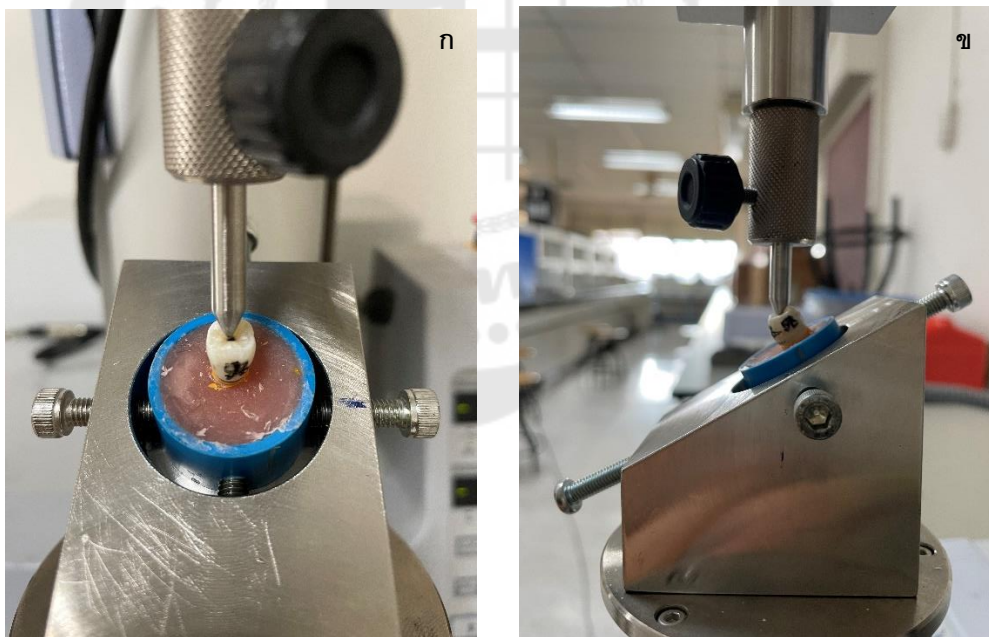
ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานในแนวใกล้กลางไกลกลาง

หลังจากนั้นนำไปทดสอบการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล (Universal testing machine: EZTest, Shimadzu, Kyoto, Japan) ดังภาพประกอบที่ 19 โดยให้แรงคงที่ทำมุม 30 องศากับแนวแกนฟันบริเวณกึ่งกลางของฟันด้านบดเคี้ยวที่ตำแหน่งซึ่งทำหลุมเอาไว้ (44) ด้วยแท่งหัวกดที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบที่ 20 และ 20x ให้แรงด้วยความเร็วคงที่ 1 มิลลิเมตร ต่อนาทีจนเกิดการแตกหัก (7) บันทึกค่าแรงที่ทำให้ฟันแตกหักในหน่วยนิวตัน และบันทึกตำแหน่งที่เกิดการแตกหักของฟัน โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังภาพประกอบที่ 21 ได้แก่

1. การแตกหักที่ระดับตัวฟัน (Crown) หมายถึง การแตกหักเกิดขึ้นเหนือระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน
2. การแตกหักที่ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน (Cervical third) หมายถึง การแตกหักที่เกิดขึ้นที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ถึงระยะน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะ 3 มิลลิเมตร ใต้ต่อระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน
3. การแตกหักที่ 1/3 ของกึ่งกลางรากฟัน (Middle third) หมายถึง การแตกหักที่เกิดขึ้นที่ระดับมากกว่าระยะ 3 มิลลิเมตร ใต้ต่อระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ถึงระยะน้อยกว่าหรือเท่ากับระยะ 6 มิลลิเมตร ใต้ต่อระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน
4. การแตกหักที่ 1/3 ทางด้านปลายรากฟัน (Apical third) หมายถึง การแตกหักที่เกิดขึ้นที่ระดับมากกว่าระยะ 6 มิลลิเมตร ใต้ต่อระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ถึงปลายรากฟัน



ภาพประกอบ 19 การทดสอบการแตกหักด้วยเครื่องทดสอบแรงสากล



ภาพประกอบ 20 การยึดชิ้นตัวอย่างในแท่นโลหะเข้ากับเครื่องทดสอบแรงสากล โดยตั้งตำแหน่ง
ชิ้นงานให้จุดที่ทำหลุมบนวัสดุเรซินคอมโพสิตตรงกับปลายของแท่งหักกด

ก. ภาพด้านหน้า ข. ภาพด้านข้าง



ภาพประกอบ 21 การแบ่งระดับที่เกิดการแตกหักของฟัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistics 21; SPSS Inc., IL, USA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของขนาดฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางไกลกลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของแต่ละกลุ่มด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$

การวิเคราะห์ความต้านทานการแตกหักของฟันพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของค่าแรงที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักขึ้น ได้ทำการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยการทดสอบชาฟิโร – วิลค์ (Shapiro - Wilk test) และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบของเลวีเน (Levene's test) จากนั้นใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกดระหว่างกลุ่ม ร่วมกับเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละกลุ่มโดยใช้การทดสอบโพสฮอคด้วยวิธีของตุกี (Tukey's Honestly Significance Difference) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$

เปรียบเทียบตำแหน่งที่เกิดการแตกหักของฟันด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้ตารางแจกแจงความถี่ที่แสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ได้คัดเลือกพันกรามน้อยล่างของมนุษย์ จำนวน 30 ซี่ เข้าร่วมในการทดสอบ โดยฟันทุกซี่มี 1 รากฟัน และ 1 คลองรากฟัน เมื่อตัดปลายรากฟันออกให้รากฟันมีความยาว 9 มิลลิเมตร เมื่อวัดจากรอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน ฟันทุกซี่ที่เข้าร่วมในการทดสอบมีลักษณะรากฟันตรง

ขนาดของฟันที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน

ภายหลังการวัดขนาดของฟันทุกซี่ในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน แล้วสุ่มแบ่งฟันเป็น 3 กลุ่ม พบว่ากลุ่มควบคุม มีขนาดเฉลี่ยของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นและแนวใกล้กลางใกล้กลาง เท่ากับ 7.12 ± 0.82 มิลลิเมตร และ 5.22 ± 0.48 มิลลิเมตร ตามลำดับ, กลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน มีขนาดเฉลี่ยของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นและแนวใกล้กลางใกล้กลาง เท่ากับ 7.44 ± 0.41 มิลลิเมตร และ 5.26 ± 0.36 มิลลิเมตร ตามลำดับ, กลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ มีขนาดเฉลี่ยของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นและแนวใกล้กลางใกล้กลาง เท่ากับ 7.28 ± 0.51 มิลลิเมตร และ 5.09 ± 0.56 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ขนาดเฉลี่ยของฟันทั้งสามกลุ่มด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) พบว่าทั้งสามกลุ่มมีขนาดของฟันที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ขนาดฟัน (มิลลิเมตร) ในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน

กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		ช่วงของค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 95%	
	BL	MD	BL	MD
กลุ่มควบคุม	7.12 ± 0.82	5.22 ± 0.48	6.53 – 7.71	4.88 – 5.57
เดือยเสมือนรากฟัน	7.44 ± 0.41	5.26 ± 0.36	7.14 – 7.74	5.00 – 5.52
โปรรูทเอ็มทีเอ	7.28 ± 0.51	5.09 ± 0.56	6.92 – 7.64	4.69 – 5.50
P - value	0.508	0.723		

BL = แนวใกล้ลิ้นใกล้แก้ม, MD = แนวใกล้กลางใกล้กลาง

การทดสอบความต้านทานการแตกหักของฟัน

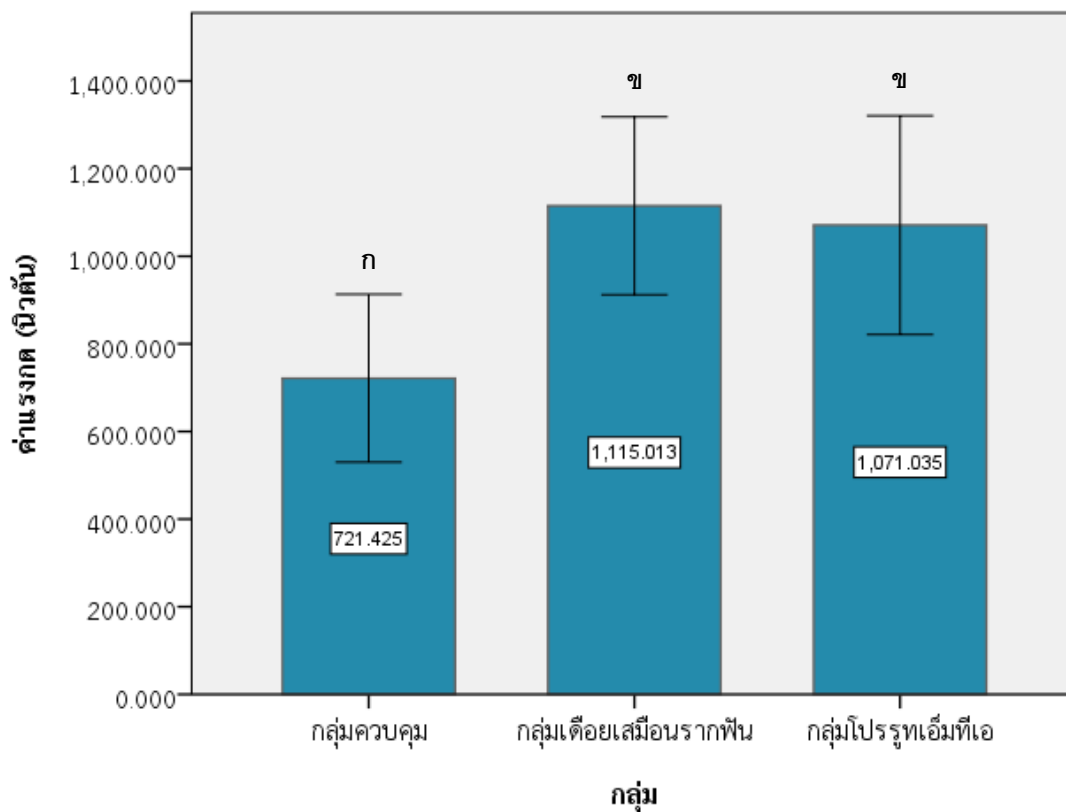
ผลการทดสอบชาไฟโร – วิลค์ (Shapiro - Wilk test) และการทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยการทดสอบของเลวีเน (Levene's test) พบว่าค่าแรงกดที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักของฟันแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ และทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

ผลการวิเคราะห์ชุดข้อมูลด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยของค่าแรง (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก และเมื่อทดสอบพอสต์ฮอคด้วยวิธีของตุกี (Tukey's Honestly Significance Difference) พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าแรง (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักของกลุ่มควบคุมซึ่งเท่ากับ 721 ± 95.80 นิวตัน มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟันและกลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าแรง (นิวตัน) เท่ากับ $1,115.01 \pm 101.50$ และ $1,071.04 \pm 124.97$ นิวตัน ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักของกลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟันและกลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.001$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$ ดังตารางที่ 3 และภาพประกอบที่ 22

ตาราง 3 ค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดเกิดการแตกหัก

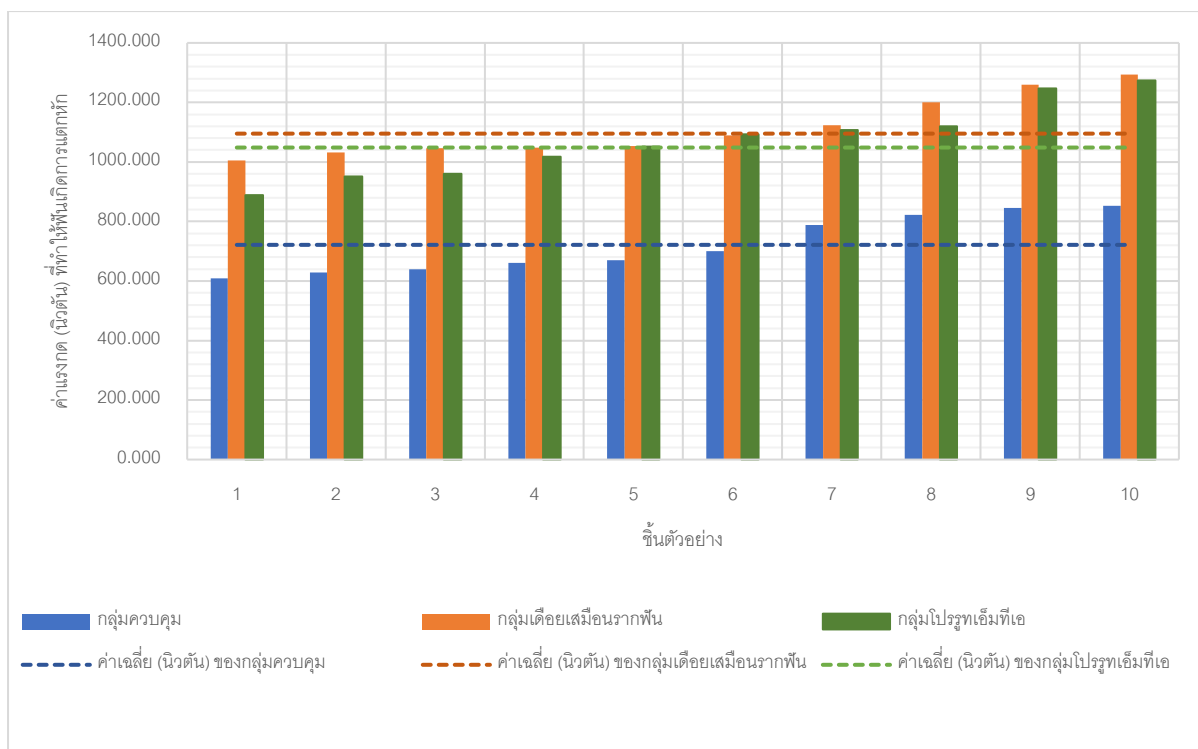
กลุ่ม	ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นิวตัน)	ค่าต่ำสุด (นิวตัน)	ค่าสูงสุด (นิวตัน)
ควบคุม	721.43 ± 95.80^a	608.00	853.50
เดือยเสมือนรากฟัน	$1,115.01 \pm 101.50^b$	1,005.25	1,293.50
โปรรูทเอ็มทีเอ	$1,071.04 \pm 124.97^b$	887.75	1,274.75

อักษรภาษาไทยตัวกที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ร่วมกับทดสอบพอสต์ฮอคด้วยวิธีของตุกี



ภาพประกอบ 22 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก อักษรภาษาไทยที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักของขึ้นตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม ดังภาพประกอบที่ 23 จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหักระหว่างกลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเด็ยเสมือนรากฟันและกลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรุทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดสอบความต้านทานการแตกหักของกลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเด็ยเสมือนรากฟันมีบางขึ้นตัวอย่างซึ่งใช้แรงกดจนเกิดการแตกหักมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรุทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต



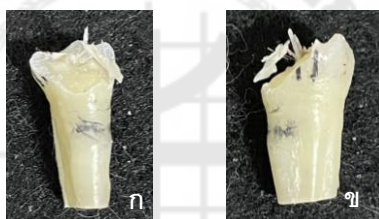
ภาพประกอบ 23 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก ของแต่ละชั้นตัวอย่างในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

การศึกษารูปแบบการแตกหักของฟัน

จากตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินรูปแบบการแตกหักของฟันที่เกิดขึ้นภายหลังฟันได้รับแรงกดซึ่งพบว่ามีฟันจำนวน 28 ซี่ แสดงการแตกหักที่ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟันของรากฟัน (Cervical third of the root) โดยอยู่ในลักษณะเฉียงจากตัวฟันไปสู่รากฟัน และมีฟัน 2 ซี่ ที่เกิดการแตกหักที่ระดับตัวฟัน (Crown) ซึ่งฟันดังกล่าวเป็นฟันที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน และอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอนทิโอร่วมกับเรซินคอมโพสิตอย่างละ 1 ซี่ ดังภาพประกอบที่ 24 และ 25

ตาราง 4 ตารางแจกแจงความถี่แสดงร้อยละของลักษณะการแตกหักที่เกิดขึ้น

กลุ่ม	ระดับของการแตกหัก		รวม
	ระดับตัวฟัน	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน ของรากฟัน	
ควบคุม	0	10	10
เดือยเสมือนรากฟัน	1	9	10
โปรรูทเอ็มทีเอ	1	9	10
รวม	2 (6.67%)	28 (93.33 %)	30 (100 %)



ภาพประกอบ 24 การแตกหักของฟันที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน ที่เกิดขึ้นที่ระดับตัวฟัน ก. ภาพในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพในแนวใกล้กลางไกลกลาง



ภาพประกอบ 25 การแตกหักของฟันที่ได้รับการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต ที่เกิดขึ้นที่ระดับตัวฟัน ก. ภาพในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น ข. ภาพในแนวใกล้กลางไกลกลาง

ทั้งนี้ในจำนวนฟันทั้ง 28 ซี่ ที่เกิดการแตกหักที่ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน พบว่ามีทั้งการแตกหักที่เกิดขึ้นที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน, ระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อ

ระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 1, 2 และ 3 มิลลิเมตร ดังภาพประกอบที่ 26, 27 และ 28 โดยพบว่าการแตกหักส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับความสูงของเรซินอะคริลิกซึ่งได้รับการจำลองให้แทนระดับความสูงของสันกระดูก (Crest bone) ที่สัมพันธ์กับฟัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

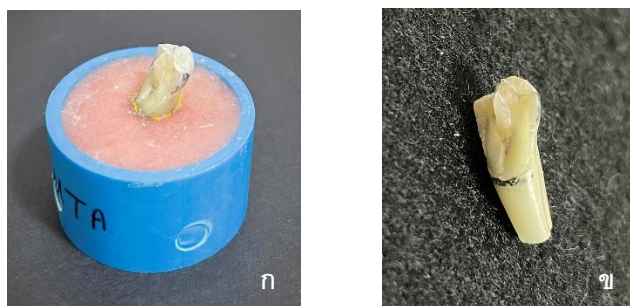
กลุ่มควบคุม มีชิ้นตัวอย่างที่เกิดการแตกหักที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน จำนวน 1 ซี่, เกิดการแตกหักที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร จำนวน 1 ซี่ และพบการแตกหักที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร จำนวน 8 ซี่

กลุ่มที่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน พบการแตกหักที่ระดับตัวฟัน จำนวน 1 ซี่, เกิดการแตกหักที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร จำนวน 7 ซี่ และพบการแตกหักที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตร จำนวน 2 ซี่

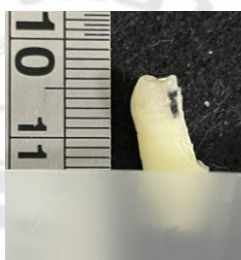
กลุ่มที่ได้รับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับเรซินคอมโพสิต พบการแตกหักที่ระดับตัวฟัน จำนวน 1 ซี่ และเกิดการแตกหักที่ระดับต่ำกว่ารอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร จำนวน 9 ซี่



ภาพประกอบ 26 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 1 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 27 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน
กับเคลือบรากฟัน 2 มิลลิเมตร
ก. ภาพชิ้นงานหลังการทดสอบในบด็คอะคริลิกเรซิน ข. ฟันซึ่งเกิดการแตกหักหลังการทดสอบ



ภาพประกอบ 28 การแตกหักของฟันซึ่งเกิดขึ้นที่ระดับระดับต่ำกว่าระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟัน
กับเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตร

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การอภิปรายผลการวิจัย

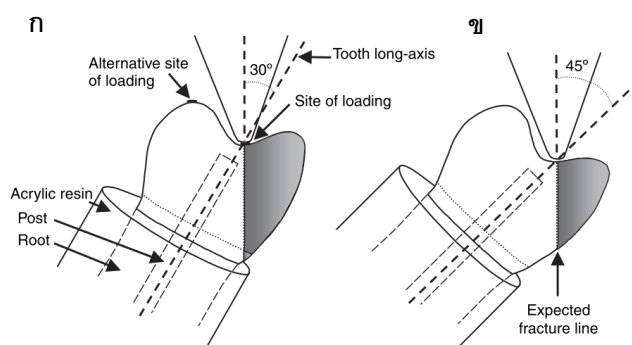
ฟันกรามน้อยล่างมีอุบัติการณ์พบมี 1 รากฟัน มากกว่าร้อยละ 98 และพบมีคลองรากฟันเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ โดยพบได้ร้อยละ 79.3 (45, 46) อีกทั้งยังเป็นฟันที่มักถูกถอนตามแผนการจัดฟัน (47) จึงทำให้ฟันที่ถูกถอนออกมานั้นมีตัวฟันและรากฟันอยู่ในลักษณะสมบุรณ์ นอกจากนี้ฟันกรามน้อยล่างยังเป็นฟันที่มีอุบัติการณ์พบลักษณะเป็นเดนส์อีแวจินาทัส (Dens evaginatus) ได้ร้อยละ 2.35 – 4.08 ซึ่งมากกว่าการพบในฟันกรามน้อยบน การแตกหักหรือสึกของปุ่มนูนจะมีโอกาสทำให้น้ำเยื่อในเกิดการอักเสบ และตายในที่สุด เมื่อเกิดขึ้นในระยะที่ฟันยังมีการเจริญของรากฟันไม่สมบุรณ์จะทำให้รากฟันหยุดการพัฒนาและมีลักษณะเป็นฟันแท้ปลายรากเปิด (48-51) ซึ่ง จินตนาและคณะในปี พ.ศ. 2556 (51) พบความชุกของการเกิดเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันอักเสบของฟันเดนส์อีแวจินาทัสมากถึงร้อยละ 15.79 การศึกษาในครั้งนี้จึงได้เลือกใช้ฟันกรามน้อยล่างของมนุษย์ซึ่งมีโอกาสได้รับการรักษาคคลองรากฟันตั้งแต่ฟันนั้นยังมีการเจริญของรากฟันไม่สมบุรณ์ มีความเสี่ยงที่ฟันจะเกิดการแตกหัก (1) และมีความเหมาะสมตรงตามเกณฑ์คัดเลือกเข้าร่วมในการศึกษา

ปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่บริเวณตัวฟันเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อสมบัติความต้านทานการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษาคคลองรากฟันแล้ว (52) ฟันที่มีความหนาของเนื้อฟันบริเวณตัวฟันมากกว่า 2.5 มิลลิเมตร จะมีความต้านทานการแตกหักไม่แตกต่างจากฟันปกติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ฟันซึ่งมีความหนาของผนังเนื้อฟันน้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร จะมีความต้านทานการแตกหักน้อยกว่าฟันปกติ (44) การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ควบคุมขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางใกล้กลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของฟันที่เข้าร่วมในการศึกษา ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มักเกิดการแตกหักขึ้นเมื่อฟันได้รับแรง (1)

ในการศึกษานี้ได้จำลองให้ฟันมีสภาวะปลายรากฟันเปิดระยะที่ 3 ตามการจำแนกของ Cvek (1) ซึ่งคลองรากฟันมีลักษณะกว้าง เนื้อฟันบริเวณรากฟันบาง และจำเป็นต้องมีการเสริมความแข็งแรงให้ฟันเพื่อเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหัก (44) อีกทั้งเป็นระยะที่รากฟันมีความยาวมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรากฟันที่สมบุรณ์แล้ว (1) ซึ่งเหมาะสมกับการบูรณะด้วยวิธีใส่เดือยฟัน เดือยฟันควรมีความยาวมากกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวรากฟันที่อยู่ในเบ้ากระดูก (53) การศึกษาครั้งนี้จึงได้สร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอหนา 3 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาที่เพียงพอต่อการผนึกบริเวณปลายรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมขอบ

ที่ดีซึ่งจะไม่เกิดช่องว่างระหว่างวัสดุกับเนื้อฟันเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป สามารถป้องกันความล้มเหลวจากการรั่วซึมของวัสดุที่อาจเป็นสาเหตุให้แบคทีเรียและผลิตภัณฑ์ที่เป็นพิษจากแบคทีเรียเข้ามาสู่คลองรากฟันได้ (24, 25) เดือยเสมือนรากฟันจึงมีการยึดอยู่ ความต้านทานการหลุดออกในแนวตั้ง และมีความต้านทานต่อแรงกระทำจากด้านข้างและการหมุน (54) การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ใช้ความยาวส่วนรากฟัน 9 มิลลิเมตร เพื่อจำลองให้ฟันที่เข้าร่วมในการศึกษามีความยาวเท่ากับ $\frac{2}{3}$ ของความยาวรากฟันที่สมบูรณ์ หรือมีลักษณะเป็นฟันปลายรากเปิดระยะที่ 3 ตามการจำแนกของ Cvek โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของฟันกรามน้อยล่างของประชากรไทยที่มีความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 21.57 – 21.83 มิลลิเมตร (46) ซึ่งแบ่งเป็นความยาวของส่วนรากฟัน 13.12 มิลลิเมตร (55) หากต้องการทำให้มีความยาวส่วนรากฟันเท่ากับ $\frac{2}{3}$ ของความยาวรากฟันที่สมบูรณ์ จึงต้องตัดให้รากฟันมีความยาว 9 มิลลิเมตร

การทดสอบความต้านทานการแตกหักของการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้แรงกดในแนวตั้งบนจุดกึ่งกลางของด้านบดเคี้ยวในขณะที่ฟันเอียงไปทางด้านใกล้แก้มเป็นมุม 30 องศา นั่นคือ เป็นการให้แรงกระทำซึ่งทำมุม 30 องศา กับแนวแกนฟัน แรงที่ให้เพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ (Static load) เพื่อจำลองแรงที่กระทำต่อฟันให้เป็นแรงในแนวผิดปกติ (Unfavorable load direction) ที่จะทำให้เกิดความเค้นเนื่องจากแรงดึง (Tensile stress) และแรงเฉือน (Shear stress) เสมือนดังแรงที่เกิดจากการกระแทกจากอุบัติเหตุ, แรงที่เกิดขึ้นกับฟันหลักยึด (Abutment) ของฟันปลอมชนิดถอดได้ หรือแรงที่เกิดกับเดือยฟันและวัสดุทำแกนระหว่างการร้อยครอบฟันบูรณะเฉพาะกาล (Provisional crown) (56) การให้แรงกระทำบนฟันที่มีทิศทางทำมุม 30 องศากับแนวแกนฟัน ดังภาพประกอบที่ 29ก จะสัมพันธ์กับเดือยฟันมากกว่าการให้แรงทำมุม 45 องศากับแนวแกนฟัน ที่มีแนวโน้มทำให้เกิดรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะต่อได้มากกว่า ดังภาพประกอบที่ 29ข ความเค้นเนื่องจากแรงดึงจะเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสที่เกิดการยึดติดระหว่างวัสดุในคลองรากฟันกับผนังเนื้อฟัน ทั้งนี้หากให้แรงกระทำบนฟันทำมุมกับฟันด้วยองศาอื่นอาจทำให้เกิดการแตกหักของรากฟันในแนวตั้งมากกว่า



ภาพประกอบ 29 แนวการแตกหักที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อให้แรงกระทำบนตำแหน่งและแนวแรงกระทำที่กำหนด ก. เมื่อให้แรงทำมุม 30 องศา กับแนวแกนฟัน ข. เมื่อให้แรงทำมุม 45 องศา กับแนวแกนฟัน

ที่มา: จากการศึกษาของ Fokkinga และคณะ ในปี 2005 (38)

การศึกษานี้ได้สร้างแนวกันปิดปลายรากฟันและอุดตลอดคลองรากฟันของฟันจำลองสถานะปลายรากฟันเปิดด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ ซึ่งเป็นวัสดุของไวทางชีวภาพหรือไบโอแอคทีฟ (Bioactive material) ที่มีการนำมาใช้ในการอุดคลองรากฟันของฟันแท้ปลายรากเปิด ที่ให้ความเหมาะสมกับเนื้อฟันและเคลือบรากฟันอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้เกิดการสร้างเอ็นยึดปริทันต์ขึ้นใหม่ (57)

โปรรูทเอ็มทีเอมีพอร์ตแลนด์ซีเมนต์เป็นส่วนประกอบหลัก (58) โดยพอร์ตแลนด์ซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบของไตรแคลเซียมซิลิเกต (Tricalcium silicate), ไดแคลเซียมซิลิเกต (Dicalcium silicate), ไตรแคลเซียมอะลูมิเนียม (Tricalcium aluminium), ไตรแคลเซียมออกไซด์ (Tricalcium oxide), ซิลิเกตออกไซด์ (Silicate oxide), อะลูมิเนียมเฟอร์ไรต์ (Aluminoferrite) และยิปซัม เมื่อวัสดุเอ็มทีเอสัมผัสกับน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเติมโมเลกุลของน้ำ (Hydration reaction) แล้วเกิดเป็นไฮดรอกซีอะพาไทต์ขึ้นที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างเอ็มทีเอและเนื้อฟัน (59, 60)

ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ผสมโปรรูทเอ็มทีเอด้วยอัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 0.33 (ผงเอ็มทีเอ 1 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 0.33 กรัม) โดยสามารถเติมน้ำกลั่นได้เล็กน้อยเพื่อให้สารผสมมีลักษณะเป็นครีมข้นและสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น จากการศึกษาข้างต้นพบว่าเมื่อผสมโปรรูทเอ็มทีเอด้วยอัตราส่วนผงต่อน้ำ เท่ากับ 0.33 สารผสมจะมีลักษณะที่แห้งเกินไป ไม่เป็นครีมข้น และใช้งานยาก ในการศึกษาจึงได้ใช้อัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 0.5 ซึ่งสามารถนำมาใช้ใน

การดูดตลอดคลองรากฟันของฟันแท้ปลายรากเปิดได้โดยไม่ต้องเติมส่วนน้ำเพิ่ม จากการศึกษาของ Kosar และคณะ ในปี 2020 (61) พบว่าการเตรียมวัสดุโปรรูทเอ็มทีเอด้วยอัตราส่วนผงต่อน้ำเท่ากับ 0.20 – 0.46 ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งระดับจุลภาค (Microhardness) และค่าความแข็งแรงต่อแรงกดอัด (Compressive strength) ของวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การดูดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอสามารถทำให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดมีความต้านทานต่อการแตกหักเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถรับแรงกดได้มากถึง $1,071.04 \pm 124.97$ นิวตัน ก่อนเกิดการแตกหัก สอดคล้องกับการศึกษาของ Bayram และ Bayram ในปี 2016 (8), Linsuwanont และคณะ ในปี 2018 (14) และการศึกษาของภัทร และสุวิทย์ ในปี พ.ศ. 2564 (9) ที่ต่างพบว่า การดูดตลอดคลองรากฟันด้วยวัสดุในกลุ่ม ไตรแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์สามารถเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักให้ฟันปลายรากเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับฟันที่ไม่ได้รับการบูรณะภายในคลองรากฟัน การดูดคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชา การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใย และเรซินคอมโพสิต

การดูดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตในส่วนตัวฟันทำให้ฟันมีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการบูรณะส่วนตัวฟันด้วยวัสดุบูรณะชั่วคราว (การศึกษานำร่อง) เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®]) ที่ใช้ในการศึกษามีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่น 15 จิกะปาสคาล ซึ่งใกล้เคียงกับมอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นของเนื้อฟัน ที่มีค่าเท่ากับ 14 – 18.6 จิกะปาสคาล (Gpa) (6) การศึกษาในครั้งนี้จึงใช้เรซินคอมโพสิตเป็นวัสดุบูรณะในส่วนตัวฟันอันคล้ายสถานการณ์ทางคลินิก เช่นเดียวกับกลุ่มเดือยเสมือนรากฟันซึ่งวัสดุที่นำมาบูรณะในส่วนตัวฟันเป็นเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปและเรซินคอมโพสิตที่มีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน

การบูรณะด้วยเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปในฟันปลายรากเปิดที่คลองรากฟันมีขนาดใหญ่ จะมีชั้นเรซินซีเมนต์ที่เขี่ยเดือยฟันหนา มีโอกาสเกิดฟองอากาศภายในชั้นเรซินซีเมนต์ที่หนาซึ่งลดการยึดอยู่ของเดือยฟัน (17) ความหนาของชั้นเรซินซีเมนต์ที่น้อยหรือมากเกินไปมีอิทธิพลต่อความแข็งแรงของการยึดเหนี่ยว (Pullout strengths) ของเดือยฟัน (62) จากการศึกษา นำร่องที่ทดลองบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปพร้อมกับเรซินซีเมนต์ พบว่าเกิดฟองอากาศขึ้นภายในชั้นเรซินซีเมนต์เมื่อตรวจสอบคุณภาพของการบูรณะฟันด้วยภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากฟันในแนวใกล้กลางไกลกลาง ในขณะที่ภาพรังสีรอบปลายรากฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้นซึ่งเป็นมุมที่ใช้ในทางคลินิกอาจไม่แสดงฟองอากาศในชั้นเรซินซีเมนต์ การบูรณะโดยใช้เดือยเสมือนรากฟันเป็นวิธีที่ลดการเกิดช่องว่างและรูพรุนระหว่างเดือยฟันเส้นใยและคลองรากฟัน

(15) นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ห่อภิมาณของ Zarow และคณะ ในปี 2021 (63) พบว่าการใช้วัสดุท่อแกนฟันคอมโพสิตที่มีปริมาณฟิลเลอร์สูงกว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มความต้านทานการแตกหักของฟันที่ได้รับการรักษารากฟันได้

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงสนใจใช้เดือยเสมือนรากฟันซึ่งสร้างจากเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูป ร่วมกับเรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT[®]) ร่วมกับใช้ Multicore[®] Flow ซึ่งเป็นวัสดุท่อแกนฟันเป็นซีเมนต์ในการยึดเดือยฟัน ผลการศึกษาแสดงประสิทธิภาพของเดือยเสมือนรากฟันในการเสริมความแข็งแรงให้ฟัน การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟันทำให้ฟันสามารถรับแรงกดอัดได้มากถึง $1,115.01 \pm 101.50$ นิวตัน ก่อนเกิดการแตกหักขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Brito – Junior และคณะ ในปี 2014 (16) ที่พบว่าการเสริมความแข็งแรงให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดภายหลังการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอ โดยใช้เดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปที่ได้รับการเสริมรอบเดือยฟันด้วยเรซินคอมโพสิตทำให้ฟันมีความต้านทานการแตกหักมากกว่าการอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเพอร์ชา

การศึกษาค้นคว้านี้ได้เปรียบเทียบการเพิ่มความต้านทานการแตกหักระหว่างการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน กับการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ ร่วมกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต ซึ่งผลการศึกษาแสดงว่าทั้งสองวิธีนี้สามารถเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้ฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดได้ไม่แตกต่างกัน ทั้งสองวิธีสามารถเสริมความแข็งแรงให้ฟันได้ ซึ่งขัดแย้งกับการศึกษาของ Linsuwanont และคณะ ในปี 2018 (14) ที่พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเอ็มทีเอสามารถเพิ่มความต้านทานต่อการแตกหักให้ฟันได้มากกว่าการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูป ทั้งนี้ในการศึกษาดังกล่าวไม่ได้ทำการเสริมรอบเดือยฟันด้วยเรซินคอมโพสิตก่อนการยึดเดือยฟันด้วยเรซินซีเมนต์ ในขณะที่ Brito – Junior และคณะ ในปี 2014 (16) พบว่าภายหลังการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอหนา 5 มิลลิเมตร แล้วบูรณะด้วยเดือยฟันเส้นใยสำเร็จรูปที่มีหรือไม่มีเสริมรอบเดือยฟันด้วยเรซินคอมโพสิตต่างก็ทำให้ฟันมีความต้านทานต่อการแตกหักไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการจะกล่าวว่าการบูรณะฟันปลายรากเปิดด้วยเดือยเสมือนรากฟันภายหลังการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยเอ็มทีเอ หรือการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอว่ามีประสิทธิภาพเทียบเท่ากัน หรือวิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่าจึงยังเป็นที่โต้แย้ง และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

การเสริมความแข็งแรงภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน หรือโปรรูทเอ็มทีเอ ต่างก็เป็นวัสดุที่มีความอดุลยของควมยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน เมื่อมีแรงมากระทบกับฟันจะเกิดการประสานเป็นหน่วยเดียวกันระหว่างวัสดุและเนื้อฟันบริเวณรากฟัน วัสดุจะมีการบิดตัวไป

พร้อมกับเนื้อฟันทำให้มีการกระจายและถ่ายทอดแรงที่เท่าๆ กันในทุกบริเวณ ลดการสะสมแรงเค้นที่รากฟันและลดความเสี่ยงต่อการแตกหักของรากฟัน (6, 28) อีกทั้งการเตรียมผิวเนื้อฟันก่อนการยึดเดือยเสมือนรากฟันด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 35 จะกำจัดชั้นเคลือบและทำให้เกิดการละลายแร่ธาตุ (Deminerlization) ของชั้นเนื้อฟัน เมื่อใช้เรซินซีเมนต์ในการยึดเดือยฟัน จึงเกิดการแพร่เข้าไปของเรซินแท็ก (Resin tag) เข้าไปในท่อเนื้อฟัน (64) เช่นเดียวกับการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอที่วัสดุสามารถเหนียวทำให้เกิดการสร้างผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่างเอ็มทีเอและเนื้อฟันได้ (59, 60) การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยวิธีทั้งสองจึงสามารถเสริมความแข็งแรงให้ฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน

การศึกษารูปแบบการแตกหักของฟันสามารถแบ่งได้เป็น รูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันต่อได้ ซึ่งได้แก่ ความล้มเหลวจากระบบยึดติดของวัสดุที่นำมาบูรณะ (Adhesive failures) และการแตกหักที่เกิดขึ้นเหนือระดับของสันกระดูกที่จำลองขึ้นในการทดสอบ กับรูปแบบการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะต่อได้ และนำไปสู่การถอนฟัน ซึ่งหมายถึง การแตกหักของรากฟันในแนวตั้ง และการแตกหักที่ระดับต่ำกว่าระดับของสันกระดูกที่จำลองขึ้น ซึ่งอาจเป็นการแตกหักในแนวเฉียงหรือแนวขวางที่ระดับที่ระดับ 1/3 ของกึ่งกลางหรือปลายรากฟัน (38, 39)

ผลการศึกษานี้พบว่า การแตกหักส่วนใหญ่เกิดขึ้นเป็นลักษณะที่เฉียงลงสู่รากฟันที่ระดับจำลองของสันกระดูก ทั้งในกลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยเสมือนรากฟัน และกลุ่มที่ได้รับการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอ โดยไม่พบมีชิ้นตัวอย่างที่เกิดความล้มเหลวจากการที่วัสดุบูรณะฟันหลุดออกจากโพรงฟันก่อนการแตกหัก และไม่พบการเกิดความล้มเหลวของการยึดติดด้วยซีเมนต์ระหว่างเดือยฟันกับเนื้อฟัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากความยาวของรากฟันจำลองสภาวะปลายรากฟันเปิดที่มีความยาว 9 มิลลิเมตร การแตกหักที่เกิดขึ้นจะเป็นรูปแบบที่สามารถบูรณะต่อได้โดยมีอัตราส่วนระหว่างตัวฟันและรากฟันที่น้อยกว่า 1 : 1

การศึกษานี้พบการแตกหักที่ไม่สามารถบูรณะต่อได้ในกลุ่มที่ได้รับการบูรณะด้วยเดือยเสมือนรากฟัน จำนวน 2 ซี่ จาก 10 ซี่ ซึ่งมีอุบัติการณ์น้อยกว่าผลการศึกษาของ Linsuwanont และคณะ ในปี 2018 (14) ที่พบว่า การบูรณะคลองรากฟันด้วยเดือยฟันเส้นใย และการอุดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอทำให้การแตกหักเป็นเส้นในแนวขวาง หรือแนวเฉียงผ่านระดับคอฟันของรากฟัน โดยการยึดเดือยฟันเส้นใยทำให้ฟัน 4 ซี่ จาก 10 ซี่ มีการแตกหักของฟันในแนวเฉียงที่มีขอบเขตจากบริเวณคอฟันไปถึงระดับ 1/3 ของกึ่งกลางรากฟัน ซึ่งเป็นการแตกหักอันไม่พึงประสงค์ ที่ไม่สามารถบูรณะฟันต่อได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของภัทร และสุวิทย์ ในปี พ.ศ. 2564 (9) ที่พบว่า การอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์ทำให้เกิดการ

แตกหักในรูปแบบเฉียงลงสู่รากฟัน ที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน, บริเวณ 1/3 ทางด้านคอฟันของรากฟัน หรือ 1/3 ระดับกึ่งกลางของรากฟัน การบูรณะฟันด้วยวัสดุที่มีค่ามอดุลัสของความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟันและมีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟันจะทำให้ฟันนั้นมีรูปแบบการแตกหักที่มีแนวโน้มที่จะเป็นการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันต่อได้ (40) และมักเป็นการแตกหักที่เกิดขึ้นลักษณะเฉียงจากตัวฟันลงสู่รากฟัน

การพิจารณาเลือกวิธีการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยวิธีใดควรพิจารณาจากหลายปัจจัยร่วมกัน วัสดุที่จะเลือกมาบูรณะภายในคลองรากฟันเพื่อเสริมความแข็งแรงให้ฟันที่มีการพัฒนาของรากฟันไม่สมบูรณ์ในอุดมคติควรมีค่ามอดุลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับเนื้อฟัน บริเวณรากฟัน มีความสามารถในการยึดติดกับเนื้อฟัน ป้องกันการเกิดการรั่วซึมที่ส่วนตัวฟันได้ สามารถใช้งานได้ง่าย และรื้อออกได้เมื่อจำเป็น (10) ผลการศึกษาครั้งนี้จึงยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน กับการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิต โดยพิจารณาจากแรงกดที่ใช้จนฟันเกิดการแตกหักและรูปแบบการแตกหักของฟันที่เกิดขึ้นของทั้งสองวิธีพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การบูรณะภายในคลองรากฟันด้วยเดือยเสมือนรากฟัน หรือการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอต่างเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อการนำมาใช้รักษาฟันที่มีการพัฒนาของรากฟันไม่สมบูรณ์

สรุปผลการวิจัย

การเสริมความแข็งแรงของฟันปลายรากเปิดภายหลังการสร้างแนวกันปิดปลายรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอโดยใช้เดือยเสมือนรากฟันหรือการอุดตลอดคลองรากฟันด้วยโปรรูทเอ็มทีเอร่วมกับการบูรณะด้วยเรซินคอมโพสิตมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความต้านทานการแตกหักให้ฟันได้ไม่แตกต่างกัน โดยการแตกหักของฟันภายหลังได้รับแรงกดพบที่ระดับตัวฟันและระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน ซึ่งส่วนมากเป็นรูปแบบการแตกหักที่สามารถบูรณะฟันต่อได้

ข้อเสนอแนะ

ด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา การศึกษาสมบัติเชิงกล (Mechanical property) ของวิธีการบูรณะฟันที่แตกต่างกันต่อไปในอนาคตควรทำในฟันที่ถูกถอนจากขากรรไกรเดียวกันในผู้ป่วยคนเดียวกันโดยปฏิบัติตามหลักจริยธรรมของการวิจัย หรือมีการจำลองสถานการณ์ของการทดลองให้คล้ายสถานการณ์ทางคลินิกจริงเพิ่มมากขึ้น เช่น การทดลองภายใต้

กระบวนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิร้อนเย็นเป็นจังหวะ (Thermocycling process), การจำลองให้
พื้นมีการสูญเสียโครงสร้างของพื้นรุนแรงมากขึ้น และมีการบูรณะด้วยครอบพื้น จะช่วยให้สามารถ
ตัดสินใจเลือกวิธีการบูรณะพื้นที่เหมาะสมได้ดียิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

1. Cvek M. Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with gutta-percha. A retrospective clinical study. *Endodontics & dental traumatology*. 1992;8(2):45-55.
2. Ali MRW, Mustafa M, Bårdsen A, Bletsa A. Fracture resistance of simulated immature teeth treated with a regenerative endodontic protocol. *Acta Biomater Odontol Scand*. 2019;5(1):30-7.
3. Ron AC, Karthik J, Pai VS, Vedavathi B, Nadig R. Fracture resistance of simulated immature teeth rehabilitated with different restorative materials: A three-dimensional finite element analysis. *Endodontology*. 2017;29(1):11-9.
4. อังสนา ใจแน่น. Reinforcement root canal: Is it a realistic goal? *เอ็นโดสวาร*. 2552;14(1):17-23.
5. Teixeira FB, Teixeira ECN, Thompson JY, Trope M. Fracture resistance of roots endodontically treated with a new resin filling material. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2004;135(5):646-52.
6. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*. 2007;33(4):391-8.
7. Kim J-H, Park S-H, Park J-W, Jung I-Y. Influence of post types and sizes on fracture resistance in the immature tooth model. *JKACD*. 2010;35(4):257-66.
8. Bayram E, Bayram HM. Fracture resistance of immature teeth filled with mineral trioxide aggregate, bioaggregate, and biodentine. *European journal of dentistry*. 2016;10(2):220-4.
9. ภัทร อันชี่น, สุวิทย์ วิมลจิตต์. ความต้านทานการแตกหักของฟันจำลองสภาวะละลายรากฟันเปิดเมื่ออุดรากฟันด้วยวัสดุในกลุ่มแคลเซียมซิลิเกตซีเมนต์สามชนิด. *วทันต ขอนแก่น*. 2564;24(1):66-75.
10. Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ. Reinforcement of immature roots with a new resin filling material. *J Endod*. 2006;32(4):350-3.
11. Guven Y, Tuna EB, Dincol ME, Ozel E, Yilmaz B, Aktoren O. Long-term fracture

resistance of simulated immature teeth filled with various calcium silicate-based materials. *BioMed Research International*. 2016;2016:1-6.

12. Tanalp J, Dikbas I, Malkondu O, Ersev H, Gungor T, Bayirli G. Comparison of the fracture resistance of simulated immature permanent teeth using various canal filling materials and fiber posts. *Dental traumatology*. 2012;28(6):457-64.

13. Zhabuawala MS, Nadig RR, Pai VS, Gowda Y. Comparison of fracture resistance of simulated immature teeth with an open apex using Biodentine and composite resin: An in vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*. 2016;34:377-82.

14. Linsuwanont P, Kulvitit S, Santiwong B. Reinforcement of Simulated Immature Permanent Teeth after Mineral Trioxide Aggregate Apexification. *J Endod*. 2018;44(1):163-7.

15. ศศิธร อนุสรณ์สุวรรณ, ธีรชัย ลิ้มปิลาวัดณ์ย์. การบูรณะคลองรากฟันแบบผาย. *ว ทันต มศว*. 2556;6(1):66-76.

16. Brito-Junior M, Pereira RD, Verissimo C, Soares CJ, Faria-e-Silva AL, Camilo CC, et al. Fracture resistance and stress distribution of simulated immature teeth after apexification with mineral trioxide aggregate. *Int Endod J*. 2014;47(10):958-66.

17. ณปภา เขียมจิรกุล, จารุพัฒน์ จุลแดง, อมรเทพ วัชรรางกูร. แรงต้านทานการแตกหักของฟันที่มีคลองรากฟันผายด้วยการบูรณะเดือยและแกนฟันต่างชนิดกัน. *ว ทันต มศว* 2016;9(1):71-84.

18. Sivieri-Araujo G, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Bortoluzzi EA, Jorge ÉG, Reis JMS. Fracture Resistance of Simulated Immature Teeth after Different Intraradicular Treatments. *Braz Dent*. 2015;26(3):211-5.

19. Jeeruphan T, Jantararat J, Yanpiset K, Suwannapan L, Khewsawai P, Hargreaves KM. Mahidol study 1: comparison of radiographic and survival outcomes of immature teeth treated with either regenerative endodontic or apexification methods: a retrospective study. *J Endod*. 2012;38(10):1330-6.

20. Chandekar SV, Singh SH, Podar RS, Babel SN, Shah JJ. Rehabilitation of endodontically treated tooth with anatomic post and core: A novel approach. *J Dent Res Rep*. 2018;2:1-7.

21. Silva NRd, Aguiar GCR, Rodrigues MdP, Bicalho AA, Soares PBF, Verissimo C, et al. Effect of resin cement porosity on retention of glass-fiber posts to root dentin: an experimental and finite element analysis. *Brazilian dental journal*. 2015;26(6):630-6.
22. Heithersay GS. Calcium hydroxide in the treatment of pulpless teeth with associated pathology. *Journal of the British Endodontic Society*. 1975;8(2):74-93.
23. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*. 2002;18(3):134-7.
24. Bani M, Sungurtekin-Ekci E, Odabas ME. Efficacy of Biodentine as an Apical Plug in Nonvital Permanent Teeth with Open Apices: An In Vitro Study. *Biomed Res Int*. 2015;2015:359275.
25. Ghorbanzadeh A, Shokouhinejad N, Fathi B, Raoof M, Khoshkhounejad M. An In Vitro Comparison of Marginal Adaptation of MTA and MTA-Like Materials in the Presence of PBS at One-Week and Two-Month Intervals. *Journal of dentistry (Tehran, Iran)*. 2014;11(5):560-8.
26. Trope M, Langer I, Maltz D, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated premolars. *Endodontics & dental traumatology*. 1986;2(1):35-8.
27. เอ็กซ์ อัมพนนวรรตน์, อาณัติ เดวี, ธนิตา ศรีสุวรรณ, ภูมิศักดิ์ เลาวกุล. การเสริมความแข็งแรงของรากฟันแท้ปลายรากเปิดที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีเอเพกซีพีเคชั่น: ทบทวนวรรณกรรม. *ชม ทันตสาร*. 2562;40(3):43-53.
28. อัมพากรณ์ นิธิประทีป, เฉลิมพล ลีไวโรจน์. แนวคิดโมโนบอลอคในการบูรณะฟันที่ผ่านการรักษาคลองรากฟันแล้ว. *ว ทันต จุฬา*. 2554;34:141-54.
29. Williams C, Loushine RJ, Weller RN, Pashley DH, Tay FR. A comparison of cohesive strength and stiffness of Resilon and gutta-percha. *J Endod*. 2006;32(6):553-5.
30. Kinney JH, Balooch M, Marshall GW, Marshall SJ. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Archives of oral biology*. 1999;44(10):813-22.
31. Barjau-Escribano A, Sancho-Bru JL, Forner-Navarro L, Rodriguez-Cervantes PJ, Perez-Gonzalez A, Sanchez-Marin FT. Influence of prefabricated post material on restored teeth: fracture strength and stress distribution. *Operative dentistry*. 2006;31(1):47-54.

32. Mezzomo LA, Corso L, Marczak RJ, Rivaldo EG. Three-dimensional FEA of effects of two dowel-and-core approaches and effects of canal flaring on stress distribution in endodontically treated teeth. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*. 2011;20(2):120-9.
33. Deutsch AS, Cavallari J, Musikant BL, Silverstein L, Lepley J, Petroni G. Root fracture and the design of prefabricated posts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1985;53(5):637-40.
34. D.T. light post [Internet]. [cited 27 April 2020]. Available from: https://www.bisco.com/assets/1/22/D.T._Light-Post_English.pdf.
35. D.T. light post [Internet]. [cited 27 April 2020]. Available from: <https://www.rtdental.com/media/files/documents/not1590gbbr.pdf>.
36. Instructions for use multicore [Internet]. [cited 24 March 2021]. Available from: <https://ivoclarvivadent.showpad.com/share/ibHZI9CLKohdcas2rV8dv>.
37. MultiCore Scientific documentation [Internet]. [cited 24 March 2021]. Available from: <https://ivoclarvivadent.showpad.com/share/Fj2IISNWeZXTNKCDfdW19>.
38. Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. *Int Endod J*. 2005;38(4):230-7.
39. Maccari PC, Cosme Dc, Oshima HM, Burnett LH, Shinkai RS. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Flared Root Canals and Restored with Different Post Systems. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2007;19(1):30-6.
40. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature-Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int*. 2007;38(9):733-43.
41. Escribano-Escriba B, Mico-Munoz P, Manzano-Saiz A, Giner-Lluesma T, Collado-Castellanos N, Muwaquet-Rodriguez S. MTA apical barrier: In vitro study of the use of ultrasonic vibration. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2016;8(3):e318-21.
42. ณัฐพงษ์ กัณฑ์ตรง, ชาบุญณรงค์ ลิ้มพิพัฒน์, อาทิตย์ จิรชาติตา, ธวิน เรียวเรืองแสงกุล, รัชฎา

ฉายจิต, ลุชาติ วงศ์ขันตี. ผลของการเตรียมพื้นผิวแบบต่างๆ ต่อความทนแรงเฉือนของการซ่อมแซมเรซินคอมโพสิตทันทีภายหลังการบูรณะเสร็จ. ว ทันต ขอนแก่น. 2562;22(1):1-15.

43. Fonseca RB, Branco CA, Kasuya AVB, Favarão IN, Carlo HL, Coelho TMK. Anatomic fiber posts, clinical technique and mechanical benefits - a case report. *Dental Press Endod.* 2011;1(3):71-8.
44. Haralur SB, Al-Qahtani AS, Al-Qarni MM, Al-Homrany RM, Aboalkhair AE. Influence of remaining dentin wall thickness on the fracture strength of endodontically treated tooth. *J Conserv Dent.* 2016;19(1):63-7.
45. Thanaruengrong P, Kulvitit S, Navachinda M, Charoenlarp P. Prevalence of complex root canal morphology in the mandibular first and second premolars in Thai population: CBCT analysis. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):1-12.
46. Suratanasurang O, Apiwattanasevee N. Root canal morphology of premolar in Thai population. *Mahidol Dental Journal.* 2020;40(3):243-56.
47. Dardengo CdS, Fernandes LQ, Capelli J. Frequency of orthodontic extraction. *Dental press journal of orthodontics.* 2016;21:54-9.
48. Levitan ME, Himel VT. Dens evaginatus: literature review, pathophysiology, and comprehensive treatment regimen. *Journal of Endodontics.* 2006;32(1):1-9.
49. Lin C-S, Llacer-Martinez M, Sheth CC, Jovani-Sancho M, Biedma BM. Prevalence of Premolars with Dens Evaginatus in a Taiwanese and Spanish Population and Related Complications of the Fracture of its Tubercle. *Eur Endod J.* 2018;3(2):118-22.
50. ขวัญชนก อยู่เจริญ, เสรีนา สิริรัตน์ สกุลณะมรรคา, วัลลภิชัฐ วิสุทธิศักดิ์. ความชุกของเดนส์อีแวจินาตัสในฟันกรามน้อยในเด็กนักเรียนมัธยมไทยกลุ่มหนึ่ง. ว ทันต มศว. 2555;5(1):56-64.
51. จินตนา สาระบรรจง, จิรา จินตาสสมบัติเจริญ, ระวีวรรณ อารยะสันติภาพ. ความชุกของเดนส์อีแวจินาตัสในฟันกรามน้อย และความชุกของการเกิดเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันอักเสบของฟันเดนส์อีแวจินาตัสในเด็กไทยกลุ่มหนึ่งในกรุงเทพมหานคร. *วิทยาศาสตร์ทันตแพทยศาสตร์มหิดล.* 2556;33(1):38-48.
52. Arunpraditkul S, Saengsanon S, Pakviwat W. Fracture resistance of endodontically treated teeth: three walls versus four walls of remaining coronal tooth structure. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists.* 2009;18(1):49-

- 53.
53. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp expert consult. 11th ed. Canada: Elsevier Health Sciences; 2016.
54. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod.* 2004;30(5):289-301.
55. Kim S-Y, Lim S-H, Gang S-N, Kim H-J. Crown and root lengths of incisors, canines, and premolars measured by cone-beam computed tomography in patients with malocclusions. *Korean J Orthod.* 2013;43(6):271-8.
56. เขมจิรา ลอบันดิส, นาฏยา วงษ์ปาน, อมรา ม่วงมิ่งสุข, พิศัลย์ เสนาวงษ์. ผลของความยาวเดือยฟันชนิดผสมเส้นใยต่อความต้านทานการแตกหักของฟันที่รักษาคลองรากฟัน. *วทันต มหิดล.* 2558;35(1):86-95.
57. Bogen G, Kuttler S. Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *J Endod.* 2009;35(6):777-90.
58. Dammaschke T, Gerth HU, Züchner H, Schäfer E. Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland cements. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2005;21(8):731-8.
59. Chang SW. Chemical characteristics of mineral trioxide aggregate and its hydration reaction. *Restor Dent Endod.* 2012;37(4):188-93.
60. Altan H, Tosun G. The setting mechanism of mineral trioxide aggregate. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2016;50(1):65-72.
61. Kosar M, Basturk F, Turkeydin D, Nekoofar M. The effect of operator-induced variability on the physical properties of ProRoot MTA. *Nigerian Journal of Clinical Practice.* 2020;23:1067.
62. D'Arcangelo C, Cinelli M, De Angelis F, D'Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strength of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent.* 2007;98(3):193-8.
63. Zarow M, Dominiak M, Szczeklik K, Hardan L, Bourgi R, Cuevas-Suárez CE, et al. Effect of Composite Core Materials on Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Polymers.*

2021;13(14):2251.

64. Maroulakos G, He J, Nagy WW. The Post-endodontic Adhesive Interface: Theoretical Perspectives and Potential Flaws. J Endod. 2018;44(3):363-71.





ตาราง 5 ขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางไกลกลาง ที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน

กลุ่มตัวอย่างที่ ทำการศึกษา	ชิ้นตัวอย่างที่	ความกว้างของฟันในแนวใกล้ แก้มใกล้ลิ้น (มิลลิเมตร)	ความกว้างของฟันในแนวใกล้ กลางไกลกลาง (มิลลิเมตร)
กลุ่มที่ 1	1	7.66	5.75
กลุ่มควบคุม (ฟันจำลอง สภาวะปลาย รากฟันเปิดซึ่ง ไม่ได้รับการ บูรณะภายใน คลองรากฟัน)	2	7.89	5.75
	3	6.90	5.57
	4	7.39	5.72
	5	7.76	5.05
	6	7.11	5.06
	7	7.19	4.67
	8	7.52	5.31
	9	5.02	4.98
	10	6.77	4.36
	กลุ่มที่ 2	1	7.15
เดือยเสมือน รากฟัน ซึ่งสร้าง จากเดือยฟัน เส้นใย D.T. light post® ร่วมกับ เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT®)	2	7.62	5.06
	3	7.34	5.21
	4	7.20	4.95
	5	7.63	5.60
	6	8.26	5.93
	7	7.78	5.71
	8	6.74	5.05
	9	7.24	5.11
	10	7.45	5.21

ตารางที่ 5 (ต่อ) ขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางไกลกลาง ที่ระดับรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน

กลุ่มตัวอย่างที่ ทำการศึกษา	ชิ้นตัวอย่างที่	ความกว้างของฟันในแนวใกล้ แก้มใกล้ลิ้น (มิลลิเมตร)	ความกว้างของฟันในแนวใกล้ กลางไกลกลาง (มิลลิเมตร)
กลุ่มที่ 3 โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA)	1	6.40	4.80
	2	7.68	5.36
	3	7.35	4.78
	4	7.15	4.79
	5	7.94	5.89
	6	7.28	4.67
	7	6.91	4.57
	8	7.59	4.84
	9	6.70	5.00
	10	7.87	6.26

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบขนาดของฟันในแนวใกล้แก้มใกล้ลิ้น และแนวใกล้กลางไกลกลางที่ตำแหน่งรอยต่อระหว่างเคลือบฟันกับเคลือบรากฟันของแต่ละกลุ่ม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
ความกว้างของฟัน ในแนวใกล้แก้ม ใกล้ลิ้น	Between Groups	0.150	0.075	0.329	0.723
	Within Groups	6.161	0.228		
	Total	6.311			
ความกว้างของฟัน ในแนวใกล้กลาง ไกลกลาง	Between Groups	0.512	0.256	0.694	0.508
	Within Groups	9.960	0.369		
	Total	10.472			

ตาราง 7 บันทึกราคาแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก และตำแหน่งที่เกิดการแตกหักขึ้น

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา	ชั้นตัวอย่างที่	ค่าแรง (นิวตัน)	ตำแหน่งที่เกิดการแตกหัก
กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม (ฟันจำลองสภาวะปลายราก ฟันเปิดซึ่งไม่ได้รับการ บูรณะภายในคลองรากฟัน)	1	846.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	2	787.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	3	628.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	4	608.000	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	5	699.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	6	669.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	7	660.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	8	821.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	9	639.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	10	853.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
กลุ่มที่ 2 เดือยเสมือนรากฟัน ซึ่ง สร้างจากเดือยฟันเส้นใย D.T. light post® ร่วมกับ เรซินคอมโพสิต (Filtek Z350XT®)	1	1047.250	ระดับตัวฟัน
	2	1005.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	3	1089.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	4	1259.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	5	1293.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	6	1053.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	7	1124.000	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	8	1046.000	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	9	1031.880	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	10	1200.000	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
กลุ่มที่ 3 โปรรูทเอ็มทีเอ (ProRoot® MTA)	1	959.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	2	1051.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	3	1119.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	4	1107.500	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	5	887.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	6	1093.250	ระดับตัวฟัน
	7	1247.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	8	1017.250	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	9	1274.750	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน
	10	951.350	ระดับ 1/3 ทางด้านคอฟัน

ตาราง 8 การทดสอบการแจกแจงของชุดข้อมูลด้วยการทดสอบชาร์ฟีโร - วิลค์

	กลุ่ม	Statistic	df	Sig
ค่าแรงกดที่	กลุ่มควบคุม	0.872	10	0.106
ทำให้ฟันเกิด	เดือยเสมือนรากฟัน	0.870	10	0.101
การแตกหัก (นิวตัน)	โปรรูทเอ็มทีเอ	0.956	10	0.744

ตาราง 9 การวิเคราะห์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way analysis of variance: one way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแรงกด (นิวตัน) ที่ทำให้ฟันเกิดการแตกหัก

	Sum of Squares	df	Mean square	F	Sig
Between groups	930242.434	2	465121.217	39.758	.000
Within groups	315867.612	27	11698.800		
Total	1246110.046	29			

ตาราง 10 การทดสอบภายหลังด้วยวิธีของตุ๊กกี (Tukey's Honestly Significance Difference)

กลุ่ม		Mean Difference	Std. Error	Sig	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper bound
ควบคุม	เดือยเสมือนรากฟัน	-393.588000*	48.371067	.000	-513.52008	-273.65592
	โปรรูทเอ็มทีเอ	-349.610000*	48.371067	.000	-469.54208	-229.67792
เดือยเสมือนรากฟัน	ควบคุม	393.588000*	48.371067	.000	273.65592	513.52008
	โปรรูทเอ็มทีเอ	43.978000	48.371067	.639	-75.95408	163.91008
โปรรูทเอ็มทีเอ	ควบคุม	349.610000*	48.371067	.000	229.67792	469.54208
	เดือยเสมือนรากฟัน	-43.978000	48.371067	.639	-163.91008	75.95408

The mean difference is significant at the 0.05 level.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	กฤติกา เจริญวุฒิลาภ
วัน เดือน ปี เกิด	4 ธันวาคม 2530
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ทันตกรรมคลินิก) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิ โรฒ

