การเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว ร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์

COMPARISON OF GAP FORMATION IN SINGLE CONE TECHNIQUE WITH BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALERS

วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2566

การเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์

วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

COMPARISON OF GAP FORMATION IN SINGLE CONE TECHNIQUE WITH BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALERS

WAROONPHAN PRANEETPOLKRANG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of MASTER OF SCIENCE

(Clinical Dentistry)

Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University

2023

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์

ของ

วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก

(อาจารย์ ทันตแพทย์หญิงพีรพร โชติวรรักษ์)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ ทันตแพทย์วีระ เลิศจิราการ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิงชินาลัย ปิยะชน)

ชื่อเรื่อง	การเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นในการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์
ผู้วิจัย	วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ทันตแพทย์หญิง พีรพร โชติวรรักษ์

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนปลายและส่วนกลางและซีลเลอร์จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอซีลเลอร์ เมื่อทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ เตรียมฟันกรามน้อยล่างมนุษย์ 1 คลองรากฟันจำนวน 15 ซี่ (N = 15; n = 5) ตัดส่วนตัวฟันออกใต้ตำแหน่งรอยต่อเคลือบรากฟันกับเคลือบฟัน กำหนดให้ฟันที่ถูกเตรียมมีความยาวในการทำงานเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ขยายและตกแต่งรูปร่างคลองรากฟันด้วยเครื่องมือโพรเทปเปอร์ เน็กซ์ เบอร์ เอ็กซ์ 3 ที่มีขนาดเท่ากับ 30/07 แบ่งกลุ่มการทดลองอย่างสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ตามชนิดของซีลเลอร์ ทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว เก็บฟันที่ได้รับการอุดคลองรากฟันไว้ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นทำฟันมาตัดแนวขวางที่ระยะ 3 และ 8 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน นำชิ้นตัวอย่างไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอกำลังขยาย 45 เท่าและภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดกำลังขยาย 100 และ 1000 เท่า เพื่อคัดเลือกตำแหน่งที่มีความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่กว้างที่สุด ทำการถ่ายภาพ เพื่อนำมาวัดความกว้างด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ และบันทึกค่าเฉลี่ยที่ได้ในหน่วยไมโครเมตร ผลการศึกษา บริเวณคลองรากฟันส่วนกลาง ค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นในกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีค่าเท่ากับ 7.076 ± 0.476 ไมโครเมตร เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์มีค่าเท่ากับ 3.169 ± 0.736 และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอมีค่าเท่ากับ 3.13 ± 0.794 ไมโครเมตร ตำแหน่งคลองรากฟันส่วนปลาย ค่าเฉลี่ยความกว้างในกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีค่าเท่ากับ 3.764 ± 0.277 เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์มีค่าเท่ากับ 3.153 ± 0.5 และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอมีค่าเท่ากับ 3.21 ± 0.87 ไมโครเมตร สรุป จากการศึกษานี้ที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลาย ช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีค่าเฉลี่ยความกว้างที่มากที่สุดและจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าข้อมูลเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในช่วงที่กว้าง ในอนาคตอาจจำเป็นต้องมีการศึกษาที่คล้ายคลึงกันเพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมากขึ้น

คำสำคัญ : ไบโอเซรามิกซีลเลอร์, เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์, เทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว, ความแนบสนิท, ช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและกัตตาเปอร์ชา

Title	COMPARISON OF GAP FORMATION IN SINGLE CONE TECHNIQUE WITH BIOCERAMIC ROOT CANAL SEALERS
Author	WAROONPHAN PRANEETPOLKRANG
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2023
Thesis Advisor	Peerapohn Chotvorrarak

The aim of this study is to compare the width of gaps between root canal walls and sealers (AH Plus jet, Endosequence BC Sealer and Endoseal MTA Sealer), occurring when using the single cone technique root canal obturation. The methodology included 15 human mandibular premolars with a single root were prepared by removed a crown below a cemento-enamel junction and set a length from cutting point to root apex at 14mm using a NiTi rotary file ProTaper Next Size X3 (30/07) for mechanical instrumentation. The prepared teeth were randomly divided into three groups depending on types of sealer (n=5) and obturated root canals with a single cone technique with each sealer and after that collected obturated teeth in 100 humidity and at 37 degrees for one week for the complete setting of sealers. A tooth was cut transversely at level of 3-8mm from root apex then examined each sample under x45 stereomicroscope and x100 and x1000 SEM for selecting and measuring a maximum width between both levels of root canal walls and sealers in a micrometer unit. The results were as follows: the average width of the gaps in middle level of the canal wall of AH Plus Jet sealer group was 7.076 ± 0.476 μm. The Endosequence BC Sealer group was 3.169 ± 0.736 μm and the Endoseal MTA group was 3.13 ± 0.794 μm, while the apical level AH Plus Jet sealer group was 3.764 ± 0.277 μm, the Endosequence BC Sealer group was 3.153 ± 0.5 μm and Endoseal MTA group was 3.21 ± 0.87 μm. In conclusion, this study found the widest gap in the middle and apical aspect of canal wall in AH Plus Jet group. However, a statistical analysis of this study showed a large range of SD data. In the future, additional similar studies may be conducted with increased sample sizes.

Keyword : Bioceramic sealers, AH plus jet sealer, Single cone technique, Adaptability, Gap formation

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคลากรหลายท่าน โดยได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อ.ทพญ.พีรพร โชติวรรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึง อ.ทพญ.ดร.จารุมา ศักดิ์ดี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และ Dr. Antonio Vera และ Dr. Judy Chen ที่ให้ความกรุณาสนับสนุนวัสดุเพื่อใช้สำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ รวมไปถึงอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้คำแนะนำและความหวังดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาทันตวัสดุรวมไปถึงเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะทันตแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับความช่วยเหลือแนะนำการใช้เครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา และเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจ รวมไปถึงคอยให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามงานวิจัย 3

ความสำคัญของงานวิจัย 3

ความมุ่งหมายของการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 4

ตัวแปรที่ศึกษา 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

การอุดคลองรากฟันเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว 6

เอเอชพลัส และ เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ 7

วัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกส์ 8

เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ 10

เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ 11
ช่องว่างระหว่างผนังซีลเลอร์และคลองรากฟัน 13
วิธีการประเมินผลช่องว่างระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟัน 14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 16
การคัดเลือกฟันที่ใช้ในการทดลอง 16
การเตรียมฟันเพื่อใช้ในการทดลอง 17
การอุดคลองรากฟัน 18
การวัดช่องว่างระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟัน 19
การวิเคราะห์ข้อมูล 23
บทที่ 4 24
ผลการดำเนินการวิจัย 24
บทที่ 5 27
สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 27
สรุปผลการศึกษา 27
อภิปรายผลการศึกษา 27
ข้อเสนอแนะ 33
บรรณานุกรม 34
ภาคผนวก 41
ประวัติผู้เขียน 44

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเอเอชพลัสซีลเลอร์และไบโอเซรามิกซีลเลอร์ 9

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์แต่ละชนิดที่ระดับส่วนปลายและส่วนกลางคลองรากฟัน (ไมโครเมตร) 24

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 เอเอชพลัส และ เอเอชพลัสเจ็ท (AH plusTMand AH plus jet®Densply/Maillefer, Konstanz, Germany) 8

ภาพประกอบ 2 เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และไอรูทเอสพี (Endosequence BC sealer; Brasseler USA, Savannah, GA, USA or iRoot SP; Innovative Bioceramix, Vancouver, Canada) 11

ภาพประกอบ 3 เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ (EndoSeal MTA; Maruchi, Wonju, Korea) 12

ภาพประกอบ 4 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจี พาวเวอร์ 16

ภาพประกอบ 5 ความกว้างของคลองรากฟันตำแหน่ง 3 และ 8 มิลลิเตรจากปลายรากฟันในภาพรังสีแนวแก้ม-ลิ้น และ ภาพรังสีแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ตามลำดับ 17

ภาพประกอบ 6 แท่งกัตตาเปอร์ชาสำหรับอุดคลองรากฟันเบอร์ X3 (ProTaper Next Conform Fit ™ gutta percha point) 19

ภาพประกอบ 7 บล็อกปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนตัวฟัน 20

ภาพประกอบ 8 แผนภาพแสดงตำแหน่งที่จะตัดฟัน 20

ภาพประกอบ 9 การตัดฟันด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ 20

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอกำลังขยาย 45 เท่า 21

ภาพประกอบ 11 การเตรียมชิ้นตัวอย่างก่อนวัดผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด 22

ภาพประกอบ 12 ภาพตัวอย่างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดภายใต้กำลังขยาย 100 เท่า (ลูกศรชี้: ตำแหน่งที่เลือก) 22

ภาพประกอบ 13 ภาพตัวอย่างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดภายใต้กำลังขยาย 1000 เท่า (เส้นสีเหลือง: ระยะทางช่องว่างที่กว้างที่สุด) 22

ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายคลองรากฟันและซีลเลอร์แต่ละชนิด 26

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การรักษาคลองรากฟันเป็นหนึ่งในวิธีที่ใช้รักษาฟันที่มีการติดเชื้อในคลองรากฟัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดหรือป้องกันการเกิดโรคเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันอักเสบ การรักษาคลองรากฟันมีผลสำเร็จของการรักษาที่สูง โดยจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าที่ระยะเวลา 2 ถึง 10 ปี ฟันที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันมีอัตราการอยู่รอดคิดเป็นร้อยละ 86 ถึง 93 [1] ซึ่งขั้นตอนในการรักษาคลองรากฟันจึงประกอบไปด้วยการกำจัดเชื้อจุลชีพในคลองรากฟัน โดยมีจุดมุ่งหมายในการกำจัดเชื้อจุลชีพให้มากที่สุดและหลงเหลือเชื้อจุลชีพในระบบคลองรากฟันให้น้อยที่สุด Rud และ Andreasen [2] พบว่าเชื้อจุลชีพที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟัน เป็นสาเหตุที่สำคัญของการเกิดความล้มเหลวในการรักษา การกำจัดเชื้อสามารถทำได้โดยวิธีการทางกล ได้แก่การใช้เครื่องมือหมุน กำจัดเนื้อฟันที่ติดเชื้อ ขยายและตกแต่งรูปร่างของคลองรากฟัน ร่วมกับวิธีการทางเคมีคือการใช้สารเคมี ได้แก่ น้ำยาล้างคลองรากฟัน และยาที่ใส่ในคลองรากฟัน ภายหลังจากการกำจัดเชื้อด้วยวิธีการทั้งสองร่วมกันแล้วจะทำการอุดคลองรากฟัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อปิดผนึกระบบคลองรากฟัน เพื่อไม่ให้เชื้อจุลชีพสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้ [3] รวมถึงช่วยสร้างสภาวะที่เหมาะสมต่อการหายของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน

วัสดุแกนที่นิยมใช้ในการอุดคลองรากฟันคือ กัตตาเปอร์ชา (gutta percha) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีลักษณะกึ่งแข็ง (semi-solid) สามารถอ่อนตัวและหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้กัตตาเปอร์ชาสามารถกดอัดให้แน่นเต็มในคลองรากฟันได้ เนื่องจากกัตตาเปอร์ชาไม่ยึดติดกับผนังคลองรากฟัน จึงมีการนำกัตตาเปอร์ชามาใช้ร่วมกับซีลเลอร์ (sealer) เพื่อเป็นสารปิดผนึกในคลองรากฟัน [4] ซีลเลอร์มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารยึดติดและช่วยเติมเต็มช่องว่างระหว่างผนังคลองรากและกัตตาเปอร์ชาและกัตตาเปอร์ชาด้วยกัน ทำให้เกิดการปิดผนึกอย่างสมบูรณ์ [5-8] จากการศึกษาของ Khayat และคณะ [9] พบว่า การอุดคลองรากฟันด้วยกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์พบว่าจะเกิดการรั่วซึมของแบคทีเรียช้ากว่าไม่ใช้ซีลเลอร์ ซีลเลอร์สามารถไหลแผ่เข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ การแทรกซึมของซีลเลอร์เข้าไปในท่อเนื้อฟันจะช่วยเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันและเนื้อฟัน [8] โดยความแนบสนิท (adaptatio ที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวสัมผัส (interface) ระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟันเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการปิดผนึกของระบบคลองรากฟัน [10-12]

ซีลเลอร์ในอุดมคติ [8] ควรมีคุณสมบัติ ให้การผนึกและการยึดติดที่ดีระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันและผนังคลองรากฟัน มีเสถียรภาพเชิงมิติภายหลังการอุด ทึบรังสี ไม่ทำให้ฟันเปลี่ยนสี ไม่เกิดละลายเมื่อสัมผัสกับของเหลวจากร่างกาย มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ มีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อที่ต่ำ สามารถเข้ากับเนื้อเยื่อของร่างกายได้ มีระยะเวลาที่เพียงพอสำหรับทำงานและสามารถรื้อออกได้ง่ายเมื่อจำเป็น [8, 13] ในปัจจุบันยังไม่มีซีลเลอร์ใดที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามคุณสมบัติในอุดมคติ จึงมีการศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติของซีลเลอร์อย่างต่อเนื่อง ซีลเลอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ เอเอชพลัสและเอเอชพลัสเจ็ท (AH plus™, Densply/Maillefer, Konstanz, Germany and AH plus jet®, Densply/Maillefer, Konstanz, Germany) เป็นซีลเลอร์ชนิดเรซินเบส (resin based sealer) [14] มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อจุลชีพ [14] มีการละลายตัวที่ต่ำ [15] ให้การผนึกและยึดติดที่ดี [13] เอเอชพลัสซึ่งเป็นซีลเลอร์ที่นิยมนำมาใช้งานในปัจจุบัน เนื่องจากคุณสมบัติในการปิดผนึกและยึดติดที่ดีระหว่างผนังคลองรากฟันและกัตตาเปอร์ชา [16] จึงมีหลายการศึกษาที่นิยมใช้เอเอชพลัสซีลเลอร์เป็นตัวเปรียบเทียบคุณสมบัติการปิดผนึกกับซีลเลอร์ชนิดอื่น [17] แต่อย่างไรก็ตามซีลเลอร์ชนิดเรซินเบสสามารถหดตัวได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) ที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อตัว ซึ่งส่งผลต่อความแนบสนิทระหว่างซีลเลอร์และผิวสัมผัสได้ [18]

นอกจากเอเอชพลัสแล้วยังมีการพัฒนาซีลเลอร์ชนิดอื่นขึ้นมา เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีและใกล้เคียงกับคุณสมบัติของซีลเลอร์ในอุดมคติมากยิ่งขึ้น ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ (bioceramic sealer) เป็นซีลเลอร์ที่มีแคลเซียมซิลิเกต (Calcium silicate) เป็นส่วนประกอบ มีอนุภาคขนาดเล็ก สามารถเกิดปฏิกิริยากับน้ำและตกตะกอนแร่ธาตุทำให้เกิดการยึดติดกับเนื้อฟันในคลองรากฟันได้ ส่งผลให้เกิดการปิดผนึกของระบบคลองรากฟันที่ดี ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ถูกแนะนำให้ใช้ร่วมกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว โดย Zhang และคณะ[19] พบว่าการใช้ไอรูธเอสพีซีลเลอร์ (iRoot SP sealer) ซึ่งเป็นวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์ มีความแนบสนิทที่ดีกว่าเอเอชพลัส เมื่อทำการอุดด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Polineni และคณะ [20] และ Tedesco และคณะ [21] ที่พบว่าไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีความแนบสนิทระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟันน้อยกว่าอีพ็อกซีเรซินและไบโอเซรามิกซีลเลอร์ มีค่าความแข็งแรงการยึดติดที่น้อยกว่า ไบโอเซรามิกซีลเลอร์เป็นซีลเลอร์ที่เข้ามามีบทบาทในการอุดคลองรากฟันเนื่องจากคุณสมบัติที่ดี สำหรับการประเมินความสามารถในการปิดผนึกคลองรากฟันสามารถประเมินได้จากหลายวิธี ทั้งประเมินผ่านการรั่วซึมของสารทดสอบต่างๆ เช่น ของเหลว แบคทีเรีย หรือสีย้อมที่แทรกซึมผ่านตามช่องว่างที่เกิดขึ้น [9, 19] หรือประเมินผ่านช่องว่างโดยตรงจากการสังเกตความแนบสนิทหรือช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันและผนังคลองรากฟัน [20,

[21] ซึ่งยังไม่มีการกำหนดให้วิธีใดเป็นวิธีมาตรฐาน การประเมินความแนบสนิทระหว่างพื้นผิวสัมผัสของซีลเลอร์ด้วยการวัดขนาดของช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟันก็เป็นวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการอุดคลองรากฟันร่วมกับเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว รวมถึงการศึกษาที่ผ่านมาที่ให้ผลขัดแย้งกัน ดังนั้นการศึกษาความแนบสนิทระหว่างพื้นผิวสัมผัสของซีลเลอร์ด้วยการวัดขนาดของช่องว่างที่เกิดขึ้นบริเวณผนังคลองรากฟันในซีลเลอร์ต่างชนิดจึงเป็นการศึกษามีความน่าสนใจ

คำถามงานวิจัย

ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ และเอเอชพลัสเจ็ทกับผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายมีความแตกต่างกันหรือไม่

ความสำคัญของงานวิจัย

การอุดคลองรากฟันจำเป็นต้องใช้วัสดุอุดคลองรากฟันกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์ ความแนบสนิทระหว่างพื้นผิวสัมผัสที่ดีจะลดการเกิดช่องว่างระหว่างกัตตาเปอร์ชาและผนังคลองรากฟันส่งผลให้ซีลเลอร์มีความสามารถในการปิดผนึกที่ดี ปัจจุบันการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวเป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมเนื่องจากใช้อุปกรณ์และเวลาน้อย แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคการอุดด้วยกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวเป็นวิธีการอุดคลองรากฟันที่ใช้ซีลเลอร์เป็นหลักในการอุด (sealer based root canal obturation) ชนิดของซีลเลอร์ที่เลือกใช้จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว [22] การใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่มีคุณสมบัติในการปิดผนึก, ความเข้ากันทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อที่ดี และสามารถขยายตัวได้ภายหลังการก่อตัว รวมถึงอนุภาคของซีลเลอร์ในกลุ่มนี้ที่มีขนาดเล็กจึงมีผลช่วยทำให้เกิดการสามารถแทรกซึมและปิดผนึกกับผนังคลองรากฟันได้เพิ่มมากขึ้น จากคุณสมบัติที่ดีของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่กล่าวมา รวมถึงผลการประเมินความสามารถในการปิดผนึกคลองรากฟันของไบโอเซรามิส์ซีลเลอร์ที่ยังคงมีความขัดแย้งกันในการศึกษาที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาซีลเลอร์กลุ่มไบโอเซรามิก ได้แก่ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ ซึ่งเป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ตัวแรกๆที่ถูกนำมาใช้งานในการอุดคลองรากฟัน มีการศึกษารองรับที่มากจึงเป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่นิยมใช้สำหรับการอุดคลองรากฟันร่วมกับเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว และ เอ็นโดซีลเอ็มทีเอซีลเลอร์ ซึ่งเป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่ออกวางจำหน่ายภายหลังมีการปรับปรุงคุณสมบัติโดยมีการเติมสารประกอบโพซาลานลงไป หาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย

และมีราคาที่ต่ำกว่า โดยนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับเอเอชพลัสเจ็ท ซึ่งเป็นซีลเลอร์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซีลเลอร์สำหรับการอุดคลองรากฟัน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแนบสนิทของเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอต่อผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายโดยประเมินผลจากช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟัน

ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการโดยจำลองสถานการณ์การอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอในฟันกรามน้อยล่างมนุษย์ที่มีรากเดียว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ไบโอเซรามิกส์ (bioceramics) หมายถึง เซรามิกที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในทางการแพทย์และทันตกรรม มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อภายในร่างกาย ประกอบด้วยไอออนของโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในสิ่งมีชีวิต
2. กัตตาเปอร์ชา (gutta percha) หมายถึง วัสดุที่ทำมาจากยางไม้ มีลักษณะกึ่งแข็ง นิยมนำมาใช้อุดคลองรากฟัน
3. ซีลเลอร์ (sealer) หมายถึง วัสดุที่ใช้ร่วมกับวัสดุแกนในการอุดคลองรากฟัน เพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและวัสดุอุดคลองรากฟัน

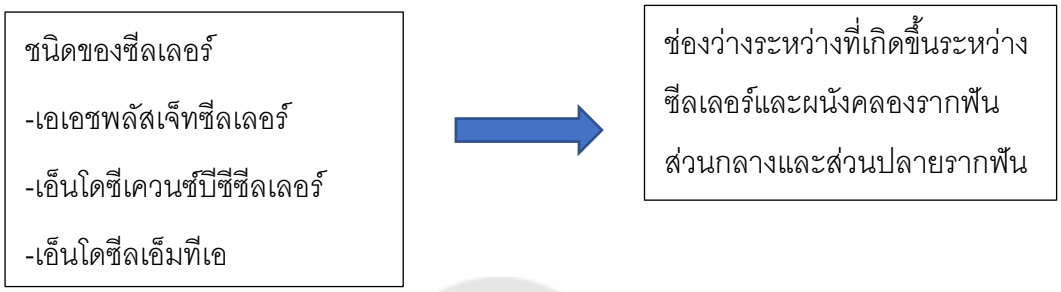
ตัวแปรที่ศึกษา

1.ตัวแปรต้น คือ ซีลเลอร์ ได้แก่ เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ

2.ตัวแปรตาม คือ ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายรากฟันภายหลังจากการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว

3.ตัวแปรควบคุม คือ ความยาวของรากฟัน ขนาดของคลองรากฟัน ขนาดของแท่งกัตตาเปอร์ชา วิธีการใส่ซีลเลอร์ในคลองรากฟัน และวิธีการอุดคลองรากฟัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานหลัก : ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอและผนังคลองรากตำแหน่งเดียวกันไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานรอง : ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอและผนังคลองรากฟันตำแหน่งเดียวกันแตกต่างกัน

สมมติฐานหลัก 2 : ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์ชนิดเดียวกันและผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานรอง 2 : ช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์ชนิดเดียวกันและผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายแตกต่างกัน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การอุดคลองรากฟันเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว

การอุดคลองรากฟันเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวเป็นการอุดคลองรากฟันโดยใช้กัตตาเปอร์ชาแท่งเอกร่วมกับซีลเลอร์ เทคนิคนี้ถูกพัฒนาขึ้นในช่วงปี 1960 โดยในช่วงแรกแท่งกัตตาเปอร์ชาที่ใช้จะมีขนาดความผายที่น้อย ทำให้ต้องใช้ปริมาณซีลเลอร์ที่มากเพื่อปิดผนึกช่องว่างระหว่างแท่งกัตตาเปอร์ชาและผนังคลองรากฟัน หลายการศึกษาพบว่าการอุดด้วยเทคนิคนี้เกิดการรั่วซึมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคเลเทอรัลคอนเดนเซชั่น (lateral condensation) และเทคนิควอร์มเวอร์ติคอลคอนเดนเซชั่น (warm vertical condensation) [23] การพัฒนาของเครื่องมือและซีลเลอร์ในเวลาต่อมาทำให้การอุดเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวมีคุณภาพการอุดที่ดีขึ้น โดยการใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีขนาดเท่ากับขนาดของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมที่หมุนด้วยเครื่องกลที่ใช้ในการตกแต่งรูปร่างคลองรากฟัน จะช่วยให้เกิดสมดุลระหว่างปริมาณของกัตตาเปอร์ชาและซีลเลอร์ ทำให้ปริมาณซีลเลอร์ที่ใช้ลดลง [24]

โดยกัตตาเปอร์ชาแท่งเอกที่มีขนาดเหมาะสม จะทำหน้าที่เป็นแท่งกดซีลเลอร์ส่งผลให้เกิดแรงไฮดรอลิก(hydraulic force) ดันให้ซีลเลอร์ไหลแผ่ไปในคลองรากฟัน ส่งเสริมซีลเลอร์สามารถแทรกซึมไปในระบบคลองรากฟันที่มีความซับซ้อนและภายในท่อเนื้อฟันได้ Alshehri และคณะ [25] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวมีคุณภาพการอุดเทียบเท่ากับเทคนิคคอนทินิวอัสเวฟ คอนเดนเซชั่น (continuous wave condensation) โดยช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนปลายรากกับซีลเลอร์ของการอุดคลองรากฟันทั้ง 2 เทคนิค แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ Zhang และคณะ[19] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยี่ห้อไอรูทเอสพี ให้ผลการทดสอบความสามารถในการปิดผนึก ที่ไม่แตกต่างกันกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคคอนทินิสอัส เวฟ (continuous wave technique) ร่วมกับการใช้เอเอชพลัสซีลเลอร์

สำหรับผลทางคลินิก Eltair และ คณะ [26] สรุปผลได้ว่าความแนบสนิทระหว่างกัตตาเปอร์ชากับผนังคลองรากฟันขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ สำหรับเทคนิคที่ใช้ในการอุดคลองรากฟัน ทั้งเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวและเทคนิคเลเทอรอล คอมแพคชัน (lateral compaction technique) ทั้ง 2 เทคนิคให้ผลการรักษาที่คล้ายคลึงกันในทางคลินิก ซึ่ง Eltair และคณะ ได้ทำการเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นจากกอุดคลองรากฟันทั้ง 2 เทคนิคและพบว่าผลที่แตกต่างกันช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการอุดคลองรากฟันทั้ง 2 เทคนิค ไม่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับการศึกษาของ

Najafzadeh และคณะ [27] ที่ให้ผลการศึกษาไปในทิศทางเดียวกันคือการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์จะเกิดช่องว่างขนาดเล็กกว่าและสามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ระยะทางที่มากกว่าเอเอชพลัสเมื่ออุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวและเทคนิคเลเทอรอล คอมแพคชัน[27]

นอกจากนี้ Kim และคณะ[22] ยังพบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับไบโอเซรามิกส์ซีลเลอร์ให้คุณภาพการอุดคลองรากฟันและร้อยละอัตราความสำเร็จในการรักษาที่สูงเทียบเท่ากับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคคอนทินิวอัส เวฟ (continuous wave technique) ร่วมกับเรซินซีลเลอร์ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาจากเทคนิควอร์ม เวอร์ติคอล (warm vertical technique และนิยมใช้ในปัจจุบัน

เอเอชพลัส และ เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์

เอเอชพลัส (AH plus™, Densply/Maillefer, Konstanz, Germany) เป็นซีลเลอร์ชนิดอีพ็อกซีเรซินเบสด์ (epoxy resin based sealer) เอเอชพลัสอยู่ในรูปแบบหลอด 2 หลอด ประกอบด้วย หลอดที่เป็นสารป้ายอีพ็อกไซด์ หรือ เพสต์เอ (Epoxide paste tube; paste A) และหลอดที่เป็นสารป้ายเอไมด์ หรือ เพสต์บี (amide paste tube; paste B) นำมาผสมในอัตราส่วนที่เท่ากันเมื่อใช้งาน โดยไดอีพ็อกซีโมโนเมอร์ (diepoxide nomomer) และ โมโนหรือไดเอมีนโมโนเมอร์ (mono or diamine monomer) จะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชั่นแบบเติม (polyaddition) ได้เป็นอีพ็อกไซด์-เอมีน โพลีเมอร์ (epoxide-amine addition polymer) [28] แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของเอเอชพลัสซีลเลอร์ที่ถูกบีบออกมาจากหลอดทั้งสองก่อนผสมนั้นสามารถเตรียมอัตราส่วนให้เท่ากันได้ยาก ดังนั้นทางบริษัทผู้ผลิตจึงได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ช่วยให้สามารถเตรียมเอเอชพลัสซีลเลอร์จากทั้งสองหลอดในอัตราส่วนที่เท่ากันออกมาวางจำหน่าย

เอเอชพลัสเจ็ท (AH plus jet®, Densply/Maillefer, Konstanz, Germany) เป็นวัสดุที่มีส่วนประกอบเดียวกันกับเอเอชพลัสแต่มีหลอดฉีดผสม (mixing syringe) ต่อเพิ่มเข้ามา เพื่อให้สามารถเตรียมวัสดุจากทั้ง 2 หลอดได้อัตราส่วนเท่ากันและเพื่อให้สะดวกต่อการใส่ซีลเลอร์ลงในคลองรากฟัน เอเอชพลัสมีระยะเวลาการทำงาน (working time) ประมาณ 4 ชั่วโมง และระยะเวลาการก่อตัว (setting time) ประมาณ 24 ชั่วโมง หรือ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส [29] เอเอชพลัสเป็นซีลเลอร์ที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย [14] มีการละลายตัวที่ต่ำ [15] ความสามารถในการละลายตัวของเอเอชพลัสมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.16 [30] ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ ISO 6876/2001 ปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นที่เกิดขึ้นระหว่าง

วัสดุก่อตัวทำให้เอเอชพลัสเกิดการหดตัว แต่อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการก่อตัวแล้วอีพ็อกซีเรซินสามารถดูดซับน้ำได้ ทำให้เกิดการขยายตัวชดเชยการหดตัวระหว่างการก่อตัว [31] โดยเอเอชพลัสมีร้อยละของการขยายตัวเท่ากับ 1.3 [32] เอเอชพลัสจึงให้การผนึกและยึดติดที่ดีเนื่องจากมีเรซินเป็นส่วนประกอบ [13] เอเอชพลัสมีความหนาของฟิล์มที่น้อย Al-Haddad และคณะ [33] พบว่าความหนาของฟิล์มที่น้อยจะส่งเสริมการปิดผนึกของคลองรากฟันในระยะยาวได้ดีกว่า เนื่องจากซีลเลอร์สามารถเกิดการละลายตัวได้เมื่อระยะเวลาที่ผ่านไป เมื่อนำเอเอชพลัสมาใช้ร่วมกับการอุดคลองรากฟันจึงทำให้มีมวลของกัตตาเปอร์ชาที่มาก แต่จากการศึกษาของ Polineni และคณะ [20] พบว่าความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับเรซินซีลเลอร์ยี่ห้อเอ็ม เอ็ม ซีล (MM Seal) มีขนาดเล็กกว่าช่องว่างที่เกิดจากการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ และการศึกษาของ Al-Haddad และคณะ [33] ที่ทำการอุดคลองรากฟันด้วยวิธีเลเทอรัล คอมแพคชัน (Lateral compaction technique) พบว่าร้อยละของช่องว่างที่เกิดขึ้นในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เรซินซีลเลอร์ ยี่ห้อเอเอชพลัส มีค่าน้อยกว่ากลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์ ซึ่งผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Polineni แต่อย่างไรก็ตามช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มเรซินซีลเลอร์และไบโอเซรามิกซีลเลอร์จากการศึกษาทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาพประกอบ 1 เอเอชพลัส และ เอเอชพลัสเจ็ท (AH plusTMand AH plus jet®Densply/Maillefer, Konstanz, Germany)

วัสดุในกลุ่มไบโอเซรามิกส์

ไบโอเซรามิกส์มีแคลเซียมซิลิเกต (calcium silicate) และ/หรือ แคลเซียมฟอสเฟส (calcium phosphate) เป็นส่วนประกอบหลัก มีคุณสมบัติชอบน้ำ โดยเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นจะเกิดปฏิกิริยาการก่อตัวขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยปฏิกิริยาเติมน้ำ (hydration reaction)

และปฏิกิริยาตกตะกอน (precipitation reaction) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ทำให้สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้จากค่าความเป็นกรดด่างที่สูงในขณะที่ยังก่อตัวไม่สมบูรณ์และไม่เกิดการหดตัวขณะก่อตัว นอกจากนี้การเกิดผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ทำให้เกิดการยึดเกาะทางเคมีกับเนื้อฟันและการยึดเกาะทางกลภายในท่อเนื้อฟัน เมื่อแข็งตัวสามารถเข้ากันได้ทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อได้ดี มีความเป็นพิษต่อเซลล์น้อย ไม่ละลายน้ำ และมีความแนบสนิทที่ดี จากคุณสมบัติของวัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกส์จึงมีการพัฒนาและนำมาใช้ในการรักษาทางเอ็นโดดอนติกส์ เช่น นำมาใช้เป็นวัสดุปิดจุดทะลุโพรงประสาทฟัน วัสดุซ่อมรอยทะลุ วัสดุอุดย้อนปลายรากฟัน เป็นซีเมนต์อุดคลองรากฟัน และวัสดุปิดปลายรากฟันในฟันปลายรากเปิด [30, 34, 35]

ในเวลาต่อมามีการปรับปรุงคุณสมบัติของสารประกอบแคลเซียมซิลิเกต โดยในปี 2006 สารประกอบเกลือฟอสเฟตถูกเพิ่มลงไปในแคลเซียมซิลิเกตเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุ โดยเรียกวัสดุกลุ่มใหม่นี้ว่าแคลเซียมฟอสเฟตซิลิเกตซีเมนต์ (calcium phosphate silicate cement) ซึ่งประกอบด้วย ไตรแคลเซียมซิลิเกต (tricalcium silicate) ไดแคลเซียมซิลิเกต (dicalcium silicate) และ แคลเซียมซิลิเกตโมโนเบสิก (calcium phosphate monobasic) เมื่อผสมวัสดุกับน้ำหรือมีความชื้นสัมผัสวัสดุ จะเกิดการสร้างเจลแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate gel) และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) แคลเซียมฟอสเฟตโมโนเบสิกในตัววัสดุจะทำปฏิกิริยาต่อกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เกิดเป็น สารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) ซึ่งเชื่อว่าจะทำให้การยึดติดกับเนื้อเยื่อในร่างกายสมบูรณ์มากขึ้น มีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟตซิลิเกตที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ยังช่วยให้วัสดุมีค่าความเป็นกรดด่างไม่สูงเกินไป อาจทำให้มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อดีกว่าสารประกอบแคลเซียมซิลิเกต [36]

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเอเอชพลัสซีลเลอร์และไบโอเซรามิกซีลเลอร์

Properties	AH Plus	Endosequence BC Sealer	Endoseal MTA
Setting time	4 hr.	More than 4 hr.	Lower than 4 min
Working time	20-24 hr. [29]	4-10 hr., 72-240 hr. [29]	10-12 min. [46], 13 min.+10%
Solubility	0.16 [30]	2.9	0.7
Flow rate	21.17 mm. [42]	23.1mm. [13], 26.96 mm. [42]	About 17 min., 21 min [46]

เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์

เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ (Endosequence BC sealer; Brasseler USA, Savannah, GA, USA) หรือ ไอรูทเอสพี (iRoot SP; Innovative Bioceramix, Vancouver, Canada) เป็นซีลเลอร์เซรามิกชีวภาพที่มีส่วนประกอบของ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (tricalcium silicate) ไดแคลเซียมซิลิเกต (dicalcium silicate) เซอโคเนียมออกไซด์ (zirconium oxide) ซิลิกาคอลลอยด์ (colloidal silica) แคลเซียมฟอสเฟตโมโนเบสิก (calcium phosphate monobasic) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) และสารให้ความข้นที่ปราศจากน้ำ (water-free thickening agent) บรรจุอยู่ในรูปแบบของสารก่อนผสมในหลอดฉีดพร้อมใช้งาน (premixed injectable root canal sealer) เพื่อกำจัดความหนืดที่ไม่สม่ำเสมอที่อาจเกิดขึ้นได้ขณะทำการผสมซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนซ์บีซี ซีลเลอร์จะไม่เกิดการก่อตัวเมื่อเก็บอยู่ในหลอดฉีด แต่จะทำปฏิกิริยาและแข็งตัวเมื่อสัมผัสกับสภาวะที่มีน้ำหรือความชื้น [37] เมื่อนำมาใช้งานสามารถฉีดเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ เข้าสู่คลองรากฟันได้ทันที เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์จะอาศัยความชื้นในท่อเนื้อฟัน เพื่อเร่งปฏิกิริยาการก่อตัว โดยมีเวลาการก่อตัวอยู่ในช่วง 4 ถึง 10 ชั่วโมง บางการศึกษาพบว่าช่วงเวลาการก่อตัวอาจยาวนาน 72 ถึง 240 ชั่วโมง [29] การนำมาใช้อุดคลองรากฟันบริษัทผู้ผลิตออกแบบให้ใช้คู่กับแท่งกัตตาเปอร์ชาเฉพาะที่มีการฝังอนุภาคของเซรามิกชีวภาพ (bioceramic impregnated gutta percha cone) เพื่อให้เกิดการยึดติดสูงสุด อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่าแม้ใช้กัตตาเปอร์ชาปกติในการอุดร่วมกับการใช้ไอรูทเอสพี ทำให้เกิดการยึดติดที่สูงกว่าเอเอชพลัส, อีพิฟานี่ร่วมกับเรซิลอน (Epiphany & Resilon) และเอ็มทีเอฟิลลาเพ็กซ์ (MTA Fillapex) [26] อนุภาคของเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.2 ไมครอน ขนาดอนุภาคที่เล็กส่งผลให้มีค่าการละลายตัวที่สูง ซึ่งความสามารถในนการละลายตัวของซีลเลอร์เป็นคุณสมบัติที่ส่งผลต่อความแนบสนิท แต่อย่างไรก็ตามค่าการละลายตัวของเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์การทดสอบของISO ที่กำหนดค่าการละลายตัวไม่เกินร้อยละ3เพื่อให้วัสดุยังคงมีความสามารถในการปิดผนึกได้ [38] โดยค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์มีใกล้เคียงหรือเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันทำให้เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์สามารถแทรกซึมไปในท่อเนื้อฟันได้ McMichael [39] ในปี 2016 พบว่าแคลเซียมซิลิเกตซีลเลอร์ สามารถแทรกซึมเข้าไปภายในท่อเนื้อฟันได้เป็นระยะทางประมาณ 2 มิลลิเมตร โดยไม่พบความแตกต่างของการแทรกซึมของซีลเลอร์ระหว่างการอุดด้วยแท่งแมชกัตตาเปอร์ชา (matched gutta percha cone) ด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว (single cone technique) และเทคนิคคอนทินิวอัสเวฟ [26] การแทรกซึมของซีลเลอร์ในท่อเนื้อฟันยังส่งผลต่อการยึดติดทางกลของซีลเลอร์กับผนังคลอง

รากฟัน [37] ซึ่งการยึดติดทางกลที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้เกิดการปิดผนึกที่ดีเนื่องจากเกิดตัวกั้นทางกายภาพที่ช่วยป้องกันการรั่วซึมของระบบคลองรากฟัน [40] รวมถึงขนาดของอนุภาคที่มีความสัมพันธ์กับการไหลแผ่ของวัสดุ จากการศึกษาของ Grossman [41] พบว่า อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะมีความสามารถในการไหลแผ่ที่ดีกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ยิ่งส่งเสริมให้เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ สามารถไหลเข้าไปเกิดปฏิกิริยาภายในท่อเนื้อฟันได้ดียิ่งขึ้น สำหรับการทดสอบอัตราการไหลแผ่ (flow rate) ของวัสดุตามเกณฑ์การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ ISO 6876/2001พบว่าเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์มีอัตราการไหลแผ่เท่ากับ 23.1 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นไปตามข้อแนะนำของ ISO ที่กำหนดให้ซีลเลอร์ต้องมีการไหลแผ่ได้ไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร[38] Candeiro และคณะ [42] พบว่าเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์มีค่าการไหลแผ่ที่มากกว่าเอเอชพลัส การไหลแผ่ที่ดีของซีลเลอร์จะช่วยส่งเสริมให้เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์มีความแนบสนิทไปกับผนังคลองรากฟันและสามารถไหลแผ่ไปในการปิดผนึกระบบคลองรากฟันในตำแหน่งความซับซ้อนได้ [43] นอกจากนี้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยังมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophillic) จึงสามารถอาศัยความชื้นที่หลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟันรวมถึงภายในท่อเนื้อฟันในการก่อตัว

ภาพประกอบ 2 เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ และไอรูทเอสพี (Endosequence BC sealer; Brasseler USA, Savannah, GA, USA or iRoot SP; Innovative Bioceramix, Vancouver, Canada)

เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ

เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ (EndoSeal MTA; Maruchi, Wonju, Korea) เป็นซีลเลอร์ที่มีแคลเซียมซิลิเกตเป็นส่วนประกอบและอยู่ในรูปหลอดฉีดพร้อมใช้งาน (premixed ready-to-use injectable sealer เช่นเดียวกันกับเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมาก่อน เอ็นโดซีลเอ็มทีเอเป็นโพซโซเลนเบสซีลเลอร์ (pozzolan based sealer) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีองค์ประกอบหลักคือซิลิกาหรือซิลิกาและอะลูมินา เอ็นโดซีลเอ็มทีเอมีส่วนประกอบได้แก่ แคลเซียมซิลิเกต แคลเซียมอะลูมิเนต (calcium aluminate) แคลเซียมอะลูมิโนเฟอร์ไรต์ (calcium aluminoferrite) แคลเซียม

ซัลเฟต (calcium sulfate) สารทึบรังสี (radiopacifier) และสารให้ความข้น (thickening agent) จากข้อมูลของบริษัทผู้ผลิตพบว่า เอ็นโดซีลเอ็มทีเอมีมีค่าร้อยละของการละลายตัวเท่ากับ 0.7 ซึ่งน้อยกว่าเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ที่มีค่าร้อยละการละลายตัวเท่ากับ 2.9 เมื่อเอ็นโดซีลเอ็มทีเอได้รับหรือสัมผัสความชื้น โพซโซเลนจะเกิดปฏิกิริยาพอซโซลานิก (pozzolanic reaction) โดยสารประกอบโพซาลานที่มีซิลิกาและหรืออะลูมินาเป็นองค์ประกอบ จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตและน้ำ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ภายหลังจากเกิดปฏิกิริยาพอซโซลานิกคือแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (calcium silicate hydrate) และแคลเซียมอะลูมิเนียมไฮเดรต (calcium aluminium hydrate) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความแข็งแรงของวัสดุ และช่วยลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุ [44] อนุภาคของเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ มีขนาดประมาณ 1.5 ไมครอน ซึ่งเป็นขนาดที่เล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของท่อเนื้อฟัน [45] และมีขนาดเล็กกว่าเอเอชพลัสที่มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 8 ไมครอน อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของอนุภาคเมื่อทำการผสมกับส่วนเหลว ส่งผลให้วัสดุมีการก่อตัวที่เร็ว เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ มีระยะเวลาการทำงานน้อยกว่า 4 นาที และระยะเวลาก่อตัวอยู่ที่ประมาณ 10-12 นาที Lim และคณะ [46] ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเอ็นโดซีลเอ็มทีเอเปรียบเทียบกับเอเอชพลัส ผลการศึกษาพบว่าเอ็นโดซีลเอ็มทีเอมีการไหลแผ่ที่ดีกว่าโดยมีค่าเท่ากับ 21 มิลลิเมตรและสามารถขยายตัวได้เล็กน้อยภายหลังจากการก่อตัว คุณสมบัติทั้งสองนี้มีส่วนช่วยให้เอ็นโดซีลเอ็มทีเอสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนคลองรากฟันที่ไม่ปกติ (irregularity) เกิดความแนบสนิทและเกิดการปิดผนึกที่ดี

ภาพประกอบ 3 เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ (EndoSeal MTA; Maruchi, Wonju, Korea)

ช่องว่างระหว่างผนังซีลเลอร์และคลองรากฟัน

ในขั้นตอนการอุดคลองรากฟันด้วยวัสดุกัตตาเปอร์ชาร่วมกับซีลเลอร์ การใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมมักจะมีขนาดไม่พอดีหรือไม่มีความแนบสนิทกับคลองรากฟันที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงรี [47] รวมถึงบางตำแหน่งของคลองรากฟันที่ไม่สัมผัสกับไฟล์ที่ใช้ขยายและตกแต่งรูปร่างคลองรากฟัน ทำให้คลองรากฟันบริเวณนั้นๆไม่ได้ถูกเตรียมรูปร่างให้พอดีกับแท่งกัตตาเปอร์ชา จึงเกิดเป็นช่องว่างในตำแหน่งที่คลองรากฟันไม่สัมผัสกับแท่งกัตตาเปอร์ชา [48] เมื่อทำการอุดคลองรากฟันช่องว่างนี้จึงถูกเติมเต็มด้วยซีลเลอร์ในปริมาณมาก เนื่องจากเอเอชพลัสเป็นซีลเลอร์ในกลุ่มอีพ็อกซีเรซินที่สามารถหดตัวได้ภายหลังการก่อตัว [34] รวมถึงผลจากการศึกษาของ Ruddle ในปี 2012 [49] ที่พบว่าเอเอชพลัสที่ก่อตัวเร็วมีแนวโน้มว่าจะเกิดการหดตัว ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เอเอชพลัสไม่ยึดติดกับผนังคลองรากฟัน รวมถึงผลของความชื้นที่หลงเหลือในคลองรากฟันต่อเอเอชพลัสซีลเลอร์ซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เอเอชพลัสจึงไม่ไหล่แผ่แนบไปกับผนังคลองรากฟันทำให้เกิดเป็นช่องว่างขึ้น [50] สำหรับไบโอเซรามิกซีลเลอร์พบว่าไม่เกิดการหดตัวภายหลังการก่อตัวแต่จะเกิดการขยายตัวเล็กน้อยแทน ซึ่งถือว่าเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นของไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่แตกต่างจากกลุ่มซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลเบสซีลเลอร์ (zinc-oxide eugenol based sealer) และ กลุ่มแคลเซียมไฮดรอกไซด์เบสซีลเลอร์(calcium hydroxide based sealer) [34] Patri และคณะ [51] ทำการศึกษาความแนบสนิทระหว่างแท่งกัตตาเปอร์ชาและผนังคลองรากฟันที่ระดับต่างๆในฟันที่ได้รับการอุดด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว พบว่าวัสดุไบโอเซรามิกหรือเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ให้ความแนบสนิทที่สูงกว่าวัสดุเรซินซีลเลอร์ชนิดเอ็นโดเรซ (EndoREZ) ซึ่งเป็นเรซินซีลเลอร์ชนิดเมทธิล เมททาคริเลต (Methyl methacrylate resin sealer) Shinde และคณะ [52] พบว่าค่าเฉลี่ยของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนปลายและวัสดุอุดคลองรากฟัน เมื่ออุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับการใช้เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้เอเอชพลัสซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์จึงให้ความแนบสนิทที่ดีกว่าการใช้เอเอชพลัสซีลเลอร์เมื่ออุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว ผลจากการศึกษาของ Shinde และคณะ คล้ายคลึงกับผลการศึกษาของ Padmawar และคณะ [53] ที่พบจำนวนช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับวัสดุอุดคลองรากฟันร่วมกับเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ได้น้อยกว่ากลุ่มเอเอชพลัสซีลเลอร์

ขัดแย้งกับผลการศึกษาของ Pawar และคณะ ในปี 2014 [54] ที่สรุปผลการศึกษาได้ว่าเอเอชพลัสซึ่งเป็นเรซินซีลเลอร์ชนิดอีพ็อกซีเรซิน ให้การยึดติดกับเนื้อฟันบริเวณรากฟันที่ดีกว่าเอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ เมื่อประเมินด้วยวิธีวัดการซึมผ่านของสีย้อมที่ทำการสังเกตภายใต้กล้อง

จุลทรรศน์อิเล็กตรอน และการศึกษาของ Al-Haddad และคณะ [33] ที่พบว่าเอเอชพลัสซีลเลอร์ มีค่าร้อยละของช่องว่างที่ทำการคำนวณเปรียบเทียบกับพื้นที่หน้าตัด ณ ตำแหน่งที่ต้องการศึกษาน้อยกว่ากลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์ทั้งหมดที่นำมาร่วมทดสอบ ซึ่งได้แก่ Sankin apatite III, เอ็มทีเอ ฟิลลาเพ็กซ์ (MTA fillapex) และ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ นอกจากชนิดของซีลเลอร์ที่ส่งผลต่อช่องว่างแล้วแล้ว การหดตัวของกัตตาเปอร์ชาที่เย็นตัวลงหลังจากหลอมเหลวก็ส่งผลให้เกิดช่องว่างบริเวณผนังคลองรากฟันได้ รวมถึงในขั้นตอนการเติมกัตตาเปอร์ชา (back fill) ในการอุดด้วยเทคนิควอร์มเวอติคัลก็สามารถทำให้เกิดช่องว่างได้เช่นกัน Yanpiset และคณะ [55] พบว่าการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับการใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ในฟันรากเดียวที่มีหน้าตัดคลองรากฟันเป็นรูปวงกลม ไม่ได้เกิดการรั่วซึมที่แตกต่างกันกับการใช้เอเอชพลัส แต่เมื่อประเมินผลช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์พบว่ากลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์จะมีร้อยละของการเกิดช่องว่างที่น้อยกว่าเอเอชพลัส

วิธีการประเมินผลช่องว่างระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟัน

การประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟันเป็นการประเมินความแนบสนิท (adaptation) ซึ่งสามารถทำได้จากการประเมินโดยตรงที่ชิ้นตัวอย่างภายใต้กล้องกำลังขยายสูงหรือประเมินจากแบบจำลองคลองรากฟัน 3 มิติ การศึกษาส่วนใหญ่จะทำการประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการวัดระยะทางจากตำแหน่งผนังคลองรากฟันถึงซีลเลอร์ เช่น การศึกษาของ Polineni และคณะ [20] ที่ทำการศึกษาความแนบสนิทบริเวณขอบของซีลเลอร์ด้วยวิธีการวัดระยะทางของช่องว่างที่เกิดขึ้นบริเวณขอบของซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟันภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ข้อดีของการประเมินผลด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดคือ สามารถประเมินผลภายใต้กำลังขยายที่หลากหลายได้ โดยเฉพาะการใช้กำลังขยายสูงจะช่วยให้สามารถวัดผลได้แม่นยำมากขึ้น และยังสามารถบันทึกภาพและนำมาประเมินผลภายหลังผ่านทางรูปภาพได้ มีการศึกษาที่นำกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอมาใช้วัดระยะทางเช่นกัน [56] แต่กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอมีข้อจำกัดทางด้านกำลังขยายที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการประเมินผลด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดเป็นวิธีที่ทำลายชิ้นงาน เนื่องจากจำเป็นต้องมีการผ่านกระบวนการเตรียมชิ้นตัวอย่างก่อนนำไปตรวจดูด้วยกล้องอิเล็กตรอนกำลังขยายสูงภายใต้สภาวะสุญญากาศ ในขั้นตอนนี้มีผลทำให้ชิ้นตัวอย่างได้รับความเสียหายและอาจเกิดช่องว่างเพิ่มขึ้นได้ [57]

บางการศึกษาจะทำการประเมินผลช่องว่างที่เกิดขึ้นโดยคำนวณเป็นค่าร้อยละของพื้นที่ช่องว่างที่เกิดขึ้น [26, 33, 58] เช่นการศึกษาของ Akman และคณะ [58] ที่ทำการคำนวณค่าร้อยละของ

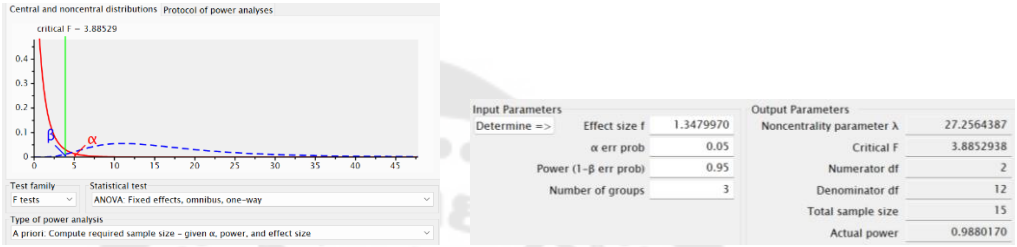
พื้นที่ช่องว่างทั้งหมดที่เกิดขึ้น ซึ่งคำนวณจากช่องว่างทั้งในวัสดุอุดคลองรากฟันและระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันกับผนังคลองรากฟันที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิควอร์ม เวอติคัล คอมแพคชั่น (warm vertical compaction) ร่วมกับการใช้เรซินซีลเลอร์ 3 ชนิด โดยทำการวิเคราะห์ผลจากรูปภาพที่ได้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอร่วมกับโปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่าย Al-Haddad และคณะ[33] ก็ทำการวิเคราะห์ผลเป็นค่าร้อยละของพื้นที่ช่องว่างที่เกิดขึ้นเช่นกัน แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Akman คือจะทำการวิเคราะห์เฉพาะช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับซีลเลอร์เท่านั้น นอกจากนี้ยังมีบางการศึกษาที่ไม่ได้ทำการวัดผลจากชิ้นตัวอย่างโดยตรง ดังเช่นการศึกษาของ Eltair และคณะ[26] ที่จะไม่ทำการวัดผลจากรูปภาพชิ้นตัวอย่างภายใต้กล้องกำลังขยายสูงโดยตรง แต่จะวิเคราะห์ค่าร้อยละของช่องว่างที่เกิดขึ้นจากแบบจำลองที่ได้จากการนำตัวอย่างไปสร้างเป็นแบบพิมพ์จำลองด้วยวัสดุซิลิโคนพิมพ์ปาก (Aquasil Dentsply/caulk, Konstanz, Germany) ร่วมกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณผล

สำหรับเครื่องเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ระดับไมโครเมตร (micro-computed tomography) หรือไมโครซีที (micro CT) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ในหลายๆการศึกษา [55, 57-59] เนื่องจากสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติจากชิ้นตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ ทำให้สามารถใช้แบบจำลองสำหรับประเมินผลได้ ทั้งระยะทาง พื้นที่ และปริมาตรของช่องว่างที่เกิดขึ้น โดยมีข้อดีคือไม่ทำให้ชิ้นตัวอย่างได้รับความเสียหาย [59] แต่อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีส่วนอินทรีย์หลงเหลืออยู่ในชิ้นตัวอย่างที่จะใช้สร้างแบบจำลอง เช่น เนื้อเยื่อในที่ไม่ได้รับการกำจัดออกตกค้างอยู่ในช่องว่างของคลองรากฟัน เครื่องไมโครซีทีจะไม่สามารถแยกหรือระบุส่วนที่เป็นสารอินทรีย์นี้ได้ [57] รวมถึงระยะเวลาที่ใช้สแกนฟันเพื่อสร้างแบบจำลองที่นานส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำในชิ้นตัวอย่างและเกิดการเปลี่ยนแปลงมิติของซีลเลอร์และกัตตาเปอร์ชา [58]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

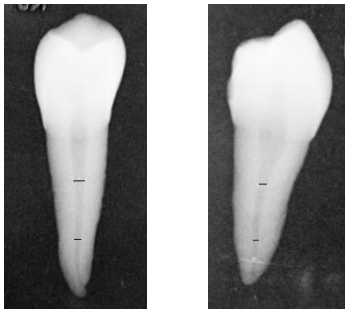
คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจี พาวเวอร์ (G*power) เวอร์ชั่น 3.1.9.2 โดยใช้ขนาดของผล (Effect Size) จากงานวิจัยก่อนหน้าที่คล้ายคลึงกันของ Remy V และคณะ ในปี 2016 [60] ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05



ภาพประกอบ 4 การคำนวณกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรมจี พาวเวอร์

การคัดเลือกฟันที่ใช้ในการทดลอง

ฟันกรามน้อยล่างมนุษย์ที่ถูกถอน โดยฟันที่มีรอยผุ วัสดุอุด รอยแตกหรือความผิดปกติของฟัน จะถูกคัดออกจากการศึกษา จากนั้นทำการถ่ายภาพรังสีแนวแก้ม-ลิ้น (bucco-lingual direction) และถ่ายภาพรังสีแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง (mesio-distal direction) เพื่อใช้ในคัดเลือกฟันกรามน้อยล่างที่มีการสร้างรากฟันสมบูรณ์จำนวน 1 คลองรากจำนวน 15 ซี่ และมีความกว้างของคลองรากฟันในภาพรังสีแนวแก้ม-ลิ้น และแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ที่ระดับ 3 มิลลิเมตรและ 8 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันที่มีอัตราส่วนใกล้เคียงกันหรือมีความกว้างแตกต่างกันไม่เกิน 2 เท่า และมีขนาดของคลองรากฟันไม่เกินขนาดของเครื่องมือ ProTaper Next เบอร์ X3 โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของคลองรากฟัน ที่ระดับ 0 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร ที่ระดับ 3 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันไม่เกิน 0.53 มิลลิเมตร และที่ระดับ 8 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันไม่เกิน 0.71-0.89 มิลลิเมตร ซึ่งอ้างอิงมาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดเครื่องมือ ProTaper Next เบอร์ X3 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 0 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ที่ระดับ 3 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.53 มิลลิเมตร ที่ระดับ 6 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.71 มิลลิเมตร และที่ระดับ 9 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.89 มิลลิเมตร



ภาพประกอบ 5 ความกว้างของคลองรากฟันตำแหน่ง 3 และ 8 มิลลิเตรจากปลายรากฟันใน ภาพรังสีแนวแก้ม-ลิ้น และ ภาพรังสีแนวใกล้กลาง-ไกลกลาง ตามลำดับ

การเตรียมฟันเพื่อใช้ในการทดลอง

แช่ฟันในสารละลายไธมอลร้อยละ0.1 (0.1% thymol) ที่อุณหภูมิห้องเพื่อคงคุณสมบัติของเนื้อฟันและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย กำจัดเนื้อเยื่อแข็งและเนื้อเยื่ออ่อนที่ติดบริเวณรากฟันด้วยคิวเร็ต (curette) และหัวขูดร่วมกับเครื่องอัลตราโซนิก (P5 NEWTRON XS LED, satelec, Acteon, North America) ขัดฟันด้วยผงขัดพิวมิส (pumice) ผสมน้ำ ทำการตัดส่วนตัวฟันออกด้วยหัวกรอช้าร่วมกับแผ่นคาโบรันดัม (carborundum disc) เพื่อควบคุมความยาวของรากฟันให้มีค่าเท่ากับ 14 มิลลิเมตรโดยวัดจากปลายรากฟัน และใช้ส่วนบนสุดทางด้านตัวฟันเป็นตำแหน่งอ้างอิงสำหรับทำงาน ทำการประเมินความยาวของคลองรากฟันด้วยเคไฟล์ (K-file) เบอร์ 15 (Dentsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Switzerland) กำหนดให้ความยาวในการทำงานสั้นกว่ารากฟัน 1 มิลลิเมตร ทำการขยายคลองรากฟันด้วยตะไบชนิดนิกเกิล-ไทเทเนียมเครื่องมือ Protaper Next (Dentsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Switzerland) ร่วมกับเครื่องมอเตอร์ขยายคลองรากฟัน (X-Smart® Plus Endo-Motor Set, Dentsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Switzerland) เคลื่อนที่แบบหมุนต่อเนื่องตามโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้ในเครื่องมอเตอร์ โดยมีรอบความเร็วในการหมุนเท่ากับ 300 รอบต่อนาที และมีค่าแรงบิด (torque) เท่ากับ 4 Ncm ทำการเคลื่อนเครื่องมือโดยรอบผนังคลองรากฟันด้วยลักษณะการปัดเครื่องมือขึ้นด้านบน (brushing motion) เช็ดทำความสะอาดเศษเนื้อฟันออกจากเครื่องมือ จากนั้นจึงค่อยๆเพิ่มความยาวในการทำงานเล็กน้อยเป็นระยะทางไม่เกิน 3 มิลลิเมตร และเคลื่อนเครื่องมือโดยรอบผนังคลองรากฟันด้วยลักษณะการปัดเครื่องมือขึ้นด้านบนทำสลับกับการล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (2.5% sodium hypochlorite; NaOCl) และเช็ดทำความสะอาดเครื่องมือทุกครั้งเมื่อขยายคลองรากฟันได้ระยะทางที่เพิ่มขึ้น กำหนดให้เคลื่อนเครื่องมือจำนวน 5 ครั้ง จนกระทั่งเครื่องมือสามารถเคลื่อนลง

สู่ปลายรากฟันได้ถึงระยะความยาวทำงาน ขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือตั้งแต่เบอร์ X1, X2 และ X3 ตามลำดับ กำหนดปริมาณรวมของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่ใช้ล้างระหว่างการขยายคลองรากฟันเท่ากับ 5 มิลลิลิตร ภายหลังจากได้รับการตกแต่งคลองรากฟันด้วยเครื่องมือ ProTaper Next เบอร์ X3 คลองรากฟันจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคลองรากฟันส่วนปลายเท่ากับเครื่องมือเบอร์ 30 และมีความผายร้อยละ 0.07 ทำการล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 (17% Ethylene diamine tetraacetic acid; EDTA) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น (distilled water) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองรากฟันรูปกรวย ทำการตรวจสอบขนาดของคลองรากฟันภายหลังจากการขยายคลองรากฟันด้วยการใช้เคไฟล์เบอร์ 30 และแท่งกัตตาเปอร์ชาเบอร์ X3 ลองในคลองรากรากฟัน โดยเมื่อใส่เคไฟล์เบอร์ 30 ที่ใช้ตรวจสอบลงไปในคลองรากฟันจะต้องมีความยาวของเคไฟล์ที่ใส่ลงไปได้เท่ากับความยาวทำงานและไม่พบเคไฟล์เกินออกไปนอกปลายรากฟัน และสำหรับการตรวจสอบด้วยการลองแท่งกัตตาเปอร์ชาเบอร์ X3 ในคลองรากฟัน แท่งกัตตาเปอร์ชาจะต้องใส่ลงไปได้เท่ากับความยาวทำงานและไม่พบแท่งกัตตาเปอร์ชาเกินออกไปนอกปลายราก แท่งกัตตาเปอร์ชาจะต้องแน่นพอดีและมีแรงต้านบริเวณปลายรากเมื่อดึงแท่งกัตตาเปอร์ชาออก (tug back) กรณีที่ทำการตรวจสอบภายหลังขยายคลองรากฟันเสร็จแล้วพบว่าเคไฟล์เบอร์ 30 และแท่งกัตตาเปอร์ชาเบอร์ X3 เกินออกนอกปลายรากหรือไม่แน่นพอดีหรือไม่มีแรงต้านบริเวณปลายราก จะทำการคัดชิ้นตัวอย่างออกจากการศึกษา

การอุดคลองรากฟัน

ทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว โดยใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีขนาดพอดีกับขนาดของเครื่องมือ ProTaper Next เบอร์ X3 ที่ใช้ในการขยายคลองรากฟัน (ProTaper Next Conform Fit ™ gutta percha point X3) แบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีสุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัวอย่าง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ ร่วมกับ แท่งกัตตาเปอร์ชา เบอร์ X3

กลุ่มที่ 2 ใช้เอ็นโดซีเควนซ์บีซีซีลเลอร์ ร่วมกับ แท่งกัตตาเปอร์ชา เบอร์ X3

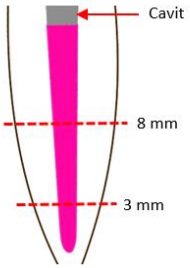
กลุ่มที่ 3 ใช้เอ็นโดซีลเอ็มทีเอ ร่วมกับ แท่งกัตตาเปอร์ชา เบอร์ X3

ภาพประกอบ 6 แท่งกัตตาเปอร์ชาสำหรับอุดคลองรากฟันเบอร์ X3 (ProTaper Next Conform Fit ™ gutta percha point)

ทำการใส่ซีลเลอร์ลงในคลองรากฟันโดยกำหนดให้ให้ปลายทิปของกระบอกฉีดซีลเลอร์แต่ละชนิดอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางความยาวของคลองรากฟันฉีดซีลเลอร์เข้าสู่คลองรากฟันจนถึงตำแหน่งอ้างอิง ใช้เลนตูโล สไปรัลเบอร์ 1 (lentulo spiral No.1) ปั่นซีลเลอร์ให้เคลือบทั่วผนังคลองรากฟัน โดยตั้งความยาวทำงานของเลนตูโล สไปรัลให้สั้นกว่าความยาวทำงาน 2 มิลลิเมตร ใส่แท่งกัตตาเปอร์ชาที่ลองไว้ลงในคลองรากฟัน ขยับแท่งกัตตาเปอร์ชาขึ้นลงช้าๆเป็นระยะทางสั้นๆ จนแท่งกัตตาเปอร์ชาถึงตำแหน่งความยาวทำงาน ตัดแท่งกัตตาเปอร์ชาส่วนเกินจากตำแหน่งอ้างอิงออก ใช้พลักเกอร์ขนาดพอดีกดอัดกัตตาเปอร์ชาเบาๆ อุดปิดคลองรากฟันบริเวณตำแหน่งอ้างอิงด้วยวัสดุอุดชั่วคราวเคาวิทตอน (Caviton, GC, Tokyo, Japan) นำตัวอย่างฟันกรามน้อยล่างที่ได้รับการอุดคลองรากฟันไปถ่ายภาพรังสีแนวแก้ม-ลิ้น และ แนวใกล้กลาง-ไกลกลาง เพื่อตรวจสอบความแน่นเต็มของวัสดุอุดคลองรากฟัน เก็บตัวอย่างทั้งหมดไว้ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 100 โดยใช้ผ้าก็อซชื้นห่อฟันไว้ แล้วนำไปเก็บในกล่องปิดที่ตั้งอยู่ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เพื่อให้ซีลเลอร์ก่อตัวสมบูรณ์

การวัดช่องว่างระหว่างซีลเลอร์และผนังคลองรากฟัน

นำตัวอย่างไปลงบล็อกปูนปลาสเตอร์โดยใช้ท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ นิ้ว สูง 1 นิ้วเป็นบล็อก โดยให้ชิ้นตัวอย่างรากฟันตั้งฉากกับแนวระนาบ ทิศทางของปลายรากฟันชี้ขึ้นด้านบนและหน้าตัดบริเวณตำแหน่งอ้างอิงฝังอยู่ในปูนปลาสเตอร์ลึก 3 มิลลิเมตร รอให้ปูนปลาสเตอร์ก่อตัวสมบูรณ์ ประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำบล็อกท่อพีวีซีที่มีชิ้นตัวอย่างฝังอยู่ไปยึดกับเข้าเครื่องตัดความเร็วต่ำ ทำการตัดตามแนวตั้งฉากกับแกนฟันที่ระยะ 3 และ 8 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันเพื่อเป็นตัวแทนของคลองรากฟันส่วนปลายและส่วนกลางตามลำดับ โดยตั้งความเร็วในการหมุนของใบมีดเท่ากับ 200 รอบต่อนาที นำชิ้นส่วนฟันไปแกว่งน้ำเบาๆนาน 1 นาที เพื่อกำจัดเศษผงที่เกิดจากการตัดฟัน จากนั้นนำไปผึ่งให้แห้ง



ภาพประกอบ 7 บล็อกปูนปลาสเตอร์ยึดส่วนตัวฟัน

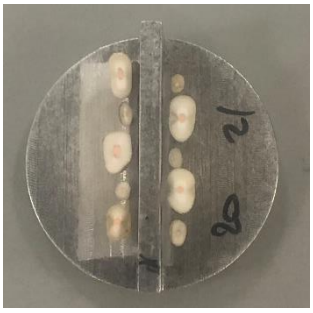
ภาพประกอบ 8 แผนภาพแสดงตำแหน่งที่จะตัดฟัน

ภาพประกอบ 9 การตัดฟันด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ

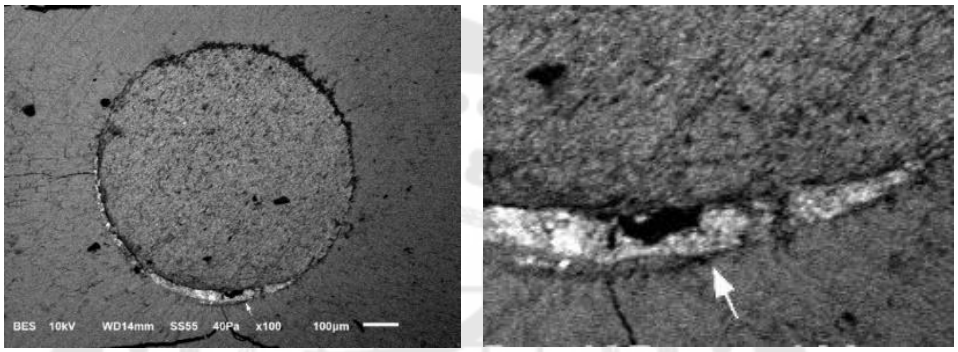
นำชิ้นตัวอย่างส่วนปลายและกลางคลองรากฟันไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereomicroscope) ที่กำลังขยาย 45 เท่า โดยจะทำการส่องดูทางด้านตัวฟัน (coronal part) ของชิ้นตัวอย่าง หากพบการหลุดของวัสดุอุดคลองรากฟันออกจากคลองรากฟันจะทำการคัดชิ้นตัวอย่างนั้นออกจากการศึกษา

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอกำลังขยาย 45 เท่า

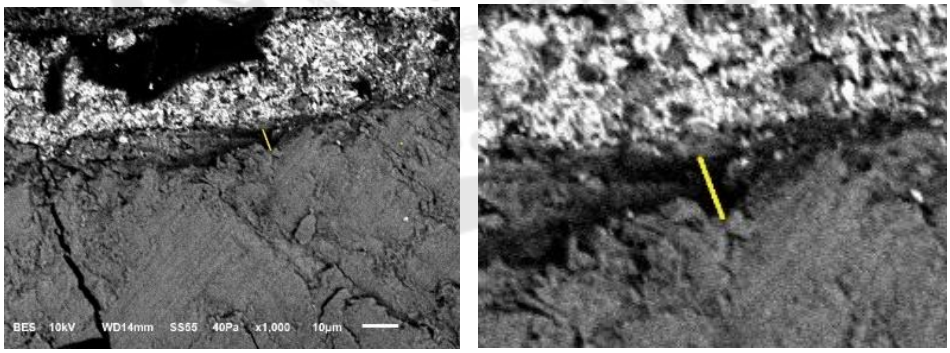
เตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (JSM-6510LV Series Scanning Electron Microscope, JEOL, USA) ทำการตรวจสอบและบันทึกภาพชิ้นตัวอย่างที่กำลังขยาย 100 เท่า เพื่อนำภาพมาใช้ในการคัดเลือกตำแหน่งที่มีช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่กว้างที่สุดโดยคัดเลือกตำแหน่งร่วมกับผู้ประเมินภายนอก และบันทึกภาพที่กำลังขยาย 1000 เท่า เพื่อนำภาพมาใช้วัดความกว้างของช่องว่างที่ได้ทำการคัดเลือกไว้ก่อนหน้านำภาพชิ้นตัวอย่างที่ได้ไปวัดผลความกว้างของช่องว่างด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ (ImageJ 1.5 1a, Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA) โดยก่อนที่จะเริ่มทำการวัดค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับซีลเลอร์ในชิ้นตัวอย่างได้ทำการประเมินความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน (intra-rater reliability) ด้วยการวัดค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างจากการศึกษานำร่อง (pilot study) โดยวัดที่ตำแหน่งเดิมซ้ำ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาห่างกัน 1 สัปดาห์ นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation coefficient; ICC) มีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งสามารถแปลผลได้ว่าความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันในระดับดี [61] ทำการวัดความกว้างในตำแหน่งที่เลือกไว้และวัดซ้ำที่ตำแหน่งเดิมทั้งหมด 3 ครั้ง บันทึกค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างที่คำนวณได้ในตัวอย่างแต่ละชิ้นในหน่วยไมครอนหรือไมโครเมตร ข้อมูลที่ได้จะถูกแยกหมวดหมู่เป็นระยะความกว้างที่เกิดขึ้นจากการใช้ซีลเลอร์แต่ละชนิดและระยะความกว้างในแต่ละตำแหน่ง



ภาพประกอบ 11 การเตรียมชิ้นตัวอย่างก่อนวัดผลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด



ภาพประกอบ 12 ภาพตัวอย่างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดภายใต้กำลังขยาย 100 เท่า (ลูกศรชี้: ตำแหน่งที่เลือก)



ภาพประกอบ 13 ภาพตัวอย่างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดภายใต้กำลังขยาย 1000 เท่า (เส้นสีเหลือง: ระยะทางช่องว่างที่กว้างที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistics 21; SPSS Inc., IL, USA) ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันกับซีลเลอร์โดยทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วย Shapiro-Wilk Test และทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Homogeneity of variance) ด้วยวิธีการของเลอวีน (Levene's test) จากนั้นจะใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยการทดสอบซิเด็ก (Sidak test) และใช้การทดสอบแบบครัสคอล วอลลิส (Kruskal-Wallis test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มและเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยการทดสอบซิเด็ก (Sidak test) กำหนดค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ หรือระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบช่องว่างที่เกิดขึ้นบริเวณผนังคลองรากฟันกับซีลเลอร์เมื่อทำการอุดคลองรากฟันกรามน้อยล่างมนุษย์ที่มี 1 คลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับซีลเลอร์ต่างชนิดกันจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ และ เอ็นโดซีลเอ็มทีเอซีลเลอร์ โดยทำการวิเคราะห์ผลจากภาพด้วยวิธีการวัดค่าเฉลี่ยของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์แต่ละชนิดที่เกิดขึ้นในระดับส่วนปลายและส่วนกลางของคลองรากฟันภายหลังจากที่ซีลเลอร์ก่อตัวสมบูรณ์ ภายหลังจากการตรวจสอบชิ้นตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด และเก็บข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย พบว่าผลการศึกษาที่ได้จากการวัดความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างผนังคลองรากฟันที่ระดับส่วนปลายของคลองรากฟันและซีลเลอร์ กลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์เกิดช่องว่างที่กว้างที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.764 ± 0.277 ไมโครเมตร รองลงมาได้แก่กลุ่มเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ มีค่าเฉลี่ยความกว้างเท่ากับ 3.21 ± 0.87 ไมโครเมตร และกลุ่มเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ มีค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างเท่ากับ 3.153 ± 0.5 ไมโครเมตร ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด บริเวณส่วนกลางของคลองรากฟันกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีค่าเฉลี่ยของความกว้างช่องว่างที่เกิดขึ้นมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.076 ± 0.476 ไมโครเมตร รองลงมาคือกลุ่มเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ และกลุ่มเอ็นโดซีลเอ็มทีเอซีลเลอร์มีค่าเฉลี่ยความกว้างน้อยที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 3.169 ± 0.736 และ 3.13 ± 0.794 ไมโครเมตร ตามลำดับ (ตาราง 2)

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์แต่ละชนิดที่ระดับส่วนปลายและส่วนกลางคลองรากฟัน (ไมโครเมตร)

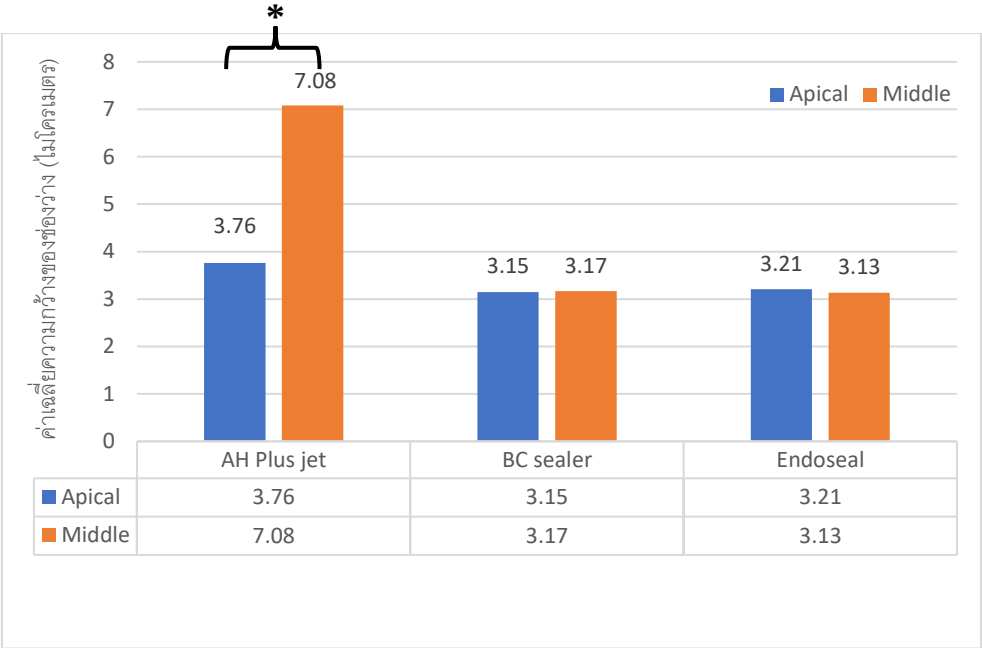
ซีลเลอร์	ค่าเฉลี่ยความกว้าง ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(ไมโครเมตร)	
	ส่วนปลาย	ส่วนกลาง
AH Plus Jet	$3.764 \pm 0.277^{A,a}$	$7.076 \pm 0.476^{A,b}$
Endosequence BC Sealer	$3.153 \pm 0.5^{A,a}$	$3.169 \pm 0.736^{B,a}$
Endoseal MTA	$3.21 \pm 0.87^{A,a}$	$3.13 \pm 0.794^{B,a}$

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงถึงมีว่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลความกว้างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันแต่ละชนิดด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two way ANOVA) ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่าค่าเฉลี่ยความกว้างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อทำการเปรียบเทียบซีลเลอร์ที่ต่างกันและตำแหน่งผนังคลองรากฟันที่ต่างกัน และเมื่อทำการวิเคราะห์สถิติเพื่อหาความแตกต่างระหว่างคู่ด้วยการทดสอบชิเด็ก พบว่าความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นในกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ ในกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างบริเวณผนังคลองรากฟันส่วนปลายและกลางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่มเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอไม่พบความแตกต่างของช่องว่างทั้งสองบริเวณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพประกอบ 14)

เมื่อพิจารณาตำแหน่งของช่องว่างที่เกิดขึ้น จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความกว้างช่องว่างที่เกิดขึ้นในผนังคลองรากฟันตำแหน่งต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันส่วนปลายไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยช่องว่างที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของซีลเลอร์ทั้ง 3 ชนิด ที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันส่วนกลางกลุ่มทดลองที่ใช้เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีค่าเฉลี่ยความกว้างแตกต่างกับกลุ่มเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และกลุ่มเอ็นโดซีลเอ็มทีเออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของช่องว่างในกลุ่มทดลองที่ทำการอุดคลองรากฟันร่วมกับเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ



เครื่องหมาย * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลายคลองรากฟันและซีลเลอร์แต่ละชนิด

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า เมื่อทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาแท่งเดียวร่วมกับเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ จะเกิดช่องว่างบริเวณผนังคลองรากฟันกว้างที่สุด ซึ่งบริเวณผนังคลองรากฟันส่วนกลางจะเกิดช่องว่างที่มีขนาดใหญ่กว่าคลองรากฟันส่วนปลาย สำหรับกลุ่มศึกษาที่ใช้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ทั้งสองชนิดนั้น ไม่พบว่ามีความแตกต่างของช่องว่างที่เกิดขึ้น ทั้งบริเวณส่วนกลางและส่วนปลายคลองรากฟัน โดยช่องว่างที่เกิดขึ้นบริเวณผนังคลองรากฟันส่วนกลางจากการอุดคลองรากฟันร่วมกับเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ จะมีค่าเฉลี่ยความกว้างมากที่สุด และช่องว่างที่เกิดขึ้นบริเวณผนังคลองรากฟันส่วนปลายกับเอ็นโดซีลเอ็มทีเอจะมีค่าเฉลี่ยความกว้างที่น้อยที่สุด

อภิปรายผลการศึกษา

การอุดคลองรากฟันภายหลังจากการกำจัดการติดเชื้อด้วยวิธีทางกลและเคมีเป็นการปิดผนึกคลองรากฟันเพื่อการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วซึมซึ่งจะทำให้เกิดการติดต่อของสารและเชื้อจุลชีพระหว่างภายในคลองรากฟันและภายนอกคลองรากฟัน การรั่วซึมที่เกิดขึ้นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการรักษาคลองรากฟัน การเกิดการรั่วซึมส่วนปลายเป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยที่ส่งผลให้การรักษาคลองรากฟันล้มเหลว [62] ดังนั้นปิดผนึกคลองรากฟันส่วนปลายที่ดีจึงเป็นการป้องกันเชื้อจุลชีพและผลิตภัณฑ์จากเชื้อจุลชีพไม่ให้เข้าสู่คลองรากฟันผ่านทางปลายรากและก่อให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อรอบปลายราก [63] รวมถึงการปิดผนึกคลองรากฟันส่วนต้นและการบูรณะฟันภายหลังจากที่ได้รับการรักษาคลองรากฟันที่เหมาะสม ก็เป็นการป้องกันการติดเชื้อซ้ำจากช่องปากเข้าสู่คลองรากฟัน [63]

กัตตาเปอร์ชาเป็นวัสดุอุดคลองรากฟันที่ไม่สามารถยึดติดกับผนังคลองรากฟันได้ จึงต้องมีการนำซีลเลอร์เข้ามาใช้ในการอุดคลองรากฟันเพื่อให้สามารถอุดคลองรากฟันได้อย่างแนบสนิท โดยซีลเลอร์ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างแท่งอุดคลองรากฟันกัตตาเปอร์ชากับผนังคลองรากฟัน และยังทำหน้าที่เป็นตัวเติมเต็มคลองรากฟันในส่วนที่กัตตาเปอร์ชาไม่สามารถเข้าไปปิดผนึกได้ ปัจจุบันมีการพัฒนาคุณสมบัติของซีลเลอร์เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับคุณสมบัติของซีลเลอร์ในอุดมคติให้ได้มากที่สุด การศึกษานี้เลือกใช้เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ ซึ่งเป็นซีลเลอร์กลุ่มอีพ็อกซีเรซิน

ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้สำหรับการอุดคลองรากฟันในปัจจุบันเปรียบเทียบกับซีลเลอร์กลุ่มไบโอเซรามิกได้แก่ เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ โดยซีลเลอร์ทั้งหมดที่ถูกคัดเลือกมาศึกษานี้มีรูปแบบการใช้งานที่เหมือนกันคือในรูปแบบก่อนผสมที่อยู่ในหลอดฉีดปลายเรียวพร้อมใช้งานฉีดเข้าสู่คลองรากฟัน เพื่อเป็นการควบคุมวิธีการใส่ซีลเลอร์ลงในคลองรากฟัน

ไบโอเซรามิกซีลเลอร์เป็นวัสดุที่ไวต่อการทำปฏิกิริยาชีวภาพ (bioactive material) ซึ่งมีความสามารถกระตุ้นการสร้างหรือการยึดเกาะกับเนื้อเยื่อแข็งได้ มีความเข้ากันทางชีวภาพกับเนื้อเยื่อที่ดี ไบโอเซรามิกซีลเลอร์เป็นซีลเลอร์ที่สามารถเกิดปกิกิริยาไฮเดรชั่นหรือปฏิกิริยาการเติมน้ำได้ขณะที่กำลังก่อตัว แคลเซียมไอออนที่แตกตัวจะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟสไอออนเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์และสารประกอบ นอกจากนี้ขณะก่อตัวไบโอเซรามิกซีลเลอร์สามารถเกิดสารประกอบไฮดรอกซีอะพาไทต์ซึ่งสามารถยึดเกาะกับผนังคลองรากฟันด้วยพันธะทางเคมีสามารถส่งเสริมการผนึกจากการสร้างชั้นอะพาไทต์ (Apatite) [38] [64] มีส่วนประกอบหลักคือแคลเซียมและฟอตเฟต สำหรับเอ็นโดซีลเอ็มทีเอเป็นไบโอเซรามิกซีลเลอร์ที่มีสารประกอบโพซโซลานร่วมด้วย ซึ่งจะประกอบไปด้วยซิลิกาหรือซิลิกาและอะลูมินาเป็นหลักเพิ่มเข้ามา โพซโซลานซีเมนต์เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางชีวภาพที่ดีใกล้เคียงกับเอ็มทีเอหรือพอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (Portland cement) และช่วยให้เอ็นโดซีลเอ็มทีเอเกิดปฏิกิริยาก่อตัวได้รวดเร็วกว่าเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์ นอกจากนี้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์ยังมีคุณสมบัติที่ดีอีกประการคือไม่เกิดการหดตัวภายหลังการก่อตัวแต่จะเกิดการขยายตัวแทน [34]

การอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวนอกจากเป็นวิธีที่สะดวกและใช้เวลาไม่นานแล้วยังเป็นวิธีที่ไม่ใช้ความร้อนในการหลอมเหลวกัตตาเปอร์ชา ทำให้ลดโอกาสการเกิดช่องว่างจากการหดตัวของกัตตาเปอร์ชาที่เย็นตัวลงภายหลังจากที่ได้รับความร้อนขณะอุดคลองรากฟัน [34] Krug และคณะ กล่าวว่า การอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวเป็นเทคนิคที่ให้คุณภาพการอุดคลองรากฟันที่ดี [65] การอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวจะใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีขนาดเท่ากับเครื่องมือขยายคลองรากฟันเบอร์สุดท้ายเพื่อให้แท่งกัตตาเปอร์ชามีขนาดพอดีกับคลองรากฟันที่ได้รับการขยายทำให้เกิดความแนบสนิทที่ดีของแท่งกัตตาเปอร์ชา ซึ่งขนาดของแท่งกัตตาเปอร์ชาที่เลือกใช้ในการอุดคลองรากฟันมีผลต่อการกระจายตัวหรือการไหลแผ่ของซีลเลอร์และส่งผลต่อการเกิดช่องว่างที่ผนังคลองรากฟันได้ แท่งกัตตาเปอร์ชาที่ใหญ่หรือมีร้อยละของความผายที่มากจะทำให้ซีลเลอร์กระจายตัวได้ดี [66] และทำให้ซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันมีปริมาณน้อยและมีชั้นฟิล์มที่บาง โดยเมื่อใส่แท่งกัตตาเปอร์ชา

ที่มีขนาดแน่นพอดีลงในคลองรากฟันที่ได้รับการเตรียมไว้แล้วจะทำให้เกิดแรงไฮรอลิกดันซีลเลอร์ให้ไหลแผ่ออกไป [55] ดังการศึกษาของ Kim และคณะ [67] และ Moazomi และคณะ [66]

แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว ปริมาณของซีลเลอร์ที่ใช้ในการอุดคลองรากฟันมีผลต่อความแนบสนิทของการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคนี้ ปริมาณซีลเลอร์ที่ไม่มากพอจะส่งผลให้เกิดการปิดผนึกคลองรากฟันที่ไม่สมบูรณ์ [68] การศึกษาในครั้งนี้มีการใช้เลนตูโรสไปรัลช่วยปั่นซีลเลอร์ลงไปในคลองรากฟันที่มีการฉีดซีลเลอร์ลงไปก่อนแล้วเพื่อให้ซีลเลอร์สามารถกระจายตัวเคลือบทั่วผนังคลองรากฟัน [68] รวมถึงได้ทำการใช้ซีลเลอร์เคลือบแท่งกัตตาเปอร์ชาก่อนที่จะใส่ลงในคลองรากฟัน และทำการอุดคลองรากฟันโดยการเลือกใช้แท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีขนาดเท่ากับเครื่องมือขยายคลองรากฟันตัวสุดท้าย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายแท่งกัตตาเปอร์ชาเท่ากับตะไบมาตรฐานเบอร์ 30 และมีความผายร้อยละ 7 และก่อนที่จะทำการอุดคลองรากฟันได้ทำการตรวจสอบแรงต้านบริเวณปลายรากฟันต่อการดึงแท่งกัตตาเปอร์ชาออกจากคลองรากฟัน ส่งผลแท่งกัตตาเปอร์ชามีความแน่นพอดีและแนบสนิทไปกับคลองรากฟันส่วนปลายในทุกกลุ่มซีลเลอร์ ทำให้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความกว้างช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันส่วนปลายกับซีลเลอร์ในทุกกลุ่ม

นอกจากนี้ลักษณะทางกายวิภาคของคลองรากฟันส่งผลต่อคุณภาพการอุดคลองรากฟันได้เช่นกัน [69] เนื่องจากรูปร่างหน้าตัดของคลองรากฟันโดยส่วนใหญ่มักจะมีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปวงรี ซึ่งจะไม่แนบสนิทพอดีกับแท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม ดังนั้นเมื่อทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวด้วยแท่งกัตตาเปอร์ชาที่มีหน้าตัดทรงกลม จึงทำให้บางส่วนของหน้าตัดคลองรากฟันที่เป็นรูปวงรีถูกเติมเต็มด้วยซีลเลอร์ในปริมาณมาก [34, 55]

การศึกษานี้ได้ทำการคัดเลือกรูปร่างของคลองรากฟันจากภาพถ่ายรังสีทั้งสองมุมเพื่อให้ได้คลองรากฟันที่คาดว่าน่าจะมีหน้าตัดในบริเวณที่ต้องการศึกษาคือส่วนปลายคลองรากหรือที่ระยะ 3 มิลลิเมตร และส่วนกลางคลองรากหรือที่ระยะ 8 มิลลิเมตรจากปลายรากฟัน ที่เป็นรูปวงกลมให้ได้มากที่สุด โดยคัดเลือกจากภาพรังสีที่มีอัตราส่วนความกว้างในแนวแก้ม-ลิ้นและแนวใกล้กลาง-ไกลกลางใกล้เคียงกันหรือมีความกว้างแตกต่างกันไม่เกิน 2 เท่า [70] และมีขนาดของคลองรากฟันเริ่มต้นที่เล็กกว่าเครื่องมือ ProTaper Next เบอร์ X3 ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการควบคุมขนาดของคลองรากฟันทั้งก่อนขยายคือการคัดเลือกฟัน ระหว่างขยายคือการควบคุมจำนวนครั้งของการเคลื่อนที่เครื่องมือขยายแต่ละเบอร์ รวมถึงภายหลังการขยายคือการตรวจสอบด้วยเคไฟล์และแท่งกัตตาเปอร์ชา อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผู้วิจัยจะทำการควบคุมรูปร่างหน้าตัดของคลองรากฟันให้เป็นรูปวงกลมหรือเป็นรูปวงรีให้น้อยที่สุด แต่สำหรับคลองรากฟันส่วนกลางซึ่งเป็นบริเวณที่

ไม่สามารถตรวจสอบความแน่นพอดีหรือความแนบสนิทของแท่งกัตตาเปอร์ชากับคลองรากฟันได้เหมือนกับคลองรากฟันส่วนปลาย จึงอาจทำให้หน้าตัดของคลองรากฟันส่วนกลางขนาดใหญ่กว่าหรือไม่แนบสนิทพอดีกับแท่งกัตตาเปอร์ชา และเนื่องจากในการศึกษานี้ไม่ได้ทำการตรวจสอบขนาดของคลองรากฟันภายหลังการขยายด้วยการวัดความกว้างของคลองรากฟันจากภาพถ่ายรังสีทั้งสองแนว รวมถึงไม่ได้ตรวจสอบลักษณะของรูปร่างหน้าตัดคลองรากฟันทั้งสองระดับภายหลังจากการอุดคลองรากฟันและตัดชิ้นตัวอย่าง ซึ่งอาจจะส่งผลให้ลักษณะหน้าตัดของคลองรากฟันที่นำมาศึกษายังคงพบบางส่วนที่มีรูปร่างวงรีได้ ในการศึกษานี้กรณีที่อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์จะทำให้ซีลเลอร์ปริมาณมากเข้าไปเติมเต็มบริเวณที่แท่งกัตตาเปอร์ชาไม่แนบสนิทหรือไม่พอดีโดยเฉพาะที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันส่วนกลาง ร่วมกับคุณสมบัติของเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์เองจึงเกิดการหดตัวของซีลเลอร์ปริมาณมากส่งผลให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้ที่พบว่าช่องว่างที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันส่วนกลางในกลุ่มเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีความแตกต่างกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์ทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาที่ได้ พบว่ามีความขัดแย้งกับผลการศึกษาก่อนหน้าในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความแนบสนิทของซีลเลอร์ที่ศึกษาโดย Al-Haddad และคณะ [33] ที่กล่าวว่าคลองรากฟันส่วนปลายมีความแนบสนิทของซีลเลอร์กับผนังคลองรากฟันน้อยกว่าคลองรากฟันส่วนกลางและส่วนต้น เนื่องจากความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นที่บริเวณคลองรากฟันส่วนปลายมีค่ามากกว่าตำแหน่งอื่นๆ รวมถึงยังมีค่าร้อยละของช่องว่างที่พบบริเวณคลองรากฟันส่วนปลายมากกว่าหน้าตัดคลองรากฟันตำแหน่งอื่น [33] เกิดได้จากการหลงเหลืออยู่ของชั้นสเมียร์ (smear layer) ที่ตกค้างอยู่ภายในคลองรากฟันภายหลังจากการขยายคลองรากฟัน โดยเฉพาะในตำแหน่งคลองรากฟันส่วนปลาย เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ลึกและแคบ น้ำยาล้างคลองรากฟันอาจลงไปไม่ถึงตำแหน่งคลองรากฟันส่วนปลายได้ ชั้นสเมียร์ที่หลงเหลืออยู่จะขัดขวางการกระจายตัวและการแทรกซึมของซีลเลอร์ ส่งผลให้ซีลเลอร์ไม่สามารถแนบสนิทไปกับผนังคลองรากฟันได้ [27, 33]

[21]เมื่อพิจารณาถึงชนิดของซีลเลอร์ที่นำมาใช้ร่วมกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว พบว่าผลการศึกษาก่อนหน้ามีทั้งผลสอดคล้องกับการศึกษานี้ คือวัสดุไบโอเซรามิกซีลเลอร์จะเกิดช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันได้น้อยกว่ากลุ่มเรซินซีลเลอร์ [71] ได้แก่ การศึกษาของ Huang และคณะ[71] เนื่องจากไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีคุณสมบัติชอบน้ำจึงสามารถอาศัยน้ำจากความชื้นที่หลงเหลืออยู่ภายในคลองรากฟันในการเกิดปฏิกิริยาและส่งผลให้เกิดการก่อตัวของวัสดุ นอกจากนี้วัสดุกลุ่มไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีความสามารถในการขยายตัวได้เล็กน้อย

ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการปิดผนึกคลองรากฟันที่ดีกว่า [34, 46] เอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ และตัวเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์เองเป็นสารประกอบพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดการหดตัวภายหลังปฏิกิริยาการก่อตัวหรือปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชั่นได้

ในส่วนของชนิดของซีลเลอร์ที่นำมาทดสอบ การศึกษาของ Polineni และคณะ พบว่าเรซินซีลเลอร์ยี่ห้อเอ็มเอ็ม ซีล (MM Seal) ให้ความแนบสนิทที่ดีกว่าไบโอเซรามิกซีลเลอร์ [20] และ Al-Haddad และคณะ พบว่าเอเอชพลัสซีลเลอร์มีค่าร้อยละของช่องว่างที่น้อยกว่าไบโอเซรามิกซีลเลอร์ [33] ซึ่งผลการศึกษาที่ขัดแย้งกับการศึกษานี้ เกิดได้จากผลของสารละลายอีดีทีเอที่ใช้สำหรับกำจัดชั้นสเมียร์นั้นมีความสามารถในการลดความสามารถในการเปียก (wetting ability) ของผนังคลองรากฟัน ส่งผลให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่ส่งเสริมการกระจายตัวของสารที่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ซึ่งได้แก่ เรซินซีลเลอร์ ทั้งเอ็มเอ็มซีลและเอเอชพลัสซีลเลอร์ บนผนังคลองรากฟัน [20, 33] อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะทำการล้างน้ำกลั่นภายหลังจากการล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอแล้ว ก็อาจจะไม่สามารถกำจัดสารละลายอีดีทีเอที่ตกค้างอยู่ได้ จึงทำให้สารละลายอีดีทีเอช่วยส่งเสริมการกระจายตัวของเรซินซีลเลอร์ [33]

คุณสมบัติด้านการไหลแผ่ของซีลเลอร์ทำให้ซีลเลอร์สามารถแทรกซึมไปในส่วนคลองรากฟันเสริมและคลองรากฟันที่ซับซ้อน รวมถึงท่อเนื้อฟันได้ [46] ส่งผลต่อความสามารถการปิดผนึกคลองรากฟัน ตามข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิต เอเอชพลัสมีความสามารถในการไหลแผ่ตามเกณฑ์การทดสอบของ ISO 6876 แต่เมื่อนำเอเอชพลัสมาเปรียบเทียบความสามารถในการไหลแผ่กับเอ็นโดซีลเอ็มทีเอ ตามเกณฑ์การทดสอบของ ISO 6876 พบว่าเอ็นโดซีลเอ็มทีเอสามารถไหลแผ่ได้ดีกว่าเอเอชพลัส [46] เนื่องจากเอเอชพลัสมีสารประกอบซิลิโคนเป็นส่วนประกอบทำให้ซีลเลอร์ชนิดนี้มีค่าแรงตึงผิวที่มาก เอเอชพลัสซีลเลอร์จึงกระจายตัวได้ยากและส่งผลให้เกิดช่องว่างบริเวณผนังคลองรากฟันได้มากกว่า [72] ดังนั้นในกรณีที่ทำการอุดคลองรากฟันมีหน้าตัดเป็นรูปร่างวงรีหรือคลองรากฟันที่มีความซับซ้อนของระบบคลองรากฟันที่มากร่วมกับเอเอชพลัสหรือเอเอชพลัสเจ็ทซีลเลอร์ จึงยังคงต้องอาศัยการกดอัดหรือความร้อนเพื่อให้เกิดการไหล่แผ่ของกัตตาเปอร์ชาเข้ามาในตำแหน่งที่แท่งกัตตาเปอร์ชาไม่แนบสนิทกับผนังคลองรากฟัน เพื่อให้วัสดุกัตตาเปอร์ชามีปริมาณมากที่สุดและเอเอชพลัสซีลเลอร์มีปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดขนาดของช่องว่างที่เกิดจากการหดตัวของซีลเลอร์ได้ และจากการศึกษาของ Candeiro และคณะ [42] ที่ทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์และเอเอชพลัสซีลเลอร์ พบว่าวัสดุทั้งสองชนิดผ่านเกณฑ์ของ ISO 6876 ในส่วนของความสามารถในการไหลแผ่ แต่เอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์มีค่าการไหลแผ่ที่มากกว่า ทั้งเอ็นโดซีลเอ็มทีเอและเอ็นโดซีเควนท์บีซีซีลเลอร์มีการไหลแผ่ที่ดีกว่าเอ

เอชพลัส เนื่องจากไบโอเซรามิกซีลเลอร์มีขนาดอนุภาคที่เล็กและค่ามุมสัมผัสที่น้อย (low-contact angle) ทำให้ไบโอเซรามิกซีลเลอร์ไหลแผ่ได้ดี ส่งผลให้เกิดความแนบสนิทที่ดี [26]

การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ช่องว่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดจำเป็นทำชิ้นตัวอย่างให้แห้ง รวมถึงการทำงานของกล้องที่ชิ้นตัวอย่างต้องอยู่ภายในสภาวะสุญญากาศขณะที่ทำการตรวจสอบช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการทดลอง การสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นในขั้นตอนที่กล่าวมา ส่งผลให้ชิ้นตัวอย่างเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพ จึงอาจพบรอยร้าวหรือรอยแตกในบริเวณส่วนที่เป็นเนื้อฟันได้ [73] ในการศึกษานี้หากพบรอยร้าวหรือรอยแตกที่ผาดผ่านส่วนที่เป็นช่องว่าง ผู้วิจัยจะทำการคัดชิ้นตัวอย่างนั้นออกจากการศึกษา เนื่องจากช่องว่างที่ซ้อนทับกันจะส่งผลต่อการวัดค่าความกว้างของช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการทดลอง

การศึกษานี้ได้ทำการเตรียมคลองรากฟันด้วยเครื่องมือที่มีขนาดเท่ากับขนาดของแท่งกัตตาเปอร์ชาซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดความแนบสนิทที่ดีระหว่างผนังคลองรากฟันและวัสดุอุดคลองรากฟัน โดยเฉพาะในตำแหน่งคลองรากฟันส่วนปลาย ความแนบสนิทที่ดีจะทำให้คลองรากฟันที่ได้รับอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวมีมวลของกัตตาเปอร์ชาที่มากในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณของซีลเลอร์ที่น้อย นอกจากนี้แรงไฮโดรลิกที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการใส่แท่งกัตตาเปอร์ชาเข้าสู่คลองรากฟันจะช่วยดันซีลเลอร์ในคลองรากฟันไหลแผ่ออกไปเติมเต็มส่วนที่แท่งกัตตาเปอร์ชาไม่สัมผัสกับผนังคลองรากฟันรวมถึงช่วยส่งเสริมให้ซีลเลอร์แทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ แต่อย่างไรก็ตามซีลเลอร์ที่นำมาใช้ร่วมกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวควรมีคุณสมบัติการไหลแผ่ที่ดี ไม่มีหรือมีการหดตัวที่น้อย และสามารถขยายตัวได้

ในระยะยาวเนื่องจากซีลเลอร์สามารถละลายตัวได้อาจส่งผลให้เกิดการรั่วซึมและการล้มเหลวของการรักษาคลองรากฟันตามมา การอุดคลองรากฟันจึงต้องการการปิดผนึกด้วยวัสดุแกนหรือกัตตาเปอร์ชาในปริมาณที่มากร่วมกับซีลเลอร์ในปริมาณน้อย อุดคลองรากฟันด้วยเทคนิควอร์มเวอติคอลคอมแพคชั่น เป็นวิธีที่ทำให้เกิดการปิดผนึกคลองรากได้แน่นและเต็ม 3 มิติ ซึ่งการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคนี้จะมีมวลของกัตตาเปอร์ชาที่มาก จากการใช้แรงแนวดิ่งกดอัดให้กัตตาเปอร์ชาที่อ่อนตัวไหลแผ่เข้าไปในคลองรากฟัน สลับกับการฉีดเติมกัตตาเปอร์ชาลงในคลองรากฟัน De Deus [74] พบว่าชั้นของฟิล์มซีลเลอร์จะบางเมื่อทำการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิควอร์มเวอติคอลคอมแพคชั่นส่งผลให้เกิดการปิดผนึกคลองรากฟันที่ดี จากคุณสมบัติของเอชพลัสซีลเลอร์ซึ่งเป็นซีลเลอร์มีการละลายตัวที่ต่ำ มีสเถียรภาพเชิงมิติที่ดี มีความหนาของฟิล์มที่บาง และสามารถไหลแผ่ได้ดี ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง [75] จึงนิยมนำมาใช้ร่วมกับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิควอร์มเวอติคอลคอมแพคชั่น

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่ออุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียวร่วมกับไบโอเซรามิกซีลเลอร์จะพบการเกิดช่องว่างบริเวณระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ที่มีขนาดเล็กกว่าการใช้อีพ็อกซีเรซินซีลเลอร์ เนื่องจากคุณสมบัติของตัววัสดุเอง นอกจากนี้การเลือกใช้ซีลเลอร์ให้เหมาะสมกับเทคนิคการอุดคลองรากฟันนี้แล้ว จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะหรือรูปร่างของของคลองรากฟันร่วมด้วยเพื่อให้เกิดความแนบสนิทในการอุดคลองรากฟันที่ดี

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนน้อย เนื่องมาจากข้อจำกัดคือการคัดเลือกฟันมนุษย์ที่กำหนดให้เป็นฟันกรามน้อยล่าง 1 รากที่มีการควบคุมรูปร่างหน้าตัดและขนาดของคลองรากฟัน ส่งผลให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีช่วงที่กว้าง อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งต่อไปที่คล้ายคลึงกันอาจต้องพิจารณาเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงทำการควบคุมขนาดของคลองรากฟันภายหลังการขยายคลองรากฟันเพิ่มเติม เช่น การวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดคลองรากฟัน สำหรับการประเมินความแนบสนิทในการศึกษานี้เป็นการประเมินจากช่องว่างที่เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว ควรทำการศึกษาความแนบสนิทที่เกิดขึ้นร่วมกับวิธีอื่นเพิ่มเติม รวมถึงทำการศึกษาเพิ่มเติมในคลองรากฟันที่มีความซับซ้อนของระบบคลองรากฟัน นอกจากนี้ในอนาคตอาจจะมีการนำวัสดุชนิดใหม่ที่ได้รับการพัฒนาคุณสมบัติเข้ามาร่วมทดสอบเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ซีลเลอร์สำหรับการอุดคลองรากฟันด้วยเทคนิคกัตตาเปอร์ชาแท่งเดียว

บรรณานุกรม

Uncategorized References

1. Ng Y, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: A systematic review of the literature. Int Endod J. 2010;43(3):171-89.
2. Rud J, Andreasen J. A study of failures after endodontic surgery by radiographic, histologic and stereomicroscopic methods. Int J Oral Surg. 1972;1.
3. Sundqvist G, Figdor D. Endodontic treatment of apical periodontitis. Essential endodontology. 2003:242-68.
4. Branstetter J, Fraunhofer JAv. The physical properties and sealing action of endodontic sealer cements: A review of the literature. J Endod. 1982;8(7):312-6.
5. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am. 1967;11:723-44.
6. Apicella M, Loushine R, West L, Runyan D. A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. Int Endod J. 1999;32:376-80.
7. Rajput J, Jain R, Pathak A. An evaluation of sealing ability of endodontic materials as root canal sealers. J Indian Soc Pedod Prevent Dent. 2004;22:1-7.
8. Grossman L. “Obturation of root canal” Endodontic Practice. 1982:297.
9. Khayat A, Lee S, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. J Endod. 1993;19(9):458-61.
10. Wu MK, Ozok AR, Wesselink PR. Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. Int Endod J. 2000;33:340–5.
11. Wu M, Fan B, Wesselink P. Diminished leakage along root canals filled with gutta percha without sealer over time: A laboratory study. Int Endod J. 2000;33:121-5.
12. Hata G, Kawazoe S, Toda T, Weine F. Sealing ability of thermafill with and without sealer. J Endod. 1992;18:322–6.
13. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Physical properties of 5 root canal sealers. J Endod. 2013;39(10):1281-6.
14. Assmann E, Scarparo R, Böttcher D, Grecca F. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. J Endod.

2012;38(2):219-21.

15. McMichen F, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. Int Endod J. 2003;36(9):629–35.
16. Jamleh A, Nassar M, Alfadley A, Alanazi A, Alotiabi H, Alghilan M, et al. Assessment of bioceramic sealer retreatability and its influence on force and torque generation. Materials (Basel). 2022;15(9).
17. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mater J. 2020;39(5):703-20.
18. Jain S, Adhikari H. Scanning electron microscopic evaluation of marginal adaptation of ah-plus, guttaflow, and realseal at apical one-third of root canals - part i: Dentin-sealer interface. J Conserv Dent. 2018;21(1):85-9.
19. Zhang W, Li Z, Peng B. Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;107(6):e79-e82.
20. Polineni S, Bolla N, Mandava P, Vemuri S, Mallela M, Gandham V. Marginal adaptation of newer root canal sealers to dentin: A sem study. J Cons Dent. 2016;19:360-3.
21. Tedesco M, Felippe M, Felippe W, Alves A, Bortoluzzi E, Teixeira C. Adhesive interface and bond strength of endodontic sealers to root canal dentine after immersion in phosphate-buffered saline. Microsc Res Tech. 2014;77(12):1015-22.
22. Kim J, Cho S, Choi Y, Kim D, SJ S, Jung I. Clinical efficacy of sealer-based obturation using calcium silicate sealers: A randomized clinical trial. J Endod. 2022;48(2):144-51.
23. Pereira A, Nishiyama C, Pinto L. Single-cone obturation technique: A literature review. 2012.
24. Robberecht L, T Colard T, Claisse-Crinquette A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: Tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system: An in vitro study. J Oral Sci. 2012;54(1):99-104.
25. Alshehri M, Alamri H, Alshwaimi E, Kujan O. Micro-computed tomographic assessment of quality of obturation in the apical third with continuous wave vertical compaction

and single match taper sized cone obturation techniques. Scanning. 2016;38(4):352-6.

26. Eltair M, Pitchika V, Hickel R, Kühnisch J, Diegritz C. Evaluation of the interface between gutta-percha and two types of sealers using scanning electron microscopy (sem). Clin Oral Investig. 2018;22(4):1631-9.
27. Najafzadeh R, Fazlyab M, Esnaashari E. Comparison of bioceramic and epoxy resin sealers in terms of marginal adaptation and tubular penetration depth with different obturation techniques in premolar teeth: A scanning electron microscope and confocal laser scanning microscopy study. Journal of family medicine and primary care. 2022;11(5):4.
28. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. Dent Mater J. 2020;39(5):703-20.
29. Hargreaves K, Berman L. Cohen's pathways of the pulp 11th edition. 2016.
30. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. Giornale Italiano di Endodonzia. 2016;30(2):70-80.
31. Carvalho-Junior J, Correr-Sobrinho L, Correr A, Sinhoreti M, Consani S, Sousa-Neto M. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: A proposal for smaller dimensions of test samples. J Endod. 2007;33(9):1110-6.
32. Versiani M, Carvalho-Junior J, Padilha M, Lacey S, Pascon E, Sousa-Neto M. A comparative study of physicochemical properties of ah plus and epiphany root canal sealants. Int Endod J. 2006;39(6):464-71.
33. Al-Haddad A, Kasim NA, Aziz ZCA. Interfacial adaptation and thickness of bioceramic-based root canal sealers. Dent Mater J. 2015;34(4):516-21.
34. M MT, Bunes A, G GD. Root filling materials and techniques: Bioceramics a new hope? Endodontic Topics. 2015;32(1):86-96.
35. Utneja S, Nawal R, Talwar S, Verma M. Current perspectives of bio-ceramic technology in endodontics: Calcium enriched mixture cement - review of its composition, properties and applications. Restorative dentistry & endodontics. 2015;40(1):1-13.
36. สมาคมเอ็นโดดอนติกส์ไทย. Bioceramics in endodontics; paradigm shift in obturation.

วารสารเอ็นโดดอนติกส์ไทย. 2561;23(1):14-28.

37. Xu H, Carey L, Simon CJ, Takagi S, Chow L. Premixed calcium phosphate cements: Synthesis, physical properties, and cell cytotoxicity. Dent Mater J. 2007:433-41.
38. Al-Haddad A, Aziz ZCA. Bioceramic-based root canal sealers: A review. Int J Biomater. 2016.
39. McMichael G, Primus C, Opperman L. Dentinal tubule penetration of tricalcium silicate sealers. J Endod. 2016;4(2):632-6.
40. Yang R, Tian J, Huang X, Lei S, Cai Y, Xu Z, et al. A comparative study of dentinal tubule penetration and the retreatability of endosequence bc sealer hiflow, iroot sp, and ah plus with different obturation techniques. Clin Oral Investig. 2021;25(6):4163-73.
41. Grossman L. Physical properties of root canal cements. 1976;2(6):166-75.
42. Candeiro G, Correia F, Duarte M, Ribeiro-Siqueira D, Gavini G. Evaluation of radiopacity, ph, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. J Endod. 2012;38(6):842-5.
43. Mena-Álvarez J, Sevrain J, Zorita-García M, Rico-Romano C. Comparative analysis of the filling capacity of simulated lateral canals of two bioactive root canal sealers using warm gutta-percha technique. Applied Sciences. 2021;11(14).
44. Ahmed A, Kamau J, Pone J, Hyndman F, Fitriani H. Chemical reactions in pozzolanic concrete. Modern Approaches on Material Science. 2019;1(4):128-33.
45. Marissa C, Usman M, Suprastiwi E, Erdiani A, Meidyawati R. Comparison of dentinal tubular penetration of three bioceramic sealers. International Journal of Applied Pharmaceutics. 2020;12:23-6.
46. Lim E, Park Y, Kwon Y, Jhon S, Lee K, Min K. Physical properties and biocompatibility of an injectable calcium-silicate-based root canal sealer: In vitro and in vivo study. BMC Oral Health. 2015;15(1):129.
47. Schilder H. Endodontic therapy. Current Therapy in Dentistry. 1964.
48. Peters O, Schönenberger K, Laib A. Effects of four ni-ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. Int Endod J.

2001;34(3):221-30.

49. Ruddle C. Advanced endodontics, gauging the terminus: A novel method. 2012.
50. Lee S, Oh S, Al-Ghamdi A, Mandorah A, Kum K, Chang S. Sealing ability of ah plus and guttaflow bioseal. Bioinorg Chem Appl. 2020.
51. Patri G, Agrawal P, Anushree N, Arora S, Kunjappu J, Shamsuddin S. A scanning electron microscope analysis of sealing potential and marginal adaptation of different root canal sealers to dentin: An in vitro study. J Contemp Dent Pract. 2020;21(1):5.
52. A S, S K, V H. Comparative assessment of apical sealing ability of three different endodontic sealers: A scanning electron microscopic study. Journal of Pierre Fauchard Academy (India section). 2014;28(3):5.
53. Padmawar N, Moapagr V, Vadvadgi V, Vishwas J, Joshi S, Padubidri M. Scanning electron microscopic evaluation of marginal adaptation of three endodontic sealers: An ex-vivo study. Journal of Pharmaceutical Research International. 2021;33(28A):49-57.
54. Pawar S, Pujar M, Makandar S. Evaluation of the apical sealing ability of bioceramic sealer, ah plus and epiphany: An in vitro study. J Conserv Dent 2014;17(6):579-82.
55. Yanpiset K, Banomyong D, Chotvorrarak K, Srisatjaluk R. Bacterial leakage and micro-computed tomography evaluation in round-shaped canals obturated with bioceramic cone and sealer using matched single cone technique. Restorative Dentistry & Endodontics The Korean Academy of Conservative Dentistry. 2018;43.
56. Demiri L, Kocak M, Kocak S, Saglam B, Turker S. Evaluation of the dentinal wall adaptation ability of mta fillapex using stereo electron microscope. J Cons Dent. 2016;19(3):220-4.
57. Cavenago B, Duarte M, Ordinola-Zapata R, Marciano M, AE Carpio-Perochena AE, CM CB. Interfacial adaptation of an epoxy-resin sealer and a self-etch sealer to root canal dentin using the system b or the single cone technique Braz Dent J. 2012;23(3):205-11
58. Akman M, Akman S, Derinbay O, Belli S. Evaluation of gaps or voids occurring in roots

filled with three different sealers. Eur J Dent. 2010;4(2):101-9.

59. Kabini S, Moodley D, Parker M, N NP. An in-vitro comparative micro-computed tomographic evaluation of three obturation systems. S Afr dent j. 2018;73(4):216-20.

60. Remy V, Krishnan V, Job T, Ravisankar M, Raj C, John S. Assessment of marginal adaptation and sealing ability of root canal sealers: An in vitro study. The Journal of Contemporary Dental Practice. 2017;18(12):1130-4.

61. Koo T, Li M. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research [published correction appears in j chiropr med. 2017 dec;16(4):346]. J chiropr med. 2016;15(2):155-163. Doi:10.1016/j.Jcm.2016.02.012. J Chiropr Med 2017 Dec;16(4):346] J Chiropr Med 2016;15(2):155-163 doi:101016/jjcm201602012. 2016;15(2).

62. Muliyar S, Shameem K, Thankachan R, Francis P, Jayapalan C, Hafiz K. Microleakage in endodontics. J Int Oral Health
2014;6(6):99-104.

63. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: A review. , 10(3), 105–108. 1994;10(3):105-8.

64. สินคณารักษ์ บ, วนจันทรรักษ์ พ, ธศาสตระรุจิ, ชูวีระ พ, เลาวกุล ภ. การเปรียบเทียบการรั่วซึมและคุณภาพของวัสดุอุดคลองรากฟันที่เหลืออยู่ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันสำหรับเดือยฟันระหว่างการอุดด้วยวิธีซิงเกิ้ลโคน ร่วมกับ ไบโอเซรามิกซีลเลอร์และร่วมกับเอเอชพลัสที่ระดับต่างกัน. Khon Kaen Dent J. 2021;24(3).

65. Krug R, Krastl G, Jahreis M. Technical quality of a matching-taper single-cone filling technique following rotary instrumentation compared with lateral compaction after manual preparation: A retrospective study. Clin Oral Investig. 2017;21(2).

66. Moazami F, Naseri M, Malekzadeh P. Different application methods for endoseal mta sealer: A comparative study. Iran Endod J. 2020;15(1):6.

67. Kim J, Hwang Y, Rosa V, Yu M, Lee K, Min K. Root canal filling quality of a premixed calcium silicate endodontic sealer applied using gutta-percha cone-mediated ultrasonic activation. J Endod. 2018;44(1):6.

68. Wu M, Bud M, Wesselink P. The quality of single cone and laterally compacted gutta-percha fillings in small and curved root canals as evidenced by bidirectional radiographs and fluid transport measurements. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108(6):6.

69. Celikten B, Uzuntas C, Orhan A, Orhan K, Tufenkci P, Kursun S, et al. Evaluation of root canal sealer filling quality using a single-cone technique in oval shaped canals: An in vitro micro-ct study. Scanning.38(2):8.

70. Jou Y, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: Current concepts and techniques. Dent Clin North Am. 2004;48.

71. Huang Y, Orhan K, Celikten B, Orhan A, Tufenkci P, Sevimay S. Evaluation of the sealing ability of different root canal sealers: A combined sem and micro-ct study. J Appl Oral Sci. 2018.

72. Pius A, Mathew J, Theruvil R, George S, Paul M, Baby A, et al. Evaluation and comparison of the marginal adaptation of an epoxy, calcium hydroxide-based, and bioceramic-based root canal sealer to root dentin by sem analysis: An in vitro study. Conservative Dentistry and Endodontic Journal. 2019;4(1).

73. เผ่าพันธ์ ย. เตรียมตัวอย่างทางชีวภาพอย่างไรให้แห้งและไม่เสียรูปร่าง. ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2022.

74. Deus GD, Martins F, Lima A, Gurgel-Filho E, Maniglia C, Coutinho-Filho T. Analysis of the film thickness of a root canal sealer following three obturation techniques. Pesqui Odontol Bras. 2003;17(2):119-25.

75. Qu W, Bai W, Liang Y, Gao X. Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers. J Endod. 2016;42(12):1829-33.

ภาคผนวก

ตาราง 1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังคลองรากฟันและซีลเลอร์ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two-way ANOVA)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	61.303[a]	5	12.261	29.703	<0.001
Intercept	460.506	1	460.506	1115.629	<0.001
Group	33.862	2	16.931	41.017	<0.001
Site	8.772	1	8.772	21.251	<0.001
Group * Site	18.670	2	9.335	22.615	<0.001
Total	531.716	30			
Corrected Total	71.210	29			

ตาราง 2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของซีลเลอร์ด้วยการทดสอบซิเด็ก

(I) group	(J) group	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
AH plus jet	BC sealer	2.259*	.287	<.001	1.522	2.997
	Endoseal	2.248*	.287	<.001	1.511	2.985
BC sealer	AH plus jet	-2.259*	.287	<.001	-2.997	-1.522
	Endoseal	-.011	.287	1.000	-.749	.726
Endoseal	AH plus jet	-2.248*	.287	<.001	-2.985	-1.511
	BC sealer	.011	.287	1.000	-.726	.749

ตาราง 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ของซีลเลอร์ด้วยการทดสอบซิเด็ก

Group	(I) Site	(J) Site	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
						Lower Bound	Upper Bound
AH plus jet	Apical	Middle	-3.312*	.406	<.001	-4.151	-2.473
	Middle	Apical	3.312*	.406	<.001	2.473	4.151
BC sealer	Apical	Middle	-.016	.406	.968	-.855	.822
	Middle	Apical	.016	.406	.968	-.822	.855

Endoseal	Apical	Middle	.084	.406	.838	-.755	.923
	Middle	Apical	-.084	.406	.838	-.923	.755

ตาราง 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของช่องว่างบริเวณผนังคลองรากฟันส่วนกลางและปลาย

			Mean Difference			95% Confidence Interval for Difference[b]	
Site	(I) Group	(J) Group	(I-J)	Std. Error	Sig.[b]	Lower Bound	Upper Bound
Apical	AH plus jet	BC sealer	.612	.406	.376	-.431	1.654
		Endoseal	.550	.406	.466	-.493	1.593
	BC sealer	AH plus jet	-.612	.406	.376	-1.654	.431
		Endoseal	-.062	.406	.998	-1.104	.981
	Endoseal	AH plus jet	-.550	.406	.466	-1.593	.493
		BC sealer	.062	.406	.998	-.981	1.104
Middle	AH plus jet	BC sealer	3.907*	.406	<0.001	2.865	4.950
		Endoseal	3.936*	.406	<0.001	2.903	4.989
	BC sealer	AH plus jet	-3.907*	.406	<0.001	-4.950	-2.865
		Endoseal	.039	.406	1.000	-1.004	1.081
	Endoseal	AH plus jet	-3.946*	.406	<0.001	-4.989	-2.903
		BC sealer	-.039	.406	1.000	-1.081	1.004

ตาราง 5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยการทดสอบซิเด็ก

(I) side	(J) side	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.[b]	95% Confidence Interval for Difference[b]	
					Lower Bound	Upper Bound
Apical	Middle	-1.081*	.235	<.001	-1.566	-.597
Middle	Apical	1.081*	.235	<.001	.597	1.566

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	วรุณพันธุ์ ปราณีตพลกรัง
วัน เดือน ปี เกิด	19 พฤษภาคม 2536
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ทันตแพทยศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ที่อยู่ปัจจุบัน	11/4 หมู่ 5 พหลโยธิน 54 แยก 6 ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220