



ความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียม
ระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับ 3 ระบบ

SHAPING ABILITY OF THREE RECIPROCATING NICKEL TITANIUM SINGLE FILE
SYSTEMS IN S-CURVE ROOT CANAL

ศุภาพิชญ์ แสงอรุณ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียม
ระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับ 3 ระบบ



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

SHAPING ABILITY OF THREE RECIPROCATING NICKEL TITANIUM SINGLE FILE
SYSTEMS IN S-CURVE ROOT CANAL



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

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียม

ระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับ 3 ระบบ

ของ

ศุภาพิชญ์ แสงอรุณ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาทันตกรรมคลินิก

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ.ชีนาลย์ ปิยะชน)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทพญ.อุทัยวรรณ
อารยะตระกูลลิขิต)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ทพญ.จารุมา ศักดิ์ดี)

ชื่อเรื่อง	ความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสของไฟล์ นิกเกิลไทเทเนียม ระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับ 3 ระบบ
ผู้วิจัย	ศุภาพิชญ์ แสงอรุณ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ชินาลย์ ปิยะชน

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันเมื่อเตรียมแบบคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับระบบเวฟวันโกลด์ เรซิพรอกบลู และเอดจันไฟร์ ศึกษาในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสจำนวน 21 ชิ้น (กลุ่มละ 7 ชิ้น) ถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน นำภาพถ่ายไปวัดค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันเพื่อหาค่ามุมความโค้งที่ลดลงโดยใช้โปรแกรมอิมเมจเจ นำภาพก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟันซ้อนทับกันเพื่อหาระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและการทดสอบของตุกี ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่าที่ความโค้งส่วนต้นแบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟล์ระบบเรซิพรอกบลูมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมและมีความมุมความโค้งลดลงมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ที่ความโค้งส่วนปลายไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์ทำให้ค่ามุมความโค้งลดลงน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และแบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟล์ระบบเอดจันไฟร์พบระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ระดับสิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนปลายมากที่สุด ($p < 0.05$) จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมทั้ง 3 ระบบ มีประสิทธิภาพในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟันที่ต่างกัน โดยไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์สามารถคงรูปร่างเดิมของคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไฟล์ระบบเรซิพรอกบลูมีการขยายคลองรากฟันที่ความโค้งส่วนต้นมาก เอดจันไฟร์จะขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ความโค้งส่วนต้นน้อยที่สุดแต่ขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่บริเวณปลายรากฟันมากที่สุด

คำสำคัญ : ความสามารถในการเตรียมรูปร่างคลองรากฟัน, คลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส, เวฟวันโกลด์, เรซิพรอกบลู, เอดจันไฟร์

Title	SHAPING ABILITY OF THREE RECIPROCATING NICKEL TITANIUM SINGLE FILE SYSTEMS IN S-CURVE ROOT CANAL
Author	SUPAPIT SANGAROON
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Chinalai Piyachon

The purpose of this study is to compare the shaping ability of three reciprocating nickel titanium single file systems: WaveOne Gold, Reciproc blue, and EdgeOne Fire in simulated s-curve canals. Twenty-one simulated s-curve canals were randomly divided into three groups (n=7). The image of each simulated canal was taken both before and after root canal preparation with a digital camera. The decrease of the angle of curvature was measured using the ImageJ program. The pre-and-post instrumentation images were superimposed and the canal transportation was evaluated by measuring the amount of resin removal. The data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey's test. The statistical significance was set at 0.05. The results significantly showed the highest decrease of the angle of curvature and the distance of canal transportation in the Reciproc blue group at coronal curvature ($p<0.05$). At the level of apical curvature, WaveOne Gold group presented the most significant lowest decrease of the angle of curvature ($p<0.05$). At the end of apical curvature level, the EdgeOne Fire group revealed the most distance of canal transportation ($p<0.05$). In conclusion, the shaping ability of three reciprocating nickel titanium single file systems were different. WaveOne Gold could efficiently maintain the original canal shape. Reciproc blue showed more root canal transportation at the coronal curvature. Although EdgeOne Fire revealed the least root canal transportation at the coronal curvature and presented the most transportation in the apical area.

Keyword : Shaping ability, S-curve root canal, Waveone gold, Reciproc blue, Edgeone fire

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความสามารถและกรุณาของอาจารย์ รวมถึงบุคลากรหลายท่าน อันดับแรกผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทพญ. ชินาลัย ปิยะชน ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และคอยดูแลเอาใจใส่ ชี้แนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิทยาเอ็นโดครินต์ทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้และคำแนะนำที่ดี ตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาที่คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ แห่งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ช่วยทันตแพทย์ประจำคลินิกบัณฑิตศึกษา ชั้น 10 ที่คอยช่วยเหลือและเอื้อเพื่อการจัดเตรียมสถานที่ รวมถึงอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท เดนทัลสพลาย ชิโรน่า (ประเทศไทย) จำกัด ที่เอื้อเพื่อให้แบบจำลองคลองรากฟันคิงรูปอักษรเอสมาใช้ในการงานวิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยรับฟังปัญหา ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้

ศุภาพิชญ์ แสงอรุณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามงานวิจัย.....	2
ประโยชน์ของงานวิจัย.....	3
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา	3
นิยามคำศัพท์เฉพาะ.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	5
สมมติฐานการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
กายวิภาคของคลองรากฟัน (Root canal anatomy)	7
คลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส	7
การวัดมุมความโค้งคลองรากฟัน (Angle of curvature)	9
สมบัติโลหะผสมนิกเกิลไทเทเนียม.....	11

วิธีศึกษาประสิทธิภาพการขยายคลองรากฟันในแบบจำลองคลองรากฟัน	18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	22
วัสดุและอุปกรณ์	22
การถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสก่อนการเตรียมคลองรากฟัน	22
การเตรียมคลองรากฟัน	23
การถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสภายหลังการเตรียมคลองรากฟัน	24
การประเมินประสิทธิภาพการเตรียมคลองรากฟัน	24
การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	25
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	26
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	30
สรุปผลการวิจัย	30
การอภิปรายผลการวิจัย	30
ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	38
ประวัติผู้เขียน	45

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลง (องศา)	26
ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิวดั้งเดิมที่ระดับต่างๆในคลองรากฟันโค้ง รูปอักษรเอส (มิลลิเมตร)	28



สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ลักษณะความโค้งของคลองรากฟันตามการจำแนกของ Nagy และคณะ ⁽¹⁰⁾ ได้แก่ ไอฟอร์ม เจฟอร์ม ซีฟอร์ม และเอสฟอร์ม (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)	8
ภาพประกอบ 2 การวัดมุมความโค้งตามวิธีของ Schneider ⁽¹⁶⁾	9
ภาพประกอบ 3 การวัดมุมความโค้งและรัศมีความโค้งตามวิธีของ Pruett และคณะ ⁽¹⁷⁾ ภาพ A และ B ฟันมีมุมความโค้งเท่ากันแต่มีรัศมีความโค้งต่างกัน โดย B ฟันมีรัศมีความโค้งน้อยกว่า แสดงถึงคลองรากฟันที่โค้งแบบฉับพลันกว่าเมื่อเทียบกับ A ที่ฟันมีรัศมีความโค้งมากกว่า	10
ภาพประกอบ 4 การวัดมุมความโค้งในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสตามวิธีของ Cunningham และ Senia ⁽⁷⁾	11
ภาพประกอบ 5 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของโลหะนิกเกิลไทเทเนียมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิหรือเมื่อได้รับแรงกระทำ ⁽²⁴⁾	12
ภาพประกอบ 6 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของโลหะนิกเกิลไทเทเนียม ⁽³¹⁾	14
ภาพประกอบ 7 ไฟลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเบสิฟรอกบลู ⁽³⁷⁾ ขนาดอาร์ 25 (สีแดง) ขนาดอาร์ 40 (สีดำ) และขนาดอาร์ 50 (สีเหลือง)	16
ภาพประกอบ 8 หน้าตัดไฟลรูปร่างรูปตัวเอส ⁽³⁷⁾	16
ภาพประกอบ 9 ไฟลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเวฟวันโกลด์ ⁽³⁸⁾	17
ภาพประกอบ 10 หน้าตัดไฟลรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและจุดที่สัมผัสคลองรากฟันไม่เท่ากันแต่จะระดับของไฟล ⁽³⁸⁾	17
ภาพประกอบ 11 ไฟลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเอดจ์วันไฟร์ ⁽⁴⁰⁾	18
ภาพประกอบ 12 แบบจำลองคลองรากฟันก่อนการเตรียมคลองรากฟันและฉีดหมึกสีดำ ⁽⁴¹⁾	19
ภาพประกอบ 13 แบบจำลองคลองรากฟันหลังการเตรียมคลองรากฟันและฉีดหมึกสีแดง ⁽⁴¹⁾	19
ภาพประกอบ 14 การซ้อนทับภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน ⁽⁴¹⁾	20

ภาพประกอบ 15 การซ้อนทับกันของภาพทางไมโครซีทีที่ก่อนและหลังเตรียมคลองรากฟัน ⁽⁴⁴⁾	21
ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการซ้อนทับกันของแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม คลองรากฟัน และระดับที่ใช้ในการประเมินการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม	25
ภาพประกอบ 17 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไป เปรียบเทียบในระดับความโค้งเดียวกัน	27
ภาพประกอบ 18 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ระดับ เดียวกัน ในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส	28
ภาพประกอบ 19 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม คลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบเรซีพรอบบลู	33
ภาพประกอบ 20 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม คลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์	34
ภาพประกอบ 21 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม คลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์	34

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเตรียมคลองรากฟันมีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อแบคทีเรียและเตรียมรูปร่างคลองรากฟันให้เหมาะสมต่อการใส่สารมาเชื่อมในคลองรากฟันและอุดคลองรากฟัน โดยยังคงลักษณะรูปร่างความโค้งของคลองรากฟันเดิมอยู่ ซึ่งการเตรียมคลองรากฟันให้คงลักษณะของคลองรากฟันเดิมไว้นั้นทำได้ยากโดยเฉพาะในคลองรากฟันโค้งมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ เช่น การเกิดรอยทะลุ (perforation), การขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิม (transportation) และการเกิดชั้น (ledge formation) เป็นต้น⁽¹⁾

ในปัจจุบันระบบไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องมือมีการพัฒนาอย่างหลากหลาย โลหะนิกเกิลไทเทเนียมมีความยืดหยุ่นสูงพิเศษ (superelasticity) ทำให้คงรูปร่างของคลองรากฟันเดิมได้ดี⁽²⁾ และใช้เวลาในการเตรียมคลองรากฟันน้อย แต่การใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องมือก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดการหักของไฟล์จากการบิด (torsional fracture) และการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบ (cyclic fatigue) จึงได้มีการพัฒนาสมบัติของโลหะโดยใช้กระบวนการความร้อน (thermal treatment) เพื่อพัฒนาสมบัติเชิงกลของเครื่องมือทำให้เครื่องมือขยายคลองรากฟันได้ดีขึ้นและลดโอกาสเกิดการหักของเครื่องมือในคลองรากฟัน⁽³⁾ ซึ่งแต่ละบริษัทผู้ผลิตพัฒนากระบวนการความร้อนด้วยกรรมวิธีที่แตกต่างกันไป

นอกจากการพัฒนาสมบัติของโลหะแล้ว การพัฒนารูปแบบการเคลื่อนที่ของไฟล์ก็มีผลต่อการเตรียมคลองรากฟันโค้ง การเคลื่อนที่ของไฟล์มี 2 แบบ ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับ (reciprocating movement) และการเคลื่อนที่แบบหมุนต่อเนื่องทิศทางเดียว (continuous rotary movement) ไฟล์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับเป็นการหมุนทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาสลับกัน จึงลดโอกาสที่ไฟล์จะขันเกลียวเข้ากับผนังคลองรากฟัน ซึ่งอาจนำไปสู่การหักในคลองรากฟัน จากการศึกษาของ Berutti และคณะ⁽⁴⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์เวฟวันไพรมารี (WaveOne Primary) ซึ่งเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับและไฟล์โปรเทเปอร์ (ProTaper) ผลการศึกษาพบว่าเวฟวันไพรมารีมีการเปลี่ยนแปลงความโค้งของคลองรากฟันน้อยกว่าโปรเทเปอร์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Giuliani และคณะ⁽⁵⁾ ที่ศึกษาเปรียบเทียบความโค้งคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไปในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์เวฟวันไพรมารีกับไฟล์โปรเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอล (ProTaper Universal) แบบหมุนไปกลับและแบบหมุนต่อเนื่อง

ทิศทางเดียว ผลการศึกษาพบว่าโพเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอลแบบหมุนไปกลับ มีการเปลี่ยนแปลงความโค้งน้อยกว่าโพเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอลแบบหมุนต่อเนื่องทิศทางเดียว จากการศึกษาทั้งสองพบว่าไฟล์ที่มีการเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับ จะทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมน้อยกว่าไฟล์ที่หมุนต่อเนื่องทิศทางเดียว

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบไฟล์ตัวเดียวในการเตรียมคลองรากฟัน (single-file system) ซึ่งมีข้อดีคือลดปริมาณเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมคลองรากฟันทำให้ประหยัดเวลาในการทำงาน และไฟล์ชนิดนี้จะใช้เพียงครั้งเดียวแล้วทิ้ง (single use) ซึ่งจะลดโอกาสที่จะเกิดการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบและลดการปนเปื้อนระหว่างผู้ป่วย (cross contamination)

Sanguanwongthong และคณะ⁽⁶⁾ ทำการศึกษาเปรียบเทียบการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมและค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเตรียมคลองรากฟันโค้งด้วยไฟล์ระบบเรซิพรอบบลู (RECIPROC blue) เวฟวันโกลด์ (WaveOne Gold) และเอดจ์วันไฟร์ (EdgeOne Fire) ผลการศึกษาพบว่าไฟล์ทั้งสามระบบมีการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและเมื่อเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงมากกว่าไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไฟล์ระบบไฟล์ตัวเดียวแบบหมุนไปกลับ ร่วมกับการพัฒนาสมบัติของโลหะโดยใช้กระบวนการความร้อนในการเตรียมคลองรากฟันที่โค้งสองครั้ง (double-curved root canal) หรือคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส (S-shape root canal) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคงจุดกึ่งกลางคลองรากฟันของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส โดยในการศึกษานี้เลือกศึกษาไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบเรซิพรอบบลู (RECIPROC blue, VDW, Munich, Germany), เวฟวันโกลด์ (WaveOne Gold, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) และเอดจ์วันไฟร์ (EdgeOne Fire, Edge-Endo, Albuquerque, NM, USA) เนื่องจากเป็นระบบที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

คำถามงานวิจัย

ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเรซิพรอบบลู ระบบเวฟวันโกลด์และระบบเอดจ์วันไฟร์มีประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสแตกต่างกันหรือไม่

ประโยชน์ของงานวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส เพื่อจะลดโอกาสที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการขยายคลองรากฟัน
2. เพื่อทราบบริเวณที่มีโอกาสเกิดการขยายคลองรากฟันผิดจากแนวเดิมในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสเมื่อขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเรซีพรอบลู ระบบเวฟวันโกลด์และระบบเอดจ์วันไฟร์ เพื่อลดโอกาสเกิดข้อผิดพลาด ทำให้การรักษาคลองรากฟันมีอัตราความสำเร็จเพิ่มขึ้นและประหยัดเวลาในการทำงานจากการใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียว

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเรซีพรอบลู ระบบเวฟวันโกลด์และระบบเอดจ์วันไฟร์
2. เพื่อเปรียบเทียบการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมที่ระดับต่างๆเมื่อเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเรซีพรอบลู ระบบเวฟวันโกลด์และระบบเอดจ์วันไฟร์

ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น

ระบบของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับ

ตัวแปรตาม

ค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไป

ระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม

นิยามคำศัพท์เฉพาะ

1. คลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส (S-shape root canal) หมายถึง คลองรากฟันที่มีความโค้ง 2 ครั้งในทิศทางที่ตรงข้ามกันทำให้มีลักษณะคล้ายอักษรเอสในภาษาอังกฤษ

2. แบบจำลองคลองรากฟัน (Simulated root canals) หมายถึง แท่งพลาสติกใสทำจากอีพอกซีเรซินชนิดใส (clear epoxy resin) ด้านบนของแท่งเป็นช่องทรงกรวยจำลองลักษณะของโพรงเนื้อเยื่อในฟันและมีช่องว่างเชื่อมลงไปด้านในแท่งพลาสติกเพื่อจำลองลักษณะของคลองรากฟัน

3. ไฟลิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง (Nikel-Titanium rotary files) หมายถึง ไฟลิกที่ทำจากโลหะผสมนิกเกิลไทเทเนียมและใช้เครื่องมือมอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมการหมุนของไฟลิก

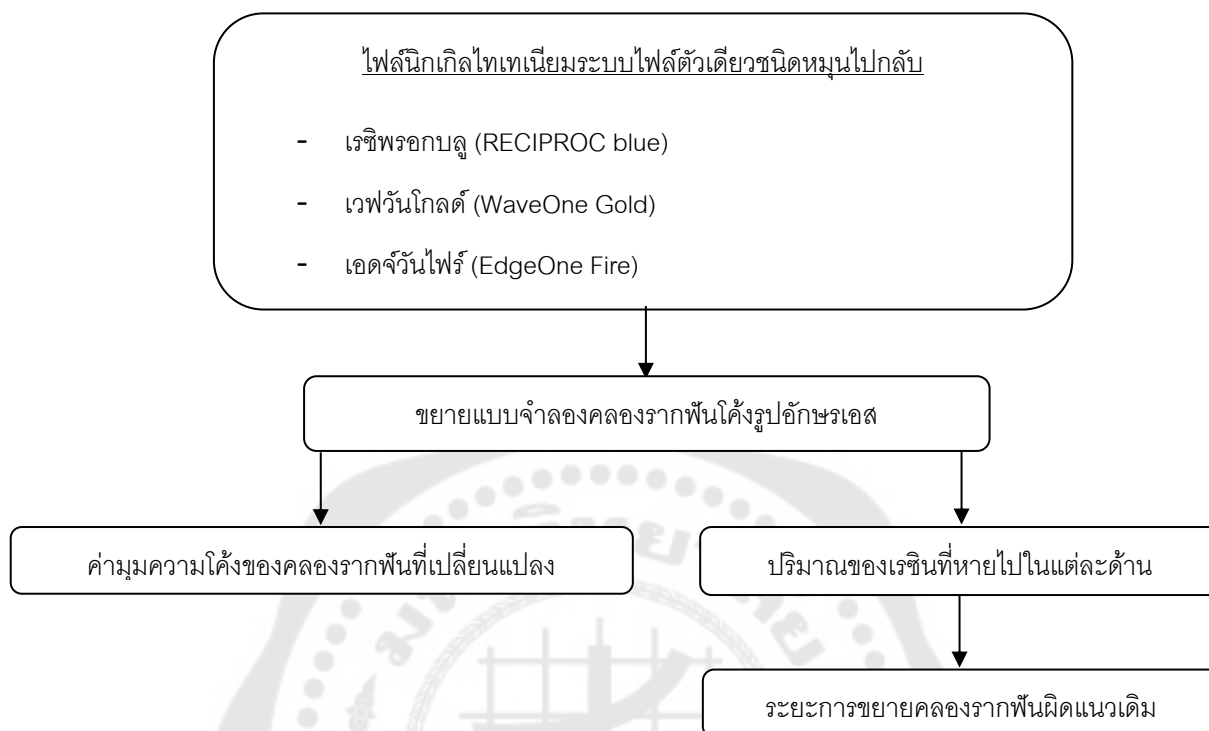
4. มุมความโค้งของคลองรากฟัน (Angle of curvature) หมายถึง ค่ามุมที่ใช้บ่งบอกระดับความโค้งของคลองรากฟันโดยใช้มุมที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงสองเส้น ซึ่งลากผ่านคลองรากฟันระดับใกล้คอฟฟัน (coronal) และเส้นที่ลากผ่านคลองรากฟันระดับใกล้ปลายรากฟัน (apical) ค่ามุมมากแสดงถึงการมีความโค้งมาก การศึกษานี้ใช้วิธีวัดค่ามุมความโค้งของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾

5. ปริมาณเรซินที่หายไป (The amount of resin removed) หมายถึง ปริมาณเรซินที่เป็นผนังคลองรากฟันในแบบจำลองคลองรากฟันที่หายไปหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟลิก ปริมาณเรซินในบริเวณที่หายไปมากแสดงถึงสถานการณ์ที่ผนังคลองรากฟันบริเวณนั้นถูกไฟลิกตัดออกไปมาก

6. ระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม หมายถึง ค่าความแตกต่างของปริมาณเรซินที่หายไปที่วัดได้ในแต่ละด้านของคลองรากฟันที่ระดับเดียวกัน โดยวัดจากภาพซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน

7. การหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบ (cyclic fatigue) หมายถึง การหักของไฟลิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่เกิดจากการที่ไฟลิกได้รับแรงกด (Compressive stress) และแรงดึง (Tensile stress) สลับกันซ้ำๆขณะที่หมุนในคลองรากฟันโค้งทำให้ไฟลิกมีการสะสมความเครียดและเกิดการหัก

กรอบแนวคิดการวิจัย



สมมติฐานการวิจัย

1. ค่ามุมความโค้ง

สมมติฐานหลัก

ค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไลต์นิคเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับด้วยเครื่องระบบเรซีพรอกบลู เวฟวันโกลด์และเอดจ์วันไฟร์ไม่มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานรอง

ค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไลต์นิคเกิลไทเทเนียมระบบไฟล์ตัวเดียวชนิดหมุนไปกลับด้วยเครื่องระบบเรซีพรอกบลู เวฟวันโกลด์และเอดจ์วันไฟร์ มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่

2. ระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม

สมมติฐานหลัก

ระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไลต์นิคเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนไปกลับด้วยเครื่องระบบเรซีพรอกบลู เวฟวันโกลด์และเอดจ์วันไฟร์ไม่มีความแตกต่างกัน

สมมติฐานรอง

ระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วย
ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนไปกลับด้วยเครื่องระบบเรซีพรอกบดดู เวฟวันโกลด์และเอดจ์วันไฟร์
มีความแตกต่างกันอย่างน้อย 1 คู่



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hulsmann และคณะ⁽⁸⁾ ได้กล่าวไว้ว่าเป้าหมายของการเตรียมคลองรากฟันด้วยวิธีเชิงกล คือ กำจัดเนื้อเยื่อออกจากคลองรากฟัน, สร้างช่องว่างให้เพียงพอต่อการเข้าถึงของน้ำยาล้างคลองรากฟันและยาใส่ในคลองรากฟัน คงตำแหน่งและขนาดของรูปลายรากฟันไว้ หลีกเลี่ยงการทำให้เกิดอันตรายต่อระบบคลองรากฟัน เตรียมคลองรากฟันให้เอื้อต่อการอุดคลองรากฟัน หลีกเลี่ยงการรบกวนอวัยวะปริทันต์และรักษาเนื้อฟันที่ปกติไว้เพื่อให้ใช้งานได้ในระยะยาว แต่ในคลองรากฟันที่มีความโค้งการเตรียมคลองรากฟันจะทำให้ยากโดยมักจะเกิดความผิดพลาดขึ้น เช่น ขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมหรือคลองรากฟันตรงขึ้น ยิ่งคลองรากฟันโค้งมากก็จะมีโอกาสที่จะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้มาก⁽²⁾

การขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิม เกิดจากการที่เครื่องมือที่อยู่ในคลองรากฟันโค้งพยายามคืนรูปร่างเป็นเส้นตรงทำให้เครื่องมือสัมผัสผนังคลองรากฟันที่ด้านนอกส่วนโค้งมากกว่าด้านใน ส่วนโค้ง มีโอกาสที่จะเกิดขึ้น ซิป (zip formation) และเกิดรอยทะลุขึ้น ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมมีหลายปัจจัย เช่น กายวิภาคของคลองรากฟัน ชนิดโลหะที่ใช้ทำเครื่องมือ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของเครื่องมือ

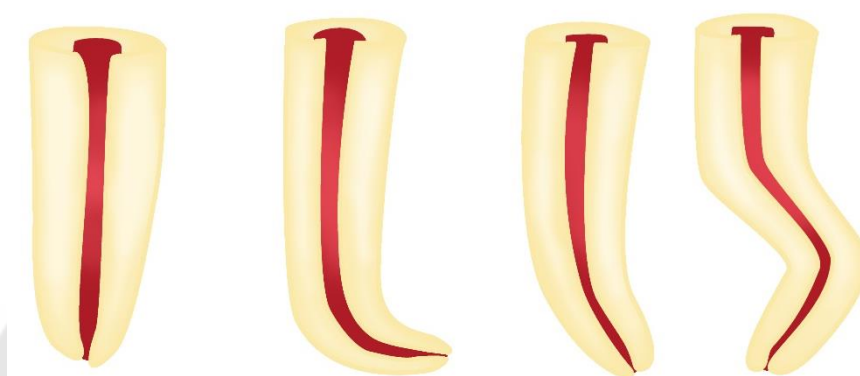
กายวิภาคของคลองรากฟัน (Root canal anatomy)

กายวิภาคของคลองรากฟันจะส่งผลต่อความยากง่ายในการเตรียมคลองรากฟัน โดยในคลองรากฟันที่มีความโค้ง การเตรียมคลองรากฟันมีโอกาสเกิดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมจากการที่เครื่องมือพยายามคืนรูปร่างเป็นเส้นตรงทำให้คลองรากฟันในตำแหน่งได้ต่อส่วนโค้ง ไฟล์ตัดเนื้อฟันทางด้านนอกส่วนโค้งมากกว่า ในขณะที่คลองรากฟันในตำแหน่งเหนือต่อส่วนโค้ง ไฟล์จะตัดเนื้อฟันทางด้านใน ส่วนโค้งมากกว่า⁽⁹⁾

คลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส

Nagy และคณะ⁽¹⁰⁾ ได้จำแนกความโค้งของคลองรากฟันออกเป็น 4 แบบตามลักษณะของตัวอักษรภาษาอังกฤษ ได้แก่ ไอฟอร์ม (I form) คือคลองรากฟันตรง เจฟฟอร์ม (J form) คือคลองรากฟันที่โค้งบริเวณปลายรากฟัน ซีฟฟอร์ม (C form) คือคลองรากฟันที่โค้งตลอดความยาว และเอสฟอร์ม (S form) คือคลองรากฟันที่มีความโค้งหลายตำแหน่ง (ภาพประกอบ 1) โดยมีอุปติการณ์ของคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสร้อยละ 16 จากการศึกษาของ Schafer และคณะ⁽¹¹⁾ ศึกษาความโค้งของคลองรากฟันจากภาพรังสีในฟันมนุษย์ 700 ที่ พบลักษณะคลองรากฟันโค้ง

รูปอักษรเอสร้อยละ 17.5 โดยพบในฟันบนร้อยละ 12.3 และพบในฟันล่างร้อยละ 23.3 และพบมากที่ฟันกราม โดยพบในรากฟันด้านแก้มไกลกลาง (distobuccal root) ของฟันกรามบน ร้อยละ 30 - 40 และพบในรากฟันด้านใกล้กลาง (mesial root) ของฟันกรามล่าง ร้อยละ 35 - 59 แต่จากการศึกษาของ Vertucci⁽¹²⁾ พบว่าฟันกรามน้อยบนจะพบความหลากหลายทางกายวิภาคฟันมากที่สุดและความหลากหลายที่พบมากคือลักษณะคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส และได้มีรายงานว่าคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสสามารถพบได้ในฟันตัดบนซี่ข้าง, ฟันเขี้ยวบนและฟันกรามล่างได้เช่นกัน⁽¹³⁾



ภาพประกอบ 1 ลักษณะความโค้งของคลองรากฟันตามการจำแนกของ Nagy และคณะ⁽¹⁰⁾ ได้แก่ ไอพอร์ม เจพอร์ม ซีพอร์ม และเอสพอร์ม (ตามลำดับจากซ้ายไปขวา)

การศึกษาของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾ ได้ศึกษาความโค้งของคลองรากฟันในรากฟันใกล้กลางของฟันกรามล่าง 100 ซี่ โดยถ่ายภาพรังสี 2 มุม คือ มุมที่ถ่ายปกติในคลินิก (clinical view) หรือภาพในแนวใกล้กลางไกลกลาง (mesiodistal view) และมุมทางด้านประชิด (proximal view) หรือภาพในแนวแก้มลิ้น (buccolingual view) ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยระยะจากรูเปิดคลองรากฟัน (orifice) ไปยังจุดที่คลองรากฟันเริ่มโค้งที่ความโค้งส่วนต้น 5.35 มิลลิเมตร ส่วนค่าเฉลี่ยระยะจากจุดที่คลองรากฟันเริ่มโค้งที่ความโค้งส่วนปลายไปยังรูปลายรากฟัน 2.2 มิลลิเมตร

การใส่เครื่องมือขยายคลองรากฟันให้เข้าถึงความโค้งส่วนปลาย (apical curvature) ของคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสทำได้ยาก ควรขยายคลองรากฟันเพื่อลดความโค้งส่วนต้น (coronal curvature) จึงจะเข้าถึงความโค้งส่วนปลายได้ง่ายขึ้น⁽¹⁴⁾ ลดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมบริเวณปลายราก (apical transportation)⁽¹⁾ อีกทั้งยังลดโอกาสที่จะเกิดคลองรากฟันทะลุด้านข้าง (strip perforation) นอกเหนือไปจากนี้การถ่ายภาพรังสีก่อนการรักษาเพื่อประเมิน

กายวิภาคของคลองรากฟัน การตัดโค้งไฟล์ก่อนการใช้งาน (precurve) และการใช้ไฟล์ที่มีความยืดหยุ่น จะช่วยลดโอกาสในการเกิดข้อผิดพลาดจากการขยายคลองรากฟันได้เช่นกัน⁽¹⁵⁾

การวัดมุมความโค้งคลองรากฟัน (Angle of curvature)

การวัดมุมความโค้งของคลองรากฟันมีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่ วิธีของ Schneider⁽¹⁶⁾ และวิธีของ Pruett และคณะ⁽¹⁷⁾

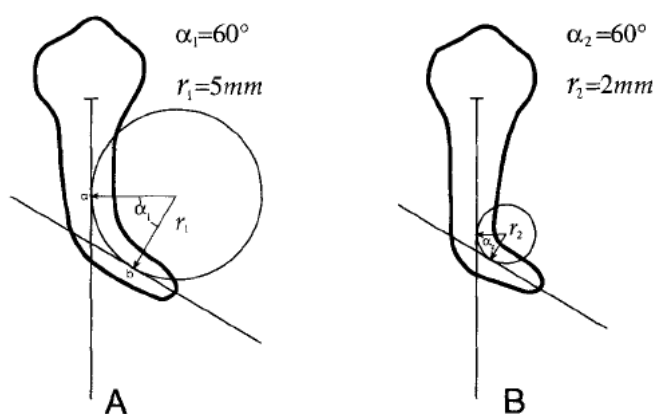
Schneider⁽¹⁶⁾ ได้เสนอวิธีวัดมุมความโค้งของคลองรากฟันจากภาพรังสี โดยวัดมุมความโค้งที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงสองเส้น ได้แก่ เส้นที่ขนานกับแนวแกนฟันกับเส้นที่ลากจากรูปลายรากฟันไปยังจุดที่คลองรากฟันเริ่มโค้ง จากนั้นวัดมุมแหลมที่เกิดขึ้น (ภาพประกอบ 2) จำแนกระดับความโค้งของคลองรากฟันเป็น 3 ระดับ ได้แก่ คลองรากฟันตรง (straight) คือ มุมน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 องศา คลองรากฟันโค้งปานกลาง (moderate curve) คือ มุม 10-20 องศา และคลองรากฟันโค้งมาก (severe curve) คือ มุม 25-70 องศา



ภาพประกอบ 2 การวัดมุมความโค้งตามวิธีของ Schneider⁽¹⁶⁾

Pruett และคณะ⁽¹⁷⁾ ได้เสนอวิธีวัดมุมความโค้งคลองรากฟันโดยพัฒนาจากวิธีของ Schneider⁽¹⁶⁾ ที่ประเมินความโค้งจากค่ามุมความโค้งเพียงอย่างเดียว วิธีของ Pruett และคณะ⁽¹⁷⁾ ประเมินความโค้งของคลองรากฟันด้วยการวัดค่า 2 ค่า ได้แก่ ค่ามุมความโค้ง (angle of curvature; α) และรัศมีความโค้ง (radius of curvature; r) การวัดมุมความโค้งของคลองรากฟันทำโดยลากเส้นสมมติเส้นแรกขนานกับแนวแกนคลองรากฟันส่วนต้น (coronal) และเส้นสมมติที่ 2 ขนานกับแนวแกนคลองรากฟันส่วนปลาย (apical) จากนั้นกำหนดจุด a เป็นจุดที่คลองรากฟันแยกออกจากเส้นสมมติที่ 1 และจุด b เป็นจุดที่คลองรากฟันแยกออกจากเส้นสมมติที่ 2 เมื่อ

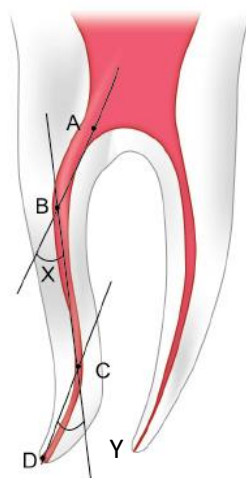
ลากเส้นตั้งฉากจากจุด a และจุด b ไปตัดกันมุมที่เกิดขึ้นคือมุมความโค้งของคลองรากฟัน (α) และเมื่อวาดวงกลมโดยให้จุดตัดนี้เป็นจุดศูนย์กลางและเส้นรอบวงสัมผัสกับจุด a และจุด b รัศมีของวงกลมก็คือรัศมีความโค้งของคลองรากฟัน (r) (ภาพประกอบ 3) โดยหากค่ารัศมีความโค้งของคลองรากฟันน้อยแปลว่าคลองรากฟันนั้นมีการโค้งแบบฉับพลัน (abrupt canal curvature)



ภาพประกอบ 3 การวัดมุมความโค้งและรัศมีความโค้งตามวิธีของ Pruet และคณะ⁽¹⁷⁾
ภาพ A และ B ฟันมีมุมความโค้งเท่ากันแต่มีรัศมีความโค้งต่างกัน โดย B ฟันมีรัศมีความโค้งน้อยกว่า แสดงถึงคลองรากฟันที่โค้งแบบฉับพลันกว่าเมื่อเทียบกับ A ที่ฟันมีรัศมีความโค้งมากกว่า

แต่ลักษณะกายวิภาคของคลองรากฟันที่มีความโค้งลักษณะคล้ายอักษรเอส การวัดค่ามุมความโค้งตามแบบของ Schneider⁽¹⁶⁾ และ Pruet และคณะ⁽¹⁷⁾ ไม่สามารถทำได้

Cunningham และ Senia⁽⁷⁾ ได้เสนอวิธีการวัดความโค้งคลองรากฟันในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส (ภาพประกอบ 4) โดยประยุกต์จากวิธีของ Schneider⁽¹⁶⁾ แต่จะวัดมุมความโค้งคลองรากฟันที่สองตำแหน่ง โดยจุด A คือจุดกึ่งกลางคลองรากฟันที่ระดับรูเปิดคลองรากฟัน (orifice) จุด B คือจุดที่คลองรากฟันเริ่มเบี่ยงออกจากแนวเส้นตรง ลากเส้นผ่านจุด A และจุด B เป็นเส้นที่ 1 จุด C เป็นจุดที่คลองรากฟันเริ่มเบี่ยงออกจากแนวเดิมอีกครั้ง เส้นที่ลากผ่านจุด B และจุด C เป็นเส้นที่ 2 มุมที่เกิดจากเส้นที่ 1 ตัดกับเส้นที่ 2 คือมุมความโค้งส่วนต้น (coronal curvature; X) จุด D คือรูปลายรากฟัน เส้นที่ลากผ่านจุด C และจุด D เป็นเส้นที่ 3 มุมที่เกิดจากเส้นที่ 2 ตัดกับเส้นที่ 3 คือมุมความโค้งส่วนปลาย (apical curvature; Y)



ภาพประกอบ 4 การวัดมุมความโค้งในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสตามวิธีของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾

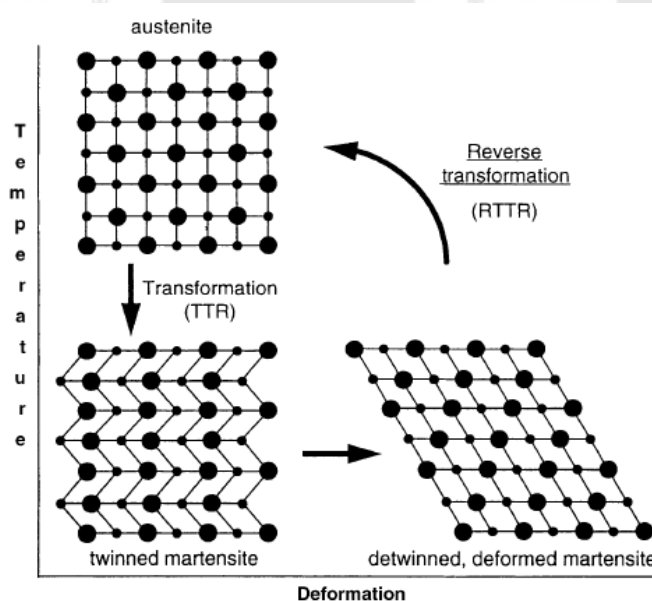
ในคลองรากฟันที่มีความโค้งการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมมักเกิดที่บริเวณผนังคลองรากฟันด้านใน ส่วนโค้งมากกว่าผนังคลองรากฟันด้านนอก ส่วนโค้งส่งผลให้ค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันลดลง คลองรากฟันมีลักษณะที่ตรงขึ้น (Straighten root canal) ในการเตรียมคลองรากฟันที่โค้งมักจะทำให้เกิดการตรงขึ้นของคลองรากฟันได้เล็กน้อยอยู่แล้ว จากการศึกษา ก่อนหน้า⁽¹⁸⁻²⁰⁾ พบว่าเมื่อเตรียมคลองรากฟันโค้งด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง คลองรากฟันมีค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันลดลงเฉลี่ย 1.24 - 3.22 องศา แต่หากเตรียมคลองรากฟันให้ตรงมากเกินไปก็จะทำให้เกิดความผิดปกติต่างๆขึ้น เช่น เกิดชั้น เกิดรอยทะลุ ซิป เป็นต้น อีกทั้งปริมาณเนื้อฟันที่ลดลงจะทำให้ความแข็งแรงของรากฟันลดลง⁽²¹⁾ โดย Caputo และ Standlee⁽²²⁾ แนะนำว่าความหนาของผนังคลองรากฟันที่เหลืออยู่ภายหลังการเตรียมคลองรากฟัน และเตรียมพื้นที่สำหรับเดือยฟันไม่ควรต่ำกว่า 1 มิลลิเมตร ส่วน McCann และคณะ⁽²³⁾ แนะนำว่า ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันควรมีเนื้อฟันเหลือน้อยอย่างน้อย 0.5 มิลลิเมตรตลอดคลองรากฟัน

สมบัติโลหะผสมนิกเกิลไทเทเนียม

โลหะที่นำมาใช้ในการทำไฟล์ชนิดหมุนด้วยเครื่องเป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิลและไทเทเนียม เรียกว่าไนไทนอล (Nitinol) หรือนิกเกิลไทเทเนียม ซึ่งประกอบด้วยนิกเกิลร้อยละ 56 และไทเทเนียมร้อยละ 44 โดยน้ำหนัก เมื่อรวมกันจะได้อัตราส่วนของอะตอมเป็น 1:1 โดยสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงพันธะของอะตอมได้ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนการเรียงตัวของผลึก และมีสมบัติ

ทางกลเปลี่ยนแปลงไป โดยการเปลี่ยนแปลงพันธะอะตอมนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือมีแรงกระทำ⁽²⁴⁾

โครงสร้างการเรียงตัวของผลึกไนไทออลมี 2 แบบ คือ วัฏภาคออสเทนไนต์ (Austenite phase) และวัฏภาคมาร์เทนไซต์ (Martensite phase) (ภาพประกอบ 5) การเรียงตัวของผลึกแบบวัฏภาคออสเทนไนต์จะเกิดเมื่ออยู่ที่อุณหภูมิสูง ผลึกจะมีความเสถียรเรียงตัวแบบลูกบาศก์ มีสภาพแข็งเกร็ง (rigidity) ไม่สามารถดัดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างภายนอกได้ เมื่อวัสดุเย็นตัวลงจนผ่านช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาค (Transformation temperature range, TTR) จะมีการเรียงตัวของผลึกแบบวัฏภาคมาร์เทนไซต์ ซึ่งจะมีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป คือ สามารถดัดงอ ดัดโค้ง หรือเปลี่ยนรูปร่างภายนอกได้ โดยการเปลี่ยนโครงสร้างผลึกเข้าสู่วัฏภาคมาร์เทนไซต์จะเริ่มจากทวินมาเทนไซต์ (twinned martensite) ซึ่งระยะนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงการเรียงตัวของอะตอมแต่จะไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงภายนอก แต่เมื่อโลหะได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นจนเกินช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาคก็จะสามารถคืนกลับเข้าสู่วัฏภาคออสเทนไนต์ได้อีก⁽²⁴⁾



ภาพประกอบ 5 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของโลหะนิกเกิลไทเทเนียมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเมื่อได้รับแรงกระทำ⁽²⁴⁾

ความยืดหยุ่นของเครื่องมือจะขึ้นกับสมบัติของโลหะ หากเครื่องมือมีความยืดหยุ่นมาก จะลดความเสี่ยงในการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิม จึงได้มีการพัฒนาสมบัติของโลหะ

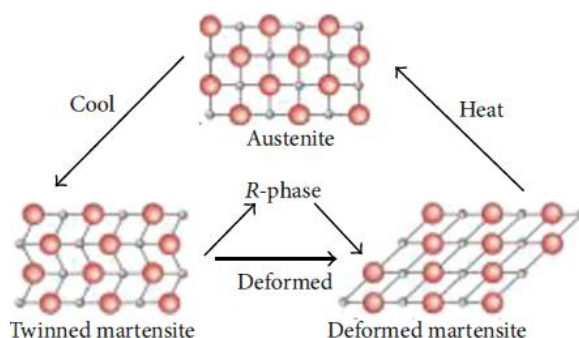
ผสมนิเกิลไทเทเนียมโดยการใช้อุณหภูมิ (thermomechanical treatment) สามารถกำหนดอุณหภูมิของการเปลี่ยนวัฏภาคระหว่างมาร์เทนไซต์และออสเทนไนต์ ทำให้ขณะใช้งานไฟล์จะมีโครงสร้างผลึกทั้งวัฏภาคออสเทนไนต์และวัฏภาคมาร์เทนไซต์ซึ่งมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบ (cyclic fatigue resistance) มากขึ้น⁽²⁵⁾ จึงปลอดภัยสำหรับใช้งานในคลองรากฟันคိုင်⁽²⁶⁾ โดยแต่ละบริษัทก็มีชื่อเรียกชนิดของโลหะผสมนิเกิลไทเทเนียมและวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) เอ็มไวร์ (M-wire)

ในปี 2007 บริษัท เดนทส์พลายทัลซา (Dentsply Tulsa Dental, Switzerland) ได้เริ่มใช้กระบวนการความร้อนมาปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะนิเกิลไทเทเนียม ทำให้ที่อุณหภูมิร่างกายจะพบการจัดเรียงโครงสร้างผลึกแบบอาร์-เฟส (R-phase) ร่วมกับมาร์เทนไซต์ การจัดเรียงโครงสร้างแบบนี้ทำให้เครื่องมือยังคงมีความยืดหยุ่นและมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับโลหะนิเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิม⁽²⁷⁾ ตัวอย่างของไฟล์ที่ผลิตจาก เอ็มไวร์ ได้แก่ จีที-ซีรีส์เอ็กซ์ (GT-series X), โปรไฟล์วอร์เท็กซ์ (ProFile Vortex), โปรเทเปอร์เน็กซ์ (ProTaper NEXT) เป็นต้น จากการศึกษาของ Rhodes และคณะในปี 2010⁽²⁸⁾ พบว่าโปรไฟล์วอร์เท็กซ์ จะคงลักษณะของคลองรากฟันเดิมในคลองรากฟันที่คိုင်ได้ดี

2) อาร์-เฟส (R-phase)

บริษัท ไสเบรอนเอนโด (SybronEndo, USA) ได้นำโลหะนิเกิลไทเทเนียมมาบิดทำให้เกิดสภาวะการเปลี่ยนแปลงสู่วัฏภาคมาร์เทนไซต์โดยอาศัยความเค้น (stress – induced martensitic transformation) ขึ้นในวัสดุ เมื่อโลหะนิเกิลไทเทเนียมเข้าสู่การจัดเรียงโครงสร้างผลึกแบบ อาร์-เฟส ซึ่งเป็นช่วงแคบๆระหว่างทวินด์มาเทนไซต์และดีฟอर्मมาร์เทนไซต์ (ภาพประกอบ 6) ทำให้สามารถขึ้นรูปเครื่องมือโดยการบิดแทนการขึ้นรูปด้วยการกลึงได้ เมื่อเครื่องมืออยู่ในรูปร่างที่ต้องการแล้วก็จะให้ความร้อนแก่เครื่องมืออีกครั้งเพื่อคงสภาพของผลึกไว้เนื่องจากโลหะนิเกิลไทเทเนียมที่อยู่ใน อาร์-เฟส มีความอดุลย์ของยัง (Young's modulus) ต่ำกว่าโลหะนิเกิลไทเทเนียมที่อยู่ในวัฏภาคออสเทนไนต์ ดังนั้น อาร์-เฟส จึงมีความยืดหยุ่นมากกว่า รวมถึงมีความต้านทานต่อการแตกหักที่เพิ่มขึ้น⁽²⁹⁾ ตัวอย่างของไฟล์ที่ผลิตจากอาร์-เฟส ได้แก่ ทวิสเท็ดไฟล์ (Twisted file), เคทรีเอ็กซ์เอฟ (K3XF) เป็นต้น จากการศึกษาของ Shen และคณะ⁽³⁰⁾ พบว่า เคทรีเอ็กซ์เอฟ มีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบมากกว่า เคทรี (K3) อย่างมีนัยสำคัญ



ภาพประกอบ 6 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของโลหะนิกเกิลไทเทเนียม⁽³¹⁾

3) ซีเอ็มไวร์ (CM wire)

ซีเอ็มไวร์ (Controlled memory wire) เริ่มมีการพัฒนาในปี 2010 โลหะนิกเกิลไทเทเนียมชนิดนี้มีปริมาณนิกเกิลร้อยละ 52 โดยน้ำหนัก โดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความยืดหยุ่นของไฟล์, ลดคุณสมบัติความทรงจำรูปร่างเดิม (shape memory) และเพิ่มอุณหภูมิที่โครงสร้างผลึกเปลี่ยนเป็นวัฏภาคออสเทไนต์อย่างสมบูรณ์ให้อยู่ที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส ทำให้คงโครงสร้างผลึกวัฏภาคมาร์เทนไซต์ได้ที่อุณหภูมิร่างกาย จึงสามารถดัดงอเครื่องมือได้ก่อนใช้งานและคืนสู่รูปร่างเดิมเมื่อนำไปฆ่าเชื้อ (Autoclave) หรือได้รับความร้อนที่สูงกว่าอุณหภูมิที่โครงสร้างผลึกเปลี่ยนเป็นวัฏภาคออสเทไนต์อย่างสมบูรณ์ ตัวอย่างไฟล์ที่เป็นซีเอ็มไวร์ ได้แก่ ไฮฟเล็กซีเอ็ม (Hyflex CM) และ ไทฟูนซีเอ็ม (Typhoon CM) เป็นต้น Shen และคณะ⁽³²⁾ ได้ศึกษาเทียบความต้านทานต่อการแตกหักของไฟล์ที่ทำจากซีเอ็มไวร์และโลหะแบบดั้งเดิม (Conventional NiTi) ผลการศึกษาพบว่าไฟล์ที่ทำจากซีเอ็มไวร์จะมีความต้านทานต่อการแตกหักมากกว่าไฟล์ที่ทำจากโลหะนิกเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิม

4) บลูไวร์ (Blue wire) และ โกลด์ไวร์ (Gold wire)

ในปี 2012 ได้มีกระบวนการความร้อนแบบใหม่โดยการนำเอ็มไวร์ไปให้ความร้อนและความเย็นซ้ำๆ เกิดชั้นของไทเทเนียมออกไซด์ (titanium oxide layer) ชั้นที่ผิวของโลหะทำให้สีของโลหะเปลี่ยนไป ไฟล์ชนิดนี้จะมีความยืดหยุ่นที่ดีและมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบที่มากขึ้น⁽³³⁾ โดยโลหะที่มีสีน้ำเงินจะมีชั้นของไทเทเนียมออกไซด์หนา 60-80 นาโนเมตร ส่วนโลหะที่มีสีทองจะมีชั้นของไทเทเนียมออกไซด์หนา 100-140 นาโนเมตร⁽³⁴⁾ ตัวอย่างของไฟล์ที่เป็นบลูไวร์และโกลด์ไวร์ ได้แก่ เรซิพรอบบลู เวฟวันโกลด์ และโพรเทเปอร์โกลด์ (ProTaper Gold) เป็นต้น

De-Deus และคณะ⁽³⁵⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบความต้านทานการโค้งงอ (bending resistance) และความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบของไฟล์เรซีพรอก และเรซีพรอกบลู ผลการศึกษาพบว่าเรซีพรอกบลูมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบมากกว่าเรซีพรอก และมีความต้านทานการโค้งงอน้อยกว่าเรซีพรอกอย่างมีนัยสำคัญ

Gagliardi และคณะ⁽³⁶⁾ ศึกษาประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันของ ไพรเทเพอร์โกลด์ ไพรเทเพอร์เน็กซ์ (ProTaper NEXT) และ ไพรเทเพอร์ยูนิเวอร์ซอล (ProTaper Universal) ในคลองรากฟันโค้ง ผลการศึกษาพบว่า ไพรเทเพอร์โกลด์ และ ไพรเทเพอร์เน็กซ์ จะเกิดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมน้อยกว่า ไพรเทเพอร์ยูนิเวอร์ซอล

Sanguanwongthong และคณะ⁽⁶⁾ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมและค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงภายหลังการเตรียมคลองรากฟันโค้ง 20-40 องศา และมีรัศมีความโค้ง 5-9 มิลลิเมตร ด้วยไฟล์ระบบเรซีพรอกบลู เวฟวันโกลด์ และเอดจันไฟร์ พบว่าไฟล์ทั้งสามระบบมีการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญและไฟล์ระบบเอดจันไฟร์มีค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการเตรียมคลองรากฟันมากกว่าไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญ

ตัวอย่างของบลูไวร์

ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบเรซีพรอกบลู (ภาพประกอบ 7)

เรซีพรอกบลู (VDW, Munich, Germany) ผลิตจากบลูไวร์หน้าตัดไฟล์มีรูปร่างรูปตัวเอส (ภาพประกอบ 8) และส่วนปลายไฟล์ไม่มีความคม (non-cutting tip) ใช้การเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับ โดยมี 3 ขนาด ได้แก่

ขนาดอาร์ 25 (R25) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 8 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์

ขนาดอาร์ 40 (R40) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 6 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์

ขนาดอาร์ 50 (R50) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.50 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 5 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์



ภาพประกอบ 7 ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบเรซีพรอกบลู⁽³⁷⁾ ขนาดอาร์ 25 (สีแดง)
ขนาดอาร์ 40 (สีดำ) และขนาดอาร์ 50 (สีเหลือง)



ภาพประกอบ 8 หน้าตัดไฟล์รูปร่างรูปตัวเอส⁽³⁷⁾

ตัวอย่างของโกลด์ไวร์

ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบเวฟวันโกลด์ (ภาพประกอบ 9)

เวฟวันโกลด์ (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ผลิตจากโกลด์ไวร์ หน้าตัดไฟล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ในแต่ละระดับไฟล์จะมีจุดที่สัมผัสคลองรากฟันไม่เท่ากัน (ภาพประกอบ 10)⁽³⁸⁾ ใช้การเคลื่อนที่แบบหมุนไปกลับ ไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์จะมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบและมีความยืดหยุ่นมากกว่าไฟล์ระบบเวฟวัน⁽³⁸⁾ โดยมี 4 ขนาด ได้แก่

ขนาดสมอล (Small) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 7 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์

ขนาดไพรมารี (Primary) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 7 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์

ขนาดมีเดียม (Medium) ปลายไฟล์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.35 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล์ 3 มิลลิเมตร มีความยาวร้อยละ 6 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความยาวลดลงจากปลายไฟล์สู่ส่วนต้นของไฟล์

ขนาดลาร์จ (Large) ปลายไฟลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล 3 มิลลิเมตร มีความผายร้อยละ 5 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความผายลดลงจากปลายไฟลสู่ส่วนต้นของไฟล



ภาพประกอบ 9 ไฟลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเวฟวันโกลด์⁽³⁸⁾



ภาพประกอบ 10 หน้าตัดไฟลรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและจุดที่สัมผัสคลองรากฟันไม่เท่ากันแต่ละระดับของไฟล⁽³⁸⁾

5) ไฟร์ไวร์ (FireWire)

บริษัท เอ็ดจ์เ็นโด (Edge-Endo, Albuquerque, NM, USA) ได้ใช้กระบวนการความร้อนในการผลิตไฟร์ไวร์เพื่อให้ไฟลมีความยืดหยุ่นและไฟลมีการคืนรูปร่างเป็นเส้นตรงน้อย⁽³⁹⁾

ตัวอย่างของไฟร์ไวร์

ไฟลนิกเกิลไทเทเนียมระบบเอดจ์วันไฟร์ (ภาพประกอบ 11)

เอดจ์วันไฟร์ (Edge-Endo, Albuquerque, NM, USA) ผลิตจากไฟร์ไวร์ (FireWire) หน้าตัดไฟลเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานเหมือนเวฟวันโกลด์ บริษัทกล่าวว่าไฟลสามารถโค้งงอได้ถึง 90° ไม่ติดตัวกลับที่บริเวณปลายรากฟัน และมีความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการ

หมุนรอบมากกว่าไฟล้ระบบเวฟวันโกลด์⁽³⁹⁾ โดยมีให้เลือก 4 ขนาดเท่ากับระบบเวฟวันโกลด์และมีชื่อเรียกเหมือนกัน ได้แก่

ขนาดสมอล (Small) ปลายไฟล้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล้ 3 มิลลิเมตร มีความผายร้อยละ 7 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความผายลดลงจากปลายไฟล้สู่ส่วนต้นของไฟล้

ขนาดไพรมารี (Primary) ปลายไฟล้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล้ 3 มิลลิเมตร มีความผายร้อยละ 7 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความผายลดลงจากปลายไฟล้สู่ส่วนต้นของไฟล้

ขนาดมีเดียม (Medium) ปลายไฟล้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.35 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล้ 3 มิลลิเมตร มีความผายร้อยละ 6 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความผายลดลงจากปลายไฟล้สู่ส่วนต้นของไฟล้

ขนาดลาร์จ (Large) ปลายไฟล้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 มิลลิเมตร ช่วงปลายไฟล้ 3 มิลลิเมตร มีความผายร้อยละ 5 ช่วง 4-16 มิลลิเมตร มีร้อยละความผายลดลงจากปลายไฟล้สู่ส่วนต้นของไฟล้



ภาพประกอบ 11 ไฟล้นิกเกิลไทเทเนียมระบบเอดจันไฟ⁽⁴⁰⁾

วิธีศึกษาประสิทธิภาพการขยายคลองรากฟันในแบบจำลองคลองรากฟัน

การใช้แบบจำลองคลองรากฟันมีข้อดีคือลักษณะของคลองรากฟันมีมาตรฐานสามารถกำจัดปัจจัยความไม่เหมือนกันของฟันแต่ละซี่ออกไปได้ เช่น กายวิภาคของฟันที่ต่างกัน, สมบัติของเนื้อฟันที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยวิธีการศึกษาประสิทธิภาพการขยายคลองรากฟันของไฟล้นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องในแบบจำลองคลองรากฟันนั้นมีหลายวิธี

การซ้อนทับภาพถ่ายเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวก อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ ที่ยึดกล้องและแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งเดิม กล้องถ่ายรูป หมึกสี และโปรแกรมตัดแต่งภาพ Photoshop⁽⁴¹⁾ หรือ AutoCAD⁽⁴²⁾ วิธีการศึกษาโดยการซ้อนทับภาพถ่ายทำได้โดย

1. ฉีดสีลงในแบบจำลองคลองรากฟันก่อนการเตรียมคลองรากฟันและถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันก่อนการเตรียมคลองรากฟันโดยใช้ที่ยึดกล้องและแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน⁽⁴¹⁾ (ภาพประกอบ 12)

2. ภายหลังการเตรียมคลองรากฟัน ฉีดสีคนละสีกับที่ฉีดตอนก่อนเตรียมคลองรากฟันลงในแบบจำลองคลองรากฟันและถ่ายภาพโดยใช้ที่ยึดกล้องและแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งเดิม⁽⁴¹⁾ (ภาพประกอบ 13)

3. นำภาพที่ได้เข้าสู่โปรแกรมตัดแต่งภาพและนำภาพมาซ้อนทับกัน (ภาพประกอบ 14) จากนั้นนำภาพที่ได้ไปวัดปริมาณเรซินที่หายไปด้วยโปรแกรม ImageJ⁽⁴¹⁾ หรือ AutoCAD⁽⁴²⁾

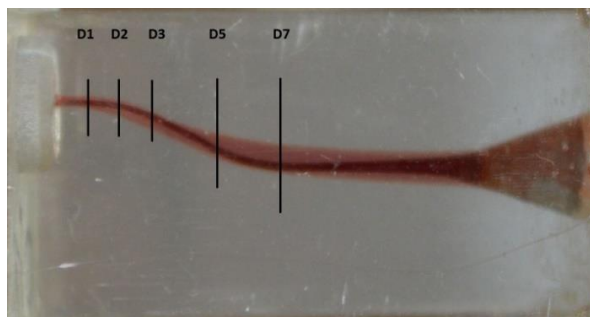
การที่ฉีดสีเข้าไปจะทำให้ระบุขอบเขตของคลองรากฟันได้ดีขึ้น แต่วิธีการนี้จะต้องถ่ายรูปรูปที่มุมเดิมเพื่อให้การเปรียบเทียบภาพก่อนและหลังเตรียมคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพประกอบ 12 แบบจำลองคลองรากฟันก่อนการเตรียมคลองรากฟันและฉีดหมึกสีดำ⁽⁴¹⁾



ภาพประกอบ 13 แบบจำลองคลองรากฟันหลังการเตรียมคลองรากฟันและฉีดหมึกสีแดง⁽⁴¹⁾



ภาพประกอบ 14 การซ้อนทับภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน⁽⁴¹⁾

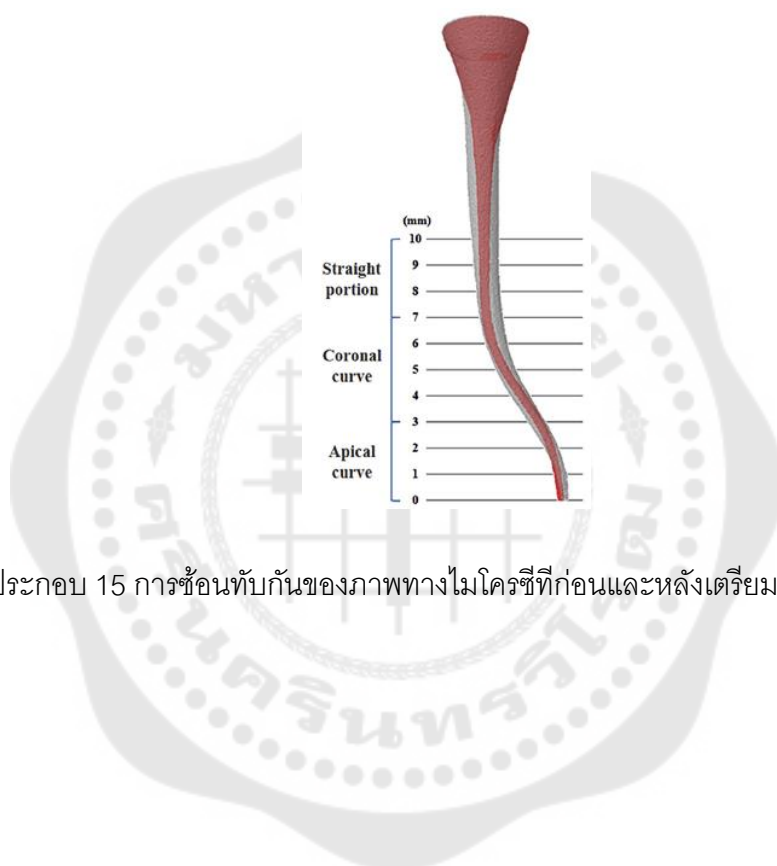
Alrahabi⁽⁴¹⁾ ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการเตรียมคลองรากด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง 4 ระบบ ได้แก่ ไอเรซ (iRaCe) โปรเทปเปอร์เน็กซ์ เวฟวัน และ ทวิสเท็ดไฟล์ ในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส ประเมินผลด้วยการซ้อนทับกันของภาพถ่าย และวัดที่ 5 ระดับ คือ 1 2 3 5 และ 7 มิลลิเมตรจากรูปลายรากฟัน ผลการศึกษาพบว่า ระยะ 3 มิลลิเมตรจากรูปลายรากฟันซึ่งเป็นบริเวณที่คลองรากฟันมีความโค้ง เวฟวันมีการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมมากกว่าไฟล์ระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ระยะเวลาในการเตรียมคลองรากฟันของทั้งสี่กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมที่ระดับความโค้งส่วนต้นจะทำให้คลองรากฟันตรงขึ้น ทำให้สามารถเข้าถึงความโค้งส่วนปลายได้สะดวกและลดโอกาสขยายคลองรากฟันบริเวณปลายรากฟันผิดจากแนวเดิม⁽³⁵⁾ ทำให้อุดคลองรากฟันแบบสนิทบริเวณปลายรากฟัน (apical seal)⁽¹⁾

การใช้เครื่องมือโคร-คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Microcomputed tomography) เป็นวิธีที่ไม่มีการทำลายชิ้นงาน สามารถดูภาพตัดขวางในแต่ละมุมตามที่ต้องการได้และสามารถนำภาพตัดขวาง 2 มิติหลายภาพมาซ้อนกันสร้างเป็นภาพ 3 มิติได้ ภาพมีความละเอียดสูงสามารถมองเห็นลักษณะได้ทั้งภายนอกและภายในชิ้นงาน ผู้ใช้เครื่องมือโคร-คอมพิวเตอร์โทโมกราฟีจะต้องมีความชำนาญในการใช้งานและวิธีนี้เป็นวิธีที่มีต้นทุนที่สูง⁽⁴³⁾ การศึกษาประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันทำได้โดยสแกนแบบจำลองก่อนและหลังเตรียมคลองรากฟัน จากนั้นนำภาพมาเปรียบเทียบกันได้ในแนวแกนฟัน (ภาพประกอบ 15) และภาพตัดขวาง

Gu และคณะ⁽³⁵⁾ ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบทวิสเท็ดไฟล์ เวฟวัน ไฮเฟล็กซ์เอ็ม และ วีเทปเปอร์ทูเฮซ (V Taper 2H) ในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส แล้วประเมินผลด้วยการใช้เครื่องมือโครซีที ผลการศึกษา

พบว่าไฟล์ระบบเวฟวัน ไฮเฟล็กซ์เอ็ม และ วีเทปเปอร์ทูเฮซ จะพบการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ความโค้งส่วนต้นมากกว่าความโค้งส่วนปลาย แต่ไฟล์ระบบทวิสเท็ดไฟล์ จะพบการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ความโค้งส่วนปลายมากกว่าความโค้งส่วนต้น และพบการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่ความโค้งส่วนปลายมากกว่าไฟล์ระบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาสรุปได้ว่าไฟล์ระบบทวิสเท็ดไฟล์ ไม่เหมาะสมในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส



ภาพประกอบ 15 การซ้อนทับกันของภาพทางไมโครซีทีที่ก่อนและหลังเตรียมคลองรากฟัน⁽⁴⁴⁾

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์

สารเคมี

- หมึกสีดำและแดง (India ink)
- อาร์ซี-เพรป (RC-prep, Premier Dental Philadelphia, Philadelphia, PA, USA)
- น้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.9 (Normal saline solution)

อุปกรณ์

7 ชิ้น

- ไฟลีนิกเกลไทเทเนียมชนิดหมุดด้วยเครื่องระบบเรซีพรอบลู ขนาดอาร์ 25 จำนวน

7 ชิ้น

- ไฟลีนิกเกลไทเทเนียมชนิดหมุดด้วยเครื่องระบบเวฟวันโกลด์ ขนาดไพรมารี จำนวน

7 ชิ้น

- ไฟลีนิกเกลไทเทเนียมชนิดหมุดด้วยเครื่องระบบเอดจันไร์ ขนาดไพรมารี จำนวน

- เครื่องขยายคลองรากฟัน VDW.Silver[®] Reciproc[®]

- เครื่องขยายคลองรากฟัน X-Smart Plus[®]

- กล้องถ่ายภาพ (Olympus E-M10 Mark III) + เลนส์ (M.ZUIKO DIGITAL 14-42mm 1:3.5-5.6)

- เข็มล้างคลองรากฟันเกจ 27

- แบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส (Endo Training Block-S, Dentsply Maillefer) จำนวน 21 ชิ้น

การถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสก่อนการเตรียมคลองรากฟัน

ฉีดหมึกสีดำเข้าไปในแบบจำลอง จากนั้นถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสก่อนการเตรียมคลองรากฟันโดยใช้กล้องถ่ายภาพ โดยจะยึดกล้องถ่ายภาพและแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน เพื่อให้ได้ภาพในมุมเดิมทุกครั้ง วัดมุมความโค้งของคลองรากฟันจากภาพถ่ายด้วยวิธีของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾ โดยใช้โปรแกรม ImageJ จะได้ค่ามุมความโค้งส่วนต้นก่อนเตรียมคลองรากฟัน (C_0) และมุมความโค้งส่วนปลายก่อนเตรียมคลองรากฟัน (A_0)

การเตรียมคลองรากฟัน

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power โดยอ้างอิงจากการศึกษานำร่อง และกำหนดค่าความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I error; α) คือ 0.05 กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; $1-\beta$) คือ 0.9 ได้ขนาดตัวอย่างทั้งหมด 21 ตัวอย่าง

สุ่มแบ่งแบบจำลองคลองรากฟันออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 7 อัน เพื่อเตรียมคลองรากฟัน ด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบต่างๆ ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เตรียมคลองรากฟันโดยใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเรซิพรอกบลู (RECIPROC blue) ขนาดอาร์ 25 ร่วมกับเครื่องขยายคลองรากฟันวีดีดับเบิลยูซิลเวอร์เรซิพรอก (VDW.Silver Reciproc, VDW, Munich, Germany) โดยใช้โปรแกรมเรซิพรอกอัล (RECIPROC ALL) และใช้อาร์ซี-เพรปเป็นสารหล่อลื่น ใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทโดยเคลื่อนเครื่องมือขึ้นลงในลักษณะจิก (pecking motion) กดเบาๆ ไปทางปลายรากครั้งละไม่เกิน 3 มิลลิเมตรแล้วดึงขึ้น และไม่เกิน 3 ครั้ง จากนั้นนำเครื่องมือออกมาทำความสะอาดด้วยผ้าก๊อชและล้างคลองรากฟันด้วยน้ำเกลือ โดยไฟล์ 1 อันจะใช้ 1 คลองรากฟัน

กลุ่มที่ 2 เตรียมคลองรากฟันโดยใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเวฟวันโกลด์ (WaveOne Gold) ขนาดไพรมารีร่วมกับเครื่องขยายคลองรากฟันเอกซ์สแมร์ทพลัส (X-Smart Plus, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) โดยใช้โปรแกรมเวฟวัน (WaveOne) และใช้อาร์ซี-เพรปเป็นสารหล่อลื่น ใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทโดยกดเครื่องมือไปทางปลายรากฟันเบาๆ และหลังจากเคลื่อนไป 2-3 มิลลิเมตรให้นำเครื่องมือออกมาทำความสะอาดด้วยผ้าก๊อชและล้างคลองรากฟันด้วยน้ำเกลือ โดยไฟล์ 1 อันจะใช้ 1 คลองรากฟัน

กลุ่มที่ 3 เตรียมคลองรากฟันโดยใช้ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเอดจ์วันไฟร์ (EdgeOne Fire) ขนาดไพรมารีร่วมกับเครื่องขยายคลองรากฟันเอกซ์สแมร์ทพลัส โดยใช้โปรแกรมเวฟวัน และใช้อาร์ซี-เพรปเป็นสารหล่อลื่น ใช้งานตามคำแนะนำของบริษัทโดยกดเครื่องมือไปทางปลายรากฟันเบาๆ และหลังจากเคลื่อนไป 2-3 มิลลิเมตรให้นำเครื่องมือออกมาทำความสะอาดด้วยผ้าก๊อชและล้างคลองรากฟันด้วยน้ำเกลือ โดยไฟล์ 1 อันจะใช้ 1 คลองรากฟัน

คลองรากฟันจำลองทั้งหมดจะถูกเตรียมคลองรากฟันโดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว โดยมีการควบคุมระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมคลองรากฟันไม่เกิน 4 นาทีและปริมาณน้ำเกลือที่ใช้ล้างคลองรากฟันคือ 3 มิลลิลิตรต่อหนึ่งคลองรากฟันในทุกกลุ่มทดลอง

การถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสภายใต้การเตรียมคลองรากฟัน

ฉีดหมึกสีแดงเข้าไปในแบบจำลอง จากนั้นถ่ายภาพแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสภายใต้การเตรียมคลองรากฟันโดยใช้กล้องถ่ายรูป โดยจะยึดกล้องถ่ายรูปและแบบจำลองให้อยู่ในตำแหน่งเดิม และวัดมุมความโค้งของคลองรากฟันจากภาพถ่ายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยวิธีของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾ โดยใช้โปรแกรมอิมเมจเจ (ImageJ, National Institute of Health, USA) จะได้ค่ามุมความโค้งส่วนต้นหลังเตรียมคลองรากฟัน (C_1) และมุมความโค้งส่วนปลายหลังเตรียมคลองรากฟัน (A_1)

การประเมินประสิทธิภาพการเตรียมคลองรากฟัน

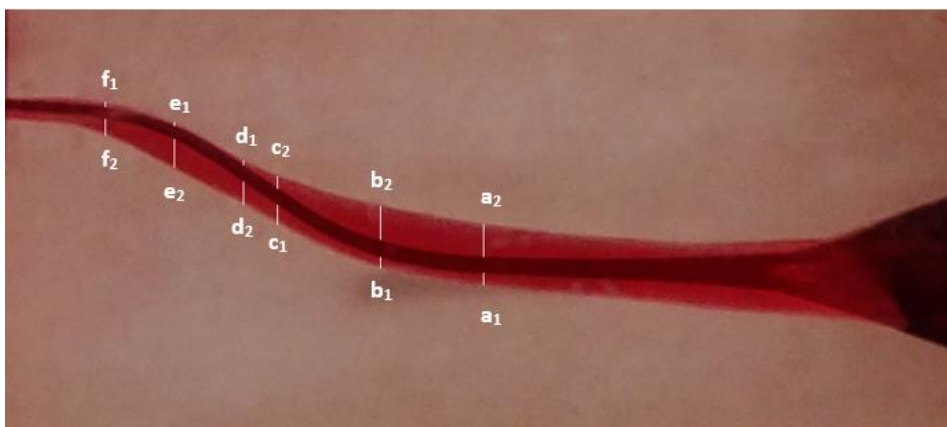
ประเมินค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลง

นำค่ามุมความโค้งก่อนการเตรียมคลองรากฟันมาลบค่ามุมความโค้งหลังการเตรียมคลองรากฟัน ทั้งค่ามุมความโค้งส่วนต้น ($C_0 - C_1$) และค่ามุมความโค้งส่วนปลาย ($A_0 - A_1$) จะได้ค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละระดับ

ประเมินระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม

โดยนำภาพถ่ายก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟันมาซ้อนทับกันด้วยโปรแกรมโฟโต้ชอปซีเอสซิกซ์ (Photoshop CS6) และวัดปริมาณเรซินที่หายไปในแต่ละด้าน ด้วยโปรแกรมอิมเมจเจ ที่ 6 ระดับ คือ ระดับที่คลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (a) ระดับที่ส่วนโค้งส่วนต้นโค้งที่สุด (b) ระดับที่สิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (c) ระดับที่คลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนปลาย (d) ระดับที่ส่วนโค้งส่วนปลายโค้งที่สุด (e) และระดับที่สิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนปลาย (f) (ภาพประกอบ 16)

วิธีการคำนวณประยุกต์จากการศึกษาของ Alrahabi⁽⁴¹⁾ โดยนำระยะเรซินที่หายไปด้านนอกส่วนโค้ง (a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 และ f_1) มาลบระยะเรซินที่หายไปด้านในส่วนโค้ง (a_2, b_2, c_2, d_2, e_2 และ f_2) (ภาพประกอบ 16) ได้ผลลัพธ์เป็นระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม ($\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta d, \Delta e$ และ Δf) ค่าบวกหรือลบของผลลัพธ์จะแสดงถึงทิศทางของการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม โดยหากค่าผลลัพธ์เท่ากับศูนย์หมายถึงไฟล์สามารถคงแนวความโค้งเดิมของคลองรากฟันได้ หากผลลัพธ์มีค่าเป็นบวกหมายถึงมีการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมไปทางด้านนอกส่วนโค้งมากกว่า และหากผลลัพธ์มีค่าเป็นลบหมายถึงมีการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมไปทางด้านในส่วนโค้งมากกว่า โดยการนำข้อมูลไปคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมจะนำค่าสัมบูรณ์ของแต่ละค่าไปใช้ในการคำนวณ



ภาพประกอบ 16 ตัวอย่างการซ้อนทับกันของแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน และระดับที่ใช้ในการประเมินการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

วัดความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมิน โดยใช้สถิติ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intra class Correlation Coefficient; ICC) ซึ่งวัดค่าความคงตัวของคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน และวัดระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม เป็นจำนวน 2 ครั้ง วัดห่างกันเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยผู้วิจัยเพียงคนเดียว

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 21.0 (IBM, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) และทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลโดยใช้สถิติ Shapiro Wilk test จากนั้นวิเคราะห์ค่าความคงตัวของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงและระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม โดยหากข้อมูลมีการกระจายปกติจะใช้สถิติ One-way ANOVA และ Tukey post hoc test แต่หากข้อมูลมีการกระจายไม่ปกติจะใช้สถิติ Kruskal-Wallis และ Dunn test โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวัดความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของการวัดค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันมีค่า 0.924 แสดงความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นของการวัดระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมีค่า 0.974 แสดงความน่าเชื่อถือของผู้ประเมินอยู่ในระดับ ดีมาก

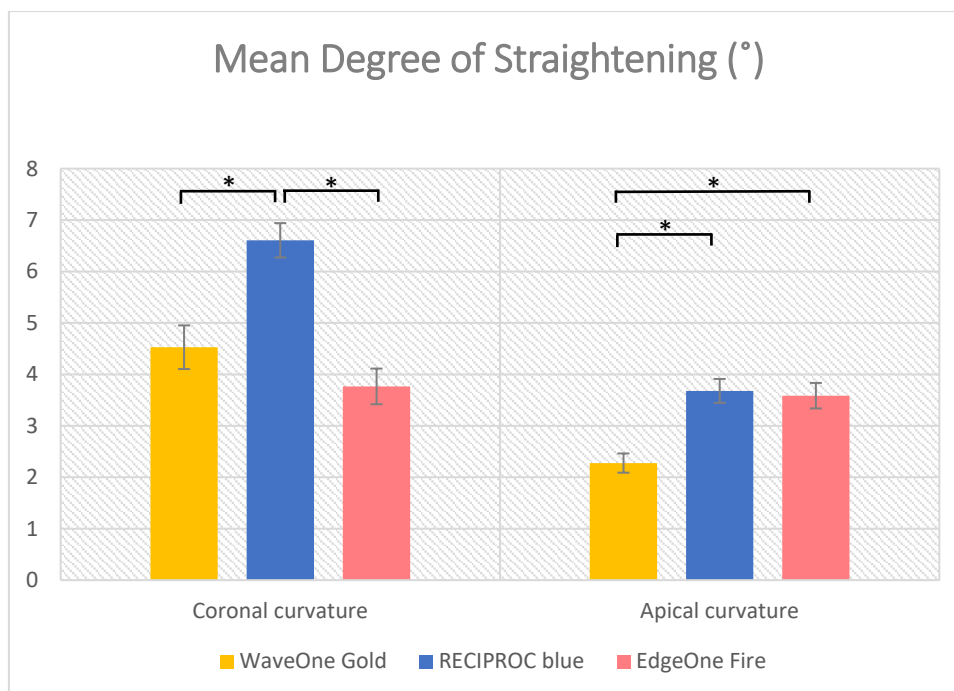
จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS เมื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro Wilk test พบว่าการกระจายตัวของทั้งค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงและระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมีการกระจายตัวปกติ (Normal distribution) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงพบว่า ที่ระดับความโค้งส่วนต้น แบบจำลองกลุ่มที่เตรียมด้วยไฟลระบบเรซีพรอบลูมีค่ามุมความโค้งส่วนต้นลดลงมากกว่าอีกสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รองลงมาคือกลุ่มที่เตรียมด้วยไฟลระบบเวฟวันโกลด์ และเอดจวันไฟร์ตามลำดับแต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่เตรียมด้วยไฟลระบบเวฟวันโกลด์และเอดจวันไฟร์ ที่ระดับความโค้งส่วนปลาย แบบจำลองกลุ่มที่เตรียมด้วยไฟลระบบเวฟวันโกลด์มีค่ามุมความโค้งส่วนปลายลดลงน้อยกว่าอีกสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และอีกสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1, ภาพประกอบ 17)

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลง (องศา)

NiTi system (n=7)	Δ Coronal curvature (Mean $\pm$ SD)	Δ Apical curvature (Mean $\pm$ SD)
WaveOne Gold	4.53 $\pm$ 0.42 ^a	2.28 $\pm$ 0.19 ^a
RECIPROC blue	6.61 $\pm$ 0.33 ^b	3.68 $\pm$ 0.23 ^b
EdgeOne Fire	3.77 $\pm$ 0.35 ^a	3.59 $\pm$ 0.25 ^b

a, b อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่ามุมความโค้งที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเปรียบเทียบในระดับความโค้งเดียวกัน ($P<0.05$)



ภาพประกอบ 17 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงไป
เปรียบเทียบในระดับความโค้งเดียวกัน

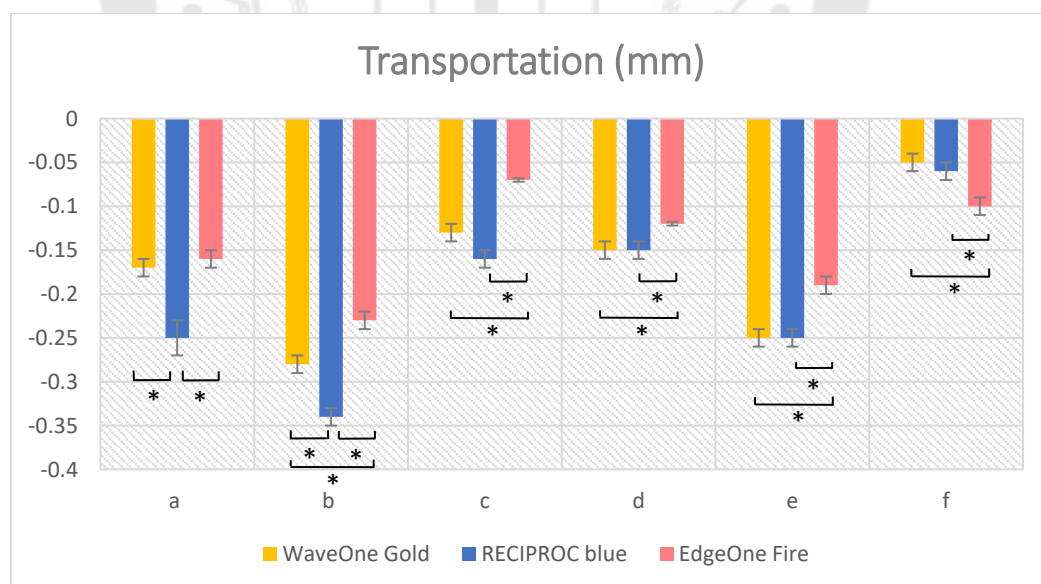
ผลการเปรียบเทียบระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมพบว่าทั้ง 6 ตำแหน่งของคลองรากฟัน ไฟล์ทุกระบบขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมไปทางด้านใน ส่วนโค้งมากกว่า ที่ระดับคลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (ภาพประกอบ 16 จุด a) ไฟล์ระบบเรซีพรอคบลูมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากที่สุดแตกต่างกับไฟล์อีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับส่วนโค้งส่วนต้นโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 16 จุด b) ไฟล์ระบบเรซีพรอคบลูมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากที่สุด รองลงมาคือไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์ และไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดมน้อยที่สุด ไฟล์ทั้งสามระบบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับสิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (ภาพประกอบ 16 จุด c) ไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดมน้อยที่สุดแตกต่างกับอีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับคลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนปลาย (ภาพประกอบ 16 จุด d) ไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดมน้อยที่สุดแตกต่างกับอีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ระดับส่วนโค้งส่วนปลายโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 16 จุด e) ไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดมน้อยที่สุดแตกต่างกับอีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ที่ระดับ

สิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนปลาย (ภาพประกอบ 16 จุด f) ไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิวนิวเดิมมากที่สุดแตกต่างกับอีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 2, ภาพประกอบ 18)

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิวนิวเดิมที่ระดับต่างๆ ในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส (มิลลิเมตร)

NiTi system (n=7)	Δa (Mean $\pm$ SD)	Δb (Mean $\pm$ SD)	Δc (Mean $\pm$ SD)	Δd (Mean $\pm$ SD)	Δe (Mean $\pm$ SD)	Δf (Mean $\pm$ SD)
WaveOne Gold	-0.17 $\pm$ 0.01 ^a	-0.28 $\pm$ 0.01 ^a	-0.13 $\pm$ 0.01 ^a	-0.15 $\pm$ 0.01 ^a	-0.25 $\pm$ 0.01 ^a	-0.05 $\pm$ 0.01 ^a
RECIPROC blue	-0.25 $\pm$ 0.02 ^b	-0.34 $\pm$ 0.01 ^b	-0.16 $\pm$ 0.01 ^a	-0.15 $\pm$ 0.01 ^a	-0.25 $\pm$ 0.01 ^a	-0.06 $\pm$ 0.01 ^a
EdgeOne Fire	-0.16 $\pm$ 0.01 ^a	-0.23 $\pm$ 0.01 ^c	-0.07 $\pm$ 0.00 ^b	-0.12 $\pm$ 0.00 ^b	-0.19 $\pm$ 0.01 ^b	-0.10 $\pm$ 0.01 ^b

a, b, c อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของระยะการขยายคลองรากฟันผิวนิวเดิม ภายหลังการเตรียมแบบจำลองคลองรากฟันด้วยไฟล์แต่ละระบบ ที่ระดับต่างๆ ($P<0.05$)



ภาพประกอบ 18 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิวนิวเดิมที่ระดับเดียวกัน ในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส

จากการศึกษานี้เมื่อเตรียมแบบจำลองของรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์ทั้งสามระบบ ไม่พบการหักของไฟล์ แต่พบการคลายเกลียวของไฟล์ระบบเอดจันไพร์จำนวน 2 อัน คิดเป็น ร้อยละ 28.57



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

โพลีนิกเกิลไทเทเนียมระบบไฟลต์เดี่ยวชนิดหมุนไปกลับระบบเวฟวันโกลด์ ระบบเรซีพรอบลู่ และระบบเอดจันไฟร์ มีประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสที่แตกต่างกัน โดยที่ระดับความโค้งส่วนต้น ไฟลต์ระบบเวฟวันโกลด์และไฟลต์ระบบเอดจันไฟร์สามารถคงค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันได้มากกว่าและทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมน้อยกว่าไฟลต์ระบบเรซีพรอบลู่ และที่ระดับความโค้งส่วนปลาย ไฟลต์ระบบเวฟวันโกลด์สามารถคงค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันได้มากที่สุด ไฟลต์ระบบเวฟวันโกลด์และไฟลต์ระบบเรซีพรอบลู่ทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่บริเวณปลายรากฟันน้อยกว่าไฟลต์ระบบเอดจันไฟร์

การอภิปรายผลการวิจัย

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Sample Mean; SE) ของการศึกษานี้มีค่าร้อยละ 4.99-9.28 ของค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลง และมีค่าร้อยละ 2.80-12.00 ของค่าเฉลี่ยระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิม จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของตัวอย่างในการศึกษานี้ มีความคลาดเคลื่อนจากค่าเฉลี่ยของประชากรที่น้อย

เนื่องจากฟันธรรมชาติที่มีลักษณะคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสหาได้ค่อนข้างยาก ในการศึกษานี้จึงเลือกศึกษาในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส ซึ่งมีข้อดีคือสามารถควบคุมปัจจัยของลักษณะคลองรากฟันเริ่มต้น เช่น ความยาว ความผายของคลองรากฟัน มุมความโค้ง รัศมีความโค้งของคลองรากฟัน ให้ไม่แตกต่างกัน⁽⁸⁾ และง่ายต่อการถ่ายภาพและวัดผลเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน แต่แบบจำลองคลองรากฟันผลิตจากอีพอกซีเรซินชนิดใส ซึ่งมีความแข็งที่น้อยกว่าเนื้อฟันธรรมชาติ โดยเนื้อฟันบริเวณใกล้โพรงเนื้อเยื่อในฟันมีความแข็ง 35-40 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร ในขณะที่แบบจำลองคลองรากฟันมีความแข็ง 20-22 กิโลกรัม/ตารางมิลลิเมตร^(8, 45-48) อีกทั้งขนาดของเศษเนื้อฟันและเศษเรซินมีขนาดต่างกัน⁽⁴⁸⁾ ทำให้เกิดการกระตุ้นบริเวณปลายรากฟัน และการกำจัดเศษ (debris) มีความต่างกัน รวมถึงระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมคลองรากฟันระหว่างฟันธรรมชาติและแบบจำลองคลองรากฟันก็แตกต่างกันด้วย⁽⁸⁾ ดังนั้นการนำผลของการศึกษาในแบบจำลองคลองรากฟันเรซินไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกจึงขึ้นกับวิจารณญาณของผู้ใช้ด้วย

ความร้อนที่เกิดขึ้นจากเครื่องมือขณะใช้งานสามารถทำให้วัสดุเรซินอ่อนตัวลงได้ ซึ่งเรซินที่อ่อนตัวลงจะไปติดอยู่ที่เกลียวของเครื่องมือทำให้ไฟล์มีการเปลี่ยนรูปร่างหรือหักได้ ในการศึกษาครั้งนี้ภายหลังการเตรียมคลองรากฟันในแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส ไม่พบการหักของไฟล์ทั้งสามระบบ แต่พบการเปลี่ยนรูปร่างของไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์จำนวน 2 อัน จาก 7 อัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากมีการใช้งานไฟล์ระบบเวฟวันโกลด์ และระบบเรซิพรอกบลู ตามคำแนะนำของแต่ละบริษัทจะมีความปลอดภัยในการใช้เตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสได้ ส่วนการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์ แม้ว่าไฟล์จะมีการเปลี่ยนรูปร่าง แต่ไม่พบการหักของไฟล์ ดังนั้นการใช้งานไฟล์ระบบเอดจ์วันไฟร์จึงควรปฏิบัติตามคำแนะนำของบริษัทเพื่อให้มีความปลอดภัยในการใช้เตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส แต่หากจะนำไปใช้ซ้ำควรตรวจสอบว่ามีการเปลี่ยนรูปร่างหรือไม่ ซึ่งหากพบว่าไฟล์มีการเปลี่ยนรูปร่าง ไม่ควรใช้ซ้ำ

การศึกษานี้เลือกใช้วิธีการศึกษาประสิทธิภาพการขยายคลองรากฟันของไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง ด้วยวิธีการถ่ายภาพและนำภาพมาซ้อนทับกัน เนื่องจากเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย มีความสะดวก อุปกรณ์ที่ใช้ไม่มีความซับซ้อน แต่วิธีนี้ต้องยึดตำแหน่งของแบบจำลองและกล้องถ่ายรูปให้อยู่ในมุมและตำแหน่งเดิมทั้งก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟัน เนื่องจากหากภาพก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟันเป็นภาพคนละมุมจะทำให้การวัดและการประเมินผลมีความคลาดเคลื่อนได้ และแม้ว่าการประเมินด้วยวิธีการถ่ายภาพสามารถประเมินได้เพียง 2 มิติเท่านั้น แต่ก็ยังเป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเก็บรายละเอียดและประเมินผลค่ามุมความโค้งของคลองรากฟัน รวมถึงระยะการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมของแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสได้อย่างมีประสิทธิภาพ^(5, 41)

การศึกษาของ Cunningham และ Senia⁽⁷⁾ ได้ศึกษาความโค้งของคลองรากฟันในรากฟันโกล์กลางของฟันกรามล่าง 100 ซี่ โดยถ่ายภาพรังสี 2 มุม คือ มุมที่ถ่ายปกติในคลินิก (clinical view) หรือภาพในแนวโกล์กลางไกลกลาง (mesiodistal view) และมุมทางด้านประชิด (proximal view) หรือภาพในแนวแก้มลิ้น (buccolingual view) ผลการศึกษาพบลักษณะคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสจากภาพทางคลินิกร้อยละ 2.5 และพบจากภาพทางด้านประชิดร้อยละ 30 และพบว่าที่ความโค้งส่วนต้นมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้ง 19.7-28.7 องศา และที่ความโค้งส่วนปลายมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้ง 16.5-26.3 องศา ในการศึกษาแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส วัดค่ามุมความโค้งส่วนต้นก่อนการเตรียมคลองรากฟันมีค่าเฉลี่ย 26.96 องศา และวัดค่ามุมความโค้งส่วนปลายก่อนการเตรียมคลองรากฟันมีค่าเฉลี่ย 21.76 องศา ซึ่งค่ามุมความโค้งของแบบจำลองคลอง

รากฟันที่ใช้ในการศึกษานี้ อยู่ในค่าเฉลี่ยค่ามุมความโค้งของฟันธรรมชาติ ทั้งระดับความโค้งส่วนต้นและระดับความโค้งส่วนปลาย แบบจำลองนี้จึงมีความเหมาะสมจะนำมาใช้ในการศึกษานี้

การเตรียมคลองรากฟันให้คงรูปร่างเดิมของคลองรากฟันให้ได้มากที่สุด จะต้องมีการตัดเนื้อฟันทางด้านใน ส่วนโค้งและด้านนอกส่วนโค้งในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ในการศึกษานี้ไฟล์ทั้งสามระบบมีการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมไปทางด้านใน ส่วนโค้งมากกว่าด้านนอกเล็กน้อย ซึ่งการที่ไฟล์มีการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมไปทางด้านใน ส่วนโค้งมากกว่า เกิดจากไฟล์มีความพยายามคืนตัวเป็นเส้นตรงภายในคลองรากฟัน⁽⁹⁾ ทำให้คลองรากฟันมีลักษณะที่ตรงขึ้น หรือมีมุมความโค้งลดลง โดยตำแหน่งที่คลองรากฟันโค้งมากที่สุดมักจะเป็นตำแหน่งที่มีการตัดเนื้อฟันมากกว่าตำแหน่งอื่น ดังนั้นในการศึกษานี้ที่ระดับส่วนโค้งส่วนต้นโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 16 จุด b) และระดับส่วนโค้งส่วนปลายโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 16 จุด e) จึงมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าตำแหน่งอื่น ซึ่งการที่มุมความโค้งของคลองรากฟันลดลงเล็กน้อยจะทำให้การอุดคลองรากฟันทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และในการเตรียมคลองรากฟันก็จะช่วยให้มีการตัดของเนื้อฟันในตำแหน่งอื่นน้อยลง ทำให้เหลือปริมาณเนื้อฟันที่ผนังคลองรากฟันโดยรอบมากขึ้น ส่งผลให้รากฟันมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษานี้พบว่าภายหลังการเตรียมแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์ทั้งสามระบบ คลองรากฟันส่วนต้นมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งลดลง 3.77-6.61 องศา และคลองรากฟันส่วนปลายมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งลดลง 2.28-3.68 องศา ซึ่งไม่เกินค่ามุมความโค้งที่ลดลงของการศึกษาก่อนหน้า⁽⁴⁹⁻⁵¹⁾ ที่พบว่าภายหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส คลองรากฟันส่วนต้นมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งลดลง 1.27-8.12 องศา และคลองรากฟันส่วนปลายมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งลดลง 4.58-8.01 องศา ดังนั้นไฟล์ทั้งสามระบบในการศึกษานี้ไม่ทำให้เกิดการตรงขึ้นของคลองรากฟันมากกว่าการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสด้วยไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมระบบอื่นๆ จึงลดโอกาสที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดจากการเตรียมคลองรากฟัน และมีปริมาณเนื้อฟันที่เหลืออยู่เพียงพอที่จะคงความแข็งแรงของคลองรากฟัน

ไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องที่มีความยืดหยุ่นมากจะทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่น้อยลง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความยืดหยุ่นของไฟล์ ได้แก่ ความผาย ขนาดไฟล์ ลักษณะหน้าตัดไฟล์ ชนิดโลหะที่ใช้ทำเครื่องมือ เป็นต้น หากไฟล์มีความผายมาก ขนาดไฟล์ใหญ่ จะทำให้ไฟล์มีความยืดหยุ่นลดลง⁽⁵²⁾ ในการศึกษานี้แบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟล์ระบบเรซีพรอบลูมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันส่วนต้นลดลงมากที่สุดแตกต่างกับ

ไฟลีสองระบบอย่างมีนัยสำคัญ และที่ระดับคลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (ภาพประกอบ 19 จุด a) และระดับส่วนโค้งส่วนต้นโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 19 จุด b) แบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟลัระบบเรซีพรอกบลูมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากที่สุด และมากกว่าไฟลัระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Keskin และคณะ⁽⁵³⁾ ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเตรียมคลองรากฟัน ระหว่างไฟลัระบบเวฟวันโกลด์และเรซีพรอกบลู ในแบบจำลองคลองรากฟันโค้ง 40 องศา ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับคลองรากฟันโค้งที่สุด คลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟลัระบบเรซีพรอกบลูมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าไฟลัระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในการศึกษานี้ยังพบว่าไฟลัระบบเรซีพรอกบลูยังทำให้เกิดระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าไฟลัระบบเอดจันไวไฟร์ ในทุกระดับยกเว้นที่ระดับสิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งปลาย (f) การที่ไฟลัระบบเรซีพรอกบลูทำให้แบบจำลองคลองรากฟันมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันส่วนต้นลดลงมากที่สุดและมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าไฟลัอีกสองระบบในระดับคลองรากฟันที่กล่าวถึงข้างต้น อาจมีสาเหตุมาจากไฟลัระบบเรซีพรอกบลูมีความผายและพื้นที่หน้าตัดไฟล์มากกว่าไฟลัอีกสองระบบ ทำให้ไฟลัระบบเรซีพรอกบลูมีความยืดหยุ่นที่น้อยกว่าไฟลัอีกสองระบบ แม้ว่าปลายไฟล์ทั้งสามระบบจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันก็ตาม⁽⁴²⁾ จากการศึกษา Ozyurek และคณะ⁽⁵⁴⁾ ได้วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดไฟล์ของไฟลัระบบเวฟวันโกลด์และเรซีพรอกบลู พบว่าไฟลัระบบเรซีพรอกบลูมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไฟล์มากกว่าไฟลัระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญ และการศึกษาของ Hamdy และคณะ⁽⁵⁵⁾ ได้ทดสอบแรงดัดงอ (Bending test) เพื่อเปรียบเทียบความยืดหยุ่นของไฟลันิเกิลไทเทเนียม 5 ระบบ ได้แก่ ไพรเทเปอร์ยูนิเวอร์ซอล ทีเอฟอะแดปทีฟ (TF Adaptive) ไฮฟเล็กซ์ดีเอ็ม (Hyflex EDM) เวฟวันโกลด์ และเรซีพรอกบลู โดยการทดสอบจะวัดค่าแรงที่ใช้เพื่อให้ไฟล์โค้ง 45 องศา ผลการศึกษาพบว่าไฟลัระบบเวฟวันโกลด์ค่าแรงมีค่าเฉลี่ย 66 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไฟลัระบบเรซีพรอกบลูที่ค่าแรงมีค่าเฉลี่ย 154.7 กรัมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าไฟลัระบบเวฟวันโกลด์มีความยืดหยุ่นมากกว่าไฟลัระบบเรซีพรอกบลู



ภาพประกอบ 19 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียมคลองรากฟันด้วยไฟลัระบบเรซีพรอกบลู



ภาพประกอบ 20 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม
คลองรากฟันด้วยไฟลัระบบเวฟวันโกลด์

ผลของการศึกษานี้พบว่าที่ระดับส่วนโค้งส่วนต้นโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 20 และภาพประกอบ 21 จุด b) ระดับสิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วนต้น (ภาพประกอบ 20 และภาพประกอบ 21 จุด c) ระดับคลองรากฟันเริ่มโค้งในส่วนโค้งส่วนปลาย (ภาพประกอบ 20 และภาพประกอบ 21 จุด d) และระดับส่วนโค้งส่วนปลายโค้งที่สุด (ภาพประกอบ 20 และภาพประกอบ 21 จุด e) แบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟลัระบบเวฟวันโกลด์มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าไฟลัระบบเอดจ์วันไฟร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าไฟลัทั้งสองระบบมีรูปร่างและขนาดไฟล์เหมือนกัน แต่ผลผลิตจากโลหะผสมนิกเกิลไทเทเนียมคนละชนิดกัน โดยไฟลัระบบเวฟวันโกลด์ผลิตจากโกลด์ไวร และไฟลัระบบเอดจ์วันไฟร์ผลิตจากไฟร์ไวร ทำให้ไฟลัทั้งสองระบบมีความยืดหยุ่นที่ต่างกัน และมีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมต่างกันด้วย



ภาพประกอบ 21 การซ้อนทับกันของภาพถ่ายแบบจำลองคลองรากฟันก่อนและหลังการเตรียม
คลองรากฟันด้วยไฟลัระบบเอดจ์วันไฟร์

ในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส เนื่องจากการเข้าไปเตรียมคลองรากฟันที่มีความโค้งส่วนปลายนั้นทำได้ยาก จึงควรขยายคลองรากฟันส่วนต้นเพื่อลดความโค้งส่วนต้นให้มีลักษณะตรงขึ้นเล็กน้อย โดยการตัดเนื้อฟันในระดับส่วนโค้งส่วนต้นอย่างเหมาะสม จะส่งเสริมให้เครื่องมือเข้าสู่คลองรากฟันที่ส่วนโค้งส่วนปลายได้สะดวกขึ้น⁽¹⁴⁾ และลดการขยายคลองรากฟันผิดไปจากแนวเดิมบริเวณปลายรากฟัน⁽¹⁾ ซึ่งจัดเป็นข้อได้เปรียบ แต่หากตัดเนื้อฟันในปริมาณที่มาก

เกินไป จะทำให้รากฟันเสียความแข็งแรงและอาจทำให้เกิดรอยทะลุได้ ในการศึกษาแบบจำลอง คลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟลระบบเรซีพรอกบลูมีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งส่วนปลายที่ลดลงไม่แตกต่างกับไฟลระบบเอดจันไพร์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากไฟลระบบเรซีพรอกบลู มีการขยายคลองรากฟันในส่วนโค้งส่วนต้นไปมากเพียงพอที่จะทำให้สามารถเข้าไปขยายคลองรากฟันในส่วนโค้งส่วนปลายได้ง่ายขึ้น และการที่ไฟลระบบเอดจันไพร์ทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมที่บริเวณปลายรากฟันมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ เกิดจากมีการขยายคลองรากฟันในระดับส่วนโค้งส่วนต้นที่น้อย ทำให้เครื่องมือเข้าไปบริเวณส่วนโค้งส่วนปลายได้ยาก จึงทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมที่บริเวณปลายรากฟันมากกว่าไฟลอีกสองระบบ และจากผลของค่าเฉลี่ยมุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลง พบว่าแบบจำลองคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสที่เตรียมด้วยไฟลระบบเวฟวันโกลด์ มีค่าเฉลี่ยมุมความโค้งที่เปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าไฟลระบบเรซีพรอกบลู ทั้งในระดับความโค้งส่วนต้นและระดับความโค้งส่วนปลาย รวมถึงทำให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมที่บริเวณปลายรากฟันน้อยกว่าไฟลระบบเอดจันไพร์ จึงเห็นได้ว่าเมื่อเทียบระหว่างไฟลทั้งสามระบบ ไฟลระบบเวฟวันโกลด์สามารถคงรูปร่างเดิมของคลองรากฟัน ซึ่งจะทำให้สามารถคงตำแหน่งของรูปลายรากฟันได้มากที่สุด รองลงมาคือไฟลระบบเรซีพรอกบลู และไฟลระบบเอดจันไพร์คงตำแหน่งของรูปลายรากฟันได้น้อยที่สุด

แต่จากการศึกษาของ Sanguanwongthong และคณะ⁽⁶⁾ ที่ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันโค้ง ด้วยไฟลระบบเวฟวันโกลด์ เรซีพรอกบลู และเอดจันไพร์ พบว่าไฟลทั้งสามระบบมีระยะการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และไฟลระบบเอดจันไพร์มีค่ามุมความโค้งของคลองรากฟันที่เปลี่ยนแปลงมากกว่าไฟลระบบเวฟวันโกลด์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลของการศึกษาที่แตกต่างกัน อาจเกิดจากความแตกต่างกันของกลุ่มตัวอย่าง โดยการศึกษาของ Sanguanwongthong และคณะ⁽⁶⁾ ศึกษาในคลองรากฟันที่โค้ง 20-40 องศา ส่วนการศึกษานี้ศึกษาในคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส ซึ่งเป็นคลองรากฟันที่มีลักษณะซับซ้อนมากกว่า

การเตรียมคลองรากฟันนอกจากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความสะอาดคลองรากฟันแล้วยังมีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมคลองรากฟันให้มีรูปร่างเหมาะสมกับการอุดคลองรากฟันให้มีความแนบสนิท โดยเฉพาะบริเวณปลายรากฟัน โดยเตรียมคลองรากฟันให้เกิดการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมบริเวณรูปลายรากฟันให้น้อยที่สุด⁽⁸⁾ การศึกษาของ Wu และ Fan⁽⁵⁶⁾ พบว่าการขยายคลองรากฟันผิวด้านเดิมบริเวณรูปลายรากฟันที่มากกว่า 0.3 มิลลิเมตร จะทำให้การอุดคลองรากฟันมีความแนบสนิทลดลง โดยในการศึกษานี้แม้ว่าที่ระดับสิ้นสุดโค้งในส่วนโค้งส่วน

ปลาย (ภาพประกอบ 21 จุด f) แบบจำลองคลองรากฟันที่เตรียมด้วยไฟลระบบเอดจันไฟร์ มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมมากกว่าไฟล์อีกสองระบบอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็ไม่มีตัวอย่างใดในกลุ่มทดลองที่มีระยะการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมบริเวณปลายรากมากกว่า 0.3 มิลลิเมตร ดังนั้นไฟล์ทั้งสามระบบนี้ สามารถนำไปขยายคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสได้ โดยไม่มีผลเสียต่อความแนบสนิทของวัสดุอุดคลองรากฟันภายหลังการอุดคลองรากฟัน

การศึกษานี้ขณะที่เตรียมคลองรากฟัน ไฟลระบบเวฟวันโกลด์และเรซิพรอบบลูจะตัดแบบจำลองคลองรากฟันได้ง่าย ไม่ต้องออกแรงกดมากตลอดความยาวคลองรากฟัน เนื่องจากไฟลระบบเวฟวันโกลด์และเรซิพรอบบลู ผลิตจากโลหะโกลด์ไวร์และบลูไวร์ตามลำดับ ซึ่งโลหะทั้งสองชนิดนี้เกิดจากการนำโลหะไปให้ความร้อนและความเย็นสลับกัน จนเกิดชั้นของไทเทเนียมออกไซด์บนผิวของโลหะ ทำให้โลหะมีความต้านทานต่อการสึกกร่อน⁽⁵⁵⁾ ส่งผลให้ไฟล์มีประสิทธิภาพในการตัดที่ดี ส่วนการใช้งานไฟลระบบเอดจันไฟร์ จะต้องออกแรงกดไปทางปลายรากฟันมากกว่าไฟล์อีกสองระบบ โดยเฉพาะบริเวณส่วนโค้งส่วนปลาย เนื่องจากไฟลระบบเอดจันไฟร์ ผลิตจากโลหะไฟร์ไวร์ ซึ่งเป็นโลหะนิเกิลไทเทเนียมที่ขึ้นรูปด้วยการอบอ่อน (annealed heat treated NiTi alloy) ทำให้ไฟล์มีความยืดหยุ่นและความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบที่เพิ่มมากขึ้น^(57, 58) แต่ก็ไม่มีการศึกษาใดที่กล่าวว่าโลหะไฟร์ไวร์มีชั้นของไทเทเนียมออกไซด์ที่ผิวของโลหะ ทำให้ไฟลระบบเอดจันไฟร์มีประสิทธิภาพในการตัดไม่ดีเท่ากับไฟล์อีกสองระบบ

ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟันของไฟล์นิเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องระบบเอดจันไฟร์ยังมีน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งประสิทธิภาพในการเตรียมคลองรากฟัน รวมถึงสมบัติต่างๆของไฟล์ เช่น ความสามารถในการโค้งงอ ความต้านทานการหักเนื่องจากความล้าจากการหมุนรอบ ความต้านทานการหักจากการบิด (torsional fracture resistance) เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาในแบบจำลองคลองรากฟัน ซึ่งจะมีข้อแตกต่างกับสถานการณ์ทางคลินิก ในด้านของความแตกต่างระหว่างแบบจำลองคลองรากฟันเรซินและเนื้อฟันธรรมชาติ และในการศึกษานี้ไฟล์แต่ละระบบใช้ 1 อันต่อ 1 คลองรากฟัน แต่ในทางคลินิกฟันที่มักจะพบลักษณะคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอสคือฟันหลัง ซึ่งส่วนใหญ่จะมี 2-4 คลองรากฟัน ประสิทธิภาพของไฟล์แต่ละระบบในการเตรียมคลองรากฟันอาจจะให้ผลที่ต่างออกไป และจากผลของการศึกษานี้การใช้ไฟลระบบเอดจันไฟร์ในการเตรียมคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส ควรจะมี

การขยายคลองรากฟันในส่วนโค้งส่วนต้นที่มากเพียงพอก่อนจะใช้เอดจ์วันไฟร์ในการเตรียมส่วนโค้งส่วนปลาย เพื่อลดการขยายคลองรากฟันผิดแนวเดิมที่บริเวณปลายรากฟัน หากทันตแพทย์จะนำไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมสามระบบนี้ ไปใช้ในการเตรียมคลองรากฟันของฟันธรรมชาติที่มีลักษณะคลองรากฟันโค้งรูปอักษรเอส จึงควรมีการฝึกฝนการใช้ภายนอกช่องปากก่อนนำไปใช้จริงทางคลินิก เนื่องจากอาจจะมีประสิทธิภาพการใช้งานที่ต่างออกไป ทั้งนี้ขึ้นกับประสบการณ์และเทคนิคในการใช้งานไฟล์นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องของทันตแพทย์แต่ละท่านด้วย



บรรณานุกรม

1. Schäfer E, Dammaschke T. Development and sequelae of canal transportation. *Endodontic Topics*. 2006; 15(1): 75-90.
2. Peters OA. Current Challenges and Concepts in the Preparation of Root Canal Systems: A Review. *Journal of Endodontics*. 2004; 30(8): 559-67.
3. Bürklein S, Börjes L, Schäfer E. Comparison of preparation of curved root canals with Hyflex CM and Revo-S rotary nickel–titanium instruments. *International Endodontic Journal*. 2014; 47(5): 470-6.
4. Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, et al. Canal Shaping with WaveOne Primary Reciprocating Files and ProTaper System: A Comparative Study. *Journal of Endodontics*. 2012; 38(4): 505-9.
5. Giuliani V, Di Nasso L, Pace R, Pagavino G. Shaping ability of waveone primary reciprocating files and ProTaper system used in continuous and reciprocating motion. *J Endod*. 2014; 40(9): 1468-71.
6. Sanguanwongthong P, Taweewattanapaisan P, Sakdee J, Piyachon C. Comparative Study on The Shaping Ability of Three Reciprocating Nickel-Titanium Single File Systems in Curved Root Canals. *KDJ [Internet]*. 2020Dec.16 [cited 2021Apr.5];23(3):1-10. Available from: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/KDJ/article/view/243450>.
7. Cunningham CJ, Senia ES. A three-dimensional study of canal curvatures in the mesial roots of mandibular molars. *Journal of Endodontics*. 1992; 18(6): 294-300.
8. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*. 2005; 10(1): 30-76.
9. Bürklein S, Schäfer E. Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endodontic Topics*. 2013; 29(1): 110-24.
10. Nagy CD, Szabó J, Szabó J. A mathematically based classification of root canal curvatures on natural human teeth. *Journal of Endodontics*. 1995; 21(11): 557-60.
11. Schäfer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic Investigation of Frequency and Degree of Canal Curvatures in Human Permanent Teeth. *Journal of*

Endodontics. 2002; 28(3): 211-6.

12. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1984; 58(5): 589-99.

13. Reuben J, Velmurugan N, Vasanthi S, P, V. Endodontic management of a maxillary second premolar with an S-shaped root canal. Journal of Conservative Dentistry. 2008; 11(4): 168-70.

14. Gutmann JL, Lovdahl PE. Chapter 13 - Problem-Solving Challenges in Compromised Roots, Root Canal Systems, and Anatomic Deviations. In: Gutmann JL, Lovdahl PE, editors. Problem Solving in Endodontics (Fifth Edition). Saint Louis: Mosby; 2011. p. 241-72.

15. Dastmalchi N, Kazemi Z, Hashemi S, Peters O, Jafarzadeh H. Definition and Endodontic Treatment of Dilacerated Canals: A Survey of Diplomates of the American Board of Endodontics. The journal of contemporary dental practice. 2011; 12: 8-13.

16. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology. 1971; 32(2): 271-5.

17. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. Journal of Endodontics. 1997; 23(2): 77-85.

18. Bürklein S, Schäfer E. The influence of various automated devices on the shaping ability of Mtwo rotary nickel-titanium instruments. International Endodontic Journal. 2006; 39(12): 945-51.

19. Schäfer E, Erler M, Dammaschke T. Comparative study on the shaping ability and cleaning efficiency of rotary Mtwo instruments. Part 2. Cleaning effectiveness and shaping ability in severely curved root canals of extracted teeth. International Endodontic Journal. 2006; 39(3): 203-12.

20. Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. International Endodontic Journal. 2013; 46(6): 590-7.

21. Katz A, Wasenstein-Kohn S, Tamse A, Zuckerman O. Residual Dentin Thickness in Bifurcated Maxillary Premolars After Root Canal and Dowel Space Preparation. Journal of

Endodontics. 2006; 32(3): 202-5.

22. Caputo AA, Standlee JP. Pins and posts--why, when and how. Dental clinics of North America. 1976; 20(2): 299-311.

23. McCann JT, Keller DL, LaBounty GL. Remaining dentin/cementum thickness after hand or ultrasonic instrumentation. J Endod. 1990; 16(3): 109-13.

24. Thompson SA. An overview of nickel–titanium alloys used in dentistry. International Endodontic Journal. 2000; 33(4): 297-310.

25. Shen Y, Zhou H-m, Zheng Y-f, Peng B, Haapasalo M. Current Challenges and Concepts of the Thermomechanical Treatment of Nickel-Titanium Instruments. Journal of Endodontics. 2013; 39(2): 163-72.

26. Gutmann JL, Gao Y. Alteration in the inherent metallic and surface properties of nickel–titanium root canal instruments to enhance performance, durability and safety: a focused review. International Endodontic Journal. 2012; 45(2): 113-28.

27. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Ben Johnson W. Effects of Raw Material and Rotational Speed on the Cyclic Fatigue of ProFile Vortex Rotary Instruments. Journal of Endodontics. 2010; 36(7): 1205-9.

28. Rhodes SC, Hülsmann M, McNeal SF, Beck P, Eleazer PD. Comparison of root canal preparation using reciprocating Safesiders stainless steel and Vortex nickel-titanium instruments. Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics. 2011; 111(5): 659-67.

29. Pérez-Higueras JJ, Arias A, de la Macorra JC. Cyclic Fatigue Resistance of K3, K3XF, and Twisted File Nickel-Titanium Files under Continuous Rotation or Reciprocating Motion. Journal of Endodontics. 2013; 39(12): 1585-8.

30. Shen Y, Zhou H, Campbell L, Wang Z, Wang R, Du T, et al. Fatigue and nanomechanical properties of K3XF nickel-titanium instruments. International Endodontic Journal. 2014; 47(12): 1160-7.

31. Badami V, Ahuja B. Biosmart Materials: Breaking New Ground in Dentistry. TheScientificWorldJournal. 2014: 986912.

32. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y, Haapasalo M. Fatigue Testing of Controlled

Memory Wire Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2011; 37(7): 997-1001.

33. Nguyen HH, Fong H, Paranjpe A, Flake NM, Johnson JD, Peters OA. Evaluation of the Resistance to Cyclic Fatigue among ProTaper Next, ProTaper Universal, and Vortex Blue Rotary Instruments. *Journal of Endodontics*. 2014; 40(8): 1190-3.

34. Gavini G, Santos Md, Caldeira CL, Machado ME dL, Freire LG, Iglecias EF, et al. Nickel titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian Oral Research*. 2018; 32.

35. De-Deus G, Silva EJNL, Vieira VTL, Belladonna FG, Elias CN, Plotino G, et al. Blue Thermomechanical Treatment Optimizes Fatigue Resistance and Flexibility of the Reciproc Files. *Journal of Endodontics*. 2017; 43(3): 462-6.

36. Gagliardi J, Versiani MA, de Sousa-Neto MD, Plazas-Garzon A, Basrani B. Evaluation of the Shaping Characteristics of ProTaper Gold, ProTaper NEXT, and ProTaper Universal in Curved Canals. *Journal of Endodontics*. 2015; 41(10): 1718-24.

37. Yared G. Reciproc blue: The new generation of reciprocation. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2017; 31.

38. Ruddle CJ. Single-File Shaping Technique: Achieving a Gold Medal Result. *Dentistry today*. 2016; 35(1): 98, 100, 2-3.

39. Gambarini G, Galli M, Di Nardo D, Seracchiani M, Donfrancesco O, Testarelli L. Differences in cyclic fatigue lifespan between two different heat treated NiTi endodontic rotary instruments: WaveOne Gold vs EdgeOne Fire. *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2019; 11: e609-e13.

40. EdgeEndo[Internet]. EDGEONE FIRE. 2016; ๑๗๓
<https://web.edgeendo.com/edgeonefire/>

41. Alrahabi M. Shaping ability of several nickel–titanium systems in double-curved simulated canals. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2017; 31(1): 29-34.

42. Keskin C, Saryılmaz E, Demiral M. Shaping Ability of Reciproc Blue Reciprocating Instruments with or without Glide Path in Simulated S-shaped Root Canals. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2018; 12(1): 63-7.

43. Grande N, Plotino G, Gambarini G, Testarelli L, D'Ambrosio F, Pecci R, et al. Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali dell'Istituto superiore di sanità*. 2012; 48: 26-34.
44. Gu Y, Kum K-Y, Perinpanayagam H, Kim C, Kum DJ, Lim S-M, et al. Various heat-treated nickel–titanium rotary instruments evaluated in S-shaped simulated resin canals. *Journal of Dental Sciences*. 2017; 12(1): 14-20.
45. Craig RG, Peyton FA. The micro-hardness of enamel and dentin. *J Dent Res*. 1958 Aug; 37(4): 661-8.
46. Neal RG, Craig RG, Powers JM. Cutting ability of K type endodontic files. *J Endod*. 1983 Feb; 9(2): 52-7.
47. Anderson JV, Corcoran JF, Craig RG. Cutting ability of square versus rhombus cross-sectional endodontic files. *Journal of Endodontics*. 1985; 11(5): 212-7.
48. Lim KC, Webber J. The validity of simulated root canals for the investigation of the prepared root canal shape. *Int Endod J*. 1985 Oct; 18(4): 240-6.
49. Wu H, Peng C, Bai Y, Hu X, Wang L, Li C. Shaping ability of ProTaper Universal, WaveOne and ProTaper Next in simulated L-shaped and S-shaped root canals. *BMC Oral Health*. 2015 Mar 1; 15: 27.
50. Shi L, Zhou J, Wan J, Yang Y. Shaping ability of ProTaper Gold and WaveOne Gold nickel-titanium rotary instruments in simulated S-shaped root canals. *Journal of Dental Sciences*. 2021.
51. Karam M, Zogheib C, Khalil I. Shaping ability of Waveone Gold reciprocating file with and without Glidepath in artificial S shaped canals. *Giornale Italiano di Endodonzia*. 2020.
52. McGuigan M, Louca C, Duncan H. Endodontic instrument fracture: Causes and prevention. *British dental journal*. 2013; 214: 341-8.
53. Keskin C, Demiral M, Sarıyılmaz E. Comparison of the shaping ability of novel thermally treated reciprocating instruments. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2018; 43.
54. Özyürek T, Gündoğar M, Yılmaz K, Uslu G. Bending resistance and cyclic fatigue

life of Reciproc Blue, WaveOne Gold, and Genius files in a double (S-shaped) curved canal. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2017 Fall; 11(4): 241-6.

55. Hamdy TM, Galal M, Ismail AG, Abdelraouf RM. Evaluation of Flexibility, Microstructure and Elemental Analysis of Some Contemporary Nickel-Titanium Rotary Instruments. *Open Access Maced J Med Sci*. 2019 Nov 15; 7(21): 3647-54.

56. Wu MK, Fan B, Wesselink PR. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. *J Endod*. 2000 Apr; 26(4): 210-6.

57. Mathew PA, Nair RS, Christaine Angelo JM, Mathai V, Vineet RV, Christopher SR. A comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of FlexiCON (Edge Endo) files in rotary versus reciprocating motion at various curvatures - An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2019 Nov-Dec; 22(6): 554-8.

58. Bueno CRE, Cury MTS, Vasques AMV, Sivieri-Araújo G, Jacinto RC, Gomes-Filho JE, et al. Cyclic fatigue resistance of novel Genius and Edgefile nickel-titanium reciprocating instruments. *Braz Oral Res*. 2019; 33: e028.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศุภาพิชญ์ แสงอรุณ
วัน เดือน ปี เกิด	7 กันยายน 2534
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น

