อภินันทนาการ

สัญญาเลขที่ ทพ.0709.6/51

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 2 SEP 2011
เลขทะเบียน 15622416
เลขเรียกหนังสือ ว ริส
กย165
2553

คณะผู้วิจัย สังกัดคณะทันตแพทยศาสตร์

1. อาจารย์ทันตแพทย์หญิง. ดร. เกษสิริ วิศิษฐ์พรหม
2. นางสาว นริสา ปิ่นดอนทอง

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	คำถามการวิจัย	2
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	สมมติฐานการวิจัย	2
	ขอบเขตการวิจัย	3
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	ปริทัศน์วรรณกรรม	4
3	วิธีดำเนินการวิจัย	14
	วัสดุอุปกรณ์	14
	กลุ่มตัวอย่าง	15
	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	16
	แผนผังสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย	18
	สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล	19
4	ผลการทดลอง	20
5	บทสรุป	23
	อภิปรายผล	23
	สรุปผลการทดลอง	29
	ข้อเสนอแนะ	29
	บรรณานุกรม	30

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

ภาคผนวก..... 37

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 ค่าเฉลี่ยจำนวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันที่ระยะทางต่างๆ จากเนื้อเยื่อในในฟันของมนุษย์..... 38

2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอชเริ่มต้นหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทันทีระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 39

3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 1 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 39

4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทางของค่าพีเอช ณ วันที่ 2 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์..... 40

5 แสดงผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร ณ วันที่ 3..... 40

6 แสดงผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตร ณ วันที่ 3..... 41

7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 4 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 41

8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 5 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 42

9 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 6 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 42

10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 7 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 43

11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 14 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 43

12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 30 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสม..... 44

13 ผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟัน ทั้ง 3 กลุ่ม..... 44

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง **หน้า**

14 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่ความลึกทั้งสองระดับ ภายหลังการขยายและล้างคลองรากฟัน เปรียบเทียบกับน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันในช่วงเวลาต่าง ๆ..... 45

15 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร ภายหลังการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ..... 45

16 ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตร ภายหลังการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ..... 46

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 ภาพทางจุลกายวิภาคแสดงรอยโรคปลายรากฟัน..... 47
2 การแทรกผ่านของเชื้อ *Enterococcus faecalis* ในท่อเนื้อฟัน..... 47
3 สูตรโครงสร้างคลอเฮกซิดีน..... 48
4 การแตกของเซลล์ของแบคทีเรียเนื่องจากสารละลายคลอเฮกซิดีน..... 48
5 สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน..... 49
6 หัวขั้วไฟฟ้าชนิดเทอร์โม รุ่น Orion 911600..... 49
7 เครื่องวัดค่าพีเอช..... 50
8 การกรอเตรียมโพรงฟัน..... 51

สารบัญภาพ

กราฟ **หน้า**

1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมภายหลังการขยายและล้างคลองรากฟันกับน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันในระยะเวลาต่าง ๆ.... 52

2 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตรที่เกิดจากตัวกลางชนิดต่าง ๆในระยะเวลาที่เปลี่ยนไป..... 52

3 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตรที่เกิดจากตัวกลางชนิดต่าง ๆในระยะเวลาที่เปลี่ยนไป..... 53

4 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับน้ำกลั่นที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ ในระยะเวลาต่างๆ..... 53

5 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับคลอเฮกซิดีนที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ ในระยะเวลาต่างๆ..... 54

6 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับ CMCP ที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ ในระยะเวลาต่างๆ..... 54

บทที่ 1

บทนำ

ชื่อโครงการวิจัย

ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์

The pH of radicular dentin after application of calcium hydroxide

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เชื้อแบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดรอยโรคของเนื้อเยื่อใน และเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน มีการศึกษาที่พบว่ารอยโรคของเนื้อเยื่อใน และเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันจะไม่สามารถเกิดได้ ถ้าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย เป้าหมายของการรักษาคลองรากฟันคือการทำความสะอาดคลองรากฟันให้เสร็จสมบูรณ์ เพื่อที่จะกำจัดแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรีย และเศษเนื้อเยื่อ ออกจากคลองรากฟันให้หมด การทำความสะอาดและตกแต่งคลองรากฟันโดยการใช้เครื่องมือและสารเคมีจะช่วยลดจำนวนของแบคทีเรียได้เป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถกำจัดเชื้อได้ทั้งหมดก็ตาม ดังนั้นการใช้ยาใส่ไว้ในคลองรากฟันเพื่อกำจัดเชื้อจะเป็นการเพิ่มความสำเร็จในการรักษาคลองรากฟัน

ในการเลือกใช้ยาที่ใส่ในคลองรากฟัน นอกจากจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียแล้วต้องไม่มีความเป็นพิษ หรือมีพิษในระดับที่เนื้อเยื่อปลายรากฟันยอมรับได้ ตลอดทั้งมีคุณสมบัติเฉพาะ ที่ยาชนิดอื่นไม่มี เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ค่อนข้างกว้าง มีความเป็นพิษน้อยเมื่อใส่เกินปลายราก สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งที่บริเวณปลายราก มีผลให้เกิดการหายของเนื้อเยื่อรอบรากฟัน เหตุนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จึงเป็นยาที่นิยมใช้กันแพร่หลายในงานรักษาคลองรากฟัน

การที่นำตัวกลางต่างๆ มาผสมกับผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อต้องการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เช่น การต้านเชื้อแบคทีเรีย ความทึบแสง การไหลแผ่ และความข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียในคลองรากฟันตราบเท่าที่ค่าพีเอชที่สูงยังคงมีอยู่

มีการศึกษาที่ผ่านมาพยายามเปรียบเทียบค่าพีเอชของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในตัวกลางต่างๆ เพื่อค้นหาตัวกลางที่เหมาะสมที่ทำให้การแตกตัวของไฮดรอกซิลไอออนจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ดีที่สุด ซึ่งเป็นผลให้เกิดการรักษาที่มีประสิทธิภาพ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่เปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในตัวกลางที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Enterococcus faecalis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถทนอยู่ได้ในภาวะที่มีค่าพีเอชสูง นั่นคือ แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล และ คลอเฮกซิดีน

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในตัวกลางต่างๆ ที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Enterococcus faecalis* คือ แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล และ คลอเฮกซิดีน และ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำกลั่นซึ่งใช้เป็นปกติอยู่แล้ว เพื่อค้นหาตัวกลางที่ส่งผลให้แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์ในการรักษามากที่สุด

คำถามการวิจัย

ชนิดของตัวกลางที่ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตรและ 1.5 มิลลิเมตร จากพื้นผิวรากฟัน มีความต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อต้องการศึกษาค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ความลึก 1 มิลลิเมตรและ 1.5 มิลลิเมตร จากพื้นผิวรากฟัน หลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดเดียวกัน
2. เพื่อต้องการศึกษาผลของตัวกลางต่างชนิดกันที่ใช้ในการผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ความลึกเดียวกัน

สมมติฐานการวิจัย

ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ความลึกจากผิวรากฟันมากขึ้นจะมีค่าพีเอชสูงขึ้น หลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดเดียวกัน

ตัวกลางต่างชนิดกันที่ใช้ในการผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลให้ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ความลึกเดียวกันมีค่าต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research: randomized controlled trial design) ในห้องปฏิบัติการ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลจากตำแหน่งความลึกของเนื้อฟันส่วนรากฟันต่อค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์
2. ทราบถึงผลของตัวกลางที่ใช้ในการผสมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต่อค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟัน
3. เป็นข้อมูลขั้นต้นเพื่อนำไปใช้เป็นทางเลือกในการรักษาคลองรากฟันในผู้ป่วยต่อไป

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรม

เชื้อแบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดรอยโรคของเนื้อเยื่อในและเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน มีการศึกษาที่พบว่ารอยโรคของเนื้อเยื่อในและเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันจะไม่สามารถเกิดได้ ถ้าไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย ดังตัวอย่างการศึกษาของ Kakehashi และคณะ ได้ทดลองทำให้เกิดการทะลุเนื้อเยื่อในของหนูทดลองปกติ (conventional rats) และหนูที่ปราศจากเชื้อ (gnotobiotic rats หรือ germ free rats) พบว่าเมื่อทิ้งไว้นาน 76 วัน เนื้อเยื่อในของหนูที่ปราศจากเชื้อนั้นเกิดการอักเสบเพียงเล็กน้อย โดยที่เนื้อเยื่อในไม่เกิดการตายทั้งหมด แต่มีการสร้างสะพานที่ประกอบไปด้วยหินปูน (calcific bridge) ซึ่งพบได้ในวันที่ 14 โดยที่เนื้อเยื่อปลายรากฟันยังปกติ ในขณะที่เนื้อเยื่อในของหนูทดลองปกติที่มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียจะมีการตายและเกิดหนองขึ้นใน 8 วัน (Kakehashi, Stanley, and Fitzgerald, 1965, pp. 340-349) ดังแสดงในภาพที่ 1

การศึกษาของ Moller และคณะ ที่ศึกษาทั้งทางคลินิก ภาพรังสี และทางจุลกายวิภาค (histology) ของเนื้อเยื่อในของลิงที่ปราศจากเชื้อและเนื้อเยื่อในที่ทำให้ติดเชื้อ พบว่าในฟันที่เนื้อเยื่อในปราศจากเชื้อ จะไม่เกิดรอยโรคที่ปลายรากฟัน ในขณะที่ฟันที่เนื้อเยื่อในติดเชื้อจะเกิดการอักเสบที่เนื้อเยื่อรอบปลายรากฟัน (Moller, et al., 1981, pp. 475-484) นอกจากนี้การศึกษาเรื่องเชื้อแบคทีเรียในเนื้อเยื่อในที่ตายแล้ว (necrotic pulp) ของ Bergenholtz ยืนยันผลการศึกษาของ Kakehashi และคณะ และ Moller และคณะ โดย Bergenholtz ศึกษาในฟันที่ได้รับการบาดเจ็บ (trauma) และเกิดการตายของเนื้อเยื่อใน ทั้งแบบที่มีและไม่มีรอยโรคปลายราก พบว่าในคลองรากฟันที่ไม่มีรอยโรคปลายรากจะปราศจากเชื้อ ส่วนคลองรากที่มีรอยโรคปลายรากสามารถเพาะเชื้อได้จากคลองรากฟัน (Bergenholtz, 1974, pp. 347-358)

การศึกษาในอดีตเกี่ยวกับเชื้อที่พบในคลองรากฟัน พบว่าส่วนใหญ่เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต (aerobic bacteria) แต่หลังจากที่มีการพัฒนาวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน พบว่าเชื้อส่วนใหญ่ในการติดเชื้อภายในคลองรากฟัน เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต (anaerobic bacteria) ซึ่งในปัจจุบันแบคทีเรียที่มีสารจับสีดำ (black-pigmented bacteria) เป็นเชื้อที่ได้รับความสนใจมากทั้งทางด้าน การวิจัยพื้นฐานและทาง

คลินิก เนื่องจากพบว่าเป็นสาเหตุหลักของการเกิดการติดเชื้อในคลองรากฟัน ที่มีผลต่อความรุนแรงของการติดเชื้อ และสัมพันธ์กับอาการแสดงทางคลินิก การไม่พบเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ (culture) เนื่องจากเป็นเชื้อที่ต้องการสารอาหารพิเศษเพื่อการเจริญเติบโต และต้องอยู่ร่วมกับเชื้อชนิดอื่นเพื่อได้รับสารอาหารที่จำเป็น

การติดเชื้อของเนื้อเยื่อในเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์หลากหลายชนิด (mixed infection) เชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนมากเป็นเชื้อแบคทีเรียกลุ่มแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต เมื่อเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่คลองรากฟันจะก่อให้เกิดการติดเชื้อของเนื้อเยื่อใน และสุดท้ายก่อให้เกิดการตายของเนื้อเยื่อใน จากการศึกษาการติดเชื้อในคลองรากฟันในลิงพบว่า แบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบริเวณที่มีออกซิเจน และบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobes) เป็นแบคทีเรียที่พบได้มากที่สุดในตอนเริ่มแรก หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อ โดยจะกลายเป็นแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการเจริญเติบโต (anaerobic bacteria) มากขึ้น (Moller, et al., 1981, pp. 475-484; Fabricius, et al., 1982, pp. 200-206) ในคลองรากฟันที่มีการติดเชื้อสามารถพบจำนวนเชื้ออยู่ระหว่าง 10^2-10^8 CFUs (colony forming unit) และมีการเพิ่มจำนวนและชนิดของเชื้อในฟันที่รอยโรคปลายรากมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสารเหลวจากเนื้อเยื่อ (tissue fluid) และเนื้อเยื่อในที่ตาย (necrotic pulp) เมื่อย่อยสลายจะเป็นอาหารอย่างดีของเชื้อ เนื่องจากประกอบไปด้วยกรดอะมิโนและโพลีเปปไทด์

Foschi และคณะ พบว่า *Treponema denticola* และ *Enterococcus faecalis* สามารถพบได้ 24% คือ พบจำนวน 15 จาก 62 ตัวอย่างจุลชีพ จากฟัน 62 ซี่ ของผู้ป่วยที่มีโรคของเนื้อเยื่อใน 54 คน โดยที่ *Enterococcus faecalis* สัมพันธ์กับการเกิด chronic apical periodontitis และ secondary endodontic infection และ *Treponema denticola* สัมพันธ์กับโรคของเนื้อเยื่อในที่มีอาการแสดงโดยมีการละลายของกระดูกบริเวณปลายรากฟันอย่างมีนัยสำคัญ (Foschi, et al., 2005, pp. 289-295) การศึกษาของ Pinheiro และคณะ ในฟันที่รักษาคลองรากฟันแล้วล้มเหลว พบว่า 57.4% เป็นเชื้อประเภทแบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบริเวณที่มีออกซิเจน และบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobic species) และ 83.3% เป็นเชื้อประเภทแกรมบวก (gram-positive microorganisms) โดย *Enterococcus faecalis* เป็นเชื้อที่พบได้มากที่สุด ส่วนแบคทีเรียที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (Obligate anaerobes) พบได้ 42.6% (Pinheiro, et al., 2003, pp. 1-11)

เชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อภายในคลองรากฟันสามารถพบได้ทั่วไป ในคลองรากฟันหลัก (main canal) ในคลองรากฟันเกิน (accessory canal) นอกจากนั้นเชื้อเหล่านี้ยังสามารถ

แทรกตัวเข้าอยู่ตามผนังเนื้อฟัน (dentinal wall) หรือ ฝังอยู่ในท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) ทำให้ยากต่อการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ออกจากคลองรากได้ทั้งหมด ดังเช่นการศึกษาของ Peters และคณะ ซึ่งพบว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของรากฟันที่ติดเชื้อในการศึกษานี้จะพบแบคทีเรียฝังอยู่ในเนื้อฟันที่ความลึกใกล้กับเคลือบรากฟัน ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยพบว่ามีแบคทีเรียอยู่ภายในผนังคลองรากฟันและเข้าไปในท่อเนื้อฟันได้ลึกถึง 375 ไมโครเมตร (Peter, et al., 2001, pp. 76-81) นอกจากนี้สามารถพบโคโลนีของ *Candida albicans* อยู่ตามผนังเนื้อฟัน หรือฝังอยู่ในบางส่วนหรือตลอดความยาวของท่อเนื้อฟัน (Siqueira, et al., 2002, pp. 770-773) โดยการคงอยู่ของเชื้อภายในคลองรากฟันตามตำแหน่งต่างๆ ในคลองรากฟัน ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เกิดความล้มเหลวของการรักษาคลองรากฟัน โดยเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุสำคัญคือ *Enterococcus faecalis* นอกจากเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุแล้ว ยังพบเชื้อราได้แก่ *Candida albicans* เนื่องจากเชื้อทั้ง 2 ชนิด เป็นเชื้อที่ดื้อต่อสารฆ่าเชื้อ (disinfectant) และสารระงับเชื้อ (antiseptic) ไม่ว่าจะเป็นในรูปของน้ำยาล้างคลองรากฟัน หรือ ยาใส่ในคลองรากฟันก็ตาม จุลชีพส่วนใหญ่จะถูกทำลายที่ค่าพีเอชที่ 9.5 แต่จุลชีพบางชนิด เช่น *Enterococcus faecalis* จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่พีเอชที่ 10.5-11 แต่มีการเจริญเติบโตที่ชะลอหรือช้าลง และจะหยุดการเจริญเติบโตที่ค่าพีเอชที่ 11.5 หรือมากกว่า (Hugo, 1971, p. 277; Evans, et al., 2002, pp. 221-228; McHugh, et al., 2004, pp. 218-219)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าแบคทีเรียเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคของเนื้อเยื่อใน และเนื้อเยื่อรอบรากฟัน ดังนั้นเป้าหมายของการรักษาคลองรากฟันคือ การทำความสะอาดคลองรากฟันให้เสร็จสมบูรณ์ เพื่อที่จะกำจัดแบคทีเรีย ผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรีย และเศษเนื้อเยื่อ ออกจากคลองรากฟันให้หมด การทำความสะอาดและตกแต่งคลองรากฟันโดยการใช้เครื่องมือและสารเคมีจะช่วยลดจำนวนของแบคทีเรียได้เป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถกำจัดเชื้อได้ทั้งหมดก็ตาม (Peters, et al., 2002, pp. 13-21; Orstavik , Kerekes, and Molven, 1991, pp. 1-7) ซึ่งการศึกษาของ Brystrom และ Sundqvist พบว่าการขยายคลองรากฟันสามารถลดจำนวนเซลล์ของแบคทีเรียได้จาก 10^4-10^6 เซลล์ เหลือเพียง 10^2-10^3 เซลล์เท่านั้น (Bystrom and Sundqvist, 1981, pp. 321-328) ดังนั้นการใช้ยาใส่ไว้ในคลองรากฟันเพื่อกำจัดเชื้อจะเป็นการเพิ่มความสำเร็จในการรักษาคลองรากฟัน (Bystrom, Claesson, and Sundqvist, 1985, pp. 170-175) ยาที่ใช้ใส่ในคลองรากฟันแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ยาที่มีฤทธิ์ระงับเชื้อโรค (antiseptic medication) ได้แก่ paraformaldehyde, parachlorophenol, camphorated paramonochlorophenol (CMCP), formocresol, eugenol, metacresylacetate, iodine compound, cresophene, แคลเซียมไฮดรอกไซด์

2. ยาที่มียาปฏิชีวนะ (antibiotic medication) ได้แก่ Ledermix paste (ส่วนผสมคือ dimethylchlortetracycline และ triamcinolone), Septomixine Forte paste (มียาปฏิชีวนะคือ neomycin) และ Pulpomixine paste (มียาปฏิชีวนะคือ framycetin) ยาในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการทำลายแบคทีเรียในกลุ่มแกรมลบมากกว่าแบคทีเรียในกลุ่มแกรมบวก

3. นำยา 2 ชนิดมาผสมกัน (combining medication) เช่น นำเอา CMCP มาผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียเช่น *Enterococcus faecalis* ที่ต้านทานต่อยาที่ใส่ในคลองรากฟันทั่วไป

ในการเลือกใช้ยาที่ใส่ในคลองรากฟัน (intracanal medication) นอกจากจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial efficiency) แล้วต้องไม่มีความเป็นพิษ (toxicity) หรือมีพิษในระดับที่เนื้อเยื่อปลายรากฟันยอมรับได้ ตลอดทั้งมีคุณสมบัติเฉพาะ ที่ยาชนิดอื่นไม่มี เช่น แคลเซียมไฮดรอกไซด์ มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ค่อนข้างกว้าง มีความเป็นพิษน้อยเมื่อใส่เกินปลายราก สามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อแข็งที่บริเวณปลายราก มีผลให้เกิดการหายของเนื้อเยื่อรอบรากฟัน เหตุนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์จึงเป็นยาที่นิยมใช้กันแพร่หลายในงานรักษาคลองรากฟัน

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในทางทันตแพทยศาสตร์โดย Hermann ในปี 1920 ในการใช้เป็นยาที่ใส่ในคลองรากฟันในการรักษาคลองรากฟัน แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในสารละลายที่อิ่มตัวจะมีค่าพีเอชประมาณ 12.5-12.8 ซึ่งมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Bystrom, Claesson, and Sundqvist, 1985, pp. 170-175) นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการกระตุ้นการสะสมแร่ธาตุ (mineralization) ความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อ และยังมีบทบาทในการเป็นบัฟเฟอร์เฉพาะที่ต่อการเกิดภาวะความเป็นกรดที่เกิดจากกระบวนการอักเสบ ความเป็นด่างของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะช่วยในการลดความเป็นกรด (neutralize) เช่น กรดแลคติคที่หลั่งจากเซลล์สลายกระดูก (osteoclast) ซึ่งจะเป็นการป้องกันการทำลายของเนื้อเยื่อที่มีแร่ธาตุ (mineralize tissue) นอกจากนี้ค่าพีเอชที่สูงจะช่วยกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์อัลคาไลน์ ฟอสฟาเตส (alkaline phosphatase) ที่สร้างมาจากเซลล์สร้างกระดูก (osteoblast) ซึ่งเป็นบทบาทที่สำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อแข็ง ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอ็นไซม์อัลคาไลน์ ฟอสฟาเตส อยู่ที่ 10.2 ซึ่งมีอยู่ในแคลเซียมไฮดรอกไซด์รูปแบบต่างๆ ความเป็นด่างจะเป็นผลให้มีการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างที่เป็นโปรตีน (Gordon, Ranly, and Boyan, 1985, pp. 156-160) แคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อแตกตัวจะได้เป็นแคลเซียมไอออนและไฮดรอกซิลไอออน และเป็นผลให้มีการผลิตค่าพีเอชที่มากกว่า 11 (Ardeshna, Qualtrough, and Worthington, 2002, pp.

239-244) ไฮดรอกซิลไอออนจะไปทำลายส่วนประกอบฟอสโฟไลปิด (phospholipids component) ของเยื่อหุ้มเซลล์โดยจะไปดึงไฮโดรเจนอะตอม (hydrogen atom) ออกจากกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ทำให้เกิดไลปิดิคเพอร์ออกไซด์ (lipidic peroxide) เกิดการสูญเสียกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เป็นผลให้มีความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียอย่างกว้างขวาง และไฮดรอกซิลไอออนทำให้เกิดการสูญเสียกิจกรรมทางชีวภาพของเอ็นไซม์ เกิดการทำลายกระบวนการเผาผลาญของเซลล์ ทำให้ลักษณะโปรตีนผิดไปจากเดิม นอกจากนั้นไฮดรอกซิลไอออนยังไปทำปฏิกิริยากับดีเอ็นเอของแบคทีเรีย ทำให้เกิดความเสียหายต่อดีเอ็นเอได้ด้วย (Foreman and Barnes, 1990, pp. 283-297)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่นำมาใช้มีหลายรูปแบบเช่น ครีม วานิช เรซิน และซีลเลอร์ ประโยชน์ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการรักษาคลองรากฟันมีมากเช่น การทำให้คลองรากฟันปราศจากเชื้อ การควบคุมสิ่งซึมเยิ้มข้น (exudates) จากคลองรากฟัน การยับยั้งการละลายของรากฟันแบบอักเสบได้ เหนี่ยวนำการตอบสนองการสร้างแคลเซียม และการสนับสนุนการสร้างเนื้อเยื่อแข็งปิดที่ปลายราก ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลในการในการยับยั้งหรือหยุดกระบวนการละลายในกรณีที่เนื้อเยื่อในได้รับการบาดเจ็บ (trauma) และถูกทำลายอย่างไม่คืนกลับและจำเป็นต้องได้รับการรักษาคลองรากฟัน (Tronstat, et al.,1981, pp. 17-21; Fuss, Szajkis, and Tagger, 1989, pp. 362-364) ในฟันแท้ที่หลุดจากเบ้าฟันต้องมีการตัดเนื้อเยื่อในออกหมด (pulp extirpation) และใส่ยาแคลเซียมไฮดรอกไซด์ไว้ในคลองรากฟันภายใน 7-10 วันหลังจากนำฟันกลับเข้าสู่ช่องปากและใส่ยาต่อเนื่องนาน 1 เดือน ก่อนที่จะอุดคลองรากฟันต่อไปซึ่งจะช่วยป้องกันการละลายของรากฟันได้ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใส่ในคลองรากฟัน ทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เป็นด่างบริเวณที่เกิดการละลายของรากฟัน โดยการแพร่ของไฮดรอกซิลไอออนผ่านตามท่อเนื้อฟัน การเพิ่มขึ้นของค่าพีเอชสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและยับยั้งกระบวนการละลายของกระดูกได้ดี (Tronstat, et al.,1981, pp. 17-21) ประสิทธิภาพของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในรูปแบบครีม (paste) จะขึ้นอยู่กับการหลั่งแคลเซียมไอออนและไฮดรอกซิลไอออนที่สามารถแพร่ผ่านไปสู่บริเวณรอบปลายรากได้โดยผ่านทางท่อเนื้อฟัน แคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีการแพร่จากคลองรากฟันไปที่ผิวภายนอกของรากฟันและการกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ซึ่งเป็นชั้นที่อยู่บนผนังคลองรากฟันที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ จะช่วยส่งเสริมการแพร่ของไฮดรอกซิลไอออนและแคลเซียมไอออนได้ดีขึ้น (Foster, et al., 1993, pp. 136-140) โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้างด้วยกรดเอทธิลีนไดอะมีนเตตร้าอะซิติก (ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17 ที่ใช้ในการกำจัดชั้นสเมียร์ไม่ควรนานเกิน 1 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อฟันบริเวณ

รอบท่อเนื้อฟันและบริเวณระหว่างท่อเนื้อฟันถูกทำลายมากเกินไป (Calt and Serper, 2002, pp. 17-19) ไฮดรอกซิลไอออนที่แตกตัวจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีการแพร่ผ่านเนื้อฟันของรากฟันบริเวณส่วนคอฟันได้เร็วและสูงกว่าที่บริเวณปลายรากฟัน (Nerwich, Figdor, and Messor, 1993, pp. 302-306; Esberard, Carnes, and del Rio, 1996, pp. 402-405) เนื่องจากขนาดและจำนวนท่อเนื้อฟันที่แตกต่างกัน เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันที่บริเวณส่วนคอฟันและส่วนกลางของรากฟันจะใหญ่กว่าที่ส่วนปลายของรากฟัน (Marion, et al., 1991, pp. 473-478) ซึ่งสอดคล้องกับ Garberoglio และ Brannstrom ที่พบว่าแนวโน้มของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะเล็กลงและจำนวนของท่อเนื้อฟันจะน้อยลง เมื่อระยะทางของเนื้อฟันห่างจากเนื้อเยื่อในมากขึ้น ดังตารางที่ 1 (Garberoglio and Brannstrom, 1976, p. 355 as cited in Cohen and Hargreaves, 2006, p. 467) นอกจากนี้การศึกษาของ Ahlberg และคณะ พบว่าจำนวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันมีความเหมือนกันทั้งในหนู แมว สุนัข ลิง และคน (Ahlberg, Brannstrom, and Edwall, 1975, p. 243 as cited in Cohen and Hargreaves, 2006, p. 467)

การศึกษาของ Teixeira และคณะ ได้ตรวจสอบค่าพีเอชของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เปลี่ยนไปที่ระดับความลึก 2 ระดับของเนื้อฟันและตำแหน่งของเนื้อฟันที่รากฟัน 3 แห่ง ซึ่งพบว่าค่าพีเอชของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะสูงที่ผนังคลองรากฟันและจะมีค่าลดลงที่ตำแหน่งเนื้อฟันที่ห่างจากผนังคลองรากฟัน และค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นหลังจากใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันไปแล้ว 7 วัน ทั้งที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันและตำแหน่งที่ห่างจากผนังคลองรากฟัน 1 มิลลิเมตร (Teixeira, Levin, and Trope, 2005, pp. 511-516) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tronstad และคณะ ที่พบว่าค่าพีเอชจะสูงที่บริเวณเนื้อฟันรอบคลองรากฟันและจะลดลงที่บริเวณเนื้อฟันที่ห่างจากผนังคลองรากฟัน (Tronstad, et al., 1981, pp. 17-21)

การเตรียมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในรูปแบบครีม สามารถทำโดยการนำมาผสมกับตัวกลางต่างๆ ซึ่งแบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. ตัวกลางที่ละลายได้ในน้ำ (water-soluble) ใช้ผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำ น้ำเกลือ หรือยาชา ตัวยาสามารถแพร่กระจายและละลายตัวได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างยาแบบสำเร็จรูปในกลุ่มนี้ได้แก่ Pulpdent ซึ่งเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมในเมทิลเซลลูโลส เป็นต้น

2. ตัวกลางซึ่งเหนียวหนืด (viscous vehicle) ใช้ตัวยาผสมกับกลีเซอรีน (glycerine) หรือโพรพิลีนไกลคอล (propylene glycol) ในกลุ่มนี้ตัวยาจะค่อยๆ ถูกปล่อยออกมาช้าๆ และคงอยู่ได้นานกว่ากลุ่มแรก

3. ตัวกลางที่เป็นน้ำมัน (oily vehicle) ได้แก่ การใช้ตัวยาผสมกับน้ำมันซิลิโคน (silicone oil) มักจะผสมด้วยสารทึบรังสีด้วย จะมีค่าการแพร่กระจายและละลายตัวของยาต่ำที่สุด ตัวอย่างยาแบบสำเร็จรูปในกลุ่มนี้ได้แก่ Vitapex เป็นต้น

การที่นำตัวกลางต่างๆ มาผสมกับผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะมีผลต่อความสามารถในการแพร่กระจาย ค่าการละลายตัว ความทึบแสง (opaque) การไหลแผ่ (flow) และความข้น (consistency) ของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียที่คงเหลืออยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Siqueira and Lopes, 1999, pp. 361-369) เพิ่มความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial effect) แต่ไม่สามารถที่จะกำจัดแบคทีเรียทั้งหมดในคลองรากฟันได้ การใช้ร่วมกับยาที่ใส่ในคลองรากฟันตัวอื่นจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียที่คงเหลืออยู่ได้มากยิ่งขึ้น (Siqueira and Lopes, 1999, pp. 361-369) ตัวกลางที่เหมาะสมควรจะทำให้มีการหลั่งของไฮดรอกซิลไอออนและแคลเซียมไอออนทีละน้อยและช้าๆ ตัวกลางที่เป็นน้ำมันจะทำให้มีการละลายและการแพร่ของครีมได้ต่ำที่สุด ส่วนตัวกลางที่เป็นสารน้ำจะส่งเสริมให้มีการละลายในระดับที่สูง ขณะที่สารเหนียวที่ละลายได้ในน้ำจะช่วยให้มีการหลั่งไอออนได้ช้ากว่า ยืดระยะเวลาในการคงอยู่ของตัวยาได้นานขึ้น (Fava and Suanders, 1999, pp. 257-282) ปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการแตกตัวของไอออนและการแพร่ได้แก่ การละลายได้ในน้ำของตัวกลางและความแตกต่างในความหนืด (Estrela and Pesce, 1996, pp. 41-46)

คลอเฮกซิดีน มีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 3 ได้ถูกเริ่มนำมาใช้เมื่อ 50 ปีที่ผ่านมาในรูปแบบที่หลากหลาย มีคุณสมบัติเป็นด่าง และสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเกลือได้ เมื่อรวมกับกรดอินทรีย์ (organic acids) (Kuruvilla and Kamath, 1998, pp. 472-476) คลอเฮกซิดีนกลูโคเนตมีประสิทธิภาพ และมีฤทธิ์ในการกำจัดจุลชีพได้กว้าง รวมถึงเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก คลอเฮกซิดีนมีส่วนประกอบที่เป็นโมเลกุลประจุบวกซึ่งจะไปจับกับบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียที่มีประจุลบเป็นเหตุทำให้เซลล์แตก (Cohen and Hargreaves, 2006, p. 321) ดังแสดงในภาพที่ 4 เนื่องจากสูญเสียสมดุลออสโมติก (osmotic balance) เกิดการรั่วซึมของสารภายในเซลล์แบคทีเรียออกมานอกเซลล์ โดยคลอเฮกซิดีนมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลชีพแกรมบวกมากกว่าแกรมลบ (Zehnder, 2006, pp. 389-390) ได้มีการนำคลอเฮกซิดีนมาใช้เป็นในการรักษาทางปริทันต์ และการป้องกันการเกิดฟันผุ ปัจจุบันคลอเฮกซิดีนได้ถูกแนะนำให้ใช้เป็นยาใส่ในคลองรากฟัน โดยรูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ ได้แก่ รูปแบบเจลของคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 และ

การผสมระหว่างสารละลายคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 กับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Gomes, Souza, and Ferraz, 2003, pp. 267-275; Evans, et al., 2003, pp. 338-339) นอกจากนี้ คลอเฮกซิดีนมีข้อดีในเรื่องการคงอยู่ของฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียที่ยาวนาน (substantivity) ประมาณ 48-72 ชั่วโมงหลังจากทำการขยายคลองรากฟัน (White, Hays, and Janer, 1997, pp. 229-231) เนื่องจากคลอเฮกซิดีนถูกดูดซึมอยู่บนเนื้อเยื่อฟัน (dental tissue) และ เยื่อบุผิวเมือก (mucous membrane) ได้ (Parsons, et al., 1980, pp. 455-459) แต่มีการศึกษาพบว่าฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียของคลอเฮกซิดีนจะถูกยับยั้งโดย เด็นทีน เมทริกซ์ (dentin matrix) และเซลล์จุลชีพที่ถูกฆ่าตายด้วยความร้อน (heat-killed microbial cell) ขณะที่เนื้อฟันที่ล้างด้วยกรดซิตริกและกรดเอทธิลีนไดอะมีนเตตร้าอะซิติกจะยับยั้งฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียของคลอเฮกซิดีน เพียงเล็กน้อย ด้วยเหตุนี้การใช้สารเคมีในการรักษาก่อนที่จะใส่ยาในคลองรากฟันจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงผลของการต้านเชื้อแบคทีเรียของยาที่ใส่ในคลองรากฟัน (Portenier, et al., 2002, pp. 634-637)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อผสมกับคลอเฮกซิดีนมีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (Podbielski, Spahr, and Haller, 2003, pp. 340-345) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อนำมาผสมกับ สารละลายคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ *Enterococcus faecalis* (Zerella, Fouad, and Spangberg, 2005, pp. 756-761) การศึกษาของ De Rossi และคณะ พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อนำมาผสมกับคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นผลให้ขนาดของรอยโรครอบปลายรากฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการที่ขยายคลองรากฟันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ใส่ยาในคลองรากฟันก่อนการอุดคลองรากฟัน (De Rossi, et al., 2005, pp. 628-636) อย่างไรก็ตามมีหลายการศึกษาที่พบว่าคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ *Enterococcus faecalis* ที่มากกว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 และแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างเดียว (Schafer and Bossmann, 2005, pp. 53-56; Ercan, Dalli, and Dulgergil, 2006, pp. 27-31)

แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล (camphorated paramonochlorophenol, CMCP) เป็นสารละลายแคมโฟเรท (camphorated solutions) ซึ่งเป็นสารประกอบฟีโนลิก (phenolic compounds) ที่ถูกนำมาใช้บ่อย อนุพันธ์ของฟีนอล (derivatives of phenol) เป็นสารระงับเชื้อและเป็นสารพิษที่ยาวนานกว่าฟีนอล (phenol) การทำให้เกิดปฏิกิริยาคอมโฟเรชั่น (comphoration) จะทำให้ได้สารประกอบฟีโนลิกที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า เพราะมีการหลั่งของ

สารพิษออกสู่เนื้อเยื่อรอบ ๆ อย่างช้า ๆ (Cohen and Hargreaves, 2006, pp. 260-261) ซึ่ง CMCP มีฤทธิ์ในการต้านต่อเชื้อแบคทีเรียที่กว้าง และยังมีประสิทธิภาพในการต้านต่อเชื้อราได้ด้วย

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ผสมกับ CMCP ในกระสายยาโพลีเอทธิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับน้ำเกลือจะมีการหลั่งของแคลเซียมไอออนและระดับค่าพีเอชสูงกว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในน้ำมันมะกอก (olive oil) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในแท่งกัตตาเปอร์ชา (gutta percha point) (Ferreira, et al., 2004, pp. 388-392) นอกจากนั้นการศึกษาของ Esberard และคณะ พบว่า แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ผสมกับ CMCP จะหลั่งไฮดรอกซิลไอออนเร็วกว่า Pulpdent ซึ่งเป็นแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับเมทิลเซลลูโลส (methylcellulose) (Esberard, Carnes, and del Rio, 1996, pp. 402-405) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Simon และคณะ ที่แนะนำให้ใช้ CMCP ซึ่งมีความเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อสูงในการเป็นทางเลือกหนึ่งในการเป็นตัวกลางของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Simon, Bhat, and Francis, 1995, pp. 459-464) การนำเอา CMCP มาผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้แก่ *Enterococcus faecalis* เป็นต้น โดยที่ CMCP รวมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะให้ calcium p-chloro phenolate ซึ่งเป็นเกลืออ่อนและเมื่อทำปฏิกิริยากับโปรตอนในน้ำ จะกลับเป็น p-chlorophenol ก็จะมีการปล่อยไฮดรอกซิลไอออนออกมา จึงเป็นการคงสภาพความเป็นด่างที่สูงเอาไว้และเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เช่นเดียวกับการศึกษาของ Anthony และคณะ พบว่าเมื่อนำเอา CMCP มาผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะสามารถคงสภาพความเป็นด่างที่สูงได้ในขณะที่เมื่อนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับครีเซติน (cresatin) จะไม่สามารถคงสภาพความเป็นด่างที่สูงได้ (Anthony, Gordon and del Rio, 1982, pp. 560-565)

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาที่เปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันภายหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในกระสายยาที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ *Enterococcus faecalis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถทนอยู่ได้ในภาวะที่มีความเป็นด่างสูง นั่นคือ แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล และคลอเฮกซิดีน การศึกษานี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันภายหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมในตัวกลางทั้ง 2 เปรียบเทียบกับการผสมในน้ำกลั่นซึ่งใช้เป็นปกติอยู่แล้ว และเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ระดับความลึกต่างๆ ของเนื้อฟันส่วนรากฟัน จากพื้นผิวรากฟัน ภายหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อผสมในตัวกลางที่เหมือนกัน และเมื่อผสมด้วยตัวกลางที่ต่างกัน ณ ความลึกของเนื้อฟันส่วนรากฟัน

ที่เท่ากันจะมีรูปแบบเป็นอย่างไร ซึ่งจะเป็นเป็นข้อมูลขั้นต้นเพื่อนำไปใช้เป็นทางเลือกในการรักษาคลองรากฟันในผู้ป่วยต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุอุปกรณ์

- สารละลายไธมอล (thymol solution)
- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (standard buffer) (ภาพที่ 5)
- โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite, NaOCl) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5
- กรดเอทธิลีนไดอะมีนเตตร้าอะซิติก (ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17
- แคลเซียมไฮดรอกไซด์
- แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล
- คลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2
- น้ำกลั่น
- น้ำดีไอออไนซ์
- ฟิล์มเบอร์ 2
- เควิท (Cavit)
- ขี้ผึ้งเหนียว (sticky wax)
- น้ำยาทาเล็บ
- แท่งกระดาษซับ
- สำลี
- หัวกรอกากเพชรทรงกลมเบอร์ 2 (diamond round bur no.2)
- หัวกรอคาร์ไบด์เบอร์ 330 (carbide bur no. 330)
- หัวกรอกากเพชรทรงสอบปลายไม่มีหัวตัด (safe-tip taper diamond bur)
- บาร์บโบรช (barbed broach)
- เคไฟล์เบอร์ 15-40 (K-file no.15-40)
- ไฟล์ชนิดเคทรี (K3) (SybronEndo, California, United State Of America)
- เครื่องขยายคลองรากฟันชนิด Endo-Mate DT (NSK, Tochigi, Japan)

- เข็มเบอร์ 30 และกระบอกฉีดยาปริมาตร 5 มิลลิลิตร
- ดิวเรตต์
- เครื่องมือตรวจฟันทางศาสตร์คลองรากฟัน (endodontic explorer DG 16)
- เครื่องมือตรวจฟันเบอร์ 5 (explorer no.5)
- เครื่องมือตรวจปริทันต์ (periodontal probe)
- แผ่นแก้วใช้ผสม (glass slab)
- พายผสมซีเมนต์ (cement spatula)
- เล็นทูโรสไปรอล
- ไม้บรรทัด
- ขวดที่มีฝาปิด
- หลอด eppendoft tube
- กล่องที่มีฝาปิด
- หัวขั้วไฟฟ้า (Semi-microelectrode) ซนิดเทอร์โม (Thermo) รุ่น Orion 911600 (ภาพที่ 6)
- เครื่องมือวัดค่าพีเอช (pH meter) (ภาพที่ 7)

กลุ่มตัวอย่าง

ฟันกรามน้อยแท้จำนวน 70 ซี่ ที่ถูกถอนเนื่องจากการจัดฟันช่วงอายุ 13-35 ปี โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกฟันดังนี้

1. เป็นฟันที่มี 1 ราก 1 คลองรากฟัน (จากภาพถ่ายรังสี)
2. เป็นฟันที่มีทั้งตัวฟันและรากฟันสมบูรณ์
3. ไม่มีการละลายของรากฟันและพยาธิสภาพที่ปลายรากฟัน
4. เป็นฟันที่ไม่เคยได้รับการรักษารากฟันมาก่อน
5. เป็นฟันที่ไม่มีรอยร้าว รอยแตก ปลายรากไม่หัก
6. เป็นฟันที่มีขนาดของคลองรากฟันใกล้เคียงกัน วัดได้จากการใช้ไฟล์ที่ใช้ในการขยายคลองรากฟันเบอร์แรกเท่ากัน

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

นำฟันกลุ่มตัวอย่างที่ถูกถอนออกมาแช่ไว้ในสารละลายไธมอล ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ก่อนนำฟันมาศึกษาทดลอง นำเอาเศษกระดูก หินปูน หรือ เนื้อเยื่อที่ผิวรากฟันออกด้วยหัวขูดอัลตราโซนิกส์และดิวเรตต์ จากนั้นทำการแบ่งฟันออกเป็น 2 กลุ่มตามระดับความลึกของการเตรียมโพรงฟัน ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร และ 1.5 มิลลิเมตร โดยห่างจากปลายรากฟัน 4 มิลลิเมตร ในจำนวนที่เท่ากัน จากนั้นทำการแบ่งฟันแต่ละกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ในแต่ละระดับความลึก โดยการสุ่ม ให้แต่ละกลุ่มมีการกระจายของชนิดซี่ฟันทุกกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน ผง 100 มิลลิกรัม ต่อน้ำกลั่นที่ผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว 40 ไมโครลิตร

กลุ่มที่ 2 ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับแคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล ในอัตราส่วน ผง 100 มิลลิกรัม ต่อ แคมโฟเรทพาราโมโนคลอโรฟีนอล 40 ไมโครลิตร

กลุ่มที่ 3 ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 ในอัตราส่วน ผง 100 มิลลิกรัม ต่อ คลอเฮกซิดีน 40 ไมโครลิตร

กลุ่มควบคุม ปล่อยให้คลองรากฟันว่างเปล่า เป็นกลุ่มควบคุมลบ (negative control)

ฟันทุกซี่ก่อนเตรียมคลองรากฟันนำมาใส่แผ่นยางกั้นน้ำลาย จากนั้นเปิดทางเข้าคลองรากฟันโดยใช้หัวกรอกากเพชรทรงกลมเบอร์ 2 กรอกำจัดหลังคาโพรงฟัน (roof of pulp chamber) ให้หมดโดยใช้หัวกรอกากเพชรทรงสอบปลายไม่มีหัวตัด เพื่อให้ได้ทางเข้าสู่คลองรากฟันเป็นแนวตรง จากนั้นกำจัดเนื้อเยื่อในโพรงฟันด้วยบาร์บโบรซ แล้ววัดความยาวคลองรากฟันโดยใช้เคไฟล์เบอร์ 15 ใส่เข้าไปในคลองรากฟันจนเห็นปลายไฟล์อยู่ที่ปลายราก วัดความยาวที่ได้ลบด้วย 1 มิลลิเมตร จะเป็นความยาวที่ใช้ในการขยายคลองรากฟัน จากนั้นขยายคลองรากฟันด้วยไฟล์ประเภทใช้เครื่องหมุนชนิด เคทรี (K3) (SybronEndo, California, United State Of America) ที่ใช้กับเครื่องขยายคลองรากฟันชนิด Endo-Mate DT(NSK, Tochigi, Japan) ที่ความเร็วรอบ 350 รอบ/นาที ใช้หัวทดรอบ 16:1 ขยายสุดท้ายจนถึงไฟล์ที่ความผาย 0.06 ด้วยวิธี crown-down technic และเคไฟล์ขนาดเบอร์ 40 ด้วยวิธี reaming technic ในระหว่างการขยายคลองรากฟันทำการล้างคลองรากด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดเครื่องมือ ทำการกรอบริเวณรากฟันแต่ละซี่ที่บริเวณปลายรากฟัน (apical 1/3) ของด้านริมฝีปาก (labial) ที่ระยะห่างจากปลายรากฟัน 4 มิลลิเมตร โดยให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโพรงฟันที่เตรียมเท่ากับ 2 มิลลิเมตร โดยสุ่มระดับความลึกที่ 1 มิลลิเมตร และ 1.5 มิลลิเมตร ด้วยหัวกรอคาร์ไบด์เบอร์ 330 วัดความลึกโดยใช้เครื่องมือตรวจร่องลึกปริทันต์ ล้างคลองรากฟัน

ด้วยกรดเอทธิลีนไดอะมีนเตตร้าอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ17 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรและทิ้งน้ำยาไว้ในคลองรากฟันนาน 1 นาที เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ จากนั้นล้างด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และล้างครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ล้างโพรงฟันที่เตรียมด้วยกรดเอทธิลีนไดอะมีนเตตร้าอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 5 มิลลิลิตรและทิ้งน้ำยาไว้ในโพรงฟันนาน 1 นาที เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ และล้างครั้งสุดท้ายด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ซับคลองรากฟันและรากฟันให้แห้ง ทาพื้นผิวรากฟันส่วนที่เหลือจากการเตรียมโพรงฟันด้วยน้ำยาทาเล็บ 2 ชั้นและหุ้มปลายรากฟันด้วยขี้ผึ้งเหนียว นำฟันแช่ในขวดที่มีฝาปิดแยกตามระดับความลึกที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 4 วัน (จากผลการวิจัยนำร่อง) โดยเปลี่ยนน้ำกลั่นทุกวันเพื่อควบคุม

ครบ 4 วัน นำฟันออกมาซับคลองรากฟันให้แห้ง ผสมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วนตามที่กำหนด ให้ได้ความเข้มข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลักษณะเป็นครีมข้น การใส่ยาในคลองรากฟันใช้วิธีปั่นด้วยเลนทูโลสไปรัล ตามด้วยแท่งกระดาษซับ แล้วอัดให้แน่น โดยระหว่างใส่ยาในคลองรากฟันหุ้มรากฟันด้วยผ้าก๊อซที่มีความชื้น เพื่อป้องกันแคลเซียมไฮดรอกไซด์ติดตามผิวรากฟันและคงสภาพฟันให้อยู่ในภาวะที่มีความชื้น ปิดทางเข้าของคลองรากฟันด้วยเคิวิทหนา 4 มิลลิเมตร ถ่ายภาพรังสีในแนวริมฝีปาก-เพดาน เพื่อดูความแน่นของยาที่ใส่ในคลองราก จากนั้นนำฟันเก็บในกล่องที่มีฝาปิดที่มีความชื้นร้อยละ 100 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยแยกเก็บฟันเป็น 4 กล่องตามชนิดตัวกลางที่ใช้ผสม จากนั้นวัดค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันหลังใส่ยาทันที, ทุกวันจนครบ 7 วัน, วันที่ 14, 30 โดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช ก่อนทำการวัดทุกครั้งต้องทำการปรับค่ามาตรฐานของเครื่องวัดพีเอช (Thermo Orion รุ่น 960, บริษัท Thermo Electron, MA, USA) ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐานที่ 7, 10 และ 4 ตามลำดับ ก่อนวัดค่าพีเอชนำฟันไปแช่ในหลอด eppendoft tube ที่มีน้ำกลั่นดีไอออไนซ์ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที (จากผลการวิจัยนำร่อง) เพื่อให้มีการแทรกซึมของไฮดรอกซิลไอออนผ่านท่อเนื้อฟันออกมา ณ โพรงฟันที่ได้เตรียมไว้ โดยมีส่วนที่แช่ในน้ำกลั่นดีไอออไนซ์พอมิดส่วนโพรงฟันเท่านั้น จากนั้นนำฟันออก แล้วทำการวัดค่าพีเอชโดยจุ่มหัวขั้วไฟฟ้าขนาดเล็กในน้ำกลั่นดีไอออไนซ์จนมิดหัวขั้วไฟฟ้า อ่านค่าพีเอชจากเครื่องวัดค่าพีเอชเมื่อค่าคงที่ และวัดค่าพีเอชของน้ำกลั่นดีไอออไนซ์ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ทุกช่วงเวลาการทดลองเพื่อเป็นค่าควบคุมด้วย

แผนผังสรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแปรต้น – ความลึกจากพื้นผิวรากฟันของเนื้อฟันส่วนรากฟัน, ชนิดของตัวกลางที่ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ตัวแปรตาม – ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟัน

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ:

- Two-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ถ้าข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงปกติและมีค่าความแปรปรวนที่เท่ากัน โดยทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Multiple comparison) ด้วย LSD หรือ Turkey's test ถ้าข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงปกติแต่มีค่าความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน ทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้ Dunnett's C แต่ถ้าข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงไม่ปกติ ทดสอบสถิติโดยใช้ Kruskal-Wallis Test หาผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากตัวกลางต่างๆที่ระดับความความลึกทั้ง 2

- One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอชที่ได้จากน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันทั้ง 3 กลุ่ม

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง (Two-way ANOVA) ว่าปัจจัยทั้งสอง คือ ความลึกจากพื้นผิวรากฟัน (2 ระดับ) และตัวกลางที่ใช้ผสม (3 ชนิดรวมถึงกลุ่มควบคุม) ส่งผลต่อตัวแปรตามคือ ค่าพีเอชในแต่ละวันที่ทำการศึกษาหรือไม่ ซึ่งพบว่าทันทีหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์, ณ วันที่ 1, 4, 5, 6, 7, 14 และวันที่ 30 อิทธิพลร่วมของความลึกและชนิดตัวกลางไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.582, 0.083, 0.960, 0.846, 0.321, 0.296, 0.118, 0.491 ตามลำดับ) และความลึกไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.289, 0.464, 0.659, 0.499, 0.350, 0.578, 0.810, 0.061 ตามลำดับ)

ชนิดของตัวกลางส่งผลต่อค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.000) โดยที่ทันทีหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ค่าเฉลี่ยพีเอชเริ่มต้นระหว่างตัวกลางชนิดน้ำกลั่น, CMCP และคลอเฮกซิดีน แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) และค่าเฉลี่ยพีเอชระหว่างตัวกลางชนิด CMCP กับคลอเฮกซิดีน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.003) ส่วน ณ วันที่ 1, 4, 5, 6, 7, 14 และวันที่ 30 ค่าเฉลี่ยค่าพีเอชระหว่างตัวกลางชนิดน้ำกลั่น, CMCP และคลอเฮกซิดีน แตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยพีเอชระหว่างคู่ของ CMCP กับน้ำกลั่นและคู่ของ CMCP กับคลอเฮกซิดีน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ตามลำดับ)

ณ วันที่ 2 อิทธิพลร่วมของความลึกและตัวกลางส่งผลต่อค่าพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.041) (ตารางที่ 4)

ณ วันที่ 3 เนื่องจากวันที่ 3 ข้อมูลไม่มีการแจกแจงปกติ จึงใช้วิธีการทดสอบเป็น Kruskal-Wallis Test ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยค่าพีเอชที่เกิดจากตัวกลางต่างชนิดกันที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างน้อย 2 ชนิดในแต่ละระดับความลึก (ตารางที่ 5, 6) ส่วนความแตกต่างค่าเฉลี่ยค่าพีเอชที่เกิดจากตัวกลางชนิดเดียวกันที่ระดับความลึกต่างกัน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอชที่ได้จากน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P = 0.060) (ตารางที่ 13)

จากผลการวัดค่าพีเอชในกลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าหลังการขยายและล้างคลองรากฟันสมบูรณ์แล้ว ค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมไว้ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตรอยู่ในช่วงระหว่าง 6.804±0.144 ถึง 7.248±0.303 โดยตลอดระยะเวลาการทดลอง ส่วนที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตรอยู่ในช่วงระหว่าง 6.676±0.274 ถึง 7.082±0.105 โดยตลอดระยะเวลาการทดลอง (ตารางที่ 14) ค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่มีความลึก1 และ 1.5 มิลลิเมตร มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยรูปแบบของกราฟที่ได้ค่อนข้างเป็นเส้นตรงคงที่ (กราฟที่ 1)

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของเนื้อฟันของทุกกลุ่มการทดลองที่ระดับความลึกของโพรงฟันที่ 1 มิลลิเมตร (กราฟที่ 2) มีความคล้ายคลึงกันโดยค่าพีเอชของเนื้อฟันจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจากค่าพีเอชของเนื้อฟันที่วัดได้หลังการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ทันทีจนถึงวันที่ 2 จากนั้นค่าพีเอชของเนื้อฟันค่อยๆลดลงจนถึงวันที่ 7 หลังวันที่ 7 ค่าพีเอชของเนื้อฟันจะเริ่มเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 30 จะเป็นค่าสูงที่สุด ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของเนื้อฟันของทุกกลุ่มการทดลองที่ระดับความลึกของโพรงฟัน 1.5 มิลลิเมตร (กราฟที่ 3) มีรูปแบบเช่นเดียวกับที่โพรงฟันที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร แต่ค่าพีเอชของเนื้อฟันจะเริ่มเพิ่มขึ้นหลังวันที่ 7 จนถึงวันที่ 14 จากนั้นจะค่อนข้างคงที่ไปจนตลอดระยะเวลาทดลอง

จากกราฟจะเห็นได้ว่าในกลุ่มทดลองที่เป็นน้ำกลั่นและคลอเฮกซิดีน (กราฟที่ 4, 5) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่วัดได้ทันทีหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างรวดเร็วจนถึงประมาณวันที่ 3 จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงวันที่ 7 จากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นถึงวันที่ 14 และหลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อฟันของกลุ่มทดลองที่เป็น CMCP (กราฟที่ 6) จะมีการเปลี่ยนแปลงลดลงตลอดจนถึงวันที่ 7 จากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นจนถึงวันที่ 14 และหลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ

เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความลึกเท่ากัน (กราฟที่ 2, 3) พบว่าที่ระดับความลึกของโพรงฟันเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และ 1.5 มิลลิเมตร แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับ CMCP ค่าพีเอชของเนื้อฟันจะมีค่าสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการทดลอง ที่ระดับความลึกของโพรงฟันเท่ากับ 1 มิลลิเมตร ในช่วง 2 วันแรกพบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับคลอเฮกซิดีน จะมีค่าสูงกว่าที่ผสมกับน้ำกลั่น แต่จากวันที่ 3 จนสิ้นสุดการทดลองจะไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ระดับความลึกของโพรงฟันเท่ากับ

1.5 มิลลิเมตร ช่วง 2 วันแรกพบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับน้ำกลั่นจะมีค่าสูงกว่าที่ผสมกับคลอเฮกซิดีน แต่จากวันที่ 3 จนสิ้นสุดการทดลองจะไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาตัวกลางที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ชนิดเดียวกัน แต่ระดับความลึกของโพรงฟันแตกต่างกันในกลุ่มของน้ำกลั่น ค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนโพรงฟันที่ระดับความลึกทั้ง 2 จะแตกต่างกัน ช่วงแรกใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์จนถึงวันที่ 3 และจะไม่แตกต่างกันมากจนเสร็จสิ้นการทดลอง ส่วนในกลุ่มของคลอเฮกซิดีน และ CMCP ค่าพีเอชของเนื้อฟันที่ระดับความลึกทั้ง2 จะไม่แตกต่างกันตั้งแต่แรกจนสิ้นสุดระยะเวลาการทดลอง

บทที่ 5

บทสรุป

อภิปรายผล

แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในท่อเนื้อฟันจะถูกปกป้องจากระบบภูมิคุ้มกันระดับเซลล์และโมเลกุลของเจ้าบ้าน ยาปฏิชีวนะที่ให้ทางระบบ และกระบวนการขยายและล้างคลองรากฟันด้วยสารเคมี ดังนั้นการจะกำจัดการติดเชื้อในท่อเนื้อฟันนั้นมีความจำเป็นต้องอาศัยการใส่ยาในคลองรากฟันเพื่อให้สามารถแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

ในการกำจัดเชื้อภายในคลองรากฟันของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะต้องอาศัยการกระจายของไฮดรอกซิลไอออนไปในเนื้อฟันและท่อเนื้อฟันเพื่อสัมผัสกับเชื้อโดยตรง ซึ่งปริมาณของไฮดรอกซิลไอออน ที่จะเข้าไปในเนื้อฟันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ตั้งต้น ปริมาณส่วนผสมที่เป็นสถานะของเหลวที่เหมาะสม ระดับความลึกจากผนังคลองรากฟันเข้าไปในเนื้อฟัน ระยะเวลาที่ผ่านไป ดังนั้น วิธีการผสม การใส่เข้าไปในคลองราก ระยะเวลาที่ทิ้งไว้ในคลองราก รวมไปถึงรูปแบบของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อของแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Yucel อ้างถึงว่า ในสารแขวนลอยของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อิ่มตัวจะมีค่าพีเอชที่สูงและมีความเป็นพิษต่อเซลล์มาก เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีความสามารถละลายในน้ำและการแพร่ที่ต่ำ ทำให้ความเป็นพิษต่อเซลล์ถูกจำกัดเฉพาะบริเวณเนื้อเยื่อที่สัมผัสกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์โดยตรงเท่านั้น การที่แคลเซียมไฮดรอกไซด์มีความสามารถละลายในน้ำและการแพร่ที่ต่ำ ฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะเกิดจากการหลั่งไฮดรอกซิลไอออนในสารละลายที่เป็นสารน้ำ ฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อต่อเซลล์ของแบคทีเรียเกิดจากการไปทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย ทำให้เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน และทำลายดีเอ็นเอ (Yucel, et al., 2007, pp. 712-717)

การแตกตัวของแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะทำให้เกิดสภาวะความเป็นด่างที่สูง ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย ดังจะเห็นจากการศึกษาของ Byström และคณะที่รายงานว่า *Enterococcus faecalis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ต้านทานที่พบอยู่ในคลองรากฟันสามารถมีชีวิตอยู่ได้ค่าพีเอช 11.5 แต่สามารถตายได้ที่ค่าพีเอช 12.5 ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยค่า

พีเอชที่สูง และระยะเวลานาน ที่ทำให้เกิดสภาวะการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ (Byström, Claesson, and Sundqvist, 1985, pp.170-175)

เนื่องจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ต้องมีการแพร่ผ่านเนื้อฟัน และเนื้อเยื่อประสาทฟันที่หลงเหลืออยู่ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลไอออนจึงลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากระบบบัฟเฟอร์ (ไบคาร์บอเนตและฟอสเฟต), กรด, โปรตีน และคาร์บอนไดออกไซด์ได้ จากการศึกษาของ Wang และ Hume พบว่าเนื้อฟันมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) อย่างสูง นั่นคือไฮดรอกซิลไอออนจะถูกผลกระทบจากภาวะบัฟเฟอร์จากไฮดรอกซีอะพาไทท์ (hydroxyapatite) ก่อนที่จะสามารถแพร่ผ่านไปยังเนื้อฟันที่อยู่รอบ ๆ ได้ (Wang and Hume, 1988, pp.17-26)

การศึกษาของ Pashley แสดงว่าการเคลื่อนที่แพร่ผ่านเนื้อฟันเป็นไปได้โดยผ่านทางท่อเนื้อฟัน โดยจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความหนาแน่นของจำนวนท่อเนื้อฟันและรัศมีของท่อเนื้อฟันยกกำลังสอง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีผลกระทบต่อการแพร่ผ่านของไฮดรอกซิลไอออนทั้งสิ้น (Pashley D., 1990, pp.19-49)

การศึกษานี้ได้ควบคุมตัวแปรที่อาจมีผลต่อการทดลอง ซึ่งได้แก่ชนิดฟันที่ใช้ในการศึกษา โดยได้ใช้ฟันกรามน้อยแท้รากเดียวของคนไข้ที่จัดฟันที่มีช่วงอายุระหว่าง 15-35 ปี เนื่องจากสามารถกำหนดช่วงอายุได้ หาง่าย ท่อเนื้อฟันไม่ตีบ ลักษณะคลองรากฟันใหญ่สามารถขยายคลองรากฟันได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Carrigan และคณะ ที่พบว่าจำนวนของท่อเนื้อฟันจะเปลี่ยนแปลงตามอายุของฟันและตามตำแหน่งต่าง ๆ ของคลองรากฟัน โดยจะมีจำนวนลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น (Carrigan, et al., 1984, pp. 359-363) นอกจากนี้ยังได้พิจารณาเลือกศึกษาที่บริเวณตำแหน่งส่วนปลายของรากฟัน ซึ่งส่วนใหญ่จะมีคลองรากฟันแตกแขนง ทำให้ไม่สามารถขยายและทำความสะอาดบริเวณนี้ได้อย่างทั่วถึง ต้องอาศัยคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อของน้ำยาที่ใช้ในการล้างคลองรากฟันและยาที่ใส่ในคลองรากฟันที่มีการแพร่ผ่านเข้าไปตามท่อเนื้อฟัน การศึกษาของ Carrigan และคณะ ยังพบว่าที่ตำแหน่งส่วนปลายของรากฟันจะมีท่อเนื้อฟันน้อยกว่าในส่วนกลางและส่วนที่อยู่ใกล้คอฟัน และหลังจากใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อฟันด้านในจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลาไม่กี่ชั่วโมง แต่ในส่วนของผิวรากฟันด้านนอก จะต้องใช้เวลาถึง 2-3 สัปดาห์ ก่อนที่ความเป็นกรด-ด่างจะเพิ่มขึ้นถึงระดับที่สามารถฆ่าเชื้อได้ (พีเอชประมาณ 9) (Carrigan, et al., 1984, pp. 359-363) การศึกษานี้ทำการควบคุมตำแหน่งที่วัด (ห่างจากปลายราก 4 มิลลิเมตร) และพื้นที่ที่ใช้ในการตรวจสอบค่าพีเอช (4 ตารางมิลลิเมตร) ของฟันทุกซี่ที่นำมาทำการทดลอง เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันที่เกิดจากการแตกตัวของไฮดรอกซิลไอออนจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลาง

ว ศ
351
ก๗๖ร
2553

1562414

25
สำนักหอสมุด
- 2 SEP 2011

ชนิดต่างๆ ในคลองรากฟัน นอกจากนี้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในแต่ละครั้งถูกควบคุมปริมาณผงและตัวกลางที่ใช้ผสมเพื่อให้มีลักษณะเป็นครีมข้นเหมือนกัน โดยแต่ละครั้งใช้ใส่ในคลองรากฟันเพียง 1 ซี่เท่านั้น และในขั้นตอนในการขยายคลองรากฟันเลือกใช้ไฟล์ประเภทเครื่องหมุนชนิด เค ทรี (K3) เพื่อควบคุมขนาดคลองรากให้มีขนาดใกล้เคียงกัน และยังสามารถควบคุมแรงที่ใช้ในการขยายได้ไม่ก่อให้เกิดความล้า ซึ่งเป็นการควบคุมตัวแปรที่อาจมีผลต่อการทดลองปัจจัยหนึ่งด้วย

การศึกษานี้ได้ใช้วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการนำแคลเซียมไอดรอกไซด์เข้าสู่คลองรากฟันให้ได้ถึงความยาวที่ใช้ทำงานและให้ความแน่นตลอดความยาวคือการใช้เลนทูโรสไปรอล เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sigurdsson และคณะ ซึ่งพบว่าเลนทูโรสไปรอลให้ประสิทธิภาพที่มากสุดในการนำยาเข้าสู่คลองรากฟัน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ ฟิงเกอร์พลักเกอร์ (finger plugger) ขนาด 25 และการใช้ไฟล์ขนาด 25 หมุนทวนเข็มนาฬิกา (Sigurdsson, Stancill, and Madison, 1992, pp. 367-370)

เนื่องจากมีปัญหาในการสั่งซื้อและนำส่งสินค้าหัวขั้วไฟฟ้าขนาดเล็กที่สามารถแช่ในโพรงฟันที่เตรียมไว้ จึงมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนวิธีการดำเนินการวิจัยมาใช้ หัวขั้วไฟฟ้าขนาดใหญ่ขึ้นมาอีก 1 ขนาด แต่เนื่องจากปริมาตรน้ำและเวลาที่ใส่ในโพรงฟันที่เตรียมก่อนวัดค่ามีผลต่อค่าพีเอชที่วัดได้ ผู้วิจัยจึงพยายามจำกัด ปริมาตรน้ำกลั่นดีไอออไนซ์ให้น้อยที่สุด (300 ไมโครลิตร) ที่จะสามารถครอบคลุมตำแหน่งของช่องที่เจาะไว้บนรากฟัน และจำกัดเวลาโดยแช่ฟันไว้เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นานพอเพื่อให้ไฮดรอกซิลไอออนแพร่ออกมาและสามารถอ่านค่าความเปลี่ยนแปลงของพีเอชได้

มีการศึกษาที่แสดงว่าของไฮดรอกซิลไอออนสามารถแพร่ผ่านเนื้อฟันได้ ดังเช่นการศึกษาของ Tronstad ที่ใช้วิธีการดูสีที่เปลี่ยนไปตามระดับค่าพีเอชของเนื้อฟันในลิงพบว่าค่าพีเอชของเนื้อฟันในลิงจะสูงขึ้นหลังการใส่ยาด้วยแคลเซียมไอดรอกไซด์เป็นเวลา 4 อาทิตย์ อย่างไรก็ตามค่าจะลดลงเมื่อระยะทางจากคลองรากฟันมากขึ้น ในคลองรากฟันค่าพีเอชมีค่ามากกว่า 12.2 เนื้อฟันรอบๆที่สัมผัสโดยตรงกับแคลเซียมไอดรอกไซด์ มีค่าระหว่าง 8-11 ถ้าห่างออกไปจะมีค่าระหว่าง 7.4-9.6 (Tronstat, et al.,1981, pp. 17-21)

การศึกษาของ Nerwich และคณะ ซึ่งใส่ยาในคลองรากฟันด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 4 อาทิตย์ พบว่าที่บริเวณปลายรากฟัน (3-5 มิลลิเมตรจากส่วนปลายสุดของรากฟัน) ค่าพีเอชของเนื้อฟันภายในสามารถขึ้นถึงค่าสูงสุดที่ประมาณ 9.5 ในระยะเวลาประมาณ 2 อาทิตย์ ส่วนเนื้อฟันภายนอก (ระดับความลึก 0.5 มิลลิเมตร) ในช่วงแรก (ประมาณ 1-3 วันหลังจากใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน) ค่าจะขึ้นสูงในระยะแรก และอยู่ที่ค่าต่ำกว่า 9 ที่ระยะเวลา

2 อาทิตย์ (Nerwich, Figdor, and Messor, 1993, pp. 302-306) ซึ่งการศึกษานี้ก็พบว่าค่าพีเอชจะสูงในช่วงแรกแล้วมีการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชที่วัดได้ลงอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณวันที่ 2 จากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงวันที่ 7 จากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นถึงประมาณวันที่ 14 และหลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ สอดคล้องกับการศึกษาของการศึกษาของ Teixeira และคณะ ที่พบว่าค่าพีเอชจะเพิ่มขึ้นหลังจากใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันไปแล้ว 7 วัน ทั้งที่ตำแหน่งผนังคลองรากฟันและตำแหน่งที่ห่างจากผนังคลองรากฟัน 1 มิลลิเมตร (Teixeira, Levin, and Trope, 2005, pp. 511-516) จากการศึกษาของคุณเมตตจิตต์ นวจินดา และอมรรัตน์ บุญศิริ พบว่าพีเอชของเนื้อฟันที่ตำแหน่ง 4 มิลลิเมตรจากปลายรากฟันและลึก 1 มิลลิเมตรจากผิวรากฟันพบค่าพีเอช 8.7-9 (คุณเมตตจิตต์ นวจินดา และอมรรัตน์ บุญศิริ, 2542, หน้า 161-166) ส่วนการศึกษาของ Tronstad และคณะ พบว่าพีเอชในเนื้อฟันส่วนที่ใกล้เคลือบรากฟันวัดได้ถึง 7.4-9.6 (Tronstat, et al.,1981, pp. 17-21) ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับผลศึกษานี้ การศึกษาของ Sjogren ในปี 1991 ที่แนะนำให้ใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ไว้ในคลองรากฟันอย่างน้อย 7 วัน เพื่อให้การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพ (Sjogren, et al., 1991, pp. 119-125) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษานี้ที่พบว่าหลังระยะเวลา 2 อาทิตย์เป็นต้นไปค่าพีเอชจะไม่เปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่มการทดลอง จากการศึกษาของ Esberard และคณะ ในปี 1996 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของค่าพีเอชจากค่าควบคุมแรกในระยะเวลาเพียง 3 วัน จากนั้นก็มีการลดลงเล็กน้อยไปอยู่ที่ระดับค่าพีเอชที่ 9 ในอีก 18 วันต่อมาและสุดท้ายเพิ่มไปอยู่ที่คาพีเอชที่ประมาณ 10 จนครบ 120 วัน (Esberard, Carnes, and del Rio, 1996, pp. 402-405) รวมถึงการศึกษาของ Siqueira และ Lopes ในปี 1999 พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแคลเซียมไฮดรอกไซด์อาจจะมีข้อจำกัดในประสิทธิภาพในการทำให้ปราศจากเชื้อในคลองรากฟันทั้งหมดหลังการใช้ในระยะเวลาสั้นๆ (Siqueira and Lopes, 1999, pp. 361-369)

จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในคลองรากฟันสามารถแตกตัวเป็นไฮดรอกซิลไอออนและสามารถผ่านเนื้อฟันและแพร่มาสู่น้ำดีไอออไนซ์ที่อยู่รอบได้จริง จากการที่สามารถวัดค่าพีเอชของน้ำดีไอออไนซ์ที่แช่ฟันในกลุ่มทดลองทุกกลุ่มที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม และยืนยันได้ว่าค่าพีเอชที่วัดเป็นค่าที่ได้จากเนื้อฟันส่วนรากฟันจริง โดยพบว่าค่าพีเอชที่วัดได้ในกลุ่มควบคุมก็มีค่าที่สูงกว่าค่าจากน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟัน รวมทั้งสามารถยืนยันว่าค่าพีเอชที่วัดได้เป็นค่าที่แท้จริงของเนื้อฟันบริเวณส่วนปลายรากฟันในโพรงฟันที่เตรียมไว้ที่ได้จากไฮดรอกซิลไอออนของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลางชนิดต่างๆ นั่นคือการที่มีน้ำยาทาเล็บเคลือบ 2 ชั้นบริเวณส่วนที่เหลือจากโพรงฟันและส่วนปลายรากฟันหุ้มด้วยขี้ผึ้งเหนียวก่อนที่จะมีการแช่ในน้ำดี

ไอออไนซ์ และมีการแพร่ของไฮดรอกซิลไอออนตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่มีวิธีในการตรวจสอบที่คล้ายคลึงกัน เช่นจากการศึกษาของ Foster และคณะ แสดงให้เห็นว่าการที่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันสามารถแพร่เข้ามาสู่น้ำที่ล้อมรอบได้ ถ้ามีการกำจัดชั้นเสมียร์ก่อน (Foster, et al., 1993, pp. 136-140) ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการกำจัดชั้นเสมียร์ก่อนที่จะมีการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันและโพรงฟันที่เตรียมเช่นเดียวกัน

การศึกษานี้ทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อิทธิพลร่วมของความลึกและตัวกลางที่ใช้ผสม และอิทธิพลของความลึกไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของเนื้อฟันจริง แต่ชนิดของตัวกลางที่ใช้ผสมมีผลต่อค่าพีเอชเท่านั้น มีเพียงวันที่ 2 ที่พบว่าอิทธิพลร่วมของความลึกและตัวกลางที่ใช้ผสมมีผลต่อค่าพีเอช และวันที่ 3 พบว่าชนิดของตัวกลางที่ใช้ผสมมีผลต่อค่าพีเอชเท่านั้น แต่ข้อมูลที่ได้มีการแจกแจงที่ไม่ปกติ ซึ่งอาจเกิดจากความแปรปรวนของผลการทดลองในช่วงระยะเวลา 2 วันดังกล่าว ซึ่งไม่น่าส่งผลกระทบต่อผลการทดลองในภาพรวมของตลอดระยะเวลา 30 วัน ที่พบผลการทดลองสอดคล้องกันว่า อิทธิพลร่วมของความลึกและตัวกลางที่ใช้ผสม และอิทธิพลของความลึกไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของเนื้อฟัน

Esberard อ้างถึง ตัวกลางที่นำมาใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของแคลเซียมไฮดรอกไซด์อย่างมีนัยสำคัญ ตัวกลางที่นำมาผสมนอกจากจะส่งผลต่อความเร็วในการแตกตัวของไอออนแล้ว ยังมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ, ทางเคมีและการต้านเชื้อจุลชีพด้วย ความแตกต่างในลักษณะของความหนืด, การละลายในน้ำและอัตราส่วนระหว่างส่วนผงและส่วนน้ำล้วนมีผลต่อการแตกตัวของไอออนทั้งสิ้น ซึ่งตัวกลางที่เป็นสารน้ำทำให้เกิดการแตกตัวของไอออนเป็นจำนวนมาก แรงตึงผิวของกระสายยาที่เป็นของเหลวอาจมีอิทธิพลต่อการแพร่ของพบว่าไฮดรอกซิลอิออน (Esberard, Carnes, and del Rio, 1996, pp. 402-405) ดังการศึกษาของ Fava และคณะ ได้แนะนำคุณสมบัติของตัวกลางที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ดีควรจะประกอบด้วยคุณสมบัติในการหลั่งของแคลเซียมไอออนและไฮดรอกซิลไอออนอย่างช้า ๆ และค่อยเป็นค่อยไป สามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อได้อย่างช้าๆ แต่ละลายได้ต่ำในของเหลวของเนื้อเยื่อ (tissue fluid) (Fava and Suanders, 1999, pp. 257-282) จากการศึกษานี้พบว่าตัวกลางที่เป็น CMCP จะให้ค่าพีเอชของเนื้อฟันสูงที่สุด ตามมาด้วยน้ำกลั่นและคลอเฮกซิดีนซึ่งให้ค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกัน อธิบายได้ว่า CMCP รวมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะให้ calcium p-chloro phenolate ซึ่งเป็นเกลืออ่อนและเมื่อทำปฏิกิริยากับโปรตอนในน้ำ จะกลับเป็น p-chlorophenol ก็จะมีการปล่อยไฮดรอกซิลไอออนออกมา จึงเป็นการคงสภาพความเป็นด่างที่สูงเอาไว้และเพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย เช่นเดียวกับการศึกษาของ

Anthony และคณะ พบว่าเมื่อนำเอา CMCP มาผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะสามารถคงสภาพความเป็นด่างที่สูงได้ในขณะที่เมื่อนำแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกับครีเซติน (cresatin) จะไม่สามารถคงสภาพความเป็นด่างที่สูงได้ (Anthony, Gordon and del Rio, 1982, pp. 560-565)

Basrani และคณะ ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในคลอเฮกซิดีน ซึ่งพบว่าคลอเฮกซิดีนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ คลอเฮกซิดีนจะลดมุมสัมผัส (contact angle) ลง และทำให้เพิ่มความสามารถในการ (wetability) ของยาที่ใส่ในคลองรากฟัน (Basrani, Ghanem, and Tjaderhane, 2004, 30, pp. 413-417) แม้ว่าการศึกษานี้จะพบว่าตัวกลางที่เป็นน้ำกลั่นและคลอเฮกซิดีนให้ผลต่อค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกัน แต่ในแง่คุณสมบัติของคลอเฮกซิดีนที่มีฤทธิ์ในการกำจัดจุลชีพได้กว้างรวมถึงเชื้อแบคทีเรียในช่องปาก จึงอาจจะมีประโยชน์ในการเสริมฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อที่มากขึ้น มีความเหมาะสมในการใช้ในฟันที่เคยรักษารากฟันมาแล้วแล้วมีการติดเชื้อซ้ำหรือล้มเหลวได้ ดังเช่นการศึกษาของ Podbielski และคณะ ที่พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อผสมกับคลอเฮกซิดีนมีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (Podbielski, Spahr, and Haller, 2003, pp. 340-345) และการศึกษาของ Zerella, และคณะ พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อนำมาผสมกับ สารละลายคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ *Enterococcus faecalis* (Zerella, Fouad, and Spangberg, 2005, pp. 756-761) อีกทั้งการศึกษาของ De Rossi และคณะพบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อนำมาผสมกับคลอเฮกซิดีนความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นผลให้ขนาดของรอยโรครอบปลายรากฟันลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการที่ขยายคลองรากฟันเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ใส่ยาในคลองรากฟันก่อนการอุดคลองรากฟัน (De Rossi, et al., 2005, pp. 628-636)

การศึกษานี้ดูผลของค่าพีเอชของเนื้อฟันที่ได้จากไฮดรอกซิลไอออนที่แตกตัวออกมาจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลางต่างๆเท่านั้น ไม่ได้ศึกษาถึงการปราศจากเชื้อในคลองรากฟันหลังจากที่ได้มีการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลางชนิดต่างๆ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการพิจารณาเลือกใช้ตัวกลางที่เหมาะสมในการผสมเพื่อให้ได้คุณสมบัติในการกำจัดเชื้อได้มากที่สุดด้วย อีกทั้งการพิจารณาเลือกใช้ตัวกลางที่เหมาะสมต้องดูในแง่ของความยาก-ง่ายในการใช้งาน การรื้อและกำจัดให้หมดเพื่อไม่ให้เป็นตัวขัดขวางในการแนบสนิทของวัสดุอุดคลองรากฟันและผนังคลองรากฟันต่อไปด้วย ซึ่งการศึกษานี้พบว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับ CMCP ค่อนข้างยุ่งยากในการนำเข้าไปในคลองรากฟัน และรื้อค่อนข้างยาก ฉะนั้นอาจจะเหมาะที่จะใช้ในฟันที่เข้าทำงานได้ง่าย คลองรากใหญ่ มองเห็นได้ชัดเจนเพื่อที่จะได้สามารถรื้อและกำจัดได้หมด

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันภายหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมในตัวกลางทั้ง 2 เปรียบเทียบกับการผสมในน้ำกลั่นซึ่งใช้เป็นปกติอยู่แล้ว ณ ความลึกของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่เท่ากัน ซึ่งพบว่าตัวกลางที่เป็น CMCP จะให้ค่าพีเอชของเนื้อฟันสูงที่สุด ตามมาด้วยน้ำกลั่นและคลอเฮกซิดีนซึ่งให้ค่าพีเอชที่ไม่แตกต่างกัน และพบว่าค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากฟันที่ระดับความลึกต่างๆ จากพื้นผิวรากฟันของเนื้อฟันส่วนรากฟันมีค่าไม่แตกต่างกันภายหลังการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เมื่อผสมในตัวกลางที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นข้อมูลอีกแง่มุมหนึ่งที่ใช้ประกอบในการพิจารณาเลือกตัวกลางที่เหมาะสมในการรักษาคลองรากฟันในผู้ป่วยต่อไป

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากความแตกต่างของระดับความลึกอาจมีค่าที่น้อยเกินไปที่จะเห็นถึงความแตกต่างของค่าพีเอชของเนื้อฟัน ซึ่งจากการวิจัยนำร่องพบว่าที่ตำแหน่งส่วนปลายของรากฟันเมื่อมีการเตรียมโพรงฟันที่ระดับความลึกจากผิวรากฟันในฟันกรามน้อยมากกว่า 1.5-2 มิลลิเมตรจะทะลุคลองรากฟัน ฉะนั้นอาจต้องมีการศึกษาต่อไปถึงระดับความแตกต่างของความลึกที่มีค่ามากพอว่าจะส่งผลต่อความแตกต่างของค่าพีเอชของเนื้อฟันส่วนปลายรากหรือไม่ อาจต้องมีการศึกษาร่วมทั้งผลของค่าพีเอชของเนื้อฟันที่ได้จากไฮดรอกซิลไอออนที่แตกตัวออกมาจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลางต่างๆ และสภาวะเชื้อในคลองรากฟันหลังจากที่ได้มีการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมในตัวกลางชนิดต่างๆ ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่นำมาพิจารณาเลือกใช้ตัวกลางที่เหมาะสมในการผสมเพื่อให้ได้คุณสมบัติในการกำจัดเชื้อได้มากที่สุดได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คุณเมตตจิตต์ นวจินดา และอมรรัตน์ บุญศิริ. (2542). ผลของ Smear Layer ต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของเนื้อฟันส่วนรากหลังจากใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์. **วารสารทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**, 22(3), 161-166.

Anthony, D. R., Gordon, T. M., and del Rio, C. E. (1982). The effect of three vehicles on the pH of calcium hydroxide. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, 54(5), 560-565.

Ardeshna, S. M., Qualtrough, A. J., and Worthington, H. V. (2002). An in vitro comparison of pH changes in root dentine following canal dressing with calcium hydroxide points and a conventional calcium hydroxide paste. **International Endodontics Journal**, 35(3), 239-244.

Basrani, B., Ghanem, A., and Tjaderhane L. (2004). Physical and chemical properties of chlorhexidine and calcium hydroxide-containing medications. **Journal of Endodontics**, 30(6), 413-417.

Bergenholtz, G. (1974). Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. **Odontologisk Revy**, 25(4), 347-358.

Bystrom, A., and Sundqvist, G. (1981). Bacteriological evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy. **Scandinavian Journal of Dental Research**, 89(4), 321-328.

Bystrom, A., Claesson, R., and Sundqvist, G. (1985). The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. **Endodontic Dental Traumatology**, 1(5), 170-175.

Calt S., and Serper A. (2002). Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. **Journal of Endodontics**, 28(1), 17-19.

Carrigan, P. J., Morse D. R., Furst M. L. and Sinai I. H. (1984). Scanning electron microscopic evaluation of human dentinal tubules according to age and location. **Journal of Endodontics,** 10(8), 359-363.

Cohen, S., and Hargreaves, K. M. (2006). **Pathways of the Pulp** (9 th ed). India: Elsevier.

De Rossi, A., Silva, L. A., Leonardo, M. R., Rocha, L. B., and Rossi, M. A. (2005). Effect of rotary or manual instrumentation, with or without a calcium hydroxide/1% chlorhexidine intracanal dressing, on the healing of experimentally induced chronic periapical lesions. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics,** 99(5), 628-636.

Ercan, E., Dalli, M., and Dülgergil, C. T. (2006). In vitro assessment of the effectiveness of chlorhexidine gel and calcium hydroxide paste with chlorhexidine against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans*. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics,** 102(2), 27-31.

Esberard, R. M., Carnes, D. L., and del Rio, C. E. (1996). Changes in pH at the dentin surface in roots obturated with calcium hydroxide pastes. **Journal of Endodontics,** 22(8), 402-405.

Estrela, C., and Pesce, H. F. (1996). Chemical analysis of the liberation of calcium and hydroxyl ions from calcium hydroxide pastes in connective tissue in the dog: part I. **Brazilian Dental Journal,** 7(1), 41-46.

Evans, M., Davies, J. K., Sundqvist, G., and Figdor, D. (2002). Mechanisms involved in the resistance of Enterococcus faecalis to calcium hydroxide. **International Endodontic Journal,** 35(3), 221-228.

Evans, M. D., Baumgartner, J. C., Khemaleelakul, S., and Xia, T. (2003). Efficacy of calcium hydroxide: chlorhexidine paste as an intracanal medication in bovine dentin. **Journal of Endodontics,** 29(5), 338-339.

Fabricius, L., Dahlen, G., Holm, S. E., and MÖller, A. J. R. (1982). Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. **Scandinavian Journal of Dental Research,** 90(3), 200-206.

Fava, L. R. G., and Saunders, W. P. (1999). Calcium hydroxide pastes: classification and clinical indications. **International Endodontics Journal**, 32(4), 257-282.

de Andrade Ferreira, F. B., Silva E Souza Pde, A., do Vale, M. S., de Moraes, I. G., and Granjeiro, J. M. (2004). Evaluation of pH levels and calcium ion release in various calcium hydroxide endodontic dressings. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, 97(3), 388-392.

Foreman, P. C. and Barnes, I. E. (1990). Review of calcium hydroxide. **International Endodontics Journal**, 23(6), 283-297.

Foschi, F., Cavrini, F., Montebugnoli, L., Stashenko, P., Sambri, V., and Prati, C. (2005). Detection of bacteria in endodontic samples by polymerase chain reaction assays and association with defined clinical signs in Italian patients. **Oral Microbiology and Immunology**, 20(5), 289-295.

Foster, K. H., Kulild, J. C., and Weller, R. N. (1993). Effect of smear layer removal on the diffusion of calcium hydroxide through radicular dentin. **Journal of Endodontics**, 19(3), 136-140.

Fuss, Z., Szajkis, S., and Tagger, M. (1989). Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. **Journal of Endodontics**, 15(8), 362-364.

Gomes, B. P., Souza, S. F., and Ferraz, C. C. (2003). Effectiveness of 2% chlorhexidine gel and calcium hydroxide against *Enterococcus faecalis* in bovine root dentine in vitro. **International Endodontics Journal**, 36(4), 267-275.

Gordon, T. M., Ranly, D. M., and Boyan, B. D. (1985). The effects of calcium hydroxide on bovine pulp tissue: variations in pH and calcium concentration. **Journal of Endodontics**, 11(4), 156-160.

Haapasalo M., and Orstavik D. (1987). In vitro infection and disinfection of dentinal tubules. **Journal of Dental Research**, 66(8), 1375-1379.

Hugo, W. B. (1971). **Inhibition and destruction of the microbial cell.** London: Academic Press.

Kakehashi, S., Stanley. H. R., and Fitzgerald, R. J. (1965). The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, 20, 340-349.

Kuruvilla, J. R., and Kamath, M. P. (1998). Antimicrobial activity of 2.5% sodium hypochlorite and 0.2% chlorhexidine gluconate separately and combined, as endodontic irrigants. **Journal of Endodontics**, 24(7), 472-476.

Marion, D., Jean, A., Hamel, H., Kerebel, L. M., and Kerebel, B. (1991). Scanning electron microscopic study of odontoblasts and circumpulpal dentin in a human tooth. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, 72(4), 473-478.

McHugh, C. P., Zhang, P., Michalek, S., and Eleazer, P. D. (2004). pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. **Journal of Endodontics**, 30(4), 218-219.

Moller, A. J., Fabricius, L., Dahlen, G., Ohman, A. E., and Heyden, G. (1981). Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. **Scandinavian Journal of Dental Research**, 89(6), 475-484.

Nerwich, A., Figdor, D., and Messer, H. (1993). pH changes in root dentin over 4-week period following root canal dressing with calcium hydroxide. **Journal of Endodontics**, 19(6), 302-306.

Orstavik, D., Kerekes, K., and Molven, O. (1991). Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. **International Endodontics Journal**, 24(1), 1-7.

Parsons, G. J., Patterson, S. S., Miller, C. H., Katz, S., Kafrawy, A. H., and Newton, C. W. (1980). Uptake and release of chlorhexidine by bovine pulp and dentin specimens and their subsequent acquisition of antibacterial properties. **Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology**, 49(5), 455-459.

Pashley D., (1990). **Experimental endodontics** (Spangberg LSW, ed)

Peters, L. B., Wesselink, P. R., Buijs, J. F., and van Winkelhoff, A. J. (2001). Viable bacteria in root dentinal tubules of teeth with apical periodontitis. **Journal of Endodontics**, 27(2), 76-81.

Peters, L. B., van Winkelhoff, A. J., Buijs, J. F., and Wesselink, P. R. (2002). Effects of instrumentation, irrigation and dressing with calcium hydroxide on infection in pulpless teeth with periapical bone lesions. **International Endodontics Journal**, 35(1), 13-21.

Pinheiro, E. T., Gomes, B. P., Ferraz, C. C., Sousa, E. L., Teixeira, F. B., and Souza–Filho, F. J. (2003). Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. **International Endodontics Journal**, 36(1), 1-11.

Podbielski, A., Spahr, A., and Haller, B. (2003). Additive antimicrobial activity of calcium hydroxide and chlorhexidine on common endodontic bacterial pathogens. **Journal of Endodontics**, 29(5), 340-345.

Portenier, I., Haapasalo, H., Orstavik, D., Yamauchi, M., and Haapasalo, M. (2002). Inactivation of the antibacterial activity of iodine potassium iodide and chlorhexidine digluconate against *Enterococcus faecalis* by dentin, denin matrix, type-I collagen, and heat killed microbial whole cells. **Journal of Endodontics**, 28(9), 634-637.

Schafer, E., and Bossmann, K. (2005). Antimicrobial efficacy of chlorhexidine and two calcium hydroxide formulations against *Enterococcus faecalis*. **Journal of Endodontics**, 31(1), 53-56.

Sjogren U.,Figdor D., Spangberg L. and Sundqvist G. (1991). The antimicrobial effect of calcium hydroxide as a short-term intracanal dressing. **International Endodontics Journal**, 24(3), 119-125.

Sigurdsson A., Stancill R., and Madison S. (1992). Intracanal placement of $Ca(OH)_2$: a comparison of techniques. **Journal of Endodontics**, 18(8), 367-370.

Simon, S. T., Bhat, K. S., and Francis, R. (1995). Effect of four vehicles on the pH of calcium hydroxide and the release of calcium ion. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, 80(4), 459-464.

Siqueira, J. F. Jr., and Lopes, H. P. (1999). Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. **International Endodontics Journal**, 32(5), 361-369.

Siqueira, J. F. Jr., Rocas I. N., Lopes H. P., Elias C. N., and de Uzeda M. (2002). Fungal infection of the radicular dentin. **Journal of Endodontics**, 28(11), 770-773.

Teixeira, F. B., Levin, L. G., and Trope M. (2005). Investigation of pH at different dentinal sites after placement of calcium hydroxide dressing by two methods. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, 99(4), 511-516.

Tronstad, L., Andreasen, J., Hasselgren, G., Kristenson, L., and Riis, I. (1981). pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. **Journal of Endodontics**, 7(1), 17-21.

White, R. R., Hays, G. L., and Janer, L. R. (1997). Residual antimicrobial activity after canal irrigation with chlorhexidine. **Journal of Endodontics**, 23(4), 229-231.

Wang J.D. and Hume W.R. (1988). Diffusion of hydrogen ion and hydroxyl ion from various sources through dentin . **International Endodontics Journal**, 21(1), 17-26.

Yucel, A.C., Aksoy, A., Ertas E., and Guvenc D. (2007), The pH changes of calcium hydroxide mixed with six different vehicles. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, 103(5), 712-717.

Zehnder, M. (2006). Root canal irrigants. **Journal of Endodontics**, 32(5), 389-390.

Zerella, J. A., Fouad, A. F., and Spangberg, L. S. (2005). Effectiveness of calcium hydroxide and chlorhexidine digluconate mixture as disinfectant during retreatment of failed endodontic cases. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics**, 100(6), 756-761.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเนื้อฟันที่ระยะทางต่าง ๆจากเนื้อเยื่อในในฟันของมนุษย์

ระยะทางจากเนื้อเยื่อใน (มม.)	จำนวนท่อเนื้อฟัน (1000/มม^2)		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)	
	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง
ผนังเนื้อเยื่อใน	45	30-52	2.5	2.0-3.2
0.1-0.5	43	22-59	1.9	1.0-2.3
0.6-1.0	38	16-47	1.6	1.0-1.6
1.1-1.5	35	21-47	1.2	0.9-1.5
1.6-2.0	30	12-47	1.1	0.8-1.6
2.1-2.5	23	11-36	0.9	0.6-1.3
2.6-3.0	20	7-40	0.8	0.5-1.4
3.1-3.5	19	10-25	0.8	0.5-1.2

ที่มา Garberoglio and Brannstrom, 1976, p. 355 as cited in Cohen and Hargreaves, 2006, pp. 467.

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช เริ่มต้นหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟันทันที ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH0
LSD

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-.3720	.24990	.142	-.8715	.1275
	CHX	.4075	.24990	.108	-.0920	.9070
	control	2.2165*	.30607	.000	1.6047	2.8283
CMCP	Distilled water	.3720	.24990	.142	-.1275	.8715
	CHX	.7795*	.24990	.003	.2800	1.2790
	control	2.5885*	.30607	.000	1.9767	3.2003
CHX	Distilled water	-.4075	.24990	.108	-.9070	.0920
	CMCP	-.7795*	.24990	.003	-1.2790	-.2800
	control	1.8090*	.30607	.000	1.1972	2.4208
control	Distilled water	-2.2165*	.30607	.000	-2.8283	-1.6047
	CMCP	-2.5885*	.30607	.000	-3.2003	-1.9767
	CHX	-1.8090*	.30607	.000	-2.4208	-1.1972

Based on observed means.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 1 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH1
Dunnett C

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-1.1930*	.20863	-1.7796	-.6064
	CHX	-.2260	.26586	-.9736	.5216
	control	1.2785*	.16435	.8133	1.7437
CMCP	Distilled water	1.1930*	.20863	.6064	1.7796
	CHX	.9670*	.25178	.2590	1.6750
	control	2.4715*	.14044	2.0731	2.8699
CHX	Distilled water	.2260	.26586	-.5216	.9736
	CMCP	-.9670*	.25178	-1.6750	-.2590
	control	1.5045*	.21652	.8934	2.1156
control	Distilled water	-1.2785*	.16435	-1.7437	-.8133
	CMCP	-2.4715*	.14044	-2.8699	-2.0731
	CHX	-1.5045*	.21652	-2.1156	-.8934

Based on observed means.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง (Two-way ANOVA)ของค่าพีเอช ณ วันที่ 2 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PH2

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	30.494[a]	7	4.356	15.773	.000
Intercept	3760.142	1	3760.142	13614.43	.000
DEEP	.256	1	.256	.927	.339
MATTER	27.695	3	9.232	33.425	.000
DEEP * MATTER	2.419	3	.806	2.919	.041
Error	17.124	62	.276		
Total	4282.116	70			
Corrected Total	47.618	69			

a. R Squared = .640 (Adjusted R Squared = .600)

ตารางที่ 5 แสดงผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากชนิดตัวกลางต่าง ๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร ณ วันที่ 3

ณ ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank
PH3	Distilled water 1 มิล	10	16.60
	CMCP 1 มิล	10	29.90
	CHX 1 มิล	10	12.40
	control 1มิล	5	8.20
	Total	35	

Test Statistics[a,b]

	PH3
Chi-Square	21.251
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GROUP

ตารางที่ 6 แสดงผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากชนิดตัวกลางต่าง ๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตร ณ วันที่ 3

ณ ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตร

Ranks

	GROUP	N	Mean Rank
PH3	Distilled water 1.5 มิล	10	15.85
	CMCP 1.5 มิล	10	29.40
	CHX 1.5 มิล	10	15.75
	control 1.5 มิล	5	4.00
	Total	35	

Test Statistics[a,b]

	PH3
Chi-Square	22.652
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: GROUP

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 4 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่าง ๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH4

Dunnett C

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-1.2060*	.10150	-1.4914	-.9206
	CHX	-.1210	.12153	-.4627	.2207
	control	.4065*	.08480	.1519	.6611
CMCP	Distilled water	1.2060*	.10150	.9206	1.4914
	CHX	1.0850*	.13971	.6922	1.4778
	control	1.6125*	.10928	1.2927	1.9323
CHX	Distilled water	.1210	.12153	-.2207	.4627
	CMCP	-1.0850*	.13971	-1.4778	-.6922
	control	.5275*	.12809	.1566	.8984
control	Distilled water	-.4065*	.08480	-.6611	-.1519
	CMCP	-1.6125*	.10928	-1.9323	-1.2927
	CHX	-.5275*	.12809	-.8984	-.1566

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 5 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH5
Dunnett C

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-1.0370*	.09051	-1.2915	-.7825
	CHX	-.1015	.16271	-.5590	.3560
	control	.5450*	.09593	.2521	.8379
CMCP	Distilled water	1.0370*	.09051	.7825	1.2915
	CHX	.9355*	.17498	.4435	1.4275
	control	1.5820*	.11552	1.2379	1.9261
CHX	Distilled water	.1015	.16271	-.3560	.5590
	CMCP	-.9355*	.17498	-1.4275	-.4435
	control	.6465*	.17785	.1339	1.1591
control	Distilled water	-.5450*	.09593	-.8379	-.2521
	CMCP	-1.5820*	.11552	-1.9261	-1.2379
	CHX	-.6465*	.17785	-1.1591	-.1339

Based on observed means.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 6 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH6
Dunnett C

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-.8570*	.13636	-1.2404	-.4736
	CHX	-.2765	.16212	-.7324	.1794
	control	.5265*	.10357	.2226	.8304
CMCP	Distilled water	.8570*	.13636	.4736	1.2404
	CHX	.5805*	.17852	.0785	1.0825
	control	1.3835*	.12772	1.0141	1.7529
CHX	Distilled water	.2765	.16212	-.1794	.7324
	CMCP	-.5805*	.17852	-1.0825	-.0785
	control	.8030*	.15492	.3589	1.2471
control	Distilled water	-.5265*	.10357	-.8304	-.2226
	CMCP	-1.3835*	.12772	-1.7529	-1.0141
	CHX	-.8030*	.15492	-1.2471	-.3589

Based on observed means.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 7 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่าง ๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH7

LSD

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-.3670*	.12342	.004	-.6137	-.1203
	CHX	-.0060	.12342	.961	-.2527	.2407
	control	.4240*	.15116	.007	.1218	.7262
CMCP	Distilled water	.3670*	.12342	.004	.1203	.6137
	CHX	.3610*	.12342	.005	.1143	.6077
	control	.7910*	.15116	.000	.4888	1.0932
CHX	Distilled water	.0060	.12342	.961	-.2407	.2527
	CMCP	-.3610*	.12342	.005	-.6077	-.1143
	control	.4300*	.15116	.006	.1278	.7322
control	Distilled water	-.4240*	.15116	.007	-.7262	-.1218
	CMCP	-.7910*	.15116	.000	-1.0932	-.4888
	CHX	-.4300*	.15116	.006	-.7322	-.1278

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 14 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่าง ๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH8

LSD

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-.3645*	.09545	.000	-.5553	-.1737
	CHX	.1590	.09545	.101	-.0318	.3498
	control	.6030*	.11690	.000	.3693	.8367
CMCP	Distilled water	.3645*	.09545	.000	.1737	.5553
	CHX	.5235*	.09545	.000	.3327	.7143
	control	.9675*	.11690	.000	.7338	1.2012
CHX	Distilled water	-.1590	.09545	.101	-.3498	.0318
	CMCP	-.5235*	.09545	.000	-.7143	-.3327
	control	.4440*	.11690	.000	.2103	.6777
control	Distilled water	-.6030*	.11690	.000	-.8367	-.3693
	CMCP	-.9675*	.11690	.000	-1.2012	-.7338
	CHX	-.4440*	.11690	.000	-.6777	-.2103

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยค่าพีเอช ณ วันที่ 30 หลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในคลองรากฟัน ระหว่างคู่ของชนิดตัวกลางต่างๆที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์

Multiple Comparisons

Dependent Variable: PH9

LSD

(I) MATTER	(J) MATTER	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Distilled water	CMCP	-.4255*	.13529	.003	-.6959	-.1551
	CHX	.0150	.13529	.912	-.2554	.2854
	control	.4095*	.16569	.016	.0783	.7407
CMCP	Distilled water	.4255*	.13529	.003	.1551	.6959
	CHX	.4405*	.13529	.002	.1701	.7109
	control	.8350*	.16569	.000	.5038	1.1662
CHX	Distilled water	-.0150	.13529	.912	-.2854	.2554
	CMCP	-.4405*	.13529	.002	-.7109	-.1701
	control	.3945*	.16569	.020	.0633	.7257
control	Distilled water	-.4095*	.16569	.016	-.7407	-.0783
	CMCP	-.8350*	.16569	.000	-1.1662	-.5038
	CHX	-.3945*	.16569	.020	-.7257	-.0633

Based on observed means.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

ตารางที่ 13 แสดงผลต่างของค่าพีเอชที่เกิดจากน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟัน ทั้ง 3 กลุ่ม

Ranks

	DI	N	Mean Rank
PH	น้ำ DI1	10	20.70
	น้ำ DI2	10	14.15
	น้ำ DI3	10	11.65
	Total	30	

Test Statistics[a,b]

	PH
Chi-Square	5.642
df	2
Asymp. Sig.	.060

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: DI

ตารางที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึกทั้งสองระดับ ภายหลังการขยายและล้างคลองรากฟันเปรียบเทียบกับน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันในช่วงเวลาต่าง ๆ

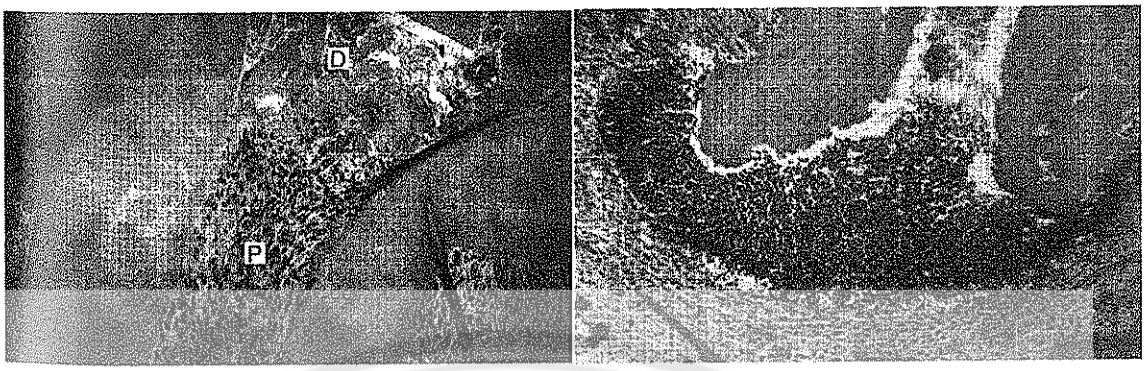
เวลา / ตัวกลาง	หลังผสมทันที	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 30
mean ควบคุม 1 mm	7.142	6.986	6.886	6.914	6.880	6.842	6.804	6.940	6.956	7.248
SD ควบคุม 1 mm	0.159	0.089	0.108	0.275	0.270	0.239	0.144	0.277	0.220	0.303
mean ควบคุม 1.5 mm	7.082	6.874	6.866	6.802	6.876	6.760	6.790	6.676	6.950	6.954
SD ควบคุม 1.5 mm	0.105	0.142	0.115	0.178	0.163	0.316	0.221	0.274	0.127	0.389
mean น้ำดีไอออไนซ์	7.793	6.427	6.507	6.260	6.623	6.430	6.913	6.370	6.520	6.230
SD น้ำดีไอออไนซ์	0.133	0.159	0.093	0.108	0.284	0.223	0.190	0.108	0.078	0.171

ตารางที่ 15 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตร ภายหลังการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ

เวลา / ตัวกลาง	หลังผสมทันที	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 30
mean น้ำกลั่น	9.000	7.781	7.186	7.311	7.317	7.350	7.416	7.223	7.683	7.711
SD น้ำกลั่น	0.904	0.645	0.244	0.427	0.240	0.237	0.370	0.363	0.393	0.418
mean CMCP	9.647	9.429	8.712	8.429	8.485	8.380	8.185	7.491	7.812	7.939
SD CMCP	1.140	0.711	0.408	0.413	0.228	0.318	0.600	0.261	0.321	0.375
mean คลอเฮกซิดีน	8.850	8.522	7.623	7.161	7.460	7.560	7.708	7.332	7.412	7.553
SD คลอเฮกซิดีน	1.022	1.070	0.795	0.306	0.618	0.949	0.733	0.610	0.283	0.559
mean ควบคุม	7.142	6.986	6.886	6.914	6.880	6.842	6.804	6.940	6.956	7.248
SD ควบคุม	0.159	0.089	0.108	0.275	0.270	0.239	0.144	0.277	0.220	0.303

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตร ภายหลังการใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับตัวกลางชนิดต่าง ๆ

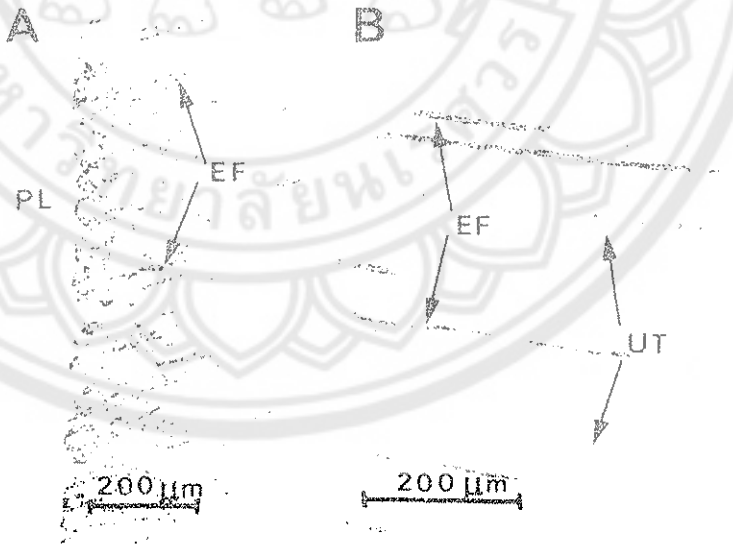
ตัวกลาง / เวลา	หลังผสมทันที	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5	วันที่ 6	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 30
mean น้ำกลั่น	9.657	8.636	7.910	7.408	7.252	7.342	7.151	7.205	7.429	7.310
SD น้ำกลั่น	0.493	0.500	0.830	0.648	0.239	0.171	0.315	0.345	0.195	0.463
mean CMCP	9.754	9.374	8.702	8.604	8.496	8.386	8.245	7.707	8.029	7.933
SD CMCP	0.566	0.508	0.469	0.656	0.515	0.399	0.299	0.266	0.383	0.316
mean คลอเฮกซิดีน	8.992	8.347	7.435	7.294	7.351	7.335	7.412	7.144	7.382	7.438
SD คลอเฮกซิดีน	0.750	0.865	0.351	0.291	0.343	0.321	0.500	0.441	0.277	0.458
mean ควบคุม	7.082	6.874	6.866	6.802	6.876	6.760	6.790	6.676	6.950	6.954
SD ควบคุม	0.105	0.142	0.115	0.178	0.163	0.316	0.221	0.274	0.127	0.389



ภาพที่ 1 ก ภาพที่ 1 ข

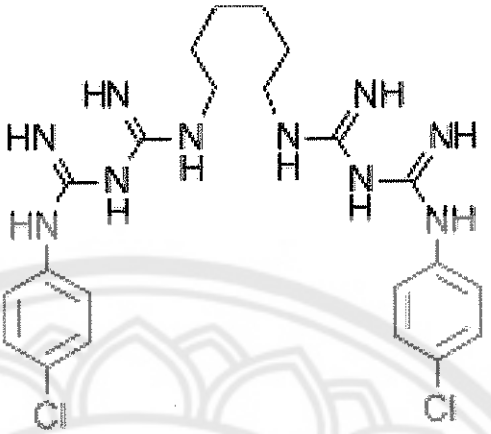
ภาพที่ 1 ภาพทางจุลกายวิภาคแสดงรอยโรคปลายรากฟัน ภาพที่ 1 ก: ภาพทางจุลกายวิภาคแสดงรอยโรคปลายรากฟันในหนูทดลองที่ปราศจากเชื้อหลังจากเนื้อเยื่อในผายผึ่ง ตำแหน่ง P แสดงถึงไม่มีการอักเสบของเนื้อเยื่อในที่ผายผึ่ง (exposed pulp) ตำแหน่ง D แสดงถึง เศษอาหารที่ทับถมอยู่ ภาพที่ 1 ข: ภาพทางจุลกายวิภาคแสดงรอยโรคปลายรากฟันในหนูทดลองปกติหลังจากเนื้อเยื่อในผายผึ่ง

ที่มา Kakehashi, Staley, and Fitzgerald, 1965, pp. 340-349



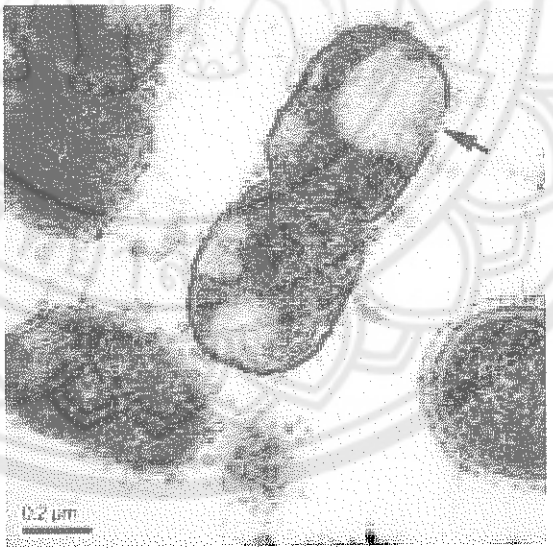
ภาพที่ 2 แสดงการแทรกผ่านของเชื้อ *Enterococcus faecalis* ในท่อเนื้อฟัน

ที่มา Haapasalo and Orstavik, 1987, pp.1375-1379



ภาพที่ 3 แสดงสูตรโครงสร้างคลอเฮกซิดีน

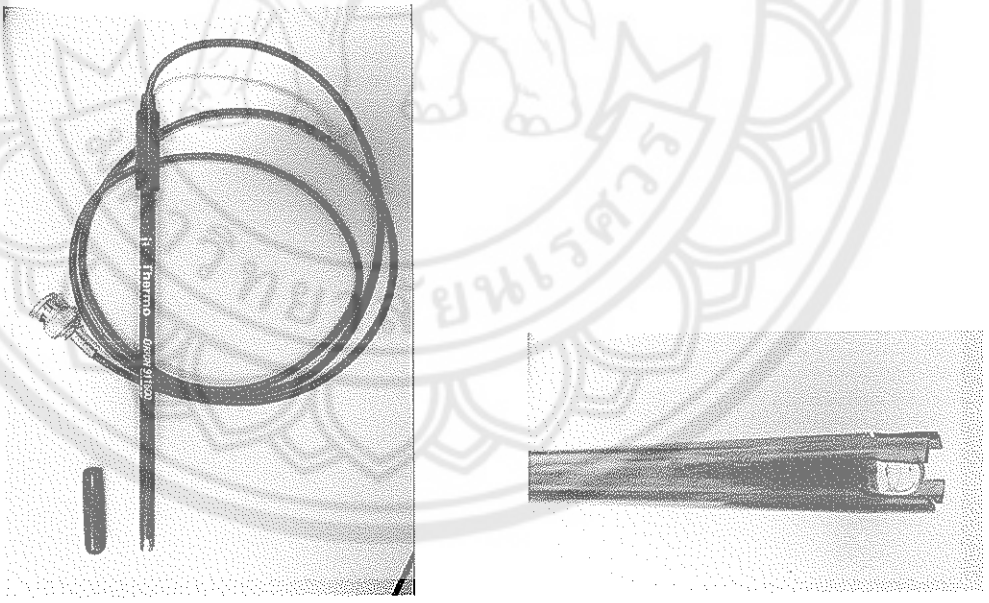
ที่มา สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2551, จากhttp://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Chlorhexidine.png



ภาพที่ 4 แสดงการแตกของเซลล์ของแบคทีเรียเนื่องจากสารละลายคลอเฮกซิดีน

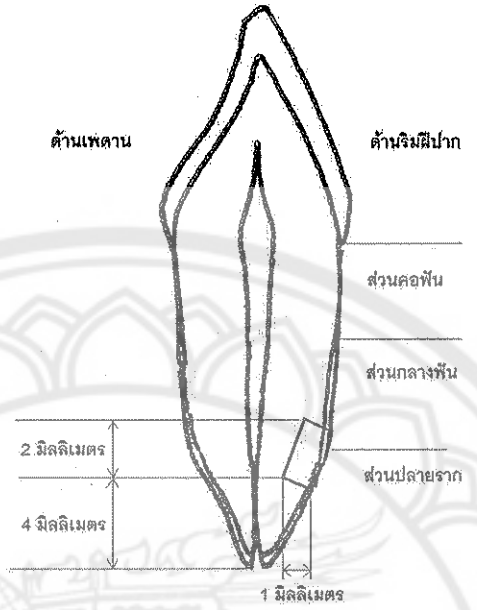
ที่มา สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2551, จาก http://prevora.com/science/coating.php

ภาพที่ 5 แสดงถึงสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน

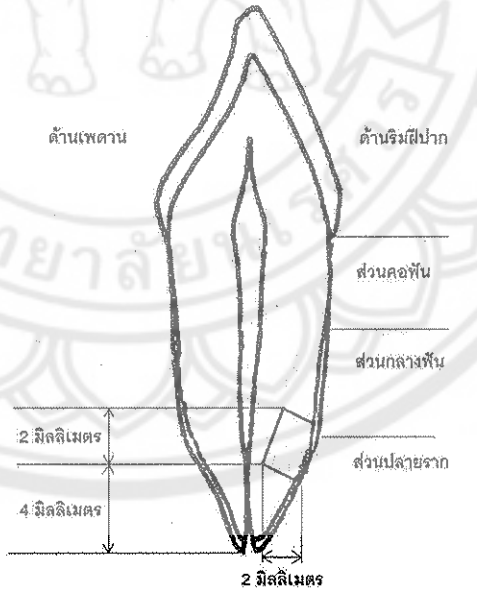


ภาพที่ 6 แสดงถึงหัวขั้วไฟฟ้า (Semi-microelectrode)
ชนิดเทอร์โม (Thermo) **รุ่น** Orion 911600

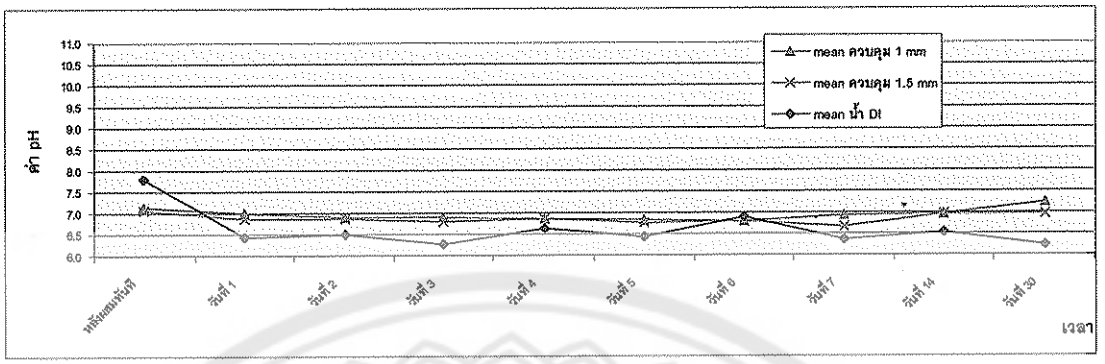
ภาพที่ 7 แสดงถึงเครื่องวัดค่าพีเอช



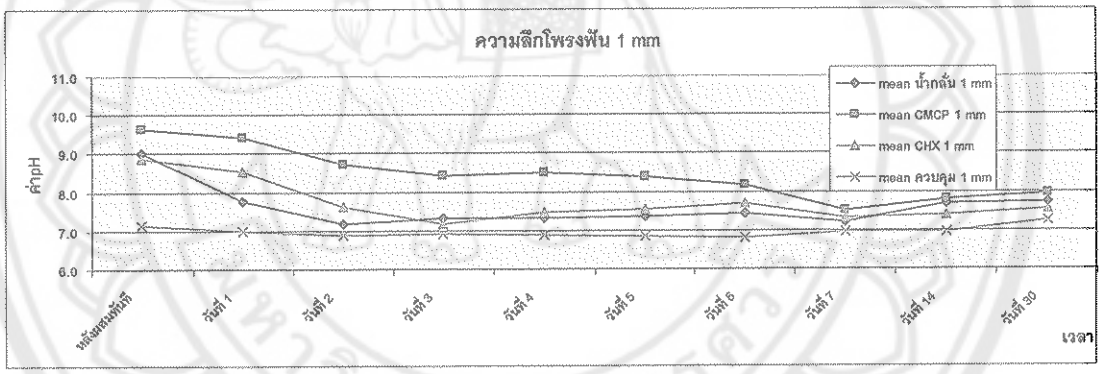
หรือ



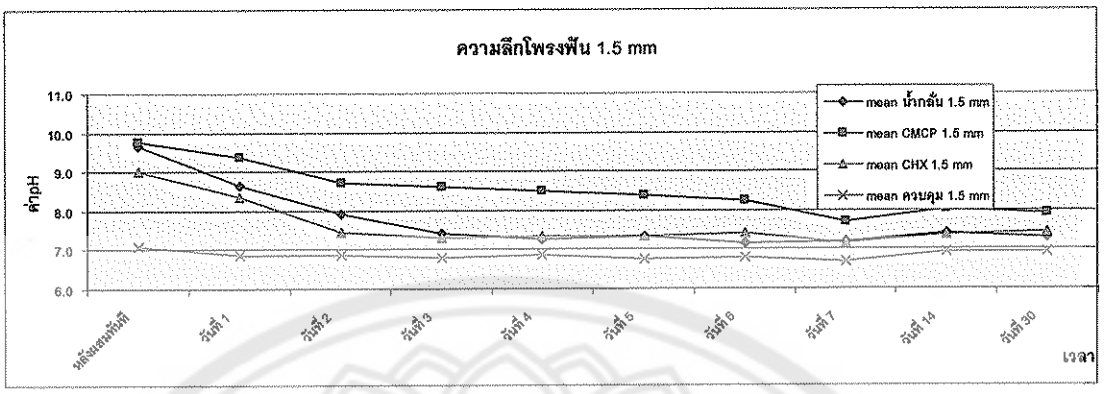
ภาพที่ 8 แสดงการกรอเตรียมโพรงฟัน



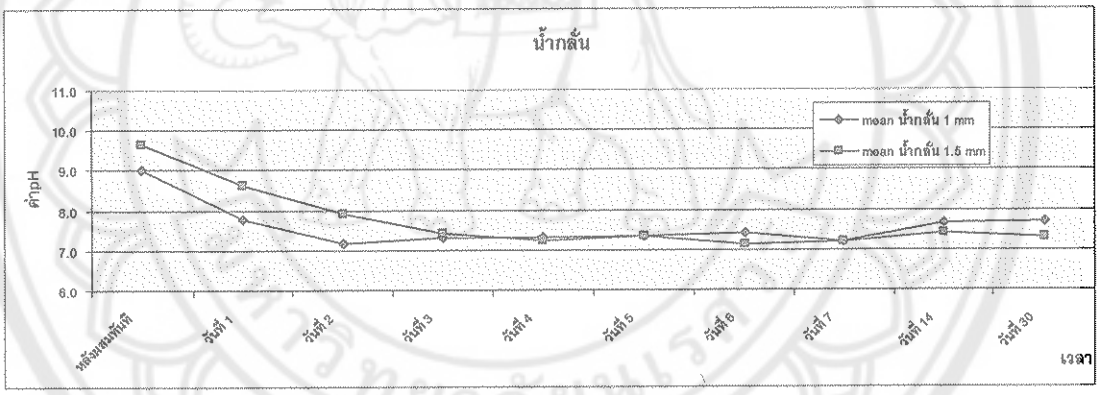
กราฟที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึกทั้งสองระดับ ภายหลังการขยายและล้างคลองรากฟัน เปรียบเทียบกับค่าพีเอชของน้ำดีไอออไนซ์ที่ใช้แช่ฟันในระยะเวลาต่าง ๆ



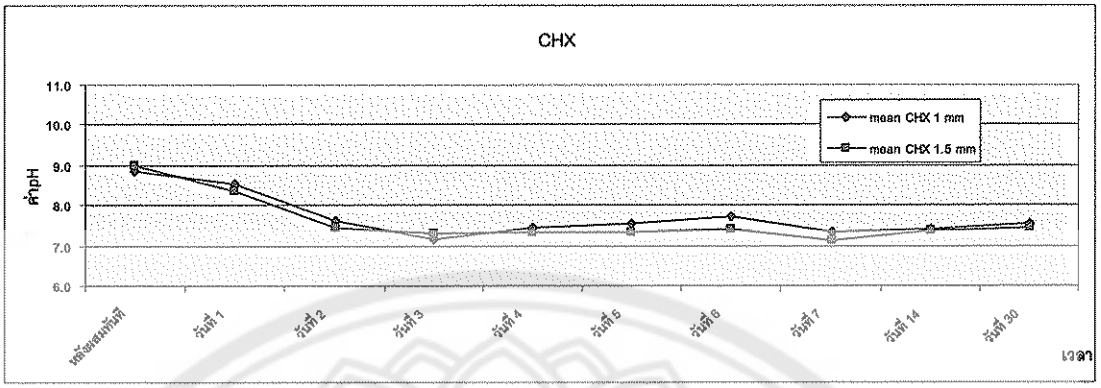
กราฟที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึก 1 มิลลิเมตรจากผิวรากฟัน ที่เกิดจากตัวกลางที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่เปลี่ยนไป



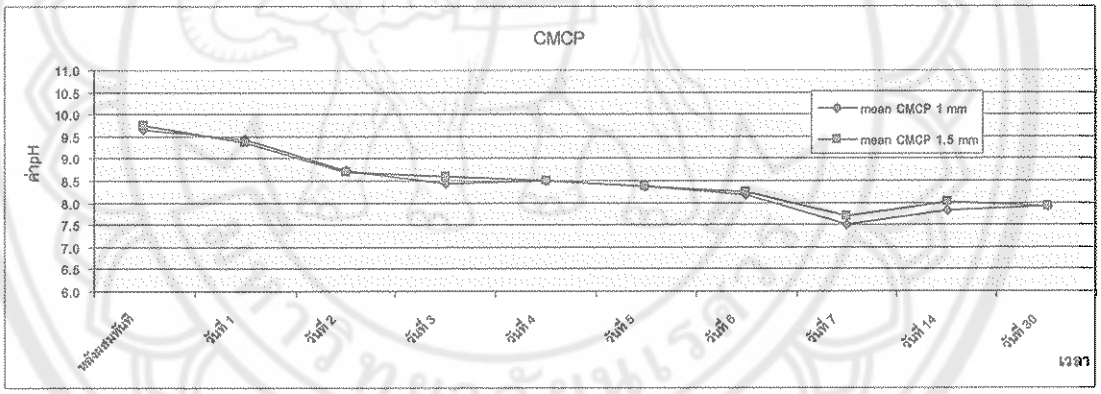
กราฟที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึก 1.5 มิลลิเมตรจากผิวรากฟัน ที่เกิดจากตัวกลางที่ใช้ผสมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ชนิดต่าง ๆ ในระยะเวลาที่เปลี่ยนไป



กราฟที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับน้ำกลั่นในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับจากผิวรากฟัน ในระยะเวลาต่าง ๆ



กราฟที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับคลอเฮกซิดีนในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับจากผิวรากฟัน ในระยะเวลาต่าง ๆ



กราฟที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย (mean) ค่าพีเอชของเนื้อฟันภายหลังใส่แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกับ CMCP ในโพรงฟันที่เตรียมที่ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับจากผิวรากฟัน ในระยะเวลาต่าง ๆ