

ผลของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกและกรดซิตริกต่อความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟัน

Effect of Ethylenediaminetetraacetic Acid and Citric Acid on the Microhardness of Root Dentin

ศิริพรรณ สุทธิสุวรรณ¹ และ ชินาลัย ปิยะชน²

Siripan Sutthisuwan¹ and Chinalai Piyachon²

¹โรงพยาบาลท่าตูม ตำบลท่าตูม อำเภوتاตูม จังหวัดสุรินทร์

¹Thatoon Hospital, Thatoon, Thatoon, Surin

²ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร

²Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Bangkok

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันเมื่อสัมผัสกับสารทดสอบ คือ กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.55 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ทำการศึกษาโดยใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดียวจำนวน 30 ซี่ แยกรากฟันออกเป็นสองส่วนตามแนวยาวในแนวแก้มลิ้น แบ่งขึ้นทดสอบแบบสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ซี่ วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของเนื้อฟันก่อนและหลังสัมผัสกับสารทดสอบโดยกดที่ผนังคลองรากฟันด้วยแรงขนาด 50 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรไม่อิสระต่อกัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนและการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรอิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผลการศึกษาพบว่าทั้งกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกและกรดซิตริกมีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลา เมื่อสัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ผนังคลองรากฟันจะมีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงมากกว่าการสัมผัสเป็นเวลา 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและลดลงมากกว่าการสัมผัสกับกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ภายใต้สภาวะของการศึกษานี้สรุปได้ว่ากรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 สามารถใช้ล้างคลองรากฟันได้โดยไม่มีผลต่อความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลา 1-5 นาที

คำสำคัญ: กรดซิตริก, เนื้อฟัน, คลองรากฟัน, กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก, ความแข็ง

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of 17 % ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) at pH 7.21 and 10 % citric acid at pH 1.55 on the microhardness of root dentin. Thirty human mandibular premolars were split longitudinally and randomly divided into six groups. Specimens were treated as follows: Gr1: 17 % EDTA for 1 min, Gr2: 17 % EDTA for 3 min, Gr3: 17 % EDTA for 5 min, Gr4: 10 % citric acid for 1 min, Gr5: 10 % citric acid for 3 min and Gr6: 10 % citric acid for 5 min. Dentin microhardness was measured with a Knoop indenter under a 50-g load and a 15-seconds dwell time. Data were statistically analyzed using Paired sample *t*-test, One-way ANOVA and Independent samples *t*-test at 5 % significance level. The results indicated that both solutions significantly decreased the microhardness of root dentin when contacted at 1, 3 and 5 minutes. The reductions of the microhardness values of root dentins that were exposed to 10 % citric acid at 3 and 5 minutes were significantly higher than those of EDTA groups. Under the conditions of this study, 17 % EDTA at pH 7.21 could be safely used as an irrigating solution without a change of dentin surface microhardness when contact time is 1-5 minutes.

Keywords: Citric Acid, Dentin, Root Canal, Ethylenediaminetetraacetic acid, Hardness

Received Date: Nov 29,2016

Accepted Date: Feb 21,2016

doi: 10.14456/jdat.2017.15

ติดต่อเกี่ยวกับบทความ:

ชินาลัย ปิยะชน. ภาควิชาทันตกรรมอนุรักษ์และทันตกรรมประดิษฐ์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ขอยสุภูมิวิท 23 แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110 ประเทศไทย โทรศัพท์: 02-6495212, 081-5506043 โทรสาร: 02-6641882 อีเมล: piyach@hotmail.com

Correspondence to:

Chinalai Piyachon. Department of Conservative dentistry and Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Srinakharinwirot University, Sukhumvit 23, Wattana, Bangkok 10110 Thailand Tel: 02-6495212, 081-5506043 Fax: 02-6641882 E-mail: piyach@hotmail.com

บทนำ

การทำให้คลองรากฟันปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การใช้สารที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อชะล้างและใส่ในคลองรากฟัน (chemomechanical method) และการใช้เครื่องมือตัดผนังคลองรากฟัน (biomechanical method) ซึ่งจะทำให้เกิดชั้นสเมียร์ (smear layer) ติดตามผนังคลองรากฟัน McComb และ Smith¹ ได้อธิบายว่าลักษณะของชั้นสเมียร์ที่เกิดขึ้นบนผนังคลองรากฟันประกอบด้วยเศษชิ้นส่วนของส่วนยื่นของเซลล์สร้างเนื้อฟัน (odontoblastic process) เนื้อเยื่อใน (dental pulp) และเชื้อจุลินทรีย์ การคงชั้นสเมียร์ไว้ในคลองรากฟันจึงอาจเป็นแหล่งอาหารให้เชื้อจุลินทรีย์ในคลองรากฟันเจริญเติบโตและก่อโรคได้ใหม่

ทั้งยังขัดขวางการแทรกซึมเข้าไปในท่อเนื้อฟันของน้ำยาล้างคลองรากฟัน ยาที่ใส่ในคลองรากฟัน รวมถึงวัสดุอุดคลองรากฟัน²⁻³

วิธีกำจัดชั้นสเมียร์บนผนังคลองรากฟันที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การล้างคลองรากฟันด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ในส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ร่วมกับการล้างด้วยสารคีเลต (chelating agents) เช่น กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกหรืออีดีทีเอ (ethylenediamine-tetraacetic acid; EDTA) กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก (citric acid) ซึ่งสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ในส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ได้

อีดีทีเอเป็นสารคีเลตชนิดแรกที่น่ามาใช้ในการทันตกรรม

อิตีที่เอสามารถละลายแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟัน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร ความเข้มข้นของสารละลายอิตีที่เอที่นิยมใช้ทางทันตกรรมคือร้อยละ 17 ค่าพีเอช (pH) ประมาณ 7 หลายการศึกษาที่ผ่านมา⁴⁻⁷ พบว่าสามารถกำจัดชั้นสเมียร์และทำความสะอาดคลองรากฟันได้ดีเมื่อมีระยะเวลาการสัมผัส ตั้งแต่ 1-15 นาที แต่การศึกษาของ Calt และ Serper⁴ พบว่าหากใช้สารละลายอิตีที่เอสัมผัสผนังคลองรากฟันเป็นระยะเวลา 10 นาที ทำให้เกิดการกัดกร่อนเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน (peritubular dentin) และเนื้อฟันระหว่างท่อเนื้อฟัน (intertubular dentin) มากเกินไป

กรดซิตริกเมื่ออยู่ในรูปของสารละลายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและซิเตรตไอออน ซึ่งไอออนทั้งสองมีผลละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน โดยไฮโดรเจนไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงฟอสเฟตไอออนออกจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ส่วนซิเตรตไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิเตรต ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ไม่มีประจุ (non-ionic soluble chelate) ในการล้างคลองรากฟันใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 1- 50 โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ความเข้มข้นร้อยละ 10 และใช้เวลาในการล้างคลองรากฟัน 2-3 นาที⁷ มีหลายการศึกษา⁸⁻¹¹ ที่ยืนยันว่ากรดซิตริกมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) กับเนื้อเยื่อปริทันต์รอบปลายรากฟันมากกว่าอิตีที่เอ จึงอาจมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันในทางคลินิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่รากฟันมีรูปลายรากฟันกว้าง

การศึกษาที่ผ่านมามักทำการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันบริเวณใกล้กับผนังคลองรากฟัน De-Deus และคณะ¹² ทำการทดสอบผลของสารละลายอิตีที่เอความเข้มข้นร้อยละ 17 สารละลายอิตีที่เอซี (EDTAC) ความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ต่อความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันพบว่าที่เวลาทดสอบ 3 นาที และ 5 นาที กรดซิตริกมีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันในชั้นลึก (deep dentin) น้อยกว่าสารละลายอิตีที่เออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ทำการทดสอบกับเนื้อฟันบริเวณผิว (superficial dentin) ที่สัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันโดยตรง

เนื่องจากอิตีที่เอและกรดซิตริกสามารถละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน จึงมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฟัน ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของเนื้อฟัน ได้แก่ ความแข็งแรง (strength) และความต้านทานต่อการแตกหัก (resistance to fracture)¹³⁻¹⁴ นอกจากนี้สมบัติทางกลที่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณแร่ธาตุของเนื้อฟันอีกอย่างหนึ่ง คือ ความแข็งระดับจุลภาค

(microhardness) เมื่อเนื้อฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุ จึงทำให้เนื้อฟันมีความแข็งลดลง¹⁴ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันที่ผนังคลองรากฟันเมื่อสัมผัสกับอิตีที่เอความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ชิ้นงานตัวอย่างทำจากฟันกรามน้อยล่างรากเดียว คลองรากฟันเดียว จำนวน 30 ซี่ ตัดตัวฟันออกจากรากฟันที่ระดับรอยต่อของเคลือบรากฟันกับเคลือบฟัน (cemento-enamel junction) เตรียมคลองรากฟันด้วยไฟล์โปรเทเปอร์ชนิดหมุนด้วยเครื่องกล (ProTaper NiTi rotary file, Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland) ขนาดเอฟ1 ถึงเอฟ5 (F1-F5) ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ล้างคลองรากฟันทุกครั้งที่เปลี่ยนขนาดเครื่องมือ โดยใช้น้ำยาปริมาตร 2 มิลลิลิตร ล้างคลองรากฟันในเวลา 30 วินาที และเมื่อขยายคลองรากฟันจนถึงไฟล์ขนาดสุดท้าย ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำรากฟันไปยัดในเรซินใสชนิดบ่มตัวด้วยตัวเอง (รูปที่ 1A) ตัดแบ่งเรซินใสเพื่อแบ่งรากฟันออกเป็นสองส่วนตามแนวยาว (longitudinal section) ในแนวแก้มลิ้น (รูปที่ 1B) โดยใช้เลื่อยความเร็วต่ำ (IsoMet™ low speed cutter) การแบ่งรากฟันตามแนวนี้ทำให้ผนังคลองรากฟันของชิ้นตัวอย่างมีลักษณะแคบและลึกเกินกว่าที่หัวกดของเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาคจะสามารถสัมผัสผนังคลองรากฟันได้ จึงจำเป็นต้องตัดแต่งเนื้อฟันบริเวณด้านข้างคลองรากฟันให้มีลักษณะลาดเอียง 45 องศา (รูปที่ 1C) โดยใช้กระดาษทรายขนาด 600 เพื่อไม่ให้เนื้อฟันด้านข้างขัดขวางการเคลื่อนที่ของหัวกด

ขัดบริเวณผนังคลองรากฟันด้วยกระดาษทรายขนาด 600 ขนาด 800 และขนาด 1000 ตามด้วยผงขัดเพชรขนาด 3 ไมโครเมตร ขนาด 2 ไมโครเมตร และขนาด 1 ไมโครเมตรตามลำดับ ด้วยเครื่องขัดผิววัสดุ แบ่งชิ้นงานตัวอย่างแบบสุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ระหว่างการทดลองเก็บแช่ชิ้นงานตัวอย่างที่เตรียมเสร็จไว้ในน้ำเกลือ (physiologic saline) ที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันก่อนสัมผัสกับสารทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งระดับจุลภาค (Microhardness Tester FM-700, Future-Tech Corp., Tokyo, Japan) ใช้หัวกดแบบนูป (Knoop hardness test indenter) ด้วย

แรงขนาด 50 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที ที่บริเวณผนังคลองรากฟัน ส่วนกลาง ครึ่งละ 3 จุด แต่ละจุดห่างกัน 200 ไมโครเมตร นำค่าความแข็งทั้ง 3 จุด มาหาค่าเฉลี่ยความแข็งก่อนสัมผัสกับสารทดสอบ

เตรียมสารละลายกรดซิตริกโดยใช้กรดซิตริกชนิดผง ความเข้มข้นร้อยละ 99.5 (บริษัทอินเตอร์พรีทีฟ จำกัด, ประเทศไทย) ปริมาณ 10 กรัม ละลายน้ำกลั่นในอุณหภูมิห้องจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำสารละลายไปใช้ทันทีหลังการเตรียม

จากนั้นนำชิ้นงานตัวอย่างเข้าในสารทดสอบตามกลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มที่ 1 2 และ 3 แช่สารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 (EndoClean by M Dent, คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, ประเทศไทย) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ กลุ่มที่ 4 5 และ 6 แช่สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่เตรียมไว้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ

หลังสัมผัสกับสารทดสอบ ล้างชิ้นงานตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร วัดค่าความแข็งระดับจุลภาคที่บริเวณ

คลองรากฟันส่วนกลาง ครึ่งละ 3 จุด แต่ละจุดห่างกัน 200 ไมโครเมตร นำค่าความแข็งทั้ง 3 จุดมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าความแข็งหลังสัมผัสกับสารทดสอบ (รูปที่ 1 D)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการทดสอบการแจกแจงข้อมูลความแข็งผิวระดับจุลภาคก่อนและหลังสัมผัสกับสารทดสอบในทุกช่วงเวลา พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติเป็นไปตามข้อตกลงของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบพาราเมตริกซ์ จึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเนื้อฟันก่อนและหลังการสัมผัสกับสารทดสอบในแต่ละช่วงเวลาด้วยการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรไม่อิสระต่อกัน (paired sample *t*-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์เปรียบเทียบการลดลงของค่าเฉลี่ยความแข็งผิวระดับจุลภาคของเนื้อฟันหลังการสัมผัสกับสารทดสอบทั้งสองที่ช่วงเวลาต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และการทดสอบความต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรอิสระต่อกัน (independent samples *t*-test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

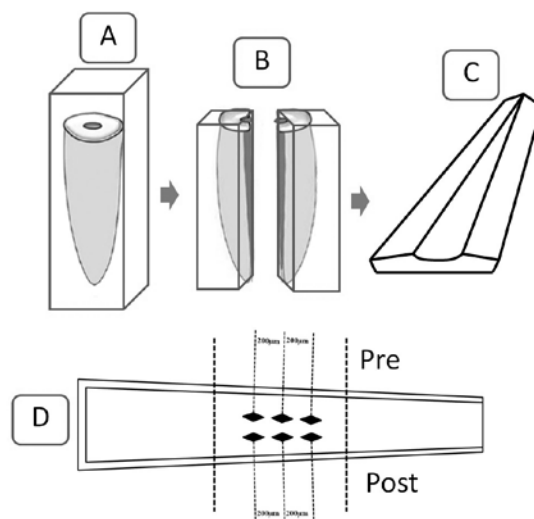


Figure 1 Specimen preparation A: Root submersion in clear acrylic resin, B: Longitudinal separation of the root through root canal, C: 45-degree bevel of root canal walls, D: Positions of Knoop impressions on the middle third of root canal wall.

ตารางที่ 1 ค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟัน ก่อนและหลังสัมผัสกับสารละลายอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 10

Table 1 Knoop hardness values of root canal dentin before and after contacted with 17 % EDTA and 10 % Citric acid

Group (N=10)	Knoop hardness value (kg.mm ⁻²)		p-value
	Pre (Mean ± SD)	Post (Mean ± SD)	
EDTA 1 min	45.70 ± 7.63	36.39 ± 4.37 ^A	.000
EDTA 3 min	55.31 ± 9.76	44.88 ± 10.52 ^A	.000
EDTA 5 min	54.93 ± 9.54	43.82 ± 9.91 ^A	.000
Citric 1 min	53.66 ± 9.77	41.11 ± 6.15 ^a	.000
Citric 3 min	60.88 ± 6.58	37.26 ± 8.08 ^b	.000
Citric 5 min	60.79 ± 12.76	34.38 ± 7.10 ^b	.000

A – No statistically significant difference ($p > 0.05$) between groups

a, b - Different letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between groups

ค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟัน หลังสัมผัสกับสารทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันก่อนสัมผัสสารทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$) ทั้งในกลุ่มที่สัมผัสกับสารทดสอบทั้งสองชนิด และในทุกช่วงเวลา (ตารางที่ 1)

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาสัมผัสสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที ไม่พบความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.595$) ของค่าความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันหลังสัมผัสกับสารละลายอีดีทีเอ ในขณะที่ผนังคลองรากฟันที่สัมผัสกับกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 เป็นเวลา 1 นาที มีค่าความแข็งระดับจุลภาคแตกต่างกับกลุ่มที่สัมผัสเป็นเวลา 3 นาที ($p=0.003$) และ 5 นาที ($p=0.000$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ระหว่างกลุ่มที่สัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.630$)

ตารางที่ 2 ความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนของผนังคลองรากฟันที่ลดลงเมื่อสัมผัสกับ อีดีทีเอความเข้มข้น

Table 2 Decreases of Knoop hardness value of root canal dentin before and after contacted with 17 % EDTA and 10 % Citric acid.

Contact time	17 % EDTA (Mean ± SD)	10 % Citric acid (Mean ± SD)
1 minute	9.32 ± 4.64 ^a	12.55 ± 5.94 ^a
3 minutes	10.43 ± 2.14 ^a	23.62 ± 6.23 ^b
5 minutes	11.11 ± 4.51 ^a	26.41 ± 7.07 ^b

Different superscript letters indicate a significant difference ($p < 0.05$) between groups.

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแข็งระดับจุลภาคที่ลดลงระหว่างกลุ่มที่สัมผัสกับอิตาลีเอและกลุ่มที่สัมผัสกรดซิตริก พบว่าที่ระยะเวลา 1 นาที ค่าความแข็งระดับจุลภาคที่ลดลงของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.192$) ส่วนกลุ่มที่สัมผัสเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที พบว่าผนังคลองรากฟันที่สัมผัสกับอิตาลีเอ มีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่สัมผัสกับกรดซิตริก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$) นอกจากนี้การสัมผัสกับกรดซิตริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ทำให้ค่าความแข็งระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันลดลงมากกว่าการสัมผัสกรดซิตริกเป็นเวลา 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การสัมผัสกับอิตาลีเอ เป็นเวลา 1 หรือ 3 หรือ 5 นาที ไม่มีการลดลงของค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทวิจารณ์

ความแข็งของเนื้อฟันเป็นคุณสมบัติที่สามารถบ่งบอกถึงการที่เนื้อฟันมีการสูญเสียหรือสะสมแร่ธาตุ เมื่อเนื้อฟันเกิดการสูญเสียแร่ธาตุจะทำให้เนื้อฟันมีความแข็งแรงลดลง¹⁵ จากการศึกษาของ Fuentes และคณะ¹⁶ พบว่าการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคแบบนูนมีความไวในการวัดความแข็งของผิวเนื้อฟัน (superficial dentin) มากกว่าการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์ส (Vickers hardness test) และเหมาะสมกับพื้นผิวที่มีลักษณะแคบและยาว เช่น คลองรากฟัน เนื่องจากรอยกดแบบนูนมีลักษณะแคบและยาวกว่าแบบวิกเกอร์ส รอยกดแบบนูนมีลักษณะเป็นรูปผลึกสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (rhombohedral) (รูปที่ 2) มีสัดส่วนระหว่างเส้นทแยงมุมด้านยาวต่อด้านสั้น 7 ต่อ 1 และมีความลึกเพียง 1 ใน 30 ของเส้นทแยงมุมด้านยาว ทำให้สามารถเห็นรอยกดได้อย่างชัดเจนถึงแม้จะใช้แรงกดที่น้อย

การกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันส่วนปลายรากฟันโดยการล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายที่มีความยากมากกว่าในคลองรากฟันส่วนต้นและคลองรากฟันส่วนกลาง จากการศึกษาของ Lui และคณะ¹⁷ พบว่าการล้างคลองรากฟันด้วยอิตาลีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที ไม่สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันส่วนปลายได้หมด แต่ถ้าใช้เครื่องอัลตราโซนิคร่วมด้วยจะทำให้กำจัดชั้นสเมียร์ได้ดีขึ้น Calt และ Serper⁴ ศึกษาโดยใช้คลองรากฟันส่วนกลางและแบ่งคลองรากฟันเป็นสองส่วน จากนั้นจึงทำการล้างคลองรากฟันทำให้ผิวฟันสัมผัสกับอิตาลีเอได้ทุกบริเวณ จึงได้ผลการทดลองว่าอิตาลีเอสามารถกำจัดชั้นสเมียร์ได้ที่เวลา 1 นาที แต่ในทางปฏิบัติ การล้าง

คลองรากฟันให้สัมผัสกับทุกบริเวณของคลองรากฟันส่วนปลายทำได้ยาก การศึกษานี้จึงออกแบบการทดลองโดยเพิ่มเวลาการสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเพื่อหวังผลเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดชั้นสเมียร์ในกรณีที่ทำการล้างในสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตามวิธีการที่ทำให้ผนังคลองรากฟันสัมผัสกับสารทดสอบในการศึกษานี้ด้วยมีข้อจำกัดของขนาดชิ้นงานทดสอบทำให้ไม่สามารถจำลองสถานการณ์การล้างผนังคลองรากฟันเช่นเดียวกับที่ปฏิบัติในการรักษารากฟันในช่องปากได้ จึงพยายามจำลองสถานการณ์ให้มากที่สุดโดยใช้วิธีการแช่ชิ้นงานทดสอบในสารทดสอบตามเวลาที่กำหนด

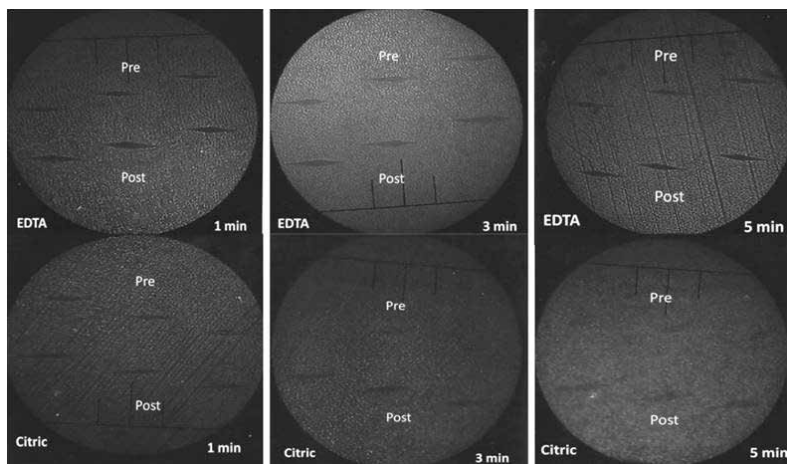
จากผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสกับอิตาลีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 และกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ทำให้ผนังคลองรากฟันมีค่าความแข็งระดับจุลภาคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาของการทดสอบ เนื่องจากอิตาลีเอสามารถดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันได้ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างอิตาลีเอและแคลเซียมไอออนสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคริสตัลฟิลด์ (Crystal field theory) ซึ่งกล่าวว่า จะเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าระหว่างแคลเซียมไอออนที่มีประจุบวกกับโมเลกุลของอิตาลีเอที่มีประจุลบเป็นผลให้เกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้าแบบเดียวกับพันธะไอออนิก ได้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร¹⁸ อิตาลีเอจึงเกิดปฏิกิริยากับเนื้อฟันได้อย่างจำกัด สำหรับกรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์เมื่ออยู่ในรูปของสารละลายจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออนและซิเตรตไอออน ซึ่งไอออนทั้งสองชนิดมีผลละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน โดยไฮโดรเจนไอออนจะทำปฏิกิริยาดึงฟอสเฟตไอออนออกจากผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ ส่วนซิเตรตไอออนซึ่งมีประจุลบจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนซึ่งมีประจุบวกเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมซิเตรตซึ่งเป็นสารคีเลตที่ไม่มีประจุ (non-ionic chelate) กรดซิตริกสามารถละลายแร่ธาตุออกจากเนื้อฟันด้วยคุณสมบัติความเป็นกรดและความเป็นสารคีเลต จึงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่างของสารละลาย ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด การละลายแร่ธาตุจะเกิดจากผลของไฮโดรเจนไอออนเป็นหลัก และถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นด่างการละลายแร่ธาตุจะเป็นผลของซิเตรตไอออนเป็นหลัก⁷

เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เนื้อฟันสัมผัสกับอิตาลีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 1 นาที 3 นาที และ 5 นาที พบว่ามีการลดลงของค่าความแข็งระดับจุลภาคไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ De-Deus และคณะ¹² ซึ่งพบว่าอิตาลีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 มีผลลดความแข็งระดับจุลภาคของเนื้อฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัส 3 นาทีไม่แตกต่างกับ 5 นาที จากการศึกษาของ Scelza และคณะ⁶ พบว่าการดึงแคลเซียม (decalcification) ออก

จากเนื้อฟันของอีดีทีเอไม่มีความสัมพันธ์กับเวลา โดยพบว่าที่ระยะเวลา 3 นาที 10 นาที และ 15 นาที อีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ทำให้มีการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันได้ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้มีผลการศึกษาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ ที่พบว่าการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันของอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ระยะเวลา 5 นาที 10 นาที และ 15 นาที ไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้ปรากฏชัดเจนว่าอีดีทีเอมีความสามารถในการดึงแคลเซียมจากเนื้อฟันแบบจำกัดตนเอง (self-limiting) เนื่องจากโมเลกุลของอีดีทีเอจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนได้ สารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร เพราะฉะนั้นจึงมีโมเลกุลของอีดีทีเอที่เกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนอย่างจำกัด และในสภาวะเป็นกลาง เมื่ออีดีทีเอสัมผัสกับเนื้อฟันจะเกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างแคลเซียมไอออนในเนื้อฟันกับไฮโดรเจนไอออนในโมเลกุลของอีดีทีเอเป็นผลให้มีไฮโดรเจนไอออนอิสระในสารละลายเพิ่มมากขึ้นทำให้สารละลายมีค่าความเป็นกรดต่างลดลง สภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดการดึงแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน นอกจากนี้ไฮโดรเจนไอออนยังมีผลไปแย่งแคลเซียมไอออนจับกับโมเลกุลของอีดีทีเอ¹⁸ กล่าวคืออีดีทีเอจะมีประสิทธิภาพการเป็น

สารคีเลตลดลงเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับเนื้อฟันนานขึ้นและเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด

ผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ พบว่าการดซิริทริคความเข้มข้นร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพการดึงแคลเซียมออกจากเนื้อฟันสูงสุดในช่วง 5 นาทีแรก และมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 10 นาที และ 15 นาที และการศึกษาของ Scelza และคณะ⁶ พบว่าการดซิริทริคความเข้มข้นร้อยละ 10 มีประสิทธิภาพการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันสูงสุดในช่วง 10 นาทีแรกและที่ช่วงเวลา 10-15 นาที เกิดการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันไม่แตกต่างกัน แต่การศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาที่จะทดลองเพิ่มระยะเวลาสัมผัสเป็น 10 หรือ 15 นาทีตามแบบทั้งสองการศึกษาข้างต้น เนื่องจากการศึกษาของ Calt และ Serper⁴ พบว่าการล้างคลองรากฟันด้วยอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อฟันรอบท่อเนื้อฟัน สอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ซึ่งเห็นแนวโน้มของข้อมูลที่ชัดเจนแล้วว่าการแช่กรดซิริทริกเป็นเวลา 3 และ 5 นาที มีผลเสียต่อความแข็งแรงของผนังคลองรากฟันมากกว่าการสัมผัส 1 นาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 2 รอยกดแบบรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนบนผนังคลองรากฟันของกลุ่มทดลองต่าง ๆ

Figure 2 Rhombohedral-shaped Knoop impressions on root dentin of the specimens

การลดลงของค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคของคลองรากฟันที่สัมผัสกับอีดีทีเอและกรดซิริทริกเป็นเวลา 1 นาที ไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็นเวลา 3 นาทีและ 5 นาที เนื้อฟันที่สัมผัสกับอีดีทีเอมีการลดลงของค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคน้อยกว่าเนื้อฟันที่สัมผัสกับกรดซิริทริก เนื่องจากโมเลกุลของอีดีทีเอจะเกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออนด้วยอัตราส่วน 1:1 แต่โมเลกุลของซิริทริกทำปฏิกิริยากับ

แคลเซียมไอออนด้วยอัตราส่วน 1:1.5²⁰ เป็นผลให้กรดซิริทริกลดค่าความแข็งแรงระดับจุลภาคของเนื้อฟันได้มากกว่าอีดีทีเอ สอดคล้องกับการศึกษาของ Yamaguchi และคณะ²¹ ที่ว่ากรดซิริทริกความเข้มข้น 0.5 โมลาริตี (molarity) สามารถละลายแคลเซียมในผงเนื้อฟันได้มากกว่าอีดีทีเอความเข้มข้น 0.5 โมลาริตี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการศึกษาของ De-Deus และคณะ¹² พบว่าอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 มีผลลดความแข็งแรงระดับจุลภาค

ของเนื้อฟันมากกว่ากรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ระยะเวลาทดสอบ 3 นาที และ 5 นาที ซึ่ง De-Deus และคณะ¹³ ใช้กรดซิดริกที่มีค่าพีเอชเป็นกลาง แต่การศึกษานี้กรดซิดริกมีค่าพีเอช 1.55 ซึ่งจากการศึกษาของ Machado-Silveiro และคณะ¹⁹ พบว่ากรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.8 สามารถละลายแคลเซียมออกจากเนื้อฟันได้มากกว่าโซเดียมซิดเรทความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 7.6 ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพในการดึงแคลเซียมไอออนออกจากเนื้อฟันของกรดซิดริกขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของสารละลายมากกว่าความสามารถในการเป็นสารคีเลต

จากการศึกษานี้พบว่ากรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 10 มีผลลดความแข็งแรงระดับจุลภาคของเนื้อฟันมากกว่าอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เนื่องจากเกิดการดึงแร่ธาตุออกจากเนื้อฟัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อฟันอาจส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของเนื้อฟัน ทั้งความแข็งแรง (strength) และความต้านทานต่อการแตกหัก (resistance to fracture)^{8,9} อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ชนิดของน้ำยาล้างคลองรากฟันและระยะเวลาในการล้างคลองรากฟันนั้น จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ประกอบด้วย ผลการศึกษานี้จึงเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นข้อหนึ่งเท่านั้น

สรุป

จากสภาวะการทดลองของการศึกษานี้สรุปได้ว่าการใช้สารคีเลตเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ในคลองรากฟันสามารถใช้สารละลายกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ค่าพีเอช 7.21 ล้างคลองรากฟันได้โดยไม่มีผลต่อความแข็งแรงระดับจุลภาคของผนังคลองรากฟันเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลา 1-5 นาที ส่วนการใช้กรดซิดริกความเข้มข้นร้อยละ 10 ค่าพีเอช 1.55 เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันไม่ควรให้กรดซิดริกสัมผัสกับผนังคลองรากฟันเป็นเวลามากกว่า 1 นาที

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

1. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1975;1:238-42.
2. Mader CL, Baumgartner JC, Peters DD. Scanning electron microscopic investigation of the smeared layer on root canal walls. *J Endod* 1984;10:477-83.
3. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2007;33:96-105.
4. Calt S, Serper A. Time-dependent effects of EDTA on dentin structures. *J Endod* 2002;28:17-9.
5. Calt S, Serper A. Smear layer removal by EGTA. *J Endod* 2000;26:459-61.
6. Scelza MF, Teixeira AM, Scelza P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:234-6.
7. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am* 2010;54:291-312.
8. Sceiza MF, Daniel RL, Santos EM, Jaeger MM. Cytotoxic effects of 10% citric acid and EDTA-T used as root canal irrigants: an in vitro analysis. *J Endod*. 2001;27:741-3.
9. Malheiros CF, Marques MM, Gavini G. In vitro evaluation of the cytotoxic effects of acid solutions used as canal irrigants. *J Endod*. 2005;31:746-8.
10. Amaral KF, Rogero MM, Fock RA, Borelli P, Gavini G. Cytotoxicity analysis of EDTA and citric acid applied on murine resident macrophages culture. *Int Endod J*. 2007;40:338-43.
11. Sousa SM, Bramante CM, Taga EM. Biocompatibility of EDTA, EGTA and citric acid. *Braz Dent J*. 2005;16:3-8.
12. De-Deus G, Paciornik S, Mauricio MH. Evaluation of the effect of EDTA, EDTAC and citric acid on the microhardness of root dentine. *Int Endod J* 2006;39:401-7.
13. Machnick TK, Torabinejad M, Munoz CA, Shabahang S. Effect of MTAD on flexural strength and modulus of elasticity of dentin. *J Endod* 2003;29:747-50.

14. Mareending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod* 2007;33:1325-8.
15. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992;71:924-8.
16. Fuentes V, Toledano M, Osorio R, Carvalho RM. Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *J Biomed Mater Res A* 2003;66:850-3.
17. Lui JN, Kuah HG, Chen NN. Effect of EDTA with and without surfactants or ultrasonics on removal of smear layer. *J Endod*. 2007;33:472-5.
18. Hülsmann M, Heckendorff M, Lennon A. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use. *Int Endod J* 2003;36:810-30.
19. Machado-Silveiro LF, González-López S, González-Rodríguez MP. Decalcification of root canal dentine by citric acid, EDTA and sodium citrate. *Int Endod J* 2004;37:365-9.
20. Voguel AL. Textbook of quantitative chemical analysis. 6th ed. New York: John Wiley& Sons Inc; 2004. cited by Cruz-Filho AM, Sousa-Neto MD, Savioli RN, Silva RG, Vanson LP, Pécora JD. Effect of chelating solutions on the microhardness of root canal lumen dentin. *J Endod* 2011;37:358-62.
21. Yamaguchi M, Yoshida K, Suzuki R, Nakamura H. Root canal irrigation with citric acid solution. *J Endod* 1996;22:27-9.