การป้องกันการเกิดตะกอนที่เกิดจากน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน

The Prevention of Precipitation between NaOCl and CHX

ปวีพงศ์ ถนอมเพ็ชรสง่า[1] ศุภศันส์ ทิศทวีรัตน์[2] และวิชชา อัศววรฤทธ์[2]

[1]คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต [2]ภาควิชาทันตกรรมหัตถการ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดตะกอนระหว่าง น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ กับ น้ำยาคลอเฮ็กซิดี เมื่อใช้น้ำยาชนิดอื่นล้างคั่นกลางโดยการใช้ฟันกรามน้อยรากเดียวของมนุษย์ที่ถอนจากการจัดฟัน จำนวน 45 ซี่ตัดส่วนของตัวฟันออกจากนั้นวัดความยาวรากฟันและขยายคลองรากฟันด้วยนิกเกิลไททาเนียมไฟล์ชนิดหมุนด้วยเครื่อง จากนั้นแบ่งฟันออกเป็น 4 กลุ่มๆ โดยกลุ่มที่ 1 (ควบคุมบวก จำนวน 5 ซี่) ล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ แล้วล้างตามด้วย น้ำยาคลอเฮกซิดีน, กลุ่มที่2 (ควบคุมลบ จำนวน10 ซี่) ล้างด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว, กลุ่มที่ 3 และ 4 (กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 15 ซี่) ใช้ น้ำยา EDTA หรือ น้ำยาไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ ล้างคั่นกลางระหว่าง น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ กับ น้ำยาคลอเฮกซิดีน ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มที่ใช้น้ำยาต่างชนิดกันมาล้างคั่นกลางพบว่าปริมาณสิ่งตกค้างในคลองรากฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มนั้นมีปริมาณสิ่งตกค้างในคลองรากฟันมากกว่ากลุ่ม negative control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังนั้นการล้างคั่นกลางด้วยน้ำยาทั้งสองชนิดไม่สามารถลดการเกิดตะกอนระหว่าง *น้ำยาโซเดียมไฮโปรคลอไรด์* กับ น้ำยาคลอเฮ็กซิดีน ได้

คำสำคัญ : *น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ น้ำยาคลอเฮ็กซิดีน ตะกอน*

Abstract

The study dealt with the effectiveness of hydrogen peroxide or EDTA used as the irrigants on prevention of interaction between NaOCl and CHX on root canal dentine through the scanning electron microscope (SEM) and an Image Processing system (Image Pro Plus). Forty-five extracted premolar single-rooted human teeth were instrumented and randomly divided in 4 groups; irrigated as follow: 2.5% NaOCl and a final flush with 2% CHX were used for group 1 (positive control); group 2 (negative control) specimens were irrigated using sterile distilled water only, group 3 and 4 (experimental groups) specimens were irrigated with the same combination in group 1,

but using 17% EDTA or 3% hydrogen peroxide as the irrigant between 2.5% NaOCl and 2% CHX; respectively. Root canal surfaces were analyzed with the ESEM. The amount of remaining debris was determined. There was more remaining debris in the experimental groups than the negative control group ($p<0.05$), but no significant different between experimental groups. From this experiment, it could be concluded that using of 17% EDTA and 3% hydrogen peroxide for root canal irrigation could not prevent the precipitation from interaction between NaOCl and CHX.

Keywords : *NaOCl, Chlorhexidine, Interaction*

---

1. บทนำ

จุดมุ่งหมายในการรักษาคลองรากฟันคือการป้องกันหรือรักษาการอักเสบของเนื้อเยื่อปลายราก ฟัน (apical periodontitis) เพื่อป้องกันและกำจัดการติดเชื้อจุลชีพในคลองรากฟัน (Orstavik and Pitt Ford, 1999) เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าขั้นตอนการขยายคลองรากฟันร่วมกับการใช้น้ำยาล้างคลองรากนั้นเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้การรักษาคลองรากฟันประสบความสำเร็จ โดยน้ำยาที่นำมาใช้ล้างคลองรากฟันจะช่วยในการกำจัดเศษเนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันหรือเนื้อฟันที่ติดเชื้อออกจากคลองรากและยังช่วยในการหล่อลื่นเครื่องมือในขณะทำการเตรียมคลองรากฟันอีกด้วย (Walton and Torabinejad, 2002) การใช้สารที่ไม่มีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อ เช่น น้ำกลั่นร่วมกับการขยายคลองรากฟันนั้นพบว่าไม่สามารถกำจัดเชื้อในคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยประมาณ 75% ของรากฟันที่ได้ทำความสะอาดแล้ว แท้ที่จริงนั้นยังมีเชื้อหลงเหลืออยู่ (Ingle and Zeldow,1958) การศึกษาต่อมาจึงมีการนำน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ซึ่งมีสมบัติต้านเชื้อมาใช้ร่วมกับการขยายคลองรากฟัน โดยพบว่าสามารถกำจัดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า (Byström and Sundqvist,1983,1985)

น้ำยาที่นำมาใช้ในการรักษาคลองรากฟันที่ดีควรมีสมบัติดังต่อไปนี้คือ ความไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อของร่างกายและความสามารถในการละลายเนื้อเยื่อในที่ตายได้ฆ่าเชื้อโรค หล่อลื่นเครื่องมือระหว่างการขยายคลองราก สามารถกำจัดชั้นสเมียร์ (smear layer) ได้และราคาถูก แต่ในปัจจุบันยังไม่มีน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดใดที่มีสมบัติครบถ้วนตามที่ได้กล่าวมา (Harrison,1984)

น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium hypochlorite, NaOCl) เป็นสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง มีค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) ประมาณ 11-12 (Thé,1979) มีลักษณะใส ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอย่างฟาง มีกลิ่นฉุนเนื่องจากกลิ่นของคลอรีน ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้สารละลายมีสมบัติฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Ostek,1988) นอกจากนี้ยังมีสมบัติที่สามารถละลายสารอินทรีย์ต่างๆของฟัน เช่น เนื้อเยื่อโพรงประสาทฟันและคอลลาเจน (collagen) โดยเมื่อน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ทำปฏิกริยากับน้ำจะเกิดกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) ซึ่งเป็นสาร ประกอบคลอรีนไม่คงตัวที่จะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่น (oxidation) กับกลุ่มซัลไฮดริล (Sulfhydryl group) ของเอนไซม์

(Enzyme)ของแบคทีเรียมีผลทำให้แบคทีเรียไม่สามารเผาผลาญพลังงาน (metabolism) และตายไปในที่สุด (Haapasalo et al., 2005) นอกจากนี้ ปริมาณคลอรีนที่ไม่คงตัวมีความสำคัญในการทำให้เกิดการแตกตัวของโปรตีนให้กลายเป็นกลุ่มอะมิโน (amino group) มีความสำคัญในการละลายสารอินทรีย์ต่างๆ ของฟันด้วย โดยที่ความเข้มข้นต่ำ (ร้อยละ 0.5 - 1) สามารถละลายเนื้อเยื่อที่ตายได้ (necrotic tissue) และเมื่อความเข้มข้นสูง (ร้อยละ 3 และ 5) สมบัติการละลายเนื้อเยื่อจะมากขึ้น (Zehnder et al., 2002) นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยามีผลทำให้สมบัติในการกำจัดเชื้อและการละลายเนื้อเยื่อดีขึ้น (Berutti and Marini,1996)

ข้อเสียของน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์คือ ลดค่า microhardness ของเนื้อฟัน (Oliveira et al., 2007) และลด flexural strength ของเนื้อฟันเมื่อความเข้มข้นสูงร้อยละ 5.25 (Sim et al., 2001) การเกินออกไปสู่เนื้อเยื่อรอบปลายรากของน้ำยาชนิดนี้ทำให้เกิดความเจ็บปวดแก่คนไข้ เกิดเลือดออกบริเวณเนื้อเยื่อ ปลายรากฟัน เกิดการอักเสบและบวม (Hūlsman and Hahn, 2000) น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ยังมีผลต่อวัสดุบูรณะฟันชนิดสารยึดติด (resin adhesive) โดยน้ำยาชนิดนี้ปล่อย oxygen-free radicals ซึ่งขัดขวางต่อการยึดติด ของเรซินกับเนื้อฟัน (Morris et al., 2001) นอกจากนี้ น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์มีความ สามารถในการกำจัดชั้นสเมียร์ค่อนข้างน้อย (Yamada et al., 1983)

คลอเฮกซิดีน (Chlorhexidine, CHX) เป็นน้ำยาอีกชนิดหนึ่งที่นำมาล้างคลองรากฟันหรือผสมกับยาฆ่าเชื้อที่ใส่ในคลองรากระหว่างการรักษา (Delany et al., 1982) มีสมบัติออกฤทธิ์กว้าง ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวก (gram positive) แกรมลบ (gram negative) รวมถึงเชื้อรา (Hennessey, 1973) โดยกลไกในการกำจัดเชื้อเกิดจากน้ำยาซึมเข้าไปในผนังเซลล์ของแบคทีเรียและทำให้เกิดการรั่วซึมขององค์ประกอบภายในเซลล์ (Davies, 1973) ในความเข้มข้นต่ำจะทำให้เกิดการรั่วของสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อย โดยเฉพาะโพแทสเซียม (potassium) และฟอสฟอรัส (phosphorus) ออกจากเซลล์ของแบคทีเรีย จึงมีผลยับยั้งในการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacteriostatic) แต่ที่ความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (bactericidal) โดยทำให้เกิดการตกตะกอนของไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ซึ่งอาจเป็นผลจากการเชื่อมต่อกันของพันธะโปรตีน (crosslink) ใน ไซโตพลาสซึม (Fardal and Turnbull,1985)

ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของน้ำยา คลอเฮ็กซิดีนในคลองรากฟันนั้นพบว่าใกล้เคียงกับน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Jeansonne and White,1994) นอกจากนี้ยังมีสมบัติ substantivity ซึ่งไฮดรอกซีอะพาไทต์ (hydroxyapatite) พื้นผิวฟัน และโปรตีนในน้ำลายจะมีการดูดซึมคลอเฮกซิดีนไว้ แล้วปลดปล่อยออกมาเมื่อความเข้มข้นของน้ำยาภายนอกลดลง ขบวนการนี้เกิดได้นานอย่างน้อย 72 ชั่วโมง (White et al., 1997) แต่คลอเฮกซิดีนนั้นไม่นิยมนำมาใช้เป็นน้ำยาหลักในการล้างคลองราก เนื่องมาจากมันไม่สามารถละลายเนื้อเยื่อตายที่หลงเหลืออยู่ได้ (Naenni et al., 2004) สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อนั้น คลอเฮกซิดีนมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อ gram-positive มากกว่า gram-negative (Emilson, 1977) โดยเฉพาะเชื้อ *E.faecalis* ซึ่งมักพบได้บ่อยครั้งในกรณีที่ฟันที่รักษารากมาแล้วล้มเหลว (Sundqvist et al.,1998)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) ความเข้มข้นร้อยละ 3 ถูกนำมาใช้ ในการรักษาคลองรากฟันเช่นกัน (Grossman,1966) โดยเป็นสาร ออกซิไดส์ชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นสารละลายใส ไม่มีกลิ่น โดยเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อและ

เศษผง จะเกิดฟองแก๊สออกซิเจนดันเศษเนื้อเยื่อและเศษผงให้ลอยขึ้นมา (Ostek, 1988) ซึ่งสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยกลไกการฆ่าเชื้อนั้นเกิดจากเมื่อไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์สัมผัสกับเนื้อเยื่อที่มีเอนไซม์ คะตะเลส และ เปอร์ออกซิเดส (catalase and peroxidase) จะแตกตัวให้แก๊สออกซิเจนซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย โดยจะไปรวมกับกลุ่มซัลไฮดริลของเอนไซม์ของแบคทีเรียและยับยั้งการเผาผลาญพลังงานของแบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียตายไปในที่สุด (Weine, 1989)

ไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์นั้นมีฤทธิ์ในการละลายเนื้อเยื่อตายได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Naenni et al., 2004) และการใช้ควรระมัดระวังไม่ให้เกินออกไปนอกปลายรากฟันเนื่องจากจะทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการ ปวด บวม มีผื่นแดงหรือเกิดภาวะมีอากาศในเนื้อเยื่อ (emphysema) ได้ (Svec and Harrison,1981)

แม้ว่าน้ำยาที่กล่าวข้างต้นนั้นมีสมบัติในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในเนื้อฟัน แต่ก็ไม่สามารถละลายส่วนอนินทรีย์ (inorganic) และป้องกันหรือกำจัดชั้นสเมียร์ได้ (Grossman,1966) จึงมีการแนะนำให้ใช้สารคีเลท (chelate) ได้แก่ สารละลายกรดเอทีลีน ไดอามีน เตตราแอซีติก หรืออีดีทีเอ (ethylene diamine tetraacetic acid,EDTA) ช่วยในการเตรียมคลองรากฟัน โดยอีดีทีเอสามารถดึงแคลเซียมไอออน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไฮดรอกซี อพาไทต์ของเนื้อฟันออกมา ได้เป็นสารประกอบแคลเซียม คีเลท (calcium chelate) ทำให้เนื้อฟันอ่อนตัวลง จึงขยายคลองรากได้ง่ายขึ้น (Morris et al., 2001)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้อีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ร่วมกับโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ทำให้ผนังคลองรากฟันสะอาด โดยพบว่าการล้างด้วยอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 นาน 1 นาทีมีประสิทธิภาพในการกำจัดชั้นสเมียร์ออกไปได้ โดยไม่เกิดการกัดกร่อนเนื้อฟัน (Calt and Serper, 2000)

การใช้น้ำยาหลายชนิดในการรักษาคลองรากฟันโดยมุ่งหวังให้คลองรากฟันสะอาด และกำจัดเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคที่เนื้อเยื่อปลายรากฟันนั้น อาจเกิดการทำปฏิกริยาระหว่างน้ำยาและเกิดสารที่ไม่พึงประสงค์ได้ โดยพบว่าการใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ร่วมกับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนจะพบตะกอนสีน้ำตาลเข้ม (dark-brown) ที่เกิดจากปฏิกริยาของน้ำยาสองตัวนี้ ซึ่งมีผลต่อการรั่วซึมของวัสดุอุดคลองรากฟันและติดสีในเนื้อฟัน (Vivacqua-Gomes et al., 2002) นอกจากนี้ยังพบว่ามี พารา คลอโรอนิลีน (para-chloroaniline ,PCA) เป็นส่วนประกอบของตะกอน ที่เกิดขึ้น (Basani et al., 2007) ซึ่งพีซีเอ เป็นสารพิษและก่อมะเร็ง เป็นพิษต่อเลือด โดยจะจับกับ haemoglobin และโปรตีนของตับและไต (Boehncke et al., 2003)

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงข้อดีและข้อจำกัดของโซเดียมไฮโปคลอไรด์และคลอเฮกซิดีน รวมถึงข้อเสียดังกล่าวข้างต้น การนำมาใช้ร่วมกันให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดหรือในกรณีที่อาจต้องมีการเปลี่ยนน้ำยาที่ใช้ล้างคลอง รากฟัน เช่นการเกิดรูทะลุระหว่างการรักษาคลองรากฟัน จึงจำเป็นที่อาจจะต้องหาน้ำยาหรือสาร ตัวอื่นๆ มาล้างคั่นกลางระหว่างน้ำยาสองชนิดนี้เพื่อให้เกิดตะกอนน้อยที่สุดหรือไม่เกิดขึ้นเลยถึงแม้ว่าจะมีการแนะนำ ให้ซับคลองรากฟันให้แห้งหลังจากล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ก่อนแล้วจึงล้างด้วยน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน (Zehnder, 2006) แต่จากการศึกษาต่อมาพบว่าวิธีนี้ไม่สามารถลดปริมาณสิ่งตกค้างที่อยู่ในคลองราก ฟันได้ (Bui et al., 2008)

2. วัตถุประสงค์

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดการลดตะกอนซึ่งเกิดจากการสัมผัสของน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ กับ คลอเฮกซิดีน ของน้ำยาล้างคั่นกลางสองชนิด คืออีดีทีเอ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

3. อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้ฟันกรามน้อยล่างรากเดียว 45 ซี่ ซึ่งถูกถอนเนื่องจากเหตุผลในการจัดฟัน และตรวจจากภาพรังสีทั้งในแนวใกล้-ไกลกลาง (mesio-distal) และแนวแก้ม-ลิ้น (bucco-lingual) ว่ามีคลองรากเดียว มีปลายรากปิด และมีรูเปิดปลายฟันพอดีกับเคไฟล์ (K-file, Synbron Endo, CA, USA) ขนาด 15 เก็บไว้ในสารละลายไทมอล (Thymol) ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ทำความสะอาดรากฟันด้านนอกด้วยเครื่องมือขูดหินปูนและกำจัดเนื้อเยื่ออ่อนที่ติดอยู่

จากนั้นตัดส่วนของตัวฟันออกจนเหลือความยาวรากที่ระดับ 14 มิลลิเมตร (millimeter) โดยใช้เครื่องกรอฟันชนิดเร็ว และหัวกรอกากเพชรชนิดเรียวปลายสอบ (diamond taper bur) วัดความยาวรากฟันโดยใช้เคไฟล์ขนาด 15 ผ่านตลอดคลองรากฟันจนทะลุพอดีรูเปิดคลองรากฟัน (apical foramen) ลดความยาวลง 1 มิลลิเมตร เป็นความยาวที่ใช้ในการทำงาน (working length) ขยายด้วยเคไฟล์ขนาด 15 จนเครื่องมือดังกล่าวผ่านได้สะดวก

จากนั้นขยายคลองรากฟันโดยใช้นิกเกิลไททาเนียมไฟล์ชนิดหมุนด้วยเครื่อง (rotary nickel titanium file, K3® SybronEndo, CA, USA) ด้วยเทคนิคคราวน์ดาวน์ (crown down technique) โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าความเร็ว 350 รอบต่อนาที (rpm) ขยายคลองรากฟันจนสิ้นสุดที่ขนาด 40 ความสอบ ร้อยละ 6 และใช้สารหล่อลื่น อาร์ซีเพรป (RC prep®, Stone Pharmaceutical, PA, USA) ระหว่างขยายในแต่ละครั้งที่เปลี่ยนขนาดเครื่องมือจะล้างคลองรากด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหิดล, กรุงเทพ, ประเทศไทย) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ครั้งละ 2 มิลลิลิตร (millilitre) โดยสอดเข็มขนาด (gauge) 27 ห่างจากความยาวรากที่ได้วัดไว้ประมาณ 1 มิลลิเมตร หลังการขยายคลองรากด้วย ไฟล์ขนาดสุดท้าย แล้วสอดไฟล์ขนาด 15 ให้ผ่านปลาย รากออกไป 1 มิลลิเมตรเพื่อกำจัดเศษเนื้อฟันอุดตัน แล้วจึงล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาอีดีทีเอ (คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ, ประเทศไทย) ความเข้มร้อยละ 17 จำนวน 2 มิลลิลิตร 1 นาที (Calt and Serper,2002) และตามด้วย น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มร้อยละ 2.5 จำนวน 2 มิลลิลิตร เพื่อกำจัด dentin debris และชั้นสเมียรที่เกิดจากการขยาย คลองรากฟัน แล้วซับคลองรากฟันให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองราก (คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ, ประเทศไทย)

ทำการสุ่มฟันเพื่อแบ่งฟันออกเป็น 4 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่ม positive control (5 ซี่) , negative control (10 ซี่) และกลุ่มทดลองกลุ่มละ 15 ซี่

การทดลองกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่ไม่ใช้น้ำยาชนิดอื่น เป็นตัวคั่นกลาง (positive control group)

ล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วล้างตามด้วยน้ำยาคลอเฮกซิดีน (คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพ , ประเทศไทย) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นซับให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองราก

การทดลองกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ล้างด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว (negative control)

ล้างด้วยน้ำกลั่น (คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพ, ประเทศไทย) ปริมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นซับให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองราก

การทดลองกลุ่มที่ 3 ใช้น้ำยาอีดีทีเอล้างคั่นกลางระหว่างน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับคลอ-เฮกซิดีน

ล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดูดน้ำยาส่วนเกินออกด้วย plastic syringe 5 ml. เข็ม G. 27 (NIPRO(Thailand), พระนครศรีอยุธยา, ประเทศไทย) แล้วล้างตามด้วยน้ำยา EDTA ความเข้มข้นร้อยละ 17 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดูดน้ำยาส่วนเกินออก ด้วยวิธีเดียวกันจากนั้นล้างด้วยน้ำยาคลอเฮกซิดีน ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ดูดน้ำยาส่วนเกิน ออก ซับให้แห้งด้วยกระดาษซับคลองราก

การทดลองกลุ่มที่ 4 ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ล้างคั่นกลางระหว่างน้ำยา โซเดียมไฮโป-คลอไรด์กับคลอเฮกซิดีน

ทำวิธีเดียวกับการทดลองกลุ่มที่ 3 แต่ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (องค์การเภสัชกรรม, กรุงเทพ, ประเทศไทย) โดยเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นร้อยละ 3 เป็นตัวล้างคั่นกลาง แทน น้ำยา EDTA

หลังจากนั้นนำชิ้นตัวอย่างทั้งหมดมาอุดปิดทางเข้าสูคลองรากด้านบนด้วยเควิท (Cavit®, 3MESPE GmbH, Seefeld, Germany) ให้มีความหนาอย่างน้อย 4 มิลลิเมตร

นำฟันมาบากร่องที่ด้านใกล้และไกลกลางด้วยแผ่นตัดชนิดกากเพชร (diamond disc , Intensiv , Swiss dental diamond , Switzerland) โดยระวังไม่ให้ทะลุถึงในคลองรากแล้วจึงผ่าแบ่งครึ่งตามแนวยาวด้วยมีดตัด (cutter) เลือกหนึ่งซีกมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตาพร้อมไฟส่องบนจอภาพและสเกลบอกขนาด (Nikon ECLIPSE E400 PDL, Japan) เพื่อดูลักษณะของตะกอนที่เกิดขึ้น และอีกซีกหนึ่งนำไปส่องกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy : SEM, JOEL Ltd., Tokyo, Japan) เพื่อดูความสะอาดของพื้นผิวหลังจากทำให้เกิดตะกอนบนพื้นผิวคลองรากที่ระดับต่างๆ กันของคลองรากฟัน

นำตัวอย่างฟันทั้งหมดแช่ในน้ำยาฟอร์มาลิน (Formalin) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปทำ serial dehydrated ด้วยแอลกอฮอล์ (ethanol solution ความเข้มข้นร้อยละ 70, 80, 90 และ100) แล้วจึงนำฟันมาเคลือบด้วยทอง (gold coatSP, Struture Prope, West Chester, USA) เพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด แบ่งคลองรากฟันเป็น 3 ส่วนคือส่วนบน (coronal) ส่วนกลาง (middle) และส่วนปลาย (apical) ในแต่ละส่วนของคลองรากฟันจะศึกษา ตำแหน่งกึ่งกลางของคลองรากฟันส่วนละ 2 ภาพด้วยกำลังขยาย 2,000 เท่า ซึ่งจะได้ภาพรวม 270 ภาพจากตัวอย่าง 45 ชิ้น

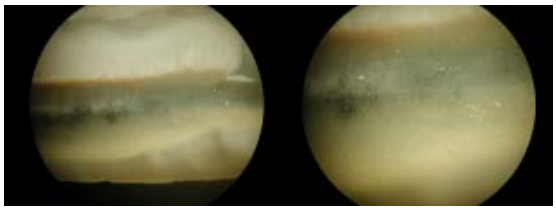
นำภาพที่ได้มาคำนวนหาพื้นที่ที่มีสิ่งตกค้างหลงเหลืออยู่จากการล้างด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันในกลุ่มต่าง ๆ ด้วย ImagePro Plus (Image Processing system,Semaflore Program, USA)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทำโดยนำพื้นที่ๆ ได้มาหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละส่วนของรากฟันของแต่ละกลุ่ม จากนั้นนำมาทดสอบการกระจายของข้อมูล พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติจึงใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบไร้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

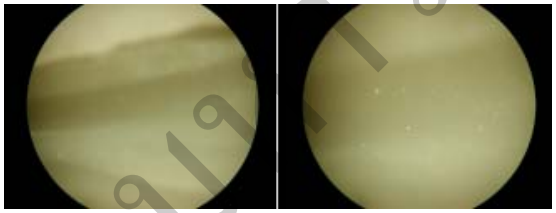
4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตาของทั้งสี่กลุ่มที่กำลังขยาย 80 และ 100 เท่า พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้น้ำยาชนิดอื่นล้างคั่นกลาง

(positive control) จะพบตะกอนสีส้มแดงที่เกิดจากปฏิกริยาของน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮกซิดีนกระจายอยู่ทั่วคลองรากฟันอย่างชัดเจน และเนื้อฟันโดยรอบจะติดสีส้ม (รูปภาพที่ 1) ส่วนในกลุ่มทดลองที่ใช้น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่างๆ ล้างคั่นจะไม่พบลักษณะของตะกอนดังกล่าว หรืออาจแยกได้ยากจากสีของเนื้อฟันจากกล้องจุลทรรศน์ (รูปภาพที่ 2)



รูปภาพที่ 1 แสดงลักษณะของตะกอนสีส้มแดงที่เกิดขึ้นจากปฏิกริยาของน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮกซิดีนเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตา ที่กำลังขยาย 80 และ 100 เท่าตามลำดับ



รูปภาพที่ 2 แสดงลักษณะของผิวเนื้อฟันในคลองรากฟันในกลุ่มทดลอง ที่ใช้น้ำยาอีดีทีเอเป็นตัวคั่นกลางเมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตาที่กำลังขยาย 80 และ 100 เท่าตามลำดับ

เมื่อคำนวนปริมาณสิ่งตกค้างที่เหลืออยู่ภายในคลองรากฟันจากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราด พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้น้ำยาชนิดอื่นเป็นตัวคั่นกลาง (positive control) มีปริมาณสิ่งตกค้างในคลองรากฟันทั้งสามบริเวณมากกว่ากลุ่มที่ล้างด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว (negative control) (ตารางที่ 1) ส่วนกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มที่ใช้น้ำยาต่างชนิดกันมาล้างคั่นกลางระหว่างน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์และน้ำยาคลอเฮกซิดีน พบว่าปริมาณสิ่งตกค้างในคลองรากฟันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)* แต่ทั้งสองกลุ่มนั้นมีปริมาณสิ่งตกค้างในคลองรากฟันมากกว่ากลุ่ม negative control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสิ่งตกค้างในแต่ละระดับของกลุ่มควบคุมลบ (negative control) และกลุ่มทดลองพบว่าที่ระดับส่วนบน (coronal), ส่วนกลาง (middle) และส่วนปลาย (apical) ของคลองรากฟันกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีปริมาณสิ่งตกค้างมากกว่ากลุ่มควบคุมลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)* (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสิ่งตกค้างที่เหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน (ร้อยละ) ในกลุ่มควบคุม

	mean ± SD	
ตำแหน่งในคลองรากฟัน	Positive control	Negative control
coronal third	37.51 ± 15.97	0.24 ± 0.14
middle third	46.77 ± 13.95	0.31 ± 0.24
apical third	64.26 ± 19.66	0.64 ± 0.42

SD, standard deviation

ในแต่ละกลุ่มทดลองนั้น พบว่ากลุ่มที่ใช้น้ำยาอีดีทีเอเป็นตัวคั่นกลางจะมีปริมาณสิ่งตกค้างที่ส่วนปลายรากฟันมากกว่าส่วนบนของคลองรากฟันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)* ส่วนในกลุ่มที่ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์บริเวณส่วนปลายของคลองรากฟันจะมีปริมาณสิ่งตกค้างมากกว่าส่วนบนและส่วนกลางของคลองรากฟันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)* (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสิ่งตกค้างที่เหลืออยู่ภายในคลองรากฟัน (ร้อยละ) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมลบ (negative control) และกลุ่มทดลอง

mean ± SD

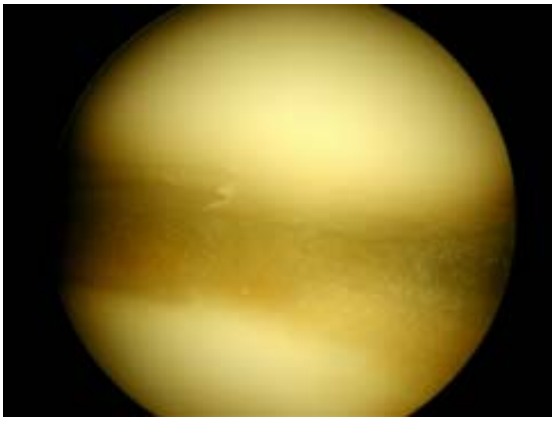
ตำแหน่งในคลองรากฟัน	Negative control	น้ำยาอีดีทีเอ	น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออก ไซด์
coronal third	0.24 ± 0.14	3.7 ± 4.37	4.91 ± 4.06
middle third	0.31 ± 0.24	6.37 ± 4.67	3.94 ± 4.85
apical third	0.64 ± 0.42	12.45 ± 8.71	9.33 ± 7.07

SD, standard deviation

5. อภิปรายผล

จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ร่วมกับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนล้างในคลองรากฟันที่เตรียมไว้ จะพบตะกอนที่มีลักษณะเป็นปุยสีส้มลอยขึ้นมาที่ส่วนต้นของคลองรากฟันเช่นเดียวกับ การศึกษาที่ผ่านมา (รูปภาพที่3) โดยเมื่อผ่าครึ่งของรากฟันนำมา ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตาพบว่าพื้นผิวของเนื้อฟันในคลองรากจะมีตะกอนนี้ติดอยู่ทั่วไป โดยในบริเวณปลายรากฟันจะพบมากที่สุด ส่วนบริเวณอื่นๆที่ไม่พบตะกอนจะพบลักษณะของเนื้อฟันที่ติดสีส้มแดง (รูปภาพที่ 4) ซึ่งเมื่อล้างด้วยน้ำยาชนิดอื่นคั่นระหว่างน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนจะไม่พบลักษณะดังกล่าว เมื่อนำตะกอนที่ได้ไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดและเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากกลุ่มทดลอง พบว่าทั้งสองกลุ่มทดลองจะพบ สิ่งตกค้าง ที่มีลักษณะคล้ายกับตะกอนที่เกิดจากน้ำยาสองชนิดนี้ (รูปภาพที่5และ6) หลงเหลืออยู่ จึงอาจเป็นไปได้ว่ายังคงมีตะกอนที่เกิดจากน้ำยาสองชนิดนี้หลงเหลืออยู่ในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่ม แต่มีขนาดเล็กมากซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้จากกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายไม่มากนัก

รูปภาพที่ 3 แสดงลักษณะของตะกอนสีส้มแดงที่เกิดขึ้นเมื่อล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน



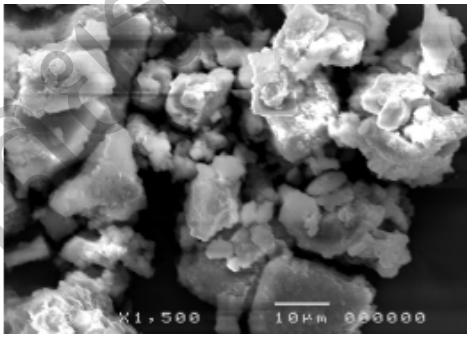
รูปภาพที่ 4 แสดงลักษณะของผิวเนื้อฟันรอบๆ ในกลุ่มควบคุม (positive control) ซึ่งจะพบว่ามีการติดสีส้มแดง

มหาวิทยาลัยรังสิต

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของสิ่งตกค้างของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มพบว่ามีปริมาณมากกว่ากลุ่มควบคุม (negative control) แต่ในกลุ่มที่ใช้น้ำยาต่างชนิดกันคั่นระหว่างน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนนั้นให้ผลไม่ต่างกัน *(p>0.05)* จากการศึกษานี้ทำให้ตระหนักว่าการใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ร่วมกับคลอเฮ็กซิดีนในการรักษาคลองรากฟันนั้นควรจะใช้แยกกันในแต่ละครั้งที่ทำการรักษาหรืออาจจะต้องใช้น้ำยาคั่นกลางปริมาณมากกว่าที่ใช้ในการศึกษานี้หรือใช้น้ำยาชนิดอื่นแทนซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

นอกจากนี้ระดับของคลองรากฟันนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของสิ่งตกค้างที่พบ โดยในกลุ่มที่ใช้น้ำยาอีดีทีเอเป็นตัวคั่น บริเวณส่วนปลายรากฟันจะพบตะกอนมากกว่าที่ส่วนบน *(p<0.05)* ในขณะที่ส่วนบนและส่วนกลางของคลองรากฟันไม่ต่างกัน ในกลุ่มที่ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ล้างคั่นพบว่าปริมาณสิ่งตกค้างในส่วนปลายรากฟันมากกว่าส่วนบนและส่วนกลางคลองรากฟัน *(p<0.05)* ที่เป็นเช่นนี้ก็อาจเป็นเพราะบริเวณส่วนปลายรากฟันนั้นมีขนาดเล็กซึ่งการชะล้างทำได้ยาก อาจยังมีน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่หลงเหลืออยู่ทำปฏิกริยากับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน และแม้ว่าจะมีการศึกษาของที่ผ่านมา (Rasimick et al.,2008) จะพบตะกอนที่เกิดจากน้ำยาอีดีทีเอกับน้ำยาคลอเฮ็ก - ซิดีน แต่จากการศึกษานำร่อง (pilot study) โดยการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาสองชนิดนี้ร่วมกันแล้วทำการดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดกลับไม่พบตะกอนของที่เกิดจากปฏิกริยาของน้ำยาทั้ง สอง ดังนั้นการใช้น้ำยาอีดีทีเอเป็นตัวคั่นจึงไม่น่าจะมีผลทำให้สิ่งตกค้างในคลองรากฟันมากขึ้น

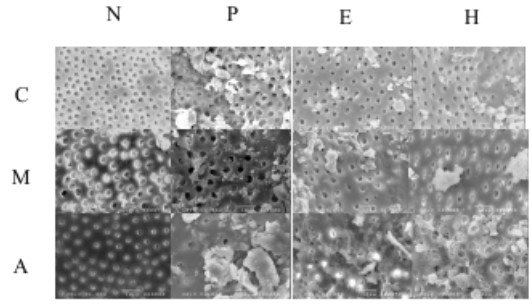
เป็นที่น่าสังเกตว่าในกลุ่มที่ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวคั่นนั้น ส่วนบนของคลองรากฟันจะมีปริมาณสิ่งตกค้างมากกว่าในส่วนกลางของคลองรากฟัน แม้จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่างกับกลุ่มที่ใช้น้ำยาอีดีทีเอเป็นตัวล้างคั่น ที่พบว่าระดับปลายรากจะพบมากสุด รองลงมาคือที่กลางรากฟันและส่วนบนของรากฟันตามลำดับ และที่ระดับปลายรากฟันของกลุ่มที่ล้างคั่นด้วยน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะพบปริมาณตะกอนน้อยกว่ากลุ่มที่ล้างคั่นด้วยน้ำยาอีดีทีเอ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อสัมผัสน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์จะเกิดฟองก๊าซและดันน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ในส่วนปลายรากฟันขึ้นมาด้วย มีผลให้เกิดการสัมผัสกับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนน้อย



รูปภาพที่ 5 แสดงลักษณะตะกอนในกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1500 เท่า

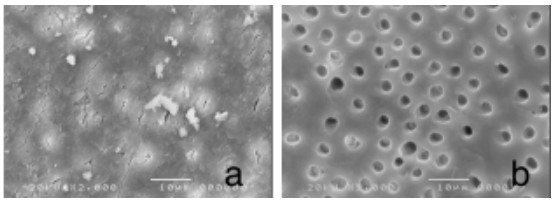
จากการศึกษานี้ในแต่ละชิ้นตัวอย่างจะกำจัดชั้นเสมียร์ออกก่อน เพื่อศึกษาเฉพาะสิ่งตกค้างที่หลงเหลือ ในคลองรากฟัน โดยจากการศึกษานำร่องพบว่าลักษณะของสิ่งตกค้างที่หลงเหลืออยู่ในคลองรากฟันทุกกลุ่มแตกต่างจากลักษณะของชั้นเสมียร์ที่เกิดจากการขยายคลองรากฟัน พบว่าชั้นเสมียร์ที่เกิดขึ้นจากการขยาย คลองรากฟันมีลักษณะพื้นผิวชั้นเดียวที่ปกคลุมเนื้อฟันในคลองรากฟันโดยตลอดและไม่สามารถเห็นท่อเนื้อฟัน (dentinal tubule) (รูปภาพที่ 7a) แต่เมื่อกำจัดชั้นเสมียร์ด้วยน้ำยาอีดีทีเอจะไม่พบลักษณะเช่นนี้ (รูปภาพที่ 7b)

ส่วนในกลุ่มทดลองนั้นลักษณะ ของตะกอนที่เกิดจากน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนซึ่งตะกอนที่ได้มีลักษณะพื้นผิวที่ขรุขระ (irregular shape) กระจายไปบนพื้นผิวคลองรากฟัน โดยจะอยู่เป็นกลุ่มก้อน แต่ยังสามารถมองเห็นท่อเนื้อฟัน (Dentinal tubules) ได้



รูปภาพที่ 6 แสดงลักษณะของความสะอาดของพื้นผิวหลังจากทำให้เกิดตะกอนในกลุ่มต่าง ๆ (N แทน กลุ่ม negative control, P แทน กลุ่ม positive control, E แทน กลุ่มที่ล้างคั่นด้วยน้ำยาอีดีทีเอ, H แทน กลุ่มที่ล้างคั่นด้วยน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, C แทน ส่วนบนของคลองรากฟัน, M แทน ส่วนกลางของคลองรากฟัน และ A แทน ส่วนปลายของคลองรากฟัน

การใช้เครื่อง ImagePro Plus ช่วยในการวัดปริมาณ สิ่งตกค้างที่เหลืออยู่ในคลองรากฟันนั้นทำให้ได้ผลที่ออกมาใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างความสว่างและมืด (contrast) ของสิ่งตกค้างกับเนื้อฟัน รวมถึงการใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ที่มีอยู่ ในเครื่องมาใช้คำนวนพื้นที่สิ่งตกค้างในภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน ซึ่งค่าที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปของเปอร์เซนต์ต่อพื้นที่ในภาพ ต่างกับการใช้ระดับคะแนนที่แบ่งเป็นระดับต่างๆ ดังเช่นการศึกษาอื่น ๆ ซึ่งจะมีช่วงของระดับที่ค่อนข้างกว้าง



รูปภาพที่ 7 แสดงลักษณะของพื้นผิวคลองรากฟันที่เกิดชั้นสเมียร์จากการขยายคลองรากฟัน (a) และเมื่อล้างด้วยน้ำยาอีดีทีเอ (b)

6. บทสรุป

จากการศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดส่องกราดและกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ชนิดสามกระบอกตาพร้อมไฟส่องบนจอภาพและสเกลบอกขนาดในห้องปฏิบัติการของฟันกรามน้อยล่างรากเดี่ยวซึ่งได้รับการขยายคลองราก และล้างด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ร่วมกับกำจัดชั้นสเมียร์ด้วยน้ำยาอีดีทีเอ พบว่าเมื่อมีน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนเป็นน้ำยาล้างคลองรากร่วมนั้น กลุ่มที่ล้างด้วยน้ำยาอีดีทีเอก่อนล้างด้วยน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน มีปริมาณสิ่งตกค้างเหลืออยู่ภายในคลองรากฟันไม่ต่างจากกลุ่มที่ใช้น้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นน้ำยาล้างคั่นกลาง *(p>0.05)* แต่ทั้งสองกลุ่มมีสิ่งตกค้างเหลือมากกว่ากลุ่มที่ล้างด้วยน้ำกลั่น *(p<0.05)*

ผลการศึกษาทำให้ตระหนักว่าการล้างคั่นกลาง ด้วยน้ำยาอีดีทีเอและน้ำยาไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ ไม่สามารถป้องกันการเกิดตะกอนจากปฏิกริยาระหว่างน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์กับน้ำยาคลอเฮ็กซิดีนได้ ดังนั้นจึงควรจะใช้น้ำยาสองชนิดนี้แยกกันในแต่ละครั้งที่ทำการรักษา หรืออาจจะพิจารณาใช้เครื่องมือชนิดอื่น เช่น เครื่องอัลตร้าโซนิคที่อาศัยการสั่นสะเทือนร่วมกับน้ำยาชนิดอื่น เช่นน้ำกลั่น เป็นตัวกำจัดเอาน้ำยาโซ เดียมไฮโปคลอไรด์ที่ตกค้างอยู่ในคลองรากฟันก่อนที่จะล้างด้วยน้ำยาคลอเฮ็กซิดีน อาจจะให้ผลที่ดีกว่าเป็นต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยวิจัยคณะทันต-แพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำแนะนำในการทดลอง ช่วยเตรียมการทดลอง รวมทั้งเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัย

สุดท้ายขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ได้แก่รองศาสตราจารย์วิชชา อัศววรฤทธิ์ และอาจารย์สุภศันส์ ทิศทวีรัตน์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งให้คำปรึกษาและชี้แนะสิ่งที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

8. เอกสารอ้างอิง

Berutti E, Marini R. (1996). A scanning electron microscope evaluation of the debridement capacity of sodium hypochlorite at different temperature. J Endod,22,467-470.

Bui TB, Baumgartner JC, Mitchell JC. (2008). Evaluation of the Interaction between Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Gluconate and its Effect on Root Dentin. J Endod ,34,181-185.

Calt S,Serper A. (2000). Smear layer removal by EDTA. J Endod ,26,459-461.

Çalt S, Serper A. (2002). Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. J Endod,28, 17-19.

Delany GM, Patterson Ss, Miller CH, Newton CW. (1982). The effect of chlorhexidine gluconate irrigation on the root canal flora of freshly extracted necrotic teeth. Oral Surg,53, 518-523.

Emilson CG. (1977). Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine. Scand J Dent Rest, 85, 255-265.

Grossman LI. (1966). EndodonticPractice.6th ed. (pp.224-232).Philadelphia:Lea & Febiger.

Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil JM. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. Endodontic Topics 2005,10,77-102.

Harrison JW. (1984). Irrigation of the Root Canal System. Dent Clin North Am, 28, 797-808.

Hennessey TD. (1973). Some antibacterial properties of chlorhexidine. J periodont Res ,8,Suppl 12, 61-67.

Hülsmann M, Hahn W. (2000). Complications during root canal irrigation-literature review and case reports. Int Endod J , 33,186-193.

Ingle JI, Zeldow BJ. (1958). An evaluation of mechanical instrumentation and the negative culture in endodontic therapy. J Am Dent Assoc ,57(4),471-476.

Jeansonne MJ, White RR. A (1994). Comparison of 2.0% Chlorhexidine Gluconate and 5.25% Sodium Hypochlorite as Antimicrobial Endodontic Irrigants.J Endod,20,276-278.

Morris MD, Lee K-W, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. (2001). Effects of Sodium Hypochlorite and RC-Prep on Bond Strengths of Resin Cement to Endodontic Surfaces. J Endod,27,753-757.

Naenni N, Thoma K, Zehnder M. (2004). Soft Tissue Dissolution Capacity of Currently Used and Potential Endodontic Irrigants. J Endodon, 30, 785-787.

Oliveira LD, Carvalho CAT, Nunes W, Valera

MC, Camargo CHR, Jorge AOC. (2007). Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod ,104,e125-e128.

Ostek EM. (1988). Endodontic medicaments and irrigating solution. In .: Holroyd, SV, Wynn RL, Clark RR. eds. Clinical Pharmacology in dental practice 4th ed. (pp.505-519),St. Louis . The C.V. Mosby.

Orstavik D, Pitt Ford TR. (1999). Essential Endodontology 2nd edn. (pp.228). Cambridge, UK :Blackwell Z Science.

Rasimick BJ, Nekich M, Hladek MM, Musikant BL, Deutsch AS. (2008). Interaction between Chlorhexidine Digluconate and EDTA. J Endon,34,1521-1523.

Sim TPC, Knowles JC, NG Y-L, Shelton J, Gulabivala K. (2001). Effect of sodium hypochlorite on mechanical properties of dentine and tooth surface strain. Int Endod J , 34,120-132.

Sundqvist G, Figdor D, Persson S, S ∫ ögren U. (1998). Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod ,85,86-93.

Svec TA, Harrison JW. (1981). The effect of effervescence on debridement of the apical region of root canals in single-rooted teeth. J Endod,7,335-340.

Thé SD. (1979). The solvent action of sodium hypochlorite on fixed and unfixed necrotic tissue. Oral Surg Oral Med Oral Pathol , Jun, 47,558-61.

Vivacqua-Gomes N, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ.(2002). Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. Int Enodo J, 35,791-795.

Walton RE, Torabinejad M. (2002). Principles and practice of endodontics 3rd ed. (pp.219).Philladelphia,USA: W.B.Saunders Company.

Weine FS (1989). Endodontic therapy. 4th ed. (pp.277-369). St. Louis: The C.V. Mosby

White RR, Hays GL, Janer LR. (1997). Residual Antimicrobial Activity After Canal Irrigation with Chlorhexidine. J Endod ,23,229-231.

Yamada RS, Armas A, Goldman M, Lin PS. (1983). A Scanning Electron Microscopic Comparison of a High Volume Final Flush with Several Irrigating Solution: Part 3, J Endod,9,137-142.

Zehnder M, Kosicki D, Luder H, Sener B, Waltimo T. (2002). Tissue-dissolving capacity and antibacterial effect of buffered and unbuffered hypochlorite solutions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod,94,756-762.

Zehnder M. (2006). Root Canal Irrigants. J Endod, 32,389-398.