

ความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของไฮเฟลิกซ์เอ็ม หลังจากแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันต่างชนิดกัน

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ* ปกเกล้า แยมยงค์** ฤทัยชนก ชัยชวนาณิตย์***

Received: May 28, 2018

Revised: November 02, 2018

Accepted: April 24, 2019

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเฟลิกซ์เอ็มหลังจากแช่น้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่าง ๆ โดยการนำเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเฟลิกซ์เอ็ม ขนาด 25 จำนวน 40 อัน แบ่งด้วยวิธีการสุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม (n=10) กลุ่มที่ 1 ไม่แช่น้ำยาล้างคลองรากฟัน กลุ่มที่ 2 แช่น้ำยาล้างคลองรากฟันโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 กลุ่มที่ 3 แช่น้ำยาล้างคลองรากฟันกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 กลุ่มที่ 4 แช่น้ำยาล้างคลองรากฟันคลอร์เฮกซิดีนกลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเครื่องมือทั้งหมดไปทดสอบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบในคลองรากฟันจำลองที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีมืองศาความโค้ง 60 องศา และรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร ควบคุมความเร็วคงที่ 500 รอบต่อนาที แรงบิด 2.5 นิวตันเซนติเมตร บันทึกจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 1) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ตามมาด้วยกลุ่มที่ 4 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวแสดงให้เห็นว่าการแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเฟลิกซ์เอ็มลงในน้ำยาล้างคลองรากฟันทั้งสามชนิดส่งผลต่อความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

คำชี้แจง: ความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบ/ เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุน/ น้ำยาล้างคลองรากฟัน

บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากวัสดุ निकิล-ไทเทเนียมกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากคุณสมบัติยืดหยุ่นยิ่งยวด (Superelasticity) สามารถโค้งงอไปตามลักษณะคลองรากฟันได้ จึงช่วยลดข้อผิดพลาดที่มักจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมคลองรากฟันลงได้ ไฮเฟลิกซ์เอ็ม (Hyflex® CM, Coltene-Whaledent, Switzerland) เป็นเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนระบบหนึ่งที่มีลักษณะพิเศษ ด้วยการปรับปรุงคุณสมบัติของ निकิล-ไทเทเนียมโดยกระบวนการทางความร้อนและกลการ (Thermomechanical processing) ทำให้ไฮเฟลิกซ์เอ็มสามารถดัดงอได้โดยไม่คืนตัวกลับลักษณะเดียวกับตะไบที่ทำจากเหล็กไร้สนิม และยังสามารถกลับคืนรูปเดิมได้เมื่อได้รับความร้อน เรียก निकิล-ไทเทเนียมกลุ่มนี้ว่าซีเอ็มไวร์ (Controlled-memory,

CM Wire) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนระบบนี้ มีความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบได้มากกว่าเดิมอีกด้วย^{1,2}

การหักของเครื่องมือขยายคลองรากฟัน निकิล-ไทเทเนียมเกิดขึ้นจากเหตุ 2 ประการ คือ การหักเหตุนบิด (Torsional fracture) และการหักเหตุนดัด (Flexural fracture) การหักเหตุนบิดเกิดเมื่อส่วนปลายหรือด้านข้างของเครื่องมือยึดติดแน่นกับผนังคลองรากฟันขณะที่เครื่องมือยังหมุนอยู่จนเกิดแรงบิดเกินขีดความยืดหยุ่นของโลหะ ทำให้เครื่องมือเกิดการเสียรูปถาวรและหักในที่สุด ส่วนการหักเหตุนดัดเกิดเมื่อมีการหมุนเครื่องมือขยายคลองรากฟันอย่างอิสระในคลองรากฟันโค้ง ส่วนของเครื่องมือที่อยู่ด้านนอกความโค้งจะได้รับแรงดึง ส่วนที่อยู่ด้านในจะได้รับแรงอัด

* สาขาวิชาเอ็นโดดอนต์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอคลองหลวง ปทุมธานี

** ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลหนองมะโมง อำเภอหนองมะโมง จังหวัดชัยนาท

*** ฝ่ายทันตกรรม โรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

เมื่อเครื่องมือหมุนตลอดเวลาจะเกิดการเปลี่ยนสลับระหว่างแรงดึงและแรงอัดอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการล้าจากการหมุนรอบ (Cyclic fatigue) มีผลให้เครื่องมือเสื่อมสภาพและเกิดการหักโดยไม่มีการเสียรูปถาวรมาก่อน²

ปัจจุบันแม้ว่าจะยังไม่มีวิธีการทดสอบหาค่าความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบที่เป็นมาตรฐานสากลจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการทดลองมีหลายวิธีซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมคือวิธีนำเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนต่อกับด้ามกรอซึ่งควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ตั้งความเร็วคงที่ ปลดปล่อยเครื่องมือขยายคลองรากฟันหมุนในคลองรากฟันจำลองที่ประดิษฐ์จากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือแก้ว โดยอาจทำเป็นท่อหรือแท่งที่บากเป็นร่อง โดยที่คลองรากฟันจำลองนั้นจะกำหนดองศาความโค้ง (Degree of curvature) รัศมีความโค้ง (Radius of curvature) ที่แตกต่างกัน³

อย่างไรก็ตามการเตรียมคลองรากฟันด้วยเครื่องมือขยายคลองรากฟันเพียงอย่างเดียวไม่สามารถกำจัดเชื้อโรคในระบบคลองรากฟันได้หมดเนื่องจากลักษณะของคลองรากฟันเป็นระบบที่ซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาล้างคลองรากฟันที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มผลสำเร็จในการรักษาคอนกรีตฟัน กระบวนการนี้เรียกว่าการเตรียมคลองรากฟันด้วยวิธีกลร่วมกับสารเคมี (Chemo-Mechanical Preparation) ซึ่งน้ำยาล้างคลองรากฟันที่ทันตแพทย์ส่วนใหญ่นิยมใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ด้วยคุณสมบัติในการละลายเนื้อเยื่อและความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส และเชื้อรา น้ำยามีความหนืดน้อย (Low viscosity) ทำให้ไหลผ่านไปในคลองรากฟันได้เป็นอย่างดี และราคาไม่แพง นอกจากนี้ยังมีกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก (Ethylenediaminetetraacetic acid) เป็นน้ำยาที่มีคุณสมบัติในการละลายสารอินทรีย์ ทำให้เกิดการเผยผิวของท่อเนื้อฟันส่วนคลอร์เฮกซิดีนกลูโคเนต (Chlorhexidine gluconate) เป็นน้ำยาล้างคลองรากฟันอีกชนิดหนึ่งที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ และมีฤทธิ์คงอยู่เป็นเวลานาน⁴ ซึ่งในระหว่างการเตรียมคลองรากฟัน เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดหมุนจะต้องสัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันอยู่เกือบตลอดเวลา และมีรายงานว่าโซเดียมไฮโปคลอไรต์และกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติกมีผลลดความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบได้^{5,6,7}

ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาถึงผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่าง ๆ ต่อความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนกลุ่มซีเอ็มวีร์ ยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งหวังจะเปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเพิลิกซีเอ็มภายหลังจากแช่ในน้ำยาล้างคลองรากฟัน 3 ชนิด

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

นำเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเพิลิกซีเอ็ม ขนาด 25 ความยาว 0.04 ความยาว 21 มิลลิเมตรที่ยังไม่ผ่านการใช้งานมาก่อน จำนวน 40 อัน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ชิ้น ด้วยวิธีการสุ่ม ออกเป็น

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม : ไม่แช่ในน้ำยาล้างคลองรากฟัน

กลุ่มที่ 2 : แช่ในน้ำยาล้างคลองรากฟันโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5

กลุ่มที่ 3 : แช่ในน้ำยาล้างคลองรากฟันกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17

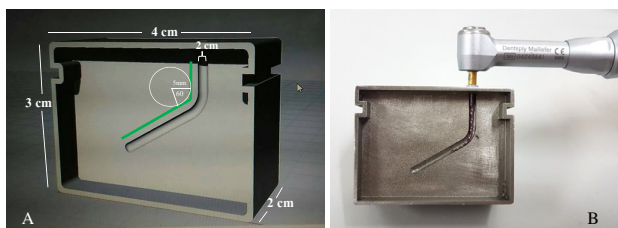
กลุ่มที่ 4 : แช่น้ำยาล้างคลองรากฟันคลอร์เฮกซิดีนกลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2

ควบคุมอุณหภูมิของน้ำยาล้างคลองรากฟันด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ให้มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส กำหนดระยะเวลาในการแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันเป็นเวลา 5 นาที เนื่องจากเป็นระยะเวลาโดยประมาณที่เครื่องมือขยายคลองรากฟันหนึ่งตัวจะถูกใช้ในการรักษาแต่ละครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหน้า^{5-6, 8-9} เมื่อครบเวลานำเครื่องมือขยายคลองรากฟันต่อเข้ากับด้ามกรอแบบหักมุม ซึ่งควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (X-SmartTM Plus micromotor, Dentsply Sirona International, Switzerland) นำเครื่องมือขยายคลองรากฟันหมุนในคลองรากฟันจำลอง

คลองรากฟันจำลองที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะเป็นแท่งที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร มีจุดสอดเครื่องมือขยายคลองรากฟันอยู่ทางด้านบนของแท่ง ต่อลงมาเป็นร่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้เครื่องมือขยายคลองรากฟันสามารถหมุนได้อย่าง

อิสระภายในคลองรากฟันจำลองโดยปราศจากการยึดติดที่ปลายเครื่องมือ กำหนดให้มือองศาความโค้ง 60 องศา และรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร (รูปที่ 1) ด้านบนสามารถปิดด้วยแผ่นกระจกป้องกันเครื่องมือขยายคลองรากฟันสลับหลุดออกจากแนวร่อง กำหนดจุดโค้งของคลองรากฟันจำลองโดยเมื่อสอดเครื่องมือขยายคลองรากฟันยาว 21 มิลลิเมตรลงไป ในคลองรากฟันจำลองแล้วจะทำให้จุดโค้งของเครื่องมืออยู่ที่ 5 มิลลิเมตร จากปลายเครื่องมือ ควบคุมความเร็วในการหมุนครั้งที่ 500 รอบต่อนาที แรงบิด (Torque) 2.5 นิวตันเซนติเมตร ตามที่ผู้ผลิตแนะนำ บันทึกระยะเวลาตั้งแต่เครื่องมือเริ่มหมุนจนเครื่องมือหักในหน่วยวินาที ด้วยนาฬิกาจับเวลาแบบตัวเลข (Digital stopwatch) คำนวณย้อนกลับเป็นจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก

นำข้อมูลจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักของเครื่องมือในกลุ่มต่างๆ



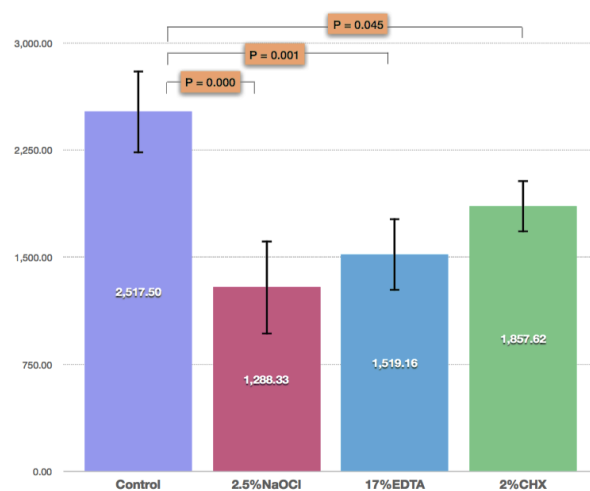
รูปที่ 1 (A) คลองรากฟันจำลองที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีมือองศาความโค้ง 60 องศา และรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร (B) เครื่องมือทดสอบการล้าจากการหมุนรอบ

Figure 1 (A) Artificial stainless steel canal with 60° degree of curvature and 5 mm radius of curvature. (B) Cyclic fatigue testing device.

ผล

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มที่ 1 คือกลุ่มที่ไม่ได้แช่เครื่องมือในน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดใดเลย มีค่าเฉลี่ยสูงสุด $2,517.50 \pm 580.18$ รอบ รองลงมาคือ กลุ่มที่ 4 คลอร์เฮกซิดีนกลูโคเนต $1,857.62 \pm 366.85$ รอบ กลุ่มที่ 3 กรดเอทิลีนไดอะมีนเตตระอะซิติก $1,519.16 \pm 509.11$ รอบ และลำดับสุดท้ายคือ กลุ่มที่ 2 โซเดียมไฮโปคลอไรต์ $1,288.33 \pm 653.80$ รอบ ตามลำดับ

ทดสอบข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติด้วยการทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมอรอฟ (Kolmogorov-Smirnov test) ได้ค่าความน่าจะเป็นน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวพบว่าแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงนำข้อมูลค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในแต่ละกลุ่มไปทดสอบต่อด้วยการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสาม (รูปที่ 2)

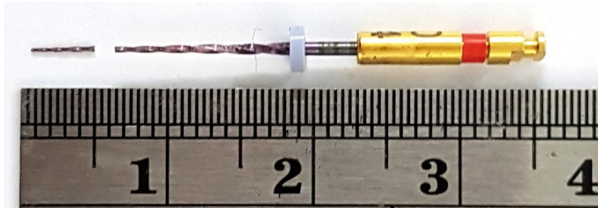


รูปที่ 2 กราฟแท่งแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก และเส้นแนวตั้งแสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละกลุ่ม

Figure 2 Bar graph represents the means number of rotations to failure, and vertical line indicates standard deviation in each group

จากการสังเกตพบว่าลักษณะการหักของเครื่องมือขยายคลองรากฟันของทุกกลุ่มเกิดที่ตำแหน่งใกล้เคียงกับจุดที่เป็นแนวโค้งของคลองรากฟันจำลองคือตำแหน่ง 5 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือ โดยไม่พบการคลายเกลียวที่ตำแหน่งอื่น แสดงให้เห็นว่าการหักที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะการหักจากการล้าจากการหมุนรอบ (รูปที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องมือกลุ่มที่แช่ในโซเดียมไฮโปคลอไรต์เกิดการกัดกร่อนบริเวณผิวของเครื่องมือที่สามารถสังเกตได้ด้วย

ดาเปล่า (รูปที่ 4) ในขณะที่กลุ่มทดลองอื่น ๆ ไม่เกิดความเปลี่ยนแปลงที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า



รูปที่ 3 การหักของไฮฟเล็กซ์เอ็มที่ตำแหน่งจุดโค้งของคลองรากฟันจำลอง

Figure 3 Fracture of Hyflex® CM at the curvature of artificial canal



รูปที่ 4 พื้นผิวของเครื่องมือไฮฟเล็กซ์เอ็มภายหลังการแช่เครื่องมือลงในน้ำยาล้างคลองรากฟัน ที่อุณหภูมิ 37° C เป็นเวลา 5 นาที (A) กลุ่มที่ 1 ไม่แช่ลงในน้ำยาล้างคลองรากฟัน (B) กลุ่มที่ 2 น้ำยาล้างคลองรากฟันโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ซึ่งสามารถสังเกตเห็นการกัดกร่อนบริเวณผิวของเครื่องมือ (C) กลุ่มที่ 3 น้ำยาล้างคลองรากฟันกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 17 (D) กลุ่มที่ 4 น้ำยาล้างคลองรากฟันคลอร์เอ็กซีดินกลูโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2

Figure 4 Surface of Hyflex® CM after immersion in root canal irrigations at 37° C for 5 minutes (A) Group 1 non-contact to solution (B) Group 2 2.5% sodium hypochlorite, corrosion can be observed on the surface of instrument (C) Group 3 17% EDTA (D) Group 4 2% CHX.

บทวิจารณ์

นิกเกิล-ไทเทเนียม ที่ใช้ในงานรักษาล้างคลองรากฟัน สามารถเปลี่ยนแปลงพันธะของอะตอม (Atomic bonding) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือเมื่อมีแรงกระทำ การเรียงตัวของผลึกแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ วัฏภาคออสเทนไนต์

(Austenite phase) และ วัฏภาคมาร์เทนไซต์ (Martensite) เมื่อวัสดุอยู่ในวัฏภาคออสเทนไนต์ จะมีสภาพแข็งเกร็ง แต่มีความยืดหยุ่นสูงเป็นพิเศษ ไม่สามารถดัดงอหรือเปลี่ยนรูปร่างภายนอกได้ แต่เมื่อวัสดุเย็นตัวลงผ่านช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาค (Transformation temperature range) วัสดุจะเกิดการเรียงอะตอมใหม่เป็นวัฏภาคมาร์เทนไซต์ทำให้มีสมบัติทางกายภาพที่ดัดงอได้ สามารถดัดโค้ง หรือเปลี่ยนรูปร่างภายนอกได้ตามต้องการ²

คุณสมบัติเฉพาะตัวของนิกเกิล-ไทเทเนียม ประการหนึ่งคือ คุณสมบัติความยืดหยุ่นสูงพิเศษ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือขยายคลองรากฟัน เพื่อช่วยลดการเบี่ยงเบน (Deviation) ในขณะขยายคลองรากฟันที่มีความโค้ง คุณสมบัติความยืดหยุ่นสูงพิเศษนี้จะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงวัฏภาค เนื่องจากในขณะที่ใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนนิกเกิล-ไทเทเนียม กำลังขยายอยู่ในคลองรากฟัน จะเกิดการเปลี่ยนวัฏภาคกลับไปมาระหว่างออสเทนไนต์และมาร์เทนไซต์ การปรับอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาคสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับเปลี่ยนส่วนประกอบ ความบริสุทธิ์ของโลหะ และกระบวนการทางความร้อนในกระบวนการผลิต ทำให้ได้นิกเกิล-ไทเทเนียม ที่แตกต่างไปจากเดิม²

การศึกษานี้ได้เลือกทดลองโดยใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนรุ่นใหม่ ที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติของนิกเกิล-ไทเทเนียม ที่นำมาผลิต ทำให้โลหะมีช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาคออสเทนไนต์ที่สูงขึ้น¹⁰ นิกเกิล-ไทเทเนียมรุ่นแรก ๆ มีค่าประมาณ 16-31 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิในช่องปาก ในขณะที่เครื่องมือที่ผลิตจากซีเอ็มวีร์นี้ มีค่าสูงกว่า 37 องศาเซลเซียส จึงทำให้โครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ระหว่างการใช้งานในคลินิก ซึ่งทำให้นิกเกิล-ไทเทเนียม มีความยืดหยุ่นสูง ดัดงอง่าย และยังมีรายงานสอดคล้องกันว่ามีความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบมากกว่าเครื่องมือรุ่นก่อนหน้าอย่างมีนัยสำคัญ^{1,11} แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงผลของน้ำยาล้างคลองรากฟันต่อความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบมาก่อน

การทดลองนี้เป็นการศึกษาทดลองในคลองรากฟันจำลองที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งแตกต่างจากคลองรากฟันธรรมชาติ ได้แก่ ความแข็งของผนังคลองรากฟัน อย่างไรก็ตามการทดลองเปรียบเทียบความต้านทานการล้าโดยการ

ใช้คลองรากฟันจำลองนี้ ทำให้ผู้ทดลองลดปัจจัยเรื่องความแปรปรวนของความโค้งคลองรากฟันธรรมชาติ เนื่องจากสามารถกำหนดองศาความโค้ง รัศมีความโค้ง และความกว้างของคลองรากฟันให้เท่ากันได้ และยังลดปัจจัยเรื่องความแข็งของเนื้อฟันที่แตกต่างกันในฟันแต่ละซี่ได้อีกด้วย คลองรากฟันจำลองนี้ได้แนวคิดมาจากการทดลองของ Larsen และคณะในปี 2009¹² โดยกำหนดค่าองศาความโค้ง รัศมีความโค้ง ตามค่าที่เป็นที่นิยมใช้ในการทดลองที่ผ่านมา⁵⁻⁸ ในขณะที่ไฮฟลักซ์เอ็มขนาด 25 ความยาว 0.04 ถูกเลือกมาใช้ในการศึกษานี้ เนื่องจากเป็นเครื่องมือตัวแรกที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำให้ใช้ในขั้นตอนการขยายคลองรากฟันส่วนปลาย (Apical preparation) ที่ความยาวทำงาน จึงทำให้เครื่องมือนี้มีความเสี่ยงที่จะเกิดการหักจากการล้าจากการหมุนรอบได้สูง เพราะช่วงคลองรากฟันส่วนปลายเป็นตำแหน่งที่จะพบคลองรากฟันโค้งได้มากที่สุด

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไฮฟลักซ์เอ็มที่แช่ในน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 มีค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในการทดลองของ Dagna และคณะ (2013)⁸ และ Pedulla และคณะ (2013)¹³ ที่ทำการศึกษากับเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนยี่ห้อ เวฟวัน (Wave One, Dentsply Tulsa Dental Specialties, Switzerland) ซึ่งจัดอยู่ในเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนนิกเกิล-ไทเทเนียม รุ่นที่ 3 ที่มีการพัฒนาเครื่องมือด้วยกระบวนการทางความร้อนและความเย็นเช่นเดียวกับไฮฟลักซ์เอ็ม¹⁴ กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามก็ตีจากการศึกษาของ Topcuoglu และคณะในปี 2016⁵ ได้ทำการทดลองกับเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนยี่ห้อดีเรส (D-Race, FKG Dentaire, Switzerland) ให้ผลการทดลองสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ กล่าวคือน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์มีผลลดความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟัน ซึ่ง Topcuoglu และคณะ⁵ วิจารณ์ว่าเป็นผลมาจากการที่ประจุคลอไรด์ (Cl^- ion) ในน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์เลือกจับประจุนิกเกิล (Nickel ion) ออกจากผิวของนิกเกิล-ไทเทเนียม ทำให้เกิดลักษณะการกัดกร่อน ส่งผลให้เครื่องมือขยายคลองรากฟันมีความแข็งแรงลดลงตรงตำแหน่งที่สัมผัสกับน้ำยา ซึ่งในปีเดียวกันนั้นเอง Popovic และคณะ¹⁵ ได้ทำการทดสอบอัตราการเกิดการ

กัดกร่อนของเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่ทำจากนิกเกิล-ไทเทเนียม ต่อน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดต่าง ๆ ด้วยเทคนิคเคมีไฟฟ้า (Electrochemical technique) พบว่าเครื่องมือที่ทำจากนิกเกิล-ไทเทเนียม จะมีค่าความต้านทานการกัดกร่อนต่ำที่สุดเมื่อแช่ลงในน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 5.25

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการเกิดการกัดกร่อนที่ผิวของเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า นั้น จากงานวิจัยของ Berruti และคณะ (2006)⁹ และ Novoa และคณะ (2007)¹⁶ ได้ตั้งข้อสังเกตว่าอาจเป็นผลจากการกัดกร่อนแบบกัลวานิก (Galvanic corrosion) เนื่องจากในการทดลองนี้เป็นการทดลองซึ่งแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันลงในน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ทั้งชิ้น ในกรณีนี้ส่วนของด้ามเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนเคลือบไว้ด้วยทอง ในขณะที่ส่วนเกลียวของเครื่องมือเป็นนิกเกิล-ไทเทเนียม ซึ่งเป็นโลหะต่างชนิดกัน เมื่อแช่ลงในโซเดียมไฮโปคลอไรด์ซึ่งจัดเป็นสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ก็จะเป็นสื่อกลางให้ครบวงจรไฟฟ้าเคมีและเกิดการไหลของอิเล็กตรอน นิกเกิล-ไทเทเนียมมีความต่างศักย์ต่ำกว่าทองก็จะเกิดการกัดกร่อนในเนื้อวัสดุขึ้นได้¹⁶ โดยภายใต้การสังเกตด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน Berruti และคณะสามารถสังเกตเห็นหลุม (Pitting) บนผิวเครื่องมือภายหลังการแช่เครื่องมือโปรเทเปอร์ (ProTaper, Dentsply Tulsa Dental Specialties, Switzerland) ทั้งด้ามลงในโซเดียมไฮโปคลอไรด์เป็นเวลา 5 นาที อย่างไรก็ตามก็ตีโอกาสที่เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนจะสัมผัสกับน้ำยาล้างคลองรากฟันทั้งชิ้นนั้นไม่เกิดขึ้นในระหว่างการเตรียมคลองรากฟัน ดังนั้นลักษณะการกัดกร่อนที่พบในการทดลองนี้จึงไม่พบในคลินิก

ผลของกรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 17 กับความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบนั้น จากการศึกษาของ Dagna และคณะ⁸ พบว่ากรดเอทิลีนไดอะมีนเตตราอะซิติก ไม่ได้มีผลลดความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายรากฟันแบบหมุนยี่ห้อเวฟวัน และเรซิพโรค (Reciproc, VDW, Germany) ตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Pedulla และคณะ (2014)⁶ ซึ่งทำการทดลองกับเวฟวันและเรซิพโรค และ Hasegawa และคณะ (2014)⁷ ซึ่งทำการทดลองกับเรซ (Race, FKG dentaire, Stitzerland)

และ เคทรี (K3, Kerr, Switzerland) รายงานว่าการดัดเอทิลีนไดอะไมนเตตราอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 17 สามารถลดความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ทั้งนี้การทดลองของ Ametrano และคณะ¹⁷ สนับสนุนว่าการแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนลงในกรดเอทิลีนไดอะไมนเตตราอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 เป็นเวลา 5-10 นาที ก่อให้เกิดความขรุขระที่พื้นผิวเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic force microscopy) ซึ่งน่าจะเกิดจากความเป็นกรดของน้ำยาล้างคลองรากฟันชนิดนี้

ในกลุ่มทดลองที่แช่น้ำยาล้างคลองรากฟันคลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนต แสดงให้เห็นว่าคลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนตมีผลลดจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักอย่างมีนัยสำคัญจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่เคยมีการทดลองที่ศึกษาถึงผลของน้ำยาคลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนตต่อความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบมาก่อน อย่างไรก็ตามการศึกษาศึกษาของ Popovic และคณะ¹⁵ แสดงให้เห็นว่าคลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนตสามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนที่พื้นผิวของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิล-ไทเทเนียม รวมทั้งตะไบที่ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมได้ เนื่องจากคุณสมบัติความเป็นกรดของคลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนต

ผลจากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าน้ำยาทั้งสามชนิดมีผลต่อความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ผลิตด้วยซีเอ็มวีวี และการเกิดการกัดกร่อนแบบกัลวานิก สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนถูกแช่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรด์ทั้งขึ้น ดังนั้นทันตแพทย์ควรระมัดระวังการแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันลงในสารละลายต่างๆ ที่ไม่แน่ใจว่าสารละลายนั้นจะมีองค์ประกอบที่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนเกิดขึ้นได้ อันจะก่อให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวของเครื่องมือขยายคลองรากฟัน

สรุป

ภายใต้ข้อกำหนดของการทดลองนี้ซึ่งเป็นการแช่เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไฮเฟลิกซีเอ็มลงในน้ำยาล้างคลองรากฟันทั้งขึ้นแสดงให้เห็นว่า น้ำยาล้างคลองรากฟันทั้งสามชนิด คือ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 กรดเอทิลีนไดอะไมนเตตราอะซิติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 และ คลอร์เอ็กซีไดนิกโคโคเนต ความเข้มข้นร้อยละ 2 ส่งผลลดความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือไฮเฟลิกซีเอ็ม เมื่อเทียบกับกลุ่มเครื่องมือที่ไม่สัมผัสกับน้ำยาทั้งสามชนิดนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

1. Peters OA, Gluskin AK, Weiss RA, Han JT. An *in vitro* assessment of the physical properties of novel Hyflex nickel-titanium rotary instruments. *Int Endod J* 2012 Nov;45(11):1027-34.
2. Panitvisai P. Chapter 5: Innovation in root canal treatment. Endodontics. Bangkok: Chulalongkorn University Press; 2016.
3. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2009 Nov;35(11):1469-76.
4. Jena A, Sahoo SK, Govind S. Root canal irrigants: a review of their interactions, benefits, and limitations. *Compend Contin Educ Dent* 2015 Apr;36(4):256-61.
5. Topcuoglu HS, Pala K, Akti A, Düzgün S, Topcuoglu G. Cyclic fatigue resistance of D-RaCe, ProTaper, and Mtwo nickel-titanium retreatment instruments after immersion in sodium hypochlorite. *Clin Oral Investig* 2016 Jul;20(6):1175-9.
6. Pedullà E, Franciosi G, Ounsi HF, Tricarico M, Rapisarda E, Grandini S. Cyclic fatigue resistance of nickel-titanium instruments after immersion in irrigant solutions with or without surfactants. *J Endod* 2014 Aug;40(8):1245-9.
7. Hasegawa Y, Goto S, Ogura H. Effect of EDTA solution on corrosion fatigue of Ni-Ti files with different shapes. *Dent Mat J* 2014; 33(3):415-21.
8. Dagna A, Poggio C, Beltrami R, Chiesa M, Bianchi S. Cyclic fatigue resistance of three NiTi single-file systems after immersion in EDTA. *Dentistry* 2013;4(1):1-4.
9. Berutti E, Angelini E, Rigolone M, Migliaretti G, Pasqualini D. Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper Rotary instruments. *Int Endod J* 2006 Sep;39(9):693-9.
10. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Campbell L, Peng B, Haapasalo M. Metallurgical characterization of controlled memory wire nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2011 Nov;37(11):1566-71.

11. Amato M, Pantaleo G, Abdellatif D, Blasi A, Giudice R, Landolo A. Evaluation of cyclic fatigue resistance of modern nickel-titanium rotary instruments with continuous rotation. *G Ital Endod* 2017;31(2):78-82.
12. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 2009 Mar;35(3):401-3.
13. Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Palermo F, Gambarini G, Rapisarda E. Cyclic fatigue resistance of two reciprocating nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2013 Feb;46(2):155-9.
14. Ruddle CJ, Machtou P, West JD. The shaping movement: fifth-generation technology. *Dent Today* 2013 Apr;32(4):94, 96-9.
15. Popovic J, Radenkovic G, Gasic J, Ivković S, Mitic A, Nikolic M, Barac R, Jelena P, Goran R, Jovanka G, Slavoljub Z, Aleksandar M, Marija N, Radomir B. The examination of sensitivity to corrosion of nickel-titanium and stainless steel endodontic instruments in root canal irrigating solutions. *Chem Ind Chem Eng Q* 2016;22(1):95-100.
16. Nóvoa XR, Martín-Biedma B, Varela-Patiño P, Collazo A, Macías-Luaces A, Cantatore G, Pérez MC, Magán-Muñoz F. The corrosion of nickel-titanium rotary endodontic instruments in sodium hypochlorite. *Int Endod J* 2007 Jan;40(1):36-44.
17. Ametrano G, D'Antò V, Di Caprio MP, Simeone M, Rengo S, Spagnuolo G. Effects of sodium hypochlorite and ethylenediaminetetraacetic acid on rotary nickel-titanium instruments evaluated using atomic force microscopy. *Int Endod J* 2011 Mar;44(3):203-9.

ผู้รับผิดชอบบทความ

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ

สาขาวิชาเอ็นโดดอนต์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทรศัพท์: 0 2986 9213 #7150

โทรสาร: 0 2986 9205

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: cchalemkwan@hotmail.com

Cyclic Fatigue Resistance of Hyflex[®] CM after Immersion in Different Root Canal Irrigants

Phuvoravan C* Yamyindee P** Chaichanawanich R***

Abstract

The aim of this study was to compare cyclic fatigue resistance of Hyflex[®] CM nickel titanium rotary instruments no. 25 after immersion in root canal irrigants. A total of 40 new Hyflex[®] CM files were randomly assigned to 4 groups ($n=10$). Group 1 was a control group with non-contact to solution and Group 2–4 were submitted in 2.5% sodium hypochlorite (NaOCl), 17% ethylene diaminetetraacetic acid (EDTA), and 2% chlorhexidine gluconate (CHX) respectively, at 37°C for 5 minutes. Then, all instruments were tested for cyclic fatigue resistance in the stainless steel artificial canal with a 60° angle of curvature and 5-mm radius of curvature. Files were rotated at the constant speed of 500 rpm with 2.5 N/cm torque. Numbers of rotation before fracture (NRF) were recorded. Mean NRF of group 1 revealed the highest value, followed by group 4, group 3 and group 2, respectively. Statistic analysis revealed the resistance to cyclic fatigue of Hyflex[®] CM significantly reduced when immersed in all 3 root canal irrigants when compared with control group ($p < 0.05$).

Keywords: Cyclic fatigue resistance/ Rotary file/ Root canal irrigation

Corresponding author

Chalermkwan Phuvoravan,
Department of Endodontics,
Faculty of Dentistry, Thammasat University,
Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani, 12121.
Tel.: +66 2986 9213 #7150
Fax.: +66 0 2986 9205
E-mail: cchalermkwan@hotmail.com

* Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Thammasat University, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani.

** Dental Department, Nongmamong Hospital, Amphur Nongmamong, Chainat.

*** Dental Department, Khon Kaen Hospital, Amphur Muang, Khon Kaen.