



การเปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบ ของอีเฟล็กเรคและเรซีพรอคบลูโดยใช้การหมุนแบบไปกลับ ในคลองรากฟันจำลอง

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ ^{1,*} ญาดา บุญนา ² อธิกรณ์ โคตรศรีวงศ์ ²

บทความวิจัย

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียม 2 ชนิด คือ อีเฟล็กเรค และเรซีพรอคบลู ในรูปแบบการหมุนแบบไปกลับในคลองรากฟันจำลอง
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ: นำอีเฟล็กเรค ขนาด 25 (ความสอบ 0.06) และ เรซีพรอคบลู ขนาด R25 (ความสอบ 0.08) ไปหมุนในคลองรากฟันจำลองที่ทำจากเหล็กไร้สนิม องศาความโค้ง 60 องศา รัดมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร ควบคุมความเร็วคงที่ บันทึกจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก นำข้อมูลจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ Unpaired T-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม
ผล: ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักของอีเฟล็กเรคมีค่าสูงกว่าเรซีพรอคบลูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (< 0.05)
บทสรุป: จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าอีเฟล็กเรคซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผ่านการปรับคุณสมบัติของโลหะด้วยความร้อนเป็นเครื่องมือที่มีความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบสูงกว่าเรซีพรอคบลูเมื่อนำมาขยายในคลองรากฟันที่มีระดับความโค้งสูง

คำไชรหัส : ความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบ/ คลองรากฟันจำลอง/ เรซีพรอคบลู/ อีเฟล็กเรค

Received: Jun 02, 2024

Revised: Nov 05, 2024

Accepted: Nov 05, 2024

บทนำ

การรักษาคลองรากฟันประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การวินิจฉัย การเปิดทางเข้าสู่เนื้อเยื่อใน การเตรียมคลองรากฟัน และการอุดคลองรากฟัน ในส่วนของการเตรียมคลองรากฟัน เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียม (Nickel-Titanium rotary file) เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน เนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูง สามารถโค้งงอไปตามลักษณะของคลองรากฟันได้ดี จึงช่วยลดข้อผิดพลาดขณะเตรียมคลองรากฟันลงได้¹ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการใช้เครื่องมือชนิดนี้คือการหักของเครื่องมือขณะใช้งานซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผลการพยากรณ์โรคของฟันซี่นั้น ๆ ได้^{1,2}

การหักเหตุดัด (Flexural fracture) เป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยในการหักของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมเมื่อนำมาใช้งานจริงในคลินิก ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องมือหมุนอย่างอิสระในคลองรากฟันที่มีความโค้ง เนื่องจากส่วนของเครื่องมือที่อยู่ด้านนอกความโค้งจะได้รับแรงดึง ในขณะที่ส่วนที่อยู่ด้านในความโค้งจะได้รับแรงอัด และเมื่อเครื่องมือหมุนตลอดเวลาที่ตำแหน่งเดิมจะเกิดการเปลี่ยนสลับระหว่างแรงดึงและแรงอัดอย่างต่อเนื่องจนเกิดการล้าจากการหมุนรอบ (Cyclic fatigue) มีผลให้เครื่องมือเสื่อมสภาพและเกิดการหักขึ้นในที่สุด³

¹ สาขาวิชาเอ็นโดดอนต์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² นักศึกษาทันตแพทย์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* ผู้ประพันธ์บทความ

เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมในปัจจุบันมีรูปแบบในการหมุน 2 รูปแบบ คือ แบบหมุนทางเดียวอย่างต่อเนื่อง (Continuous rotating) และแบบหมุนไปกลับ (Reciprocating) โดยเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมแบบหมุนไปกลับจะสามารถทนต่อการหักเหได้ดีกว่าแบบหมุนทางเดียวอย่างต่อเนื่อง^{4,5,6} นอกจากนี้เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมรุ่นใหม่ยังมีการพัฒนาคุณสมบัติของนิกเกิลไทเทเนียมที่นำมาผลิตเครื่องมือด้วยกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้เครื่องมือมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่านิกเกิลไทเทเนียมรุ่นเดิม (Conventional Nickel-Titanium alloy) เช่น การใช้กระบวนการทางความร้อน (Heat treatment) หรือ กระบวนการปรับปรุงพื้นผิว (Surface modification)^{7,8}

เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียม ชนิดหมุนไปกลับ เรซิพรอคบลู (Reciproc® Blue, VDW, Munich, Germany) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของนิกเกิลไทเทเนียมด้วยความร้อนที่เรียกว่าบลูฮีท-ทรีตเมนต์ (Blue heat-treatment) จนทำให้ผิวหน้าของเครื่องมือเปลี่ยนเป็นสีฟ้า และทำให้เครื่องมือมีความยืดหยุ่นและความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบสูง⁹⁻¹¹ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศรวมถึงประเทศไทย และไม่นานมานี้มีเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนไปกลับรุ่นใหม่ อีฟเล็กเรค (E-Flex Rec, Eighteeth Medical, Changzhou, China) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติของนิกเกิลไทเทเนียมด้วยกระบวนการทางความร้อนแบบฮีททรีตคอนโทรลเมโมรี่ (Heat-treated control memory) มีผลทำให้ช่วงอุณหภูมิการเปลี่ยนวัฏภาค (Transformation temperature range) สูงขึ้น ทำให้โลหะมีสัดส่วนของวัฏภาคมาร์เทนไซต์ (Martensite) ในปริมาณสูงขณะใช้งานที่อุณหภูมิห้อง ส่งผลให้เครื่องมือมีความยืดหยุ่นและดัดงอได้ง่าย^{12,13} ปัจจุบันเริ่มนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย ทั้งนี้ อีฟเล็กเรคมีลักษณะการออกแบบและวิธีการใช้งานที่มีความคล้ายคลึงกับเรซิพรอคบลูหลายประการ ได้แก่ วิธีการหมุนแบบไปกลับ รูปร่างหน้าตัดรูปตัวเอสสองทาง (Double S) ขนาดปลายเครื่องมือ 0.2 0.25 0.35 0.4 มิลลิเมตร และการกำหนดความเร็วในการหมุนรอบที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามทั้งสองยี่ห้อจะมีความคล้ายคลึงกันมาก แต่ในปัจจุบันยังไม่เคยมีการศึกษาถึงความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของอีฟเล็กเรคเปรียบเทียบกับเรซิพรอคบลู การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

เปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบ ของอีฟเล็กเรคและเรซิพรอคบลูในคลองรากฟันจำลอง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ คำนวณจำนวนตัวอย่างของกลุ่มทดลองด้วยโปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) โดยกำหนดค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) จากการศึกษาสำรอง ทำให้ได้จำนวนเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนไปกลับจำนวน 24 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 12 ตัวคือ

กลุ่มที่ 1 เรซิพรอคบลู ขนาด R25 ความยาว 21 มิลลิเมตร จำนวน 12 ตัว

กลุ่มที่ 2 อีฟเล็กเรค ขนาด 25 ความยาว 21 มิลลิเมตร จำนวน 12 ตัว

ทั้งนี้เครื่องมือทั้งสองกลุ่มมีขนาดใกล้เคียงกัน กล่าวคือ เรซิพรอคบลูขนาด R25 มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร ความสอบ 0.08 และอีฟเล็กเรค ขนาด 25 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลายเครื่องมือเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร ความสอบ 0.06 (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 (A) เรซิพรอคบลู ขนาด R25* (B) อีฟเล็กเรค ขนาด 25/06**
Figure 1 (A) Reciproc® Blue, size R25* (B) E-Flex Rec, size 25/06**

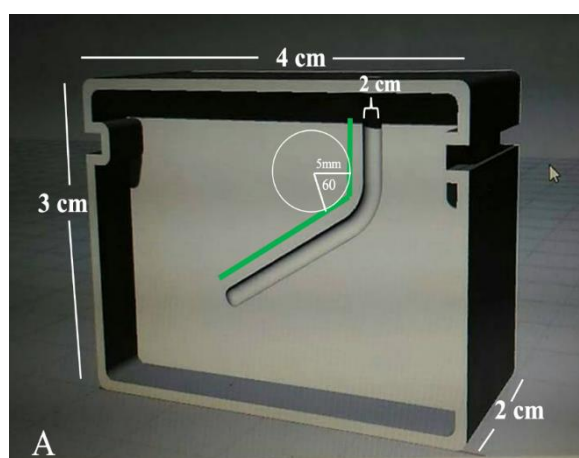
* Retrieved from <https://www.vdw.dental.com/en/products/detail/reciproc-blue/>

** Retrieved from <https://www.eighteeth.com/upload/2022/0314/EFLEXSeriesEndo FileBrochure3.pdf>

เครื่องมือทุกชิ้นจะถูกตรวจสอบด้วยกล้องกำลังขยายสูง (Microscope, Meditec A6, Zeiss, Germany) กำลังขยาย 30 เท่า เพื่อตรวจหาความผิดปกติบนพื้นผิวของเครื่องมือ โดยหากตรวจพบความผิดปกติบนพื้นผิวของเครื่องมือ เครื่องมือนั้นจะถูกคัดออกและถูกทดแทนด้วยเครื่องมือชิ้นใหม่จนได้เครื่องมือครบตามจำนวนที่ต้องการในแต่ละกลุ่ม

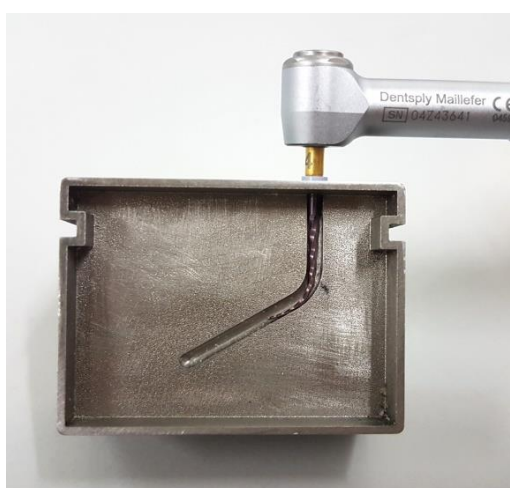
เตรียมคลองรากฟันจำลองที่ทำจากเหล็กไร้สนิม ลักษณะเป็นแท่นเหล็กตันรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร บริเวณด้านบนของแท่นทำเป็นร่องยาวเลียนแบบคลองรากฟัน ขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลางของร่องเท่ากับ 2 มิลลิเมตร เพื่อให้เครื่องมือสามารถหมุนได้อย่างอิสระภายในคลองรากฟันจำลอง ช่วงต้นของร่องมีลักษณะตรงและเริ่มโค้งที่ระดับ 13 มิลลิเมตร (รูปที่ 2) ซึ่งเมื่อสอดเครื่องมือที่มีความยาว 21 มิลลิเมตรลงไป ในคลองรากฟันจำลองแล้วจะทำให้จุดโค้งอยู่ตรงกับระดับ 8 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือ (D8) (รูปที่ 3) ทั้งนี้จุดโค้งของคลองรากฟันจำลองถูกสร้างให้มีองศาความโค้ง (Degree of curvature) ที่ 60 องศา และรัศมีความโค้ง (Radius of curvature) 5 มิลลิเมตร (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 คลองรากฟันจำลองที่มีองศาความโค้ง 60 องศา และรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร

Figure 2 Artificial canal with 60 degrees of curvature and 5 mm radius of curvature



รูปที่ 3 เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียม ความยาว 21 มิลลิเมตร ในคลองรากฟันจำลอง แสดงให้เห็นจุดโค้งของคลองรากฟันอยู่ตรงกับระดับ 8 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือ (D8)

Figure 3 A 21-mm Nickel-Titanium rotary file positioning in an artificial root canal showed that canal curvature was located at 8-mm from the file tip (D8).

นำเครื่องมือที่ผ่านการคัดเลือกต่อเข้ากับด้ามกรอแบบหักมุม ซึ่งควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (VDW, Munich, Germany) ตั้งโปรแกรมแบบหมุนไปกลับ ที่มีความเร็วในการหมุน 300 รอบต่อนาที นำเครื่องมือใส่ลงในคลองรากฟันจำลอง ด้านบนปิดด้วยแผ่นกระจกใสป้องกันเครื่องมือขยายคลองรากฟันสับหลุดออกจากแนวร่อง เปิดมอเตอร์ให้เครื่องมือหมุนโดยไม่มีการขยับเครื่องมือขึ้นลง บันทึกระยะเวลาตั้งแต่เครื่องมือเริ่มหมุนจนเครื่องมือหักในหน่วยวินาที ด้วยนาฬิกาจับเวลาแบบตัวเลข (Digital stopwatch) คำนวณย้อนกลับเป็นจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก

นำข้อมูลจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักไปวิเคราะห์ด้วยวิธี Unpaired T-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักของเครื่องมือทั้งสองกลุ่ม ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 ($P < 0.05$)

ผล

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักของทั้งสองกลุ่ม โดยค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มอีเฟล็กเรค มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $3,493.75 \pm 1,072.69$ รอบ ซึ่งสูงกว่ากลุ่มเรซิพรอคบลูที่ $2,247.91 \pm 487.52$ และเมื่อนำข้อมูลมาทดสอบการแจกแจงปกติด้วยการทดสอบชาปิโร-วิลค์ (Shapiro-Wilk test) พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักด้วยวิธี Unpaired t-test พบว่าค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยความยาวของปลายเครื่องมือที่หักทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกับระยะทางที่เครื่องมือวางในตำแหน่งจุดโค้งของคลองรากฟันจำลองที่ระยะ 8 มิลลิเมตรจากปลายเครื่องมือ (D8) โดยมีความยาวเฉลี่ยความยาวของปลายเครื่องมือที่หักเท่ากับ 8.77 ± 1.12 มิลลิเมตร ในกลุ่มเรซิพรอคบลู และ 6.79 ± 1.72 มิลลิเมตรในกลุ่มอีเฟล็กเรค โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำทั้งสองกลุ่ม

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหัก และค่าเฉลี่ยความยาวของปลายเครื่องมือที่หัก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Table 1 Table demonstrated the mean number of rotations before fracture and the mean length of detached fragments with standard deviations.

	ค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่ หมุนก่อนเกิดการหัก (รอบ)	ค่าเฉลี่ยความยาวของ ปลายเครื่องมือที่หัก (มิลลิเมตร)
เรซิพรอคบลู	$2,247.92 \pm 487.52$	8.77 ± 1.12
อีเฟล็กเรค	$3,493.75 \pm 1072.69$	6.79 ± 1.72
P value	$< 0.001^*$	

*significant difference ($P < 0.05$)

บทวิจารณ์

เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีกำหนดวิธีทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิกเกิลไทเทเนียมที่เป็นมาตรฐาน จึงทำให้ผู้ทดลองเลือกใช้วิธีทดสอบที่แตกต่างไปในแต่ละการศึกษา¹⁴⁻¹⁵ อย่างไรก็ตามในการทดสอบแบบต่าง ๆ จะมีวิธีที่คล้ายคลึงกัน คือ การให้เครื่องมือหมุนอย่างต่อเนื่องภายในอุปกรณ์ประดิษฐ์ที่มีลักษณะเป็นท่อโค้ง (Curved tube)¹⁶⁻¹⁷ หรือแนวร่องโค้ง (Grooved block and rod)^{4-6, 9, 18-23} เพื่อเลียนแบบคลองรากฟันธรรมชาติ โดยวัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ส่วนใหญ่มักทำจากโลหะ^{4-6, 16-23} ในขณะที่บางการศึกษาก็ใช้อุปกรณ์ที่ทำจากแก้ว²⁴⁻²⁵ หรือเซรามิก²⁶ โดยสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ที่ทำจากแก้วและเซรามิกได้รับความนิยมน้อยกว่าจะเป็นเพราะการขึ้นรูปที่ทำได้ยากกว่าโลหะ

นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมยังพบว่าผู้วิจัยที่ศึกษาความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบอาจเลือกวิธีการทดสอบโดยกำหนดลักษณะการหมุนให้เป็นการหมุนที่ตำแหน่งเดียวโดยไม่มีการขยับเครื่องมือ (Static rotation)^{10-11,13,16-21,23-26} หรือมีการขยับเครื่องมือขึ้นลง (Dynamic pecking rotation)^{4-6,9,22,27} ก็ได้ การใช้อุปกรณ์ประดิษฐ์ได้รับความนิยมมากกว่าฟันถอนเนื่องมาจากข้อดีเรื่องการควบคุมความกว้าง รัศมีและองศาความโค้งของคลองรากฟันให้เท่ากันได้ทุกคลองรากฟันโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของคลองรากฟันขณะทดลอง ซึ่งทั้งสองปัจจัยนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อค่าความต้านทานการหักจากการหมุนรอบได้¹⁴⁻¹⁶ อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์ประดิษฐ์แทนฟันจริงก็มีข้อเสียคือความแข็งของโลหะที่แตกต่างจากเนื้อฟัน^{28,29}

การทดลองนี้เลือกใช้คลองรากฟันจำลองที่กำหนดรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร และองศาความโค้ง 60 องศา ซึ่งจัดเป็นระดับความโค้งสูง (Severe curve)³⁰ เนื่องจากในการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเป็นค่าความโค้งที่นำมาใช้ทดสอบความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบในหลายการศึกษา^{17,22-23,26-27,31-32} นอกจากนี้ยังกำหนดความกว้างของคลองรากฟันจำลองเท่ากับ 2 มิลลิเมตร เพื่อให้เครื่องมือสามารถหมุนได้อย่างอิสระภายในคลองรากฟันจำลองโดยปราศจากการยึดติด เพื่อเป็นการป้องกันการหักในรูปแบบอื่นโดยมีจุดโค้งของคลองรากฟันจำลองที่ตรงกับระดับ D8 ของเครื่องมือ เนื่องจากเป็นระยะที่มีหลายการศึกษาเลือกใช้เช่นกัน^{16-17, 23, 31} ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งการหักของเครื่องมือเป็นระยะใกล้เคียงกับจุดโค้งของคลองรากฟันจำลอง โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวของปลายเครื่องมือที่หักเท่ากับ 6.79 และ 8.77 มิลลิเมตร ในอีเพ็กต์เรคและเรซีพรอกบลูตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการหักที่เกิดขึ้นจะเกิดมาจากการหักเหตุดัน อย่างไรก็ตามการใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) เพื่อตรวจสอบตำแหน่งเครื่องมือที่หักจะช่วยให้เห็นสาเหตุการหักได้ดียิ่งขึ้น³² นอกจากนี้การบันทึกระยะเวลาที่เครื่องมือหักด้วยนาฬิกาจับเวลาแบบที่ใช้ในการทดลองนี้อาจไม่น่าเชื่อถือเท่ากับการจับเวลาด้วยการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอ เนื่องจากการบันทึกระยะเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาที่มีผู้ทดลองเป็นผู้กดหยุดเวลานั้น มีความเป็นไปได้สูงที่ผู้ทดลองจะกดหยุดเวลาหลังจากที่เครื่องมือหักไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง

และเมื่อนำผลจากการทดลองที่ได้จากการศึกษานี้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองในอดีตที่เลือกใช้เรซีพรอกบลูขนาด R25 ขยายในคลองรากฟันจำลองรัศมีความโค้ง 5 มิลลิเมตร และองศาความโค้ง 60 องศาเท่ากันกับการทดลองนี้ กลับพบว่าผลค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักมีค่าที่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทดลองมีการกำหนดตัวแปรที่แตกต่างกัน เช่น การกำหนดคุณสมบัติของเครื่องมือ หรือการขยับเครื่องมือขึ้นลงขณะหมุน เป็นต้น เช่น การทดลองของ Topcuoglu และคณะ ในปี 2018²⁷ รายงานค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มเรซีพรอกบลูเท่ากับ 102,420 รอบ ซึ่งสูงกว่าการทดลองนี้มาก อาจเนื่องมาจากการทดลองของ Topcuoglu และคณะ ใช้วิธีขยับเครื่องมือขึ้นลงขณะหมุน ทำให้ตำแหน่งที่เกิดความเครียดบนเนื้อโลหะมีการเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ จึงส่งผลให้การหัก

ช้าลง³³⁻³⁴ นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Keskin และคณะ ในปี 2020²⁶ ที่รายงานค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มเรซีพรอกบลูเท่ากับ 3,879 รอบ ซึ่งยังคงสูงกว่าผลของการทดลองนี้ โดย Keskin และคณะใช้คลองรากฟันจำลองที่ขึ้นรูปจากเซรามิกที่มีการปรับอุณหภูมิขณะหมุนให้เท่ากับ 37 องศา และไม่มีการขยับเครื่องมือขึ้นลงขณะหมุน ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ค่าเฉลี่ยจำนวนรอบที่หมุนก่อนการหักสูงกว่าการทดลองนี้อาจเนื่องมาจากการปรับอุณหภูมิให้เท่ากับ 37 องศาขณะทดลอง ทำให้โลหะมีวิฤภาคมาร์เทนไซต์เพิ่มสูงขึ้นนั่นเอง^{7,11}

ตั้งแต่ปี 1988 ที่ Walia และ Gerstein ได้นำนิเกิลไทเทเนียมมาใช้ผลิตเป็นเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิเกิลไทเทเนียม เครื่องมือชนิดนี้ก็ได้รับความนิยมและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้เตรียมคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยคุณสมบัติสำคัญที่เป็นที่ต้องการของเครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิเกิลไทเทเนียม ได้แก่ ความยืดหยุ่นสูง ความแข็งแรงทนทาน และความสามารถในการตัด (Cutting efficiency) ที่ดี เป็นต้น ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะใช้วิธีการออกแบบเครื่องมือร่วมกับการใช้กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณสมบัติที่เป็นที่ต้องการ เช่น 1) การปรับปรุงลักษณะพื้นผิว เช่น การลดจุดบกพร่อง (Defect) บนผิวเครื่องมือ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัด รวมทั้งเพิ่มความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบได้ เนื่องจากจุดบกพร่องบนผิวเครื่องมือจะเป็นจุดกระจายความเค้น (Stress amplitude) จนก่อให้เกิดเครื่องมือหักตามมา 2) การปรับปรุงโครงสร้างโลหะด้วยความร้อนที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น จากองค์ความรู้ที่ทราบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของโลหะจะเปลี่ยนแปลงตามโครงสร้างภายในโมเลกุลของโลหะ โดยหากนิเกิลไทเทเนียมยังมีโครงสร้างอะตอมในวิฤภาคมาร์เทนไซต์มากโลหะก็จะยิ่งยืดหยุ่นและทนทานต่อการหักมากยิ่งขึ้น³⁵

เครื่องมือขยายคลองรากฟันแบบหมุนที่ทำจากนิเกิลไทเทเนียม ยี่ห้ออีเพ็กต์เรคเป็นเครื่องมือขยายคลองรากฟันยี่ห้อใหม่ ทำให้มีเพียงการทดลองของ Silva และคณะในปี 2024¹³ ที่ศึกษาเปรียบเทียบอีเพ็กต์เรคกับเรซีพรอกบลู และพบว่าทั้งสองยี่ห้อ มีลักษณะคล้ายคลึงกันหลายประการ ทั้งลักษณะภายนอกและวิธีการใช้ที่เหมือนกัน ได้แก่ การหมุนแบบไปกลับ หน้าตัดรูปตัวเอสสองทางเพื่อเพิ่มความสามารถในการตัดและกำจัดผงฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปลายเครื่องมือที่ไม่คม (Non-cutting tip) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ปลาย

เครื่องมือที่มีให้เลือก คือ 0.2, 0.25, 0.35, 0.4 มิลลิเมตร ในขณะที่มีข้อมงประกอบของโลหะที่ใช้ผลิตใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ที่มีอัตราส่วนนิกเกิลต่อไทเทเนียมเท่ากับ 1.066 ในอีเพ็กเรค และ 1.102 ในเรซิพรอกบลู โดยทั้งสองยี่ห้อมีการใช้กระบวนการปรับปรุงด้วยความร้อนเพื่อให้เครื่องมือมีความต้านทานการหักที่สูงขึ้น และเมื่อนำผลการทดลองด้านความต้านทานการล้าจากการหมุนรอบจากการศึกษาโดย Silva และคณะ¹³ มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองนี้พบว่าผลการทดลองทั้งสองมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ จำนวนรอบที่หมุนก่อนการหักของอีเพ็กเรคมีค่าสูงกว่าเรซิพรอกบลูอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่อีเพ็กเรค ขนาด 25 มีความสอ 0.06 ซึ่งมีความสอ น้อยกว่าเรซิพรอกบลูขนาด R25 ที่มีความสอ 0.08 จึงมีความยืดหยุ่นสูงกว่าและหักได้ยากกว่า³⁶ ร่วมกับการที่อีเพ็กเรคใช้กระบวนการปรับปรุงทางความร้อนด้วยเทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้ภายในโลหะมีวัฏภาคมาร์เทนไซต์สูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงช่วงอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงวัฏภาคของนิกเกิลไทเทเนียม ซึ่งวัฏภาคมาร์เทนไซต์มีความยืดหยุ่นและทนต่อแรงบิดได้ดีขณะที่ใช้งานจริงในคลองรากฟัน^{12-13, 37} อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มีการเปิดเผยวิธีการผลิตของอีเพ็กเรคที่แน่ชัดในบทความใด

อีเพ็กเรคมีราคาจำหน่ายในท้องตลาดที่ต่ำกว่าเรซิพรอกบลูมาก จึงทำให้อีเพ็กเรคเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับทันตแพทย์ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่าค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักในกลุ่มอีเพ็กเรคมีค่าสูงกว่ากลุ่มเรซิพรอกบลูค่อนข้างมาก (1,072.69 และ 487.52 ตามลำดับ) แสดงให้เห็นถึงความผันผวนของความต้านทานการหักจากการล้าที่สูงมากกว่าเรซิพรอกบลูและเป็นที่น่าสนใจว่าจากผลการศึกษาของ Silva และคณะ¹³ ก็แสดงผลสอดคล้องกับการทดลองนี้ กล่าวคือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในกลุ่มอีเพ็กเรคมีค่าสูงกว่ากลุ่มเรซิพรอกบลูเช่นเดียวกัน ดังนั้นในอนาคตจึงอาจจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของการใช้อีเพ็กเรค เช่น จำนวนครั้งของเครื่องมือที่สามารถใช้ซ้ำได้ ความสามารถในการตัด ความสามารถด้านการสึกกร่อน (Corrosion resistance) เป็นต้น เพราะนอกจากปัจจัยด้านราคาแล้ว การที่เครื่องมือยังขาดรายงานการศึกษาด้านต่าง ๆ ที่ครบถ้วนอาจส่งผลต่อการตัดสินใจของทันตแพทย์ต่อการเลือกซื้อเครื่องมือได้

บทสรุป

ภายใต้ข้อจำกัดของการทดลองนี้ อีเพ็กเรคมีจำนวนรอบที่หมุนก่อนเกิดการหักสูงกว่าเรซิพรอกบลูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรืออาจกล่าวได้ว่าอีเพ็กเรคมีความต้านทานการหักจากการล้ามากกว่าเรซิพรอกบลูเมื่อนำไปใช้ขยายคลองรากฟันที่มีระดับความโค้งสูง

เอกสารอ้างอิง

1. Zanza A, D'Angelo M, Reda R, Gambarini G, Testarelli L, Di Nardo D. An update on nickel-titanium rotary instruments in endodontics: mechanical characteristics, testing and future perspective-an overview. *Bioengineering*. 2021;8(12):218.
2. Parashos P, Messer H. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod*. 2006; 32(11):1031-43.
3. Panichvisai P. Chapter 5 Innovation in root canal treatment. *Root canal therapy*. Bangkok: Chulalongkorn University Press;2559.125-250.
4. Ismail AG, Galal M, Roshdy NN. Assessment of cyclic fatigue resistance of protaper next and waveone gold in different kinematics. *Bull Natl Res Cent*. 2020;44(164):1-7.
5. Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT, Kawakami DA. Resistance to flexural fatigue of reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod*. 2012;38:684-7.
6. Kiefner P, Ban M, De-Deus G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J*. 2014;47(5):430-6.
7. Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-titanium rotary file systems: what's new? *Eur Endod J*. 2019;4(3):111-7.
8. Wai-Sze Chan, Karan Gulati, Ove A. Advancing Nitinol: From heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. *Bioactive Materials*. 2023;22:91-111.

9. Keskin C, Inan U, Demiral M, Keles A. Cyclic fatigue resistance of reciproc blue, reciproc, and waveone gold reciprocating instruments. *J Endod.* 2017;43:1360-3.
10. Topcuoglu HS, Topcuoglu G. Cyclic fatigue resistance of reciproc blue and reciproc files in an s-shaped canal. *J Endod.* 2017;43(10):1679-82.
11. De-Deus G, Silva E, Vieira V, Belladonna F. Blue thermomechanical treatment optimizes fatigue resistance and flexibility of the reciproc files. *J Endod.* 2017;43(3):462-6.
12. Eightteen.com [homepage on the Internet]. Changzhou: Changzhou Sifary Medical Technology co., ltd [update 2024]. Available from: <https://www.eightteeth.com/Endo-File/28.html>.
13. Silva EJNL, Peña-Bengoa F, Ajuz NC, Vieira VTL, Martins JNR, Marques D, Pinto R, Rito Pereira M, Braz-Fernandes FM, Versiani MA. Multimethod analysis of large- and low-tapered single file reciprocating instruments: Design, metallurgy, mechanical performance, and irrigation flow. *Int Endod J.* 2024;57(5):601-16.
14. Shen Y, Cheung GS. Methods and models to study cyclic fatigue. *Endod Topics.* 2013;44:18-41.
15. Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009;35:1469-76.
16. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23:77-85.
17. Bui TB, Mitchell JC, Baumgartner JC. Effect of electropolishing Profile nickel-titanium rotary instruments on cyclic fatigue resistance, torsional resistance, and cutting efficiency. *J Endod.* 2008;34:190-3.
18. Peters OA, Chien P, Armitt K, Macorra J, Arias A. Testing cyclic fatigue resistance of nickel titanium rotary endodontic instruments: A validation study for a minimum quality criterion in a standardized environment. *Front Dent Med.* 2021;2:doi=10.3389/fdmed.2021.744809
19. Mize SB, Clement DJ, Pruett JP, Carnes DL Jr. Effect of sterilization on cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1998;24(12):843-7.
20. Melo MC, Bahia MGA, Buono VTL. Fatigue resistance of engine-driven rotary nickel- titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2002;28:765-9.
21. Ubaed HR, Bakr DK. Cyclic fatigue resistance of Nickel-Titanium rotary instruments after simulated clinical use. *Appl Bionics Biomech.* 2022;11:1716008. doi: 10.1155/2022/1716008.
22. Yao JH, Schwartz SA, Beeson TJ. Cyclic fatigue of three types of rotary nickel-titanium files in a dynamic model. *J Endod.* 2006;32:55-7.
23. Kramkowski TR, Bahcall J. An in vitro comparison of torsional stress and cyclic fatigue resistance of ProFile GT and ProFile GT Series X rotary nickel-titanium files. *J Endod.* 2009;35:404-7.
24. Anderson ME, Price JWH, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2007;33:1212-6.
25. Galvao Barbosa FO, Ponciano Gomes JA, Pimenta de Araujo MC. Influence of previous angular deformation on flexural fatigue resistance of K3 nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2007;33(12):1477-80.
26. Keskin C, Sivas Yilmaz O, Keles A, Inan U. Comparison of cyclic fatigue resistance of rotate instrument with reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments at body temperature in relation to their transformation temperatures. *Clin Oral Investig.* 2020;25(1):151-7.
27. Topcuoglu HS, Demirbuga S, Duzgun S, Topcuoglu G. Cyclic fatigue resistance of new reciprocating files (reciproc blue, waveone gold, and smarttrack) in two different curved canals. *J Invest Clin Dent.* 2018;9(3). doi:10.1111/jicd. 12344.

28. Chun K, Choi H, Lee J. Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. J Dent Biomech. 2014;6. doi 10.1177/1758736014520809.
29. Matweb.com [homepage on the Internet]. Virginia. Available from: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=71396e57f5940b791ece120e4d563e0&ckck=1>
30. Schneider SW. A comparison of canal preparations in straight and curved root canals. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1971;32:271-75.
31. Larsen CM, Watanabe I, Glickman GN, He J. Cyclic fatigue analysis of a new generation of nickel titanium rotary instruments. J Endod. 2009;35: 401-3.
32. Arantes WB, da Silva CM, Lage-Marques JL, Habitante S, da Rosa LC, de Medeiros JM. SEM analysis of defects and wear on Ni-Ti rotary instruments. Scanning. 2014;36(4):411-8.
33. Keles A, Eymirli A, Uyanik O, Nagas E. Influence of static and dynamic cyclic fatigue tests on the lifespan of four reciprocating systems at different temperatures. Int Endod J. 2019;52(6):880-6.
34. Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: systematic review. Int Endod. 2017;50(2):143-52.
35. Srivastava S, Alghadouni M, Alotheem H. Current strategies in metallurgical advances in rotary NiTi instrument: a review. J Dent Health Oral Disord Ther. 2018;9(1):00333doi:10.15406/jdhodt.2018.09.00333
36. Faus-Lkacer V, Kharrat NH, Ruiz-Sanchez C, Faus-Matoses I, Zubizarreta-Macho A, Faus-Matoses V. Effect of taper and apical diameter on the cyclic fatigue resistance of rotary endodontic files using an experimental electronic device. Applied Sci. 2021.11(2):863.
37. Chan WS, Gulati K, Peters OA. Advancing nitinol: from heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. Bioact Mater. 2022;27:91-111.

ผู้ประพันธ์บทความ

เฉลิมขวัญ ภู่วรรณ

สาขาวิทยาเอ็นโดดอนต์

คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทรศัพท์ : 086 601 7888

โทรสาร : 02 986 9205

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : chalermk@tu.ac.th



Comparison of Cyclic Fatigue Resistance of E-Flex Rec and Reciproc® Blue Using Reciprocating Motion in Artificial Canal

Chalermkwan Phuvoravan ^{1,*} Yada Bunnag ² Aratchaporn Khotsriwong ²

Research Article

Abstract

Objective: This study compared the cyclic fatigue resistance of two types of Nickel-Titanium rotary files: E-Flex Rec and Reciproc® Blue in reciprocating motion in an artificial canal

Materials and Methods: E-Flex Rec size 25 (Taper 0.06) and Reciproc® Blue size R25 (Taper 0.08) were rotated in an artificial stainless-steel canal with a 60° curvature and a 5 mm radius of curvature, while maintaining a constant speed. The number of rotations before fracture (NRF) were recorded. Data was statistically analysed with Unpaired T-Test to compare the difference between 2 groups.

Results: Results showed that the mean NRF of E-flex Rec was found to be significantly higher than Reciproc® Blue (P <0.05).

Conclusion: According to the data, E-Flex Rec, which modified alloy structure by heat treatment process, had higher cyclic fatigue resistance than Reciproc® Blue when preparing in root canal with severe curvature.

Keywords: Artificial root canal/ Cyclic fatigue resistance/ E-Flex Rec/ Reciproc Blue

Corresponding Author

Chalermkwan Phuvoravan
Department of Endodontics,
Faculty of Dentistry, Thammasat University
Klong Luang, Pathum Thani 12120
Tel. : +66 86 601 7888
Fax. : +66 2 986 9205
Email : chalermk@tu.ac.th

¹ Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

² Dental Student, Faculty of Dentistry, Thammasat University.

* Corresponding Author