

การรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วย  
เครื่องมือที่หักค้างในคลองรากฟัน รายงานผู้ป่วย 2 ราย

สุนทรี บุญนาดี ท.บ., วท.ม.ทันตกรรมบูรณะ

กลุ่มงานทันตกรรม โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราช กุฉินารายณ์ อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

บทคัดย่อ

การรักษาคลองรากฟันมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันและรักษาการอักเสบของเนื้อเยื่อรอบปลายรากที่เกิดจากการติดเชื้อ การกำจัดเชื้อในระบบคลองรากฟันเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ การเกิดเครื่องมือขยายคลองรากฟันหัก ส่งผลในการกีดขวางหรือลดประสิทธิภาพการเข้าไปทำความสะอาดในคลองราก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งส่งผลต่อการประสบความสำเร็จของการรักษา ก่อให้เกิดภาวะอักเสบของเนื้อเยื่อปริทันต์รอบปลายรากฟันซ้ำได้ รายงานผู้ป่วยฉบับนี้นำเสนอวิธีการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักในคลองราก โดยกล่าวถึงการตรวจวินิจฉัย การวางแผนการรักษาและขั้นตอนรายละเอียดในการรักษา ผลจากการติดตามอาการเป็นเวลา 3 เดือน ผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ ภาพรังสีรอบปลายรากฟันแสดงให้เห็นถึงขนาดของรอยโรคที่ลดลง

คำสำคัญ นิกเกิลไทเทเนียมไฟล์, เครื่องมือหัก, การรักษาคลองรากฟัน

Remove of Separated Nickel-Titanium rotary file in root canal :

Two Case reports

Soontaree Boonnadee D.D.S., M.Sc. (Restorative Dentistry)

Dental department, Kuchinarai Crown Prince Hospital, Kuchinarai District, Kalasin Province

Abstract

The objective of endodontic treatment is to prevent or eliminate apical periodontitis. Disinfection of the root canal by mechanical instrument is one of the crucial steps. Separated instrument during the treatment procedures might obstruct the root canal and impair the disinfection process and consequently diminish the treatment outcome. This case report demonstrated the retrieval of the separated Nickel-Titanium rotary file in the root canal. Diagnosis, treatment plan and treatment procedures were described. After 3 months of follow up, the patients had no symptoms and the healing of apical radiolucency was observed from radiograph.

**Keywords** Nickel-Titanium rotary file, Separated instrument, Root canal treatment

Corresponding : e-mail : Soontaree\_dt30@hotmail.com

e268562 วารสารโรงพยาบาลนครพนม

Received : January 2024 ; April 2024

ปีที่ 11 ฉบับที่ 1

Accepted : January 2024

## บทนำ

การรักษาคลองรากฟันมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อป้องกันและรักษาการอักเสบของเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันที่เกิดจากการติดเชื้อในคลองรากฟัน ขั้นตอนการเตรียมคลองรากฟันเพื่อรักษารากฟัน เป็นการกำจัดเชื้อโรคในระบบคลองรากฟัน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ ประกอบด้วยการขยายคลองรากฟันด้วยวิธีเชิงกลเพื่อเตรียมคลองรากฟันให้ได้รับรูปร่างที่เหมาะสม เพื่อให้การทำความสะอาดคลองรากฟันด้วยน้ำยาและยาสามารถไหลผ่านเข้าสู่ส่วนต่างๆของรากฟัน เพื่อกำจัดเชื้อในคลองรากฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถอุดคลองรากฟันได้แนบสนิทในทุกมิติ(1) สาเหตุที่อาจส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของการรักษาคอนกรากฟันจนเกิดสภาวะอักเสบของเนื้อเยื่อปริทันต์รอบปลายรากฟันซ้ำ นอกจากการมีคลองรากฟันที่ไม่ได้รับการรักษา (Missed canal) การบูรณะภายหลังการรักษาคลองรากฟันที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการรั่วซึม (Coronal leakage) จนเกิดการติดเชื้อในคลองรากฟันอีกครั้ง(2) ยังมีสาเหตุจากการทำความสะอาดในคลองรากฟันที่ไม่เพียงพอ ซึ่งการเกิดเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักค้างในคลองรากฟันก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่ง โดยที่ชิ้นส่วนของเครื่องมือที่หักค้างอยู่นั้น ไม่ได้เป็นสาเหตุโดยตรงที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในการรักษาคอนกรากฟัน แต่อาจส่งผลในการกีดขวางหรือลดประสิทธิภาพการเข้าไปทำความสะอาดภายในคลองรากฟัน(3)

## รายงานผู้ป่วยรายที่ 1

รายงานผู้ป่วยชายไทย อายุ 54 ปี ปฏิเสธโรคทางระบบและการแพ้ยา ถูกส่งต่อเพื่อรับการรักษาเนื่องจากเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักในขั้นตอนขยายคลองรากฟัน จากการตรวจภายในช่องปากพบฟันซี่ 13 เคาะคล้ำไม่เจ็บ ไม่พบฟันโยก ไม่พบร่องลึกปริทันต์ เหงือกและเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณฟันและข้างเคียงฟันซี่ดังกล่าวมีลักษณะปกติ

การตรวจทางภาพรังสี พบฟันซี่ 13 มีรูปร่างรากฟันค่อนข้างตรง พบเงาที่บรัสสิบริเวณกึ่งกลางของส่วนรากฟันตำแหน่งได้รอยต่อของเส้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน (Cemento-enamel junction) ยาวต่อเนื่องไปจนถึงส่วนของปลายรากฟัน โดยมีลักษณะเงาที่บรัสสิที่ความทึบรังสีไม่เท่ากัน ซ้อนทับกันอยู่ภายในคลองรากฟัน โดยเงาที่บรัสสิหนึ่งเงามีลักษณะคล้ายเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร ส่วนปลายรากฟันพบเงาโปร่งรังสีขอบเขตไม่ชัดเจน รูปร่างขนาดประมาณ 3x4 มิลลิเมตร (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายรังสีของฟันซี่ 13 ซึ่งพบเงาที่บรัสสิมีลักษณะคล้ายเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร อยู่ในคลองรากฟัน

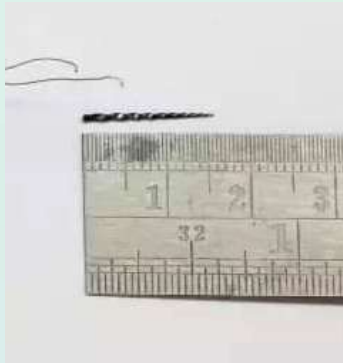
การวินิจฉัยโรค: Previously Initiated Therapy with asymptomatic Apical Periodontitis การวางแผนการรักษา: รักษาคลองรากฟันโดยไม่ใช้วิธีศัลยกรรมร่วม (Non-surgical Root Canal Treatment)

## การพยากรณ์โรค: เป็นที่น่าพอใจ (Favorable)

## การรักษา

การรักษาครั้งที่ 1 ทำการรักษาคลองรากฟันด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ (Aseptic technique) ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่ 2% lidocaine ที่มี epinephrine เข้มข้น 1:100,000 ด้วยวิธี Local infiltration 0.6 มิลลิลิตร ร่วมกับการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย (Rubber dam) กรอรู้อัดอุดฟันชนิดชั่วคราวออก ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ซับให้แห้งด้วยกระดาษซับสำหรับใช้ในคลองรากฟัน ส่องภายในคลองรากฟันด้วยแว่นตาขยายทางทันตกรรม (Dental loupe) กำลังขยาย 3.5 เท่า พบว่าลักษณะเงาที่บ่งชี้ที่ซ่อนทับกันภายในคลองรากฟันประกอบด้วย แคลเซียมไฮดรอกไซด์ชนิดสำเร็จรูปแบบฉีดและเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องหักค้ำอยู่ จากนั้นใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ (K-file) ขนาด เบอร์ 8 และ 10 พยายามแทรกผ่านชิ้นส่วนเครื่องมือที่หัก โดยใช้ความยาวรากโดยประมาณในการทำงานจากภาพรังสีก่อนการรักษา พบว่าเมื่อใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ทั้งเบอร์ 8 และ 10 แม้ว่าจะทำการดัดส่วนปลายของเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ให้โค้ง (Pre-curved) แล้ว ก็ยังไม่สามารถสอดผ่านเครื่องมือ (Bypass) ที่หักลงไปถึงความยาวรากที่ใช้ทำงานได้ จากนั้นกรอเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันให้ผายเพิ่มขึ้นและกรอกำจัดเนื้อฟันบริเวณคอฟันด้วยหัวกรอเกท กลิตเดน ดริล (Gate glidden drill) ขนาดเบอร์ 2 เพื่อให้มีช่องว่างสำหรับใช้เครื่องมืออัลตราโซนิกเตรียมเครื่องมืออัลตราโซนิกชนิดเปียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric; NewtronP5B LED, Acteon, Merignac, France) ร่วมกับการใช้หัวอัลตราโซนิกอีที25 (ET25; Endo Success™ retreatment Kit, Acteon, Merignac, France) ซึ่งมีขนาดและความยาวที่เหมาะสมกับคลองรากฟันที่เตรียมไว้ ปรับระดับความแรงของเครื่องที่ระดับ 8 ถึง 10 ร่วมกับการใช้น้ำเดินเครื่องประมาณ 2 นาทีต่อรอบ หมุนรอบส่วนบนเครื่องมือที่หักในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาสลับกับการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และน้ำยาชนิดสารละลายเอทีลินไดเอมีน เตตระอะซิติกแอซิดหรืออีดีทีเอ (EDTA) ความเข้มข้นร้อยละ 17 เมื่อเครื่องมือที่หักเริ่มหลวมใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ ขนาดเบอร์ 10 ที่ดัดส่วนปลายของเครื่องมือให้โค้ง สอดผ่านเครื่องมือที่หักไปถึงความยาวรากที่ใช้ทำงานโดยประมาณ จากนั้นเปลี่ยนเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ให้ขนาดใหญ่ขึ้นจากขนาดเบอร์ 15 ไปจนถึงเบอร์ 30 พบว่าชิ้นเครื่องมือที่หักเริ่มหลวมมากขึ้น จากนั้นใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเอชไฟล์ (H-File) ขนาดเบอร์ 20 พยายามเกี่ยวชิ้นเครื่องมือที่หักให้เคลื่อนตัวขึ้นมา จนสามารถใช้คีมคีบค้ำ (Cotton plier) จับชิ้นเครื่องมือที่หักแล้วหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจนชิ้นเครื่องมือที่หักหลุดออกมาจากคลองรากฟันได้สำเร็จ ชิ้นส่วนเครื่องมือที่หักเป็นชิ้นส่วนของเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่อง ความยาว 16 มิลลิเมตร (รูปที่ 2) ทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบ จากภาพถ่ายรังสีไม่พบลักษณะที่บ่งชี้ของเครื่องมือที่หักค้ำค้างในคลองรากฟัน (รูปที่ 3) ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ใส่ยาใน

คลองรากฟันด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมน้ำกลั่น อุดรูเปิดทางลงคลองรากฟันชั่วคราวด้วยวัสดุชนิดเควิตอน (Cavition; GC corporation, Tokyo, Japan) และโออาร์เอ็ม (IRM; caulk, Delaware, USA) ตรวจสอบการสบฟัน และนัดติดตามผลการรักษา 2 สัปดาห์



รูปที่ 2



รูปที่ 3

รูปที่ 2 แสดงชิ้นส่วนเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่อง ความยาว 16 มิลลิเมตร ที่หักค้างในคลองรากฟัน

รูปที่ 3 แสดงภาพถ่ายรังสีภายหลักรื้อเครื่องมือที่หักออกแล้ว ไม่พบลักษณะที่บ่งชี้ของเครื่องมือที่หัก ในคลองรากฟัน

การรักษาครั้งที่ 2 ผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ ฟันซี่ 13 พบวัสดุอุดฟันชนิดชั่วคราวอยู่ในสภาพดี ทำการรักษาคลองรากฟันต่อด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่ 2% lidocaine ที่มี epinephrine เข้มข้น 1:100,000 ด้วยวิธี infiltration 0.6 มิลลิลิตร ร่วมกับการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย กรอรู้อวัสดุอุดฟันชนิดชั่วคราวออก วัดความยาวปลายรากฟันด้วยอุปกรณ์หยั่งปลายรากด้วยไฟฟ้า (Electronic Apex Locator) ได้ความยาวทำงาน 25.5 มิลลิเมตร ทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบ (รูปที่ 4) ทำการขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องยี่ห้อโพเทปเปอร์ เน็กซ์ (ProTaper Next®, Dentsply maillefer, Switzerland) ที่ความเร็ว 300 รอบต่อนาที ตั้งค่าแรงบิด (torque) 2.5 Ncm ใช้นิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องขนาด 17/04, 25/06, 30/07, 40/06 และ 50/06 ตามลำดับ ลงกั้ตทาเพอร์ชา (Gutta percha) แท่งหลัก ขนาด 50/06 (รูปที่ 5) จากนั้นล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 ร่วมกับระบบอัลตราโซนิกแบบไร้แรง (Passive ultrasonic irrigation; PUI) โดยใช้หัวเอริเซฟ (Irrisafe®, Setelec, Acteon, Merignac, France) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ (Smear layer) ล้างตามด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ร่วมกับระบบอัลตราโซนิกแบบไร้แรงด้วยหัวเอริเซฟ เป็นเวลา 1 นาที ทำซ้ำทั้งหมด 3 รอบ ซับคลองรากฟันให้แห้ง อุดคลองรากฟันด้วยกั้ตทาเพอร์ชาแท่งหลักร่วมกับซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ (Zinc oxide eugenol cement) ด้วยวิธีวอร์ม เวอร์ทีคัล คอมแพคชัน

(Warm vertical compaction) โดยให้วัสดุอุดคลองรากฟันอยู่ต่ำกว่าระดับได้รอยต่อของเส้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน บูรณะฟันด้วยเรซินคอมโพสิต โดยใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์ (RMGI) เป็นวัสดุรองฟัน (รูปที่ 6)



รูปที่ 4

รูปที่ 5

รูปที่ 6

รูปที่ 4 ภาพถ่ายรังสีความยาวทำงาน

รูปที่ 5 ภาพถ่ายรังสีลองกัฒนาเพอร์ชาแท่งหลัก

รูปที่ 6 ภาพถ่ายรังสีภายหลังการรักษาคลองรากฟันแล้วเสร็จ

#### การติดตามผลการรักษา

นัดติดตามผลการรักษา 3 เดือน ผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ สามารถใช้งานได้ปกติ เคาะคลำไม่เจ็บ ไม่พบ ตุ่มหนอง จากถ่ายภาพรังสีติดตามอาการพบรอยโรคบริเวณปลายรากฟันมีเงาโปร่งรังสีขอบเขตไม่ชัดเจน ขนาด 1x1 มิลลิเมตร (รูปที่ 7)

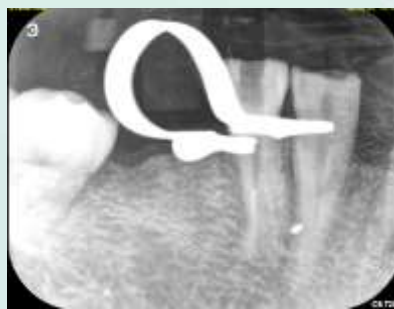


รูปที่ 7 ภาพถ่ายรังสีภายหลังติดตามอาการเป็นเวลา 3 เดือน

## รายงานผู้ป่วยรายที่ 2

รายงานผู้ป่วยชายไทย อายุ 51 ปี มีโรคทางระบบโรคภูมิแพ้ แพ้ยานอร์จิติก ถูกส่งต่อเพื่อรับการรักษา เนื่องจากเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักในขั้นตอนขยายคลองรากฟัน จากการตรวจภายในช่องปากพบฟันซี่ 44 เคาะคลำไม่เจ็บ ไม่พบฟันโยก ไม่พบร่องลึกปริทันต์ เหงือกและเนื้อเยื่ออ่อนบริเวณฟันและข้างเคียงฟันซี่ดังกล่าวมีลักษณะปกติ

การตรวจทางภาพรังสีฟันซี่ 44 พบเงาโปร่งรังสีส่วนของคลองรากฟันเฉพาะในส่วนที่ต่อเนื่องจากโพรงประสาทฟันยาวลงมาถึงครึ่งรากฟัน จากนั้นเงาโปร่งรังสีหายไปมองเห็นได้ไม่ชัดเจน เป็นได้ว่าอาจมีจำนวนคลองรากฟันสองคลองรากหรือมากกว่า ที่ระดับใต้จุดแยกลงไปประมาณ 1 มิลลิเมตร ในคลองรากฟันด้านไกลกลาง พบเส้นเงาที่รังสีคล้ายเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงภาพถ่ายรังสีของฟันซี่ 44 ซึ่งพบเงาที่รังสีมีลักษณะคล้ายเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักยาวประมาณ 2-3 มิลลิเมตร อยู่ในคลองรากฟัน

การตรวจทางภาพถ่ายรังสีสามมิติ: ฟันซี่ 44 พบลักษณะคลองรากฟันทั้งสิ้นจำนวน 3 ราก พบเงาที่โปร่งรังสีคล้ายเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักในคลองรากฟันด้านไกลกลางใกล้แก้ม (Disto-buccal root) เมื่อวัดระยะโดยประมาณจากภาพถ่ายรังสีสามมิติ แสดงขนาดของเครื่องมือหักยาวประมาณ 2.8 มิลลิเมตร อยู่ต่ำกว่าจุดแยกคลองรากฟันประมาณ 2 มิลลิเมตร และต่ำกว่าบริเวณทางเปิดเข้าสู่คลองรากฟันประมาณ 12 มิลลิเมตร (รูปที่ 9)



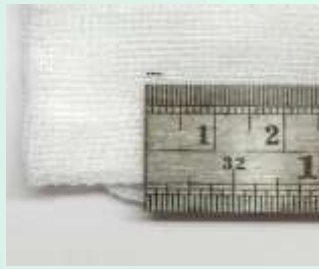
รูปที่ 9 ภาพถ่ายรังสีสามมิติแสดงตำแหน่งของเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หัก

การวินิจฉัยโรค: Previously Initiated Therapy with Asymptomatic Apical Periodontitis การวางแผนการรักษา: รักษาคลองรากฟันโดยไม่ใช้วิธีศัลยกรรมร่วม

## การพยากรณ์โรค: เป็นที่น่าพอใจ

## การรักษา

การรักษาครั้งที่ 1 ทำการรักษาคลองรากฟันด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่ 2% lidocaine ที่มี epinephrine เข้มข้น 1:100,000 ด้วยวิธี Inferior alveolar nerve block และ ligual nerve block 1.8 มิลลิลิตร ร่วมกับการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย กรอรู้อีวีสตูดฟันชนิดชั่วคราวออก ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ซับให้แห้งด้วยกระดาษซับสำหรับใช้ในคลองรากฟันสำรวจภายในคลองรากฟันด้วยแว่นตาขยายทางทันตกรรม กำลังขยาย 3.5 เท่า พบวัตถุสีเงินหักติดค้างอยู่ภายในคลองรากฟันด้านใกล้กลางชิดแก้ม จากนั้นใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ขนาด เบอร์ 6, 8 และ 10 พยายามแทรกผ่านชิ้นส่วนเครื่องมือที่หัก แม้ว่าจะทำการตัดส่วนปลายของเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ให้โค้งแล้วก็ยังไม่สามารถแทรกผ่านเครื่องมือที่หักลงไปได้ จากนั้นกรอเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันให้ขยายเพิ่มขึ้นด้วยเครื่องอัลตราโซนิคชนิดเปียโซอิเล็กทริก ร่วมกับการใช้หัวอัลตราโซนิคอีที18ดี (ET18D; *EndoSuccess™ retreatment Kit, Acteon*, Merignac, France) เปิดทางลงสู่เครื่องมือที่หักโดยปรับระดับความแรงของเครื่องที่ระดับ 8 ถึง 10 ร่วมกับการใช้น้ำเดินเครื่องประมาณ 2 นาทีต่อรอบ แล้วใช้หัวอีทีบีดี (ETBD; *EndoSuccess™ retreatment Kit, Acteon*, Merignac, France) กรอรอบๆ เนื้อฟันใกล้ส่วนเครื่องมือที่หักเพื่อให้มีช่องว่างสำหรับใช้หัวอีที20 และอีที25 (ET25; *EndoSuccess™ retreatment Kit, Acteon*, Merignac, France) หมุนรอบส่วนบนเครื่องมือที่หักในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาสลับกับการล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 และ น้ำยาสารละลายอีดีทีเอความเข้มข้นร้อยละ 17 เมื่อเครื่องมือที่หักเริ่มหลวมใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ขนาดเบอร์ 10 ตัดส่วนปลายให้โค้งค่อยๆ สอดผ่านเครื่องมือที่หักลงไปเรื่อยๆ สลับกับการใช้หัวอีที20 และอีที25 หมุนรอบส่วนบนเครื่องมือที่หักในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจนชิ้นเครื่องมือที่หักหลุดออกมาจากคลองรากฟันได้สำเร็จ ชิ้นส่วนเครื่องมือที่หักเป็นชิ้นส่วนของเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ชนิดหมุนด้วยเครื่อง ความยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร (รูปที่ 10) ทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบ จากภาพรังสีไม่พบลักษณะที่บ่งชี้ของเครื่องมือหักค้างในคลองรากฟัน (รูปที่ 11) ล้างคลองรากฟันด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ใส่ยาในคลองรากฟันด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ผสมน้ำกลั่น อุดรูเปิดทางลงคลองรากฟันชั่วคราวด้วยวัสดุชนิดเควิตอนและไออาร์เอ็ม ตรวจสอบการสบฟัน และนัดติดตามผลการรักษา 2 สัปดาห์



รูปที่ 10



รูปที่ 11

รูปที่ 10 แสดงชิ้นส่วนเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่อง ความยาว 3 มิลลิเมตร ที่หักค้างในคลองรากฟัน

รูปที่ 11 แสดงภาพถ่ายรังสีภายหลักรื้อเครื่องมือที่หักออกแล้ว ไม่พบลักษณะที่บ่งชี้ของเครื่องมือใน คลองรากฟัน

การรักษาครั้งที่ 2 ผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ ฟันซี่ 44 พบวัสดุอุดฟันชนิดชั่วคราวอยู่ในสภาพดี ทำการรักษา คลองรากฟันต่อด้วยเทคนิคปราศจากเชื้อ ภายใต้การฉีดยาชาเฉพาะที่ 2% lidocaine ที่มี epinephrine เข้มข้น 1:100,000 ด้วยวิธี Inferior alveolar nerve block และ lingual nerve block 1.8 มิลลิเมตร ร่วมกับการใส่แผ่นยางกันน้ำลาย กรอวัสดุอุดฟันชนิดชั่วคราวออก วัดความยาวปลายรากฟันด้วยอุปกรณ์หยั่งปลาย รากด้วยไฟฟ้าทั้ง 3 ราก ทำการถ่ายภาพรังสีเพื่อตรวจสอบ (รูปที่ 12) ขยายคลองรากฟันด้วยเครื่องมือขยาย คลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องยี่ห้อเวฟวันโกลด์ (Waveone gold®, Dentsply maillefer, Switzerland) ด้วยโปรแกรมเวฟวันออตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต ใช้ไฟล์ขนาด 20/07 และ 25/07 ตามลำดับ ลองกัทยาเพอร์ชาแท่งหลักขนาด 25/07 (รูปที่ 13) ล้างคลองรากฟันด้วยสารละลายอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 ร่วมกับระบบอัลตราโซนิกแบบไร้แรง โดยใช้หัวเอริเซฟ ปริมาตร 10 มิลลิตร เป็นเวลา 1 นาทีต่อ 1 คลองรากฟัน เพื่อกำจัดชั้นสเมียร์ ล้างตามด้วยน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ ความเข้มข้น ร้อยละ 2.5 ปริมาตร 10 มิลลิตร เป็นเวลา 1 นาทีร่วมกับระบบอัลตราโซนิกแบบไร้แรงด้วยหัวเอริเซฟ ทำซ้ำ ทั้งหมด 3 รอบต่อ 1 คลองรากฟัน ซับคลองรากฟันให้แห้ง อุดคลองรากฟันด้วยกัทยาเพอร์ชาแท่งหลักร่วมกับ ซิงค์ออกไซด์ยูจีนอลซีเมนต์ ด้วยวิธีด้วยวิธีวอร์ม เวอร์ทีกัล คอมแพคชั่น ตรวจสอบภายหลักรื้อคลองรากฟันด้วย ภาพถ่ายภาพรังสี (รูปที่ 14) บำรุงฟันด้วยเรซินคอมโพสิต โดยใช้เรซินมอดิฟายด์กลาสไอโอโนเมอร์ซีเมนต์เป็นวัสดุ รองพื้น



รูปที่ 12

รูปที่ 13

รูปที่ 14

รูปที่ 12 ภาพถ่ายรังสีความยาวทำงาน

รูปที่ 13 ภาพถ่ายรังสีลองกัฒนาเพอร์ชาแห่งหลัก

รูปที่ 14 ภาพถ่ายรังสีภายหลังถอดคลองรากฟัน

### ติดตามผลการรักษา

นัดติดตามผลการรักษา 3 เดือน ผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ สามารถใช้งานได้ปกติ เคาะคลำไม่เจ็บ ไม่พบตุ่มหนอง จากภาพถ่ายรังสีไม่พบเงาโปร่งรังสีบริเวณปลายรากฟัน (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 ภาพถ่ายรังสีภายหลังติดตามอาการเป็นเวลา 3 เดือน

### บทวิจารณ์

การหักของเครื่องมือขยายคลองรากฟันมักเกิดจากหลายสาเหตุ(4, 5) ยกตัวอย่างเช่น การเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันที่ไม่เพียงพอทำให้แนวทางเข้ารากฟันไม่เป็นเส้นตรง (Straight line access) เสี่ยงต่อการเกิดเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักหรือเกิดรอยทะลุแบบถากในคลองรากฟัน (Strip perforate) การใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันซ้ำหลายๆครั้ง ส่งผลต่อคุณสมบัติในการตัดเนื้อฟันที่น้อยลง โดยเฉพาะเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่อง ก่อให้เกิดการติดแน่นของเครื่องมือในคลองรากฟันเพิ่มโอกาสที่จะทำให้เครื่องมือหักได้ หรือการใช้แรงกดเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องไปทางปลายรากมากเกินไป มักจะทำให้ส่วนปลายของเครื่องมือติดแน่นในคลองรากฟัน ในขณะที่เครื่องมือยังคงหมุนอยู่ เกิดแรงบิดสูงกว่าขีดจำกัดการยืดหยุ่นของเครื่องมือ ทำให้เกิดขบวนการ

เปลี่ยนรูปแบบ (Plastic deformation) และเกิดการหักของเครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องมือหักจากแรงบิด (Torsional failure) มักพบในเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องขนาดเล็ก ซึ่งมีความต้านทานต่อแรงบิดน้อยกว่าเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องขนาดใหญ่(5-7) หรือการใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หมุนด้วยเครื่องในคลองรากฟันที่โค้ง โดยเฉพาะเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่และหมุนต่อเนื่องในคลองรากฟันที่โค้งมาก ทำให้สะสมความเครียด โดยพื้นผิวของเครื่องมือที่อยู่ด้านในที่สัมผัสความโค้งจะถูกกดได้รับแรงอัด ส่วนพื้นผิวด้านนอกของเครื่องมือที่ไม่สัมผัสความโค้งจะถูกดึง เมื่อเครื่องมือหมุนตลอดเวลาจะเกิดการเปลี่ยนสลับของแรงดึงและแรงกดอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เครื่องมือล้าและเสื่อมสภาพจนเกิดการหักจากการล้า (Cyclic fatigue failure) พบมากในพื้นที่คลองรากมีความโค้งมาก(5, 8, 9) หรือการตั้งค่าความเร็วรอบ (Speed) และการควบคุมแรงบิด (Torque control) ของมอเตอร์เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดหมุนไม่เหมาะสม(10, 11) การออกแบบของเครื่องมือขยายคลองรากฟันและชนิดของโลหะผสมที่ใช้ในการผลิตเครื่องมือขยายคลองรากฟัน หากเป็นโลหะผสมชนิดนิกเกิลไทเทเนียมแบบดั้งเดิม (Conventional NiTi) จะมีความยืดหยุ่นที่ต่ำกว่าโลหะผสมชนิดนิกเกิลไทเทเนียมที่ได้รับการปรับปรุงคุณสมบัติ เช่น เทคโนโลยี M-wire เทคโนโลยี CM wire เป็นต้น(12-14)

วิธีการจัดการเมื่อเครื่องมือขยายคลองรากฟันหักในคลองราก แบ่งหลักๆ ได้ 2 วิธี คือการรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์และการรักษาด้วยวิธีศัลยกรรม (Surgical Endodontic treatment) การรักษาด้วยวิธีอนุรักษ์ เช่น การใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์หรือเอ็กซ์ไฟล์ แทรกผ่านเพื่อเปิดทางลงสู่คลองราก การใช้เครื่องมือดึงชนิดพิเศษดึงส่วนที่หักออกมา และการใช้ระบบอัลตราโซนิก เป็นต้น(15) กรณีเครื่องมือที่หักมีส่วนยื่นขึ้นมาจากรูเปิดคลองรากฟัน สามารถใช้เครื่องมือ เช่น Hemostat, Steiglitz forcep, Modified Castroviejo needle holder หรือ Perry plier จับส่วนปลายเครื่องมือ ค่อยๆ หมุนทวนเข็มนาฬิกาแล้วดึงเครื่องมือที่หักออกมา(16) เทคนิควิธีการใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์หรือเอ็กซ์ไฟล์ แทรกผ่านเพื่อเปิดทางลงสู่คลองราก เป็นวิธีที่ใช้เครื่องมือขนาดเล็ก เช่น เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคไฟล์ขนาดเบอร์ 8 หรือ 10 ค่อยๆ แทรกผ่านเครื่องมือที่หักลงสู่ปลายราก หากสามารถเปิดทางลงสู่ปลายรากจนถึงความยาวทำงานได้ ไม่จำเป็นต้องนำเครื่องมือที่หักออก สามารถขยายคลองรากและอุดคลองรากตลอดความยาวทำงานได้ตามปกติ วัสดุที่หักมักจะมีโอกาสหลุดออกมาเอง เป็นวิธีที่ค่อนข้างปลอดภัย ไม่ทำลายโครงสร้างฟัน(17) การใช้ระบบอัลตราโซนิกเป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ(18-20) มีขั้นตอน คือการเปิดทางเข้าสู่ตัวฟันและรากฟัน ระบุตำแหน่งของเครื่องมือที่หัก สร้างพื้นที่รอบๆ ขึ้นเครื่องมือที่หักให้กว้างเพียงพอ (Staging platform) เพื่อให้สามารถใช้หัวอัลตราโซนิกเคลื่อนที่แทรกกระหว่างเครื่องมือที่หักและผนังคลองรากฟันไปรอบๆ ในทิศทางเข็มนาฬิกาได้ เครื่องมือที่หักจะเริ่มหลวมและหมุนตามทิศทางเคลื่อนที่ของหัวอัลตราโซนิกจนกระเด็นหลุดออกมา โดยอาจใช้วิธีนี้ร่วมกับสารละลายอีดีทีเอ ความเข้มข้นร้อยละ 17 เพื่อทำให้เกิดการไหลวนของน้ำยา รอบๆ หัวอัลตราโซนิก (Acoustic streaming effect) ทำให้เกิดแรงเฉือนของน้ำยากระทำต่อชิ้นเครื่องมือที่หัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหลุดของเครื่องมือที่หักมากขึ้น(15)

สำหรับกรณีศึกษาของผู้ป่วยในรายงานนี้ ทั้ง 2 กรณี วางแผนให้การรักษาด้วยวิธีอื่นรุกราน โดยเริ่มจากใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคโฟล์แทรกผ่านเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หักลงสู่คลองราก ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างปลอดภัยไม่ทำลายโครงสร้างฟัน แต่ไม่สำเร็จ ไม่สามารถใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคโฟล์แทรกผ่านขึ้นเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักในคลองรากได้ ตัดสินใจเปลี่ยนมาใช้วิธีการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักด้วยระบบอัลตราโซนิก โดยเริ่มจากการเปิดทางเข้าสู่ตัวฟันและรากฟันเพื่อให้สามารถมองเห็นและระบุตำแหน่งของชิ้นเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักได้อย่างชัดเจน รายงานผู้ป่วยรายที่ 1 เนื่องจากรากฟันมีลักษณะค่อนข้างตรงและใหญ่ เมื่อใช้แว่นตาขยายทางทันตกรรมกำลังขยาย 3.5 เท่าร่วมกับการ ใช้ไฟส่องสว่าง พบชิ้นส่วนเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หัก อยู่ระดับส่วนต้นของคลองรากฟันได้รอยต่อเส้นเคลือบฟันและเคลือบรากฟัน จึงเลือกใช้หัวกรอเกท กลิตเดน ดริล ขนาดเบอร์ 2 เปิดทางลงสู่คลองรากฟันให้หายเพิ่มขึ้น ส่วนในรายงานผู้ป่วยรายที่ 2 ซึ่งมีลักษณะรากฟันที่ค่อนข้างซับซ้อน เครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักอยู่ระดับใต้จุดแยกของคลองรากฟันลงไปคลองรากด้านไกลกลาง เลือกใช้หัวอัลตราโซนิก หัวอีที18ตี เปิดทางลงสู่คลองรากฟัน ข้อดีคือมีขนาดเล็ก ทำงานด้วยระบบสั่น สามารถรอกำจัดเฉพาะจุดได้ดีกว่าการใช้หัวกรอเกท กลิตเดน ดริลหรือหัวกรอปกติ ซึ่งมีขนาดใหญ่ทำงานด้วยระบบหมุน และลักษณะของหัวอัลตราโซนิกมีก้านยาวจะช่วยส่งเสริมการมองเห็นที่ดีจึงมีความปลอดภัยในการใช้งานโดยเฉพาะบริเวณพื้นที่แคบและจำกัดการมองเห็น(20) ภายหลังระบุตำแหน่งของเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักและทำการสร้างพื้นที่รอบๆ แล้วใช้หัวอัลตราโซนิกเคลื่อนที่ในทิศทางวนเข็มนาฬิกา แทรกกระหว่างเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักและผนังคลองราก จนเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักเริ่มหลวมและหมุนขึ้นมาตามทิศทางการเคลื่อนที่ของหัวอัลตราโซนิก จนกระเด็นหลุดออกมาดังในรายงานผู้ป่วยรายที่ 2 แต่ในรายงานผู้ป่วยรายที่ 1 แม้เครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักจะเริ่มหลวมและมีการขยับไปมา แต่ไม่สามารถกระเด็นหลุดออกมาได้ อาจเนื่องจากมีความยาวที่มาก และบางส่วนของชิ้นเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักอาจล็อกติดอยู่กับส่วนคอดของรากฟันส่วนล่าง จึงใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคโฟล์แทรกผ่านเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักจนเริ่มหลวมมากขึ้น แล้วใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดเคโฟล์แทรกผ่านเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักให้เคลื่อนตัวขึ้นมา จนสามารถใช้คีมคีบลำสีจับหมุนในทิศทางวนเข็มนาฬิกาจนชิ้นเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักหลุดออกมาจากคลองรากฟันได้สำเร็จ ทั้งรายงานผู้ป่วยรายที่ 1 และ 2 มีการใช้น้ำยาชนิดสารละลายอีทีไอความเข้มข้นร้อยละ 17 ร่วมด้วยเพื่อทำให้เกิดการไหลวนของน้ำยารอบๆหัวอัลตราโซนิก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหลุดของเครื่องมือมากขึ้น

การรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักในคลองรากฟัน ปัจจุบันมีเทคนิคและอุปกรณ์ต่างๆมากมายที่ถูกพัฒนาขึ้น รวมถึงระบบค้นหาคลองรากฟันด้วยเครื่องสแกนโคนบีมคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Cone Beam Computed Tomography : CBCT)(21) เป็นวิธีการถ่ายภาพรังสีนอกปากวิธีหนึ่ง ภาพรังสีที่ได้สามารถแสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้างที่ต้องการศึกษาได้ทั้ง 3 ระนาบและสามารถนำไปสร้างเป็นภาพ 3 มิติ ในขณะที่

ภาพรังสีโดยทั่วไปไม่สามารถทำได้(22) ในงานวิทยาเอ็นโดดอนต์มักใช้ในการศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ในคลองรากฟันที่มีความซับซ้อน เช่น ระบบคลองรากฟันกรามน้อยล่างแท้ที่มีหลายราก แขนงคลองราก (Accessory canal) ด้านใกล้กลางในฟันกรามล่างแท้ คลองรากฟันรูปตัวซี (c-shaped canal) ภาวะฟันในฟัน (dens invaginatus) เป็นต้น(23-28) หรือใช้ตรวจหาภาวะแทรกซ้อนของการรักษาคคลองรากฟันระหว่างการรักษาทางวิทยาเอ็นโดดอนต์ เช่น การปกเดียวฟันที่ผิดตำแหน่งและการหักของเครื่องมือรักษาคคลองรากฟันชนิดต่างๆในคลองราก(29) สำหรับรายงานผู้ป่วยรายที่ 2 มีการนำภาพถ่ายรังสีสามมิติ มาใช้ในการศึกษารูปร่างลักษณะกายวิภาคศาสตร์ในคลองรากฟัน พบว่าคลองรากฟันของผู้ป่วย เป็นคลองรากที่มีความซับซ้อนพบมากถึง 3 คลองรากฟัน นอกจากนั้นแล้วยังนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งและวัดระยะที่พบเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หัก คือคลองรากด้านใกล้กลางใกล้แก้ม และใช้วัดระยะโดยประมาณจากรูปตำแหน่งอ้างอิงทางเปิดลงสู่คลองรากฟันจนถึงตำแหน่งที่เครื่องมือขยายคลองรากฟันหักติดค้างอยู่ เพื่อให้สามารถเลือกใช้เครื่องมือในการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักได้อย่างเหมาะสม ทั้งทราบความหนาโดยประมาณของโครงสร้างฟันบริเวณรอบๆเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หัก เพื่อเพิ่มความระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างฟันจนเกิดการทะลุแบบถากขึ้น

นอกจากนั้นแล้วสิ่งที่มีความสำคัญอีกอย่างคือการมองเห็นบริเวณที่เข้าทำงานได้อย่างชัดเจน ในปัจจุบันการทำงานร่วมกับการใช้แว่นตาขยายทางทันตกรรม รวมไปถึงการนำกล้องผ่าตัดทางทันตกรรม (Dental operating microscope หรือ DOM) มาใช้ในทางทันตกรรมเป็นที่นิยมน้อยอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็น ทั้งในแง่ของกำลังขยายที่สูงขึ้นและแสงสว่างที่ส่องผ่านคลองรากฟันในระยะที่เพิ่มขึ้น ทำให้การรักษาคคลองรากฟันสะดวก รวดเร็ว และเพิ่มผลสำเร็จในการรักษา สำหรับรายงานของผู้ป่วยทั้ง 2 ราย มีการนำแว่นตาขยายทางทันตกรรมมาใช้ร่วมด้วย ทำให้สามารถเห็นตำแหน่งของเครื่องมือขยายคลองรากฟันชนิดนิกเกิลไทเทเนียมไฟล์ที่หักได้ชัดเจนและสามารถนำออกมาได้โดยที่มีการสูญเสียเนื้อฟันน้อยและลดความเสี่ยงในการเกิดรอยทะลุ

### บทสรุป

การรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักในคลองรากมีหลายวิธี ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่เป็นมาตรฐานในการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักให้ประสบความสำเร็จได้อย่างแน่นอน การเรียนรู้วิธีการใช้งานและตรวจสอบเครื่องมือขยายคลองรากฟันก่อนการใช้งาน จะช่วยป้องกันเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นได้ ก่อนการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันใดๆ ที่ติดอยู่ในคลองราก ควรพิจารณาถึงความความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและปัจจัยที่มีผลต่อการรื้อเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หัก เช่น ตำแหน่ง ชนิดของเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักและเนื้อฟันที่เหลืออยู่โดยรอบ ซึ่งหากตัดสินใจทำการรื้อ ควรเริ่มจากวิธีการอนุรักษ์ ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างฟันน้อยที่สุดก่อน เช่น การใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันขนาดเล็กแทรกผ่านชิ้นส่วนเครื่องมือขยายคลองรากฟันที่หักร่วมกับการใช้อัลตราโซนิก โดยใช้ร่วมกับการมองผ่านแว่นตาขยายทางทันตกรรมและไฟส่องสว่าง เพื่อเพิ่มผลสำเร็จในการรักษา

### เอกสารอ้างอิง

1. CHEUNG GSP. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endodontic Topics*. 2007;16(1):1-26.
2. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *European journal of dentistry*. 2016;10(01):144-7.
3. Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, Messer HH. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. *Journal of endodontics*. 2010;36(5):775-80.
4. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low-and high-torque endodontic motors. *Journal of endodontics*. 2001;27(12):772-4.
5. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of endodontics*. 2000;26(3):161-5.
6. Schäfer E, Dzepina A, Danesh G. Bending properties of rotary nickel-titanium instruments. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2003;96(6):757-63.
7. Walton RE, Torabinejad M, Bakland LK. *Endodontics. Principles and Practice* (10th ed) St Louis, Missouri: Elsevier. 2009.
8. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 1999;25(6):434-40.
9. Pruett JP, Clement DJ, Carnes Jr DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of endodontics*. 1997;23(2):77-85.
10. Daugherty DW, Gound TG, Comer TL. Comparison of fracture rate, deformation rate, and efficiency between rotary endodontic instruments driven at 150 rpm and 350 rpm. *Journal of endodontics*. 2001;27(2):93-5.
11. Gambarini G. Rationale for the use of low-torque endodontic motors in root canal instrumentation. *Dental traumatology: Review article*. 2000;16(3):95-100.
12. Gao Y, Shotton V, Wilkinson K, Phillips G, Johnson WB. Effects of raw material and rotational speed on the cyclic fatigue of ProFile Vortex rotary instruments. *Journal of endodontics*. 2010;36(7):1205-9.
13. Bryant, Dummer. Shaping ability of Profile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals: Part 1. *International Endodontic Journal*. 1998;31(4):275-81.

14. Kosti E, Zinelis S, Lambrianidis T, Margelos J. A comparative study of crack development in stainless-steel hedstrom files used with step-back or crown-down techniques. *Journal of endodontics*. 2004;30(1):38-41.
15. Berman LH, Hargreaves KM. Cohen's Pathways of the Pulp: Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book: Elsevier Health Sciences; 2020.
16. Weisman MI. The removal of difficult silver cones. *Journal of Endodontics*. 1983;9(5):210-1.
17. Solomonov M, Webber M, Keinan D. Fractured endodontic instrument: a clinical dilemma. Retrieve, bypass or entomb? *The New York state dental journal*. 2014;80(5):50-2.
18. Chenail BL, Teplitzky PE. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstructions. *Journal of Endodontics*. 1987;13(4):186-90.
19. Nagai O, Tani N, Kayaba Y, Kodama S, Osada T. Ultrasonic removal of broken instruments in root canals. *International Endodontic Journal*. 1986;19(6):298-304.
20. Ruddle CJ. Nonsurgical retreatment. *Journal of Endodontics*. 2004;30(12):827-45.
21. Xie K-X, Wang X. In vitro study of a new lasso device for intra-canal broken instrument removal. *Shanghai kou Qiang yi xue= Shanghai Journal of Stomatology*. 2021;30(6):606-10.
22. Tantanapornkul W. การใช้ คอน ปีม คอม พี ว เต ด โท โม กราฟ พี ใน ทาง ทันต กรรม. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*. 2014;19(2):97-103.
23. Yu X, Guo B, Li K-Z, Zhang R, Tian Y-Y, Wang H. Cone-beam computed tomography study of root and canal morphology of mandibular premolars in a western Chinese population. *BMC medical imaging*. 2012;12:1-5.
24. de Toubes KMPS, de Souza Côrtes MI, de Abreu Valadares MA, Fonseca LC, Nunes E, Silveira FF. Comparative analysis of accessory mesial canal identification in mandibular first molars by using four different diagnostic methods. *Journal of Endodontics*. 2012;38(4):436-41.
25. Ladeira DBS, Cruz AD, Freitas DQ, Almeida SM. Prevalence of C-shaped root canal in a Brazilian subpopulation: a cone-beam computed tomography analysis. *Brazilian oral research*. 2013;28:39-45.
26. Helvaciglu-Yigit D, Sinanoglu A. Use of cone-beam computed tomography to evaluate C-shaped root canal systems in mandibular second molars in a Turkish subpopulation: a retrospective study. *International Endodontic Journal*. 2013;46(11):1032-8.



27. Kato H. Non-surgical endodontic treatment for dens invaginatus type III using cone beam computed tomography and dental operating microscope: a case report. The Bulletin of Tokyo Dental College. 2013;54(2):103-8.
28. Kfir A, Telishevsky-Strauss Y, Leitner A, Metzger Z. The diagnosis and conservative treatment of a complex type 3 dens invaginatus using cone beam computed tomography (CBCT) and 3D plastic models. International Endodontic Journal. 2013;46(3):275-88.
29. Eskandarloo A, Mirshekari A, Poorolajal J, Mohammadi Z, Shokri A. Comparison of cone-beam computed tomography with intraoral photostimulable phosphor imaging plate for diagnosis of endodontic complications: a simulation study. Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology. 2012;114(6):e54-e61.