

การรักษาคลองรากฟันรูปซีประเภทซีสองร่วมกับฟันร้าว: รายงานผู้ป่วย 1 ราย

มัลลิกา สมวงษ์ น.อ.

โรงพยาบาลโพธาราม อำเภोधราราม จังหวัดราชบุรี 70120

Root Canal Treatment in C – Shaped (C2) with Cracked Tooth: A Case Report

Somporn M

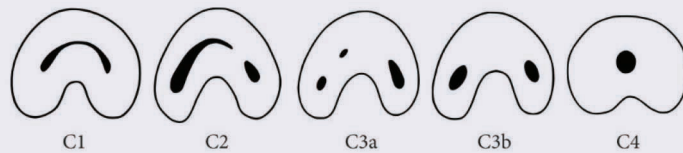
Photharam Hospital, Photharam, Ratchaburi, 70120

(E-mail: Mallika25@gmail.com)

บทนำ

คลองรากฟันรูปซีมีรูปร่างเหมือนตัวอักษรซีในรากฟันรูปซี ซึ่งพบร่องตามแนวยาวที่รากฟันโดยไม่คำนึงว่าคลองรากฟันหรือรูเปิดคลองรากฟันแยกจากกันหรือไม่¹ Manning ค.ศ. 1990 อธิบายว่าสาเหตุหลักของรากฟันรูปซีเกิดจากเยื่อปิวท์มรากเฮิร์ตวิกไม่เชื่อมต่อกันระหว่างรากฟันด้านแก้มและลิ้น จึงมีคลองรากฟันรูปซีภายใน หรืออาจเกิดจากการสะสมของเคลือบรากฟันระหว่างรากฟัน²

เนื่องจากคลองรากฟันรูปซีมีความหลากหลาย จึงมีการจำแนกหลายแบบตามลักษณะต่างกัันดังนี้



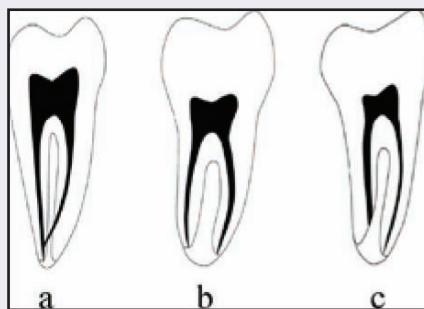
ภาพ 1 ภาพตัดขวางฟันแตรกรรูปซีที่จัดหมวดหมู่ตามกายวิภาค³ โดยดัดแปลงจากการจัดหมวดหมู่ของ Melton⁴

โดยคลองรากฟันซีหนึ่ง (C1) คือ คลองรากฟันรูปซีต่อเนื่องจากรูเปิดคลองรากฟันถึงปลายราก คลองรากฟันซีสอง (C2) คือ คลองรากฟันรูปซีคล้ายซีมีโคลนจากความไม่ต่อเนื่องของรูปซี คลองรากฟันซีสาม (C3) มีคลองรากฟัน 2-3 คลองรากแยกกัน คลองรากฟันซีสี่ (C4) มีเพียงคลองรากฟันหนึ่งคลองรากรูปทรงกลมหรือรูปไข่ในแนวตัดขวาง และคลองรากฟันซีห้า (C5) นั้น ไม่พบคลองรากฟัน (อาจพบใกล้ปลายราก)³

จากการศึกษาคลองรากฟันกรามแท้รูปซีตามกายวิภาค พบว่าฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองซึ่งคลองรากรูปซีมีลักษณะดังนี้ (ก) รากรวบ

(ข) มีร่องตามแนวยาวที่รากฟันด้านลิ้นหรือแก้ม (ค) เมื่อพิจารณาจากภาพตัดขวางพบระบบคลองรากฟันรูปซีหนึ่ง ซีสอง หรือซีสามอย่างน้อย 1 ส่วน โดยพบรูเปิดคลองรากฟันได้รอยต่อเคลือบฟันกับเคลือบรากฟัน 3 มิลลิเมตร (ร้อยละ 98.1) คลองรากฟันรูปซีส่วนใหญ่แยกจากกันที่ 2 มิลลิเมตรจากปลายราก ซึ่งลักษณะรูเปิดคลองรากฟันไม่สามารถทำนายคลองรากฟันส่วนกลางและปลายได้³

นอกจากการจำแนกคลองรากฟันรูปซีตามกายวิภาคแล้ว ยังมี การจำแนกตามภาพรังสี (ภาพ 2) ดังนี้



ภาพ 2 การจำแนกรากฟันรูปซีจากภาพรังสี⁵

ซึ่งรากฟันทั้งสามแบบจากภาพรังสีนั้น พบรากรูปโคนหรือสี่เหลี่ยมไม่ชัดเจน มีเงาดำตามแนวยาวที่แยกรากใกล้กลางและไกลกลาง โดยแบบ I นั้น คลองรากฟันทั้งสองรวมกันก่อนถึงรูเปิดปลายราก (ภาพ 2a) แบบ II ทั้งสองคลองรากฟันแยกจากกันโดยตลอดตั้งแต่รูเปิดคลองรากฟันถึงปลายรากฟัน (ภาพ 2b) แบบ III คลองรากหนึ่งจะโค้งและซ้อนทับเงาไปรังสีและมุ่งสู่ปลายราก และอีกคลองรากฟันจะมุ่งของตัวเองไปยังปลายรากฟัน (ภาพ 2c)

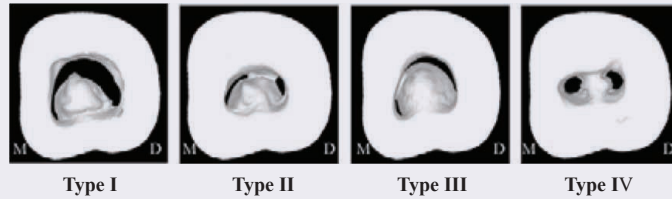
มีการศึกษาพบว่าไม่สามารถพิจารณารูปร่างคลองรากฟันจากตัวฟันทางคลินิก แต่อาจทำนายจากภาพรังสีได้ โดยรากที่สอบส่วนปลายและสอบตลอดราก หรือปลายรากฟันเป็นสี่เหลี่ยมอาจมีระบบคลองรากฟันรูปตัวซีได้ จากการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (micro-computed tomography) ในฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สองซึ่งกรากรวบ พบภาพรังสีแบบ II 22 ซี่ (ร้อยละ 40.74) มากที่สุด และแบบ I เท่ากับแบบ III จำนวน 16 ซี่ (ร้อยละ 29.63) ซึ่งภาพรังสีแบบ I ส่วนมากพบคลองรากฟันรูปซีหนึ่งและซีสี่ที่ปลายราก ภาพรังสีแบบ II และ III พบคลองรากฟันรูปซีหนึ่งและซีสาม

มากที่คลองรากฟันส่วนกลางและส่วนปลาย และภาพรังสีแบบ III พบคลองรากฟันซี่สองที่คลองรากฟันส่วนกลางมากกว่าแบบ II⁵

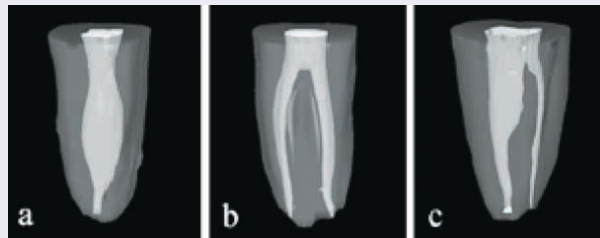
นอกจากนั้นสามารถใช้ภาพรังสีปริทัศน์ (panoramic radiography) วินิจฉัยคลองรากฟันรูปซี่ได้ โดยคลองรากฟันรูปซี่จะรวมกันที่ปลายรากหรือด้านประชิดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะ แต่ภาพรังสีที่รากไม่รวมกันอาจเป็นคลองรากรูปซี่ได้ จากการศึกษาในฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สอง โดยใช้ภาพรังสีจำแนกคลองรากฟันเป็น nonfused (NFRI-II) และ fused (FRI-III) พบว่าส่วนใหญ่เป็นชนิด NFR (ร้อยละ 86) จากฟันทั้งหมดพบฟันระบบคลองรากรูปซี่เพียง 29 ซี่ (ร้อยละ 8.6) ซึ่งพบในกลุ่ม FR (23 ซี่) มากกว่า NFR เรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ กลุ่ม FRI (11 ซี่) FR II (10 ซี่) NFRI II (6 ซี่ ร้อยละ 2) และ FRIII (2 ซี่)⁶ การพบคลองรากฟันรูปซี่

ในกลุ่มรากไม่รวบจากภาพรังสีนั้น อาจมาจากเนื้อฟันส่วนคอดที่เชื่อมระหว่างรากใกล้กลางและไกลกลางบางจนไม่เห็นทางภาพรังสี ดังนั้นจึงเห็นเป็นรากฟันแยกจากกันซึ่งไม่เห็นเป็นรากฟันรูปซี่ได้⁷

นอกจากนั้นสามารถใช้ฟันโพรงฟันของฟันแท้รากรูปซี่เพื่อจำแนกคลองรากฟันรูปซี่ (ภาพ 3) ที่ศึกษาในฟันกรามแท้ล่างซี่สองรากรูปซี่จากรูปร่างฟันโพรงเนื้อเยื่อในและตำแหน่งที่เนื้อฟันรวมกันระหว่าง peninsular-like floor และผนังโพรงเนื้อเยื่อใน พบว่าเป็น peninsular-like floor 38 ซี่ (ร้อยละ 86.37) เรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ แบบ II 16 ซี่ (ร้อยละ 36.37) แบบ III 14 ซี่ (ร้อยละ 31.82) และแบบ I 8 ซี่ (ร้อยละ 18.18) และแบบ IV 6 ซี่ (ร้อยละ 13.63) ซึ่งไม่มีลักษณะฟันโพรงฟันคลองรากฟันรูปซี่⁸



ภาพ 3 การจำแนกฟันโพรงฟันรูปซี่จากภาพ 3 มิติ⁷



ภาพ 4 การจำแนกคลองรากฟันรูปซี่โดย Gao⁹ (a) แบบรวมกัน (b) แบบสมมาตร (c) แบบไม่สมมาตร⁹

ต่อมามีการจำแนกคลองรากฟันรูปซี่จากการวิเคราะห์รูปร่างและวัดตามแนวขวาง (ภาพ 4) พบการเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ คลองรากฟันแบบ II (ภาพ 4b) 38 ซี่ (ร้อยละ 38.78) แบบ I (ภาพ 4a) 32 ซี่ (ร้อยละ 32.65) และแบบ III (ภาพ 4c) 28 ซี่ (ร้อยละ 28.57) จากฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สองรากรูปซี่ โดยคลองรากฟันรูปซี่แบบ I (ภาพ 4a) คือคลองรากฟันต่อเนื่องเป็นรูปซี่จากรูเปิดคลองรากฟันถึงปลายราก คลองรากฟันรูปซี่แบบ II (ภาพ 4b) คือ คลองรากฟันไกลกลางเป็นวงกลมหรือรูปไข่ ซึ่งส่วนใหญ่คลองรากฟันใกล้กลางเป็นรูปรีแบนหรือรูปไข่ คลองรากฟันรูปซี่แบบ III (ภาพ 4c) นั้น คลองรากฟันด้านไกลกลางมีส่วนคอดขนาดใหญ่จากด้านไกลกลางแก้มถึงด้านไกลกลาง ส่วนเนื้อฟันที่เชื่อมกันอาจอยู่ในส่วนคอดขนาดใหญ่ระหว่างคลองรากฟันด้านไกลกลางและใกล้กลาง⁹

จะเห็นว่าฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สองที่คลองรากฟันรูปซี่มีการเปลี่ยนแปลงด้านจำนวนและรูปร่างคลองรากฟันตลอดความยาวราก^{3,4,6,8} ส่วนใหญ่แล้วพบคลองรากฟันรูปซี่ประเภทซี่หนึ่งที่คลองรากฟันส่วนต้น และประเภทซี่สามที่คลองรากฟันส่วนปลาย ตามการจำแนกของ modified's Melton จากการประเมินโดยใช้ภาพ 3 มิติ โดยโคนบีบคอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (cone-beam computed tomographic)¹⁰ และการตัดปลายรากฟัน (root-end resection) ร่วมกับการปลูกฝังฟัน (intentional replantation surgery)¹¹

แม้คลองรากฟันรูปซี่จะดูเหมือนแยกกันที่รูเปิดคลองรากฟันจากส่วนคอดซึ่งมองเห็นได้ แต่อาจพบคลองรากฟันประเภทซี่สี่ที่ใกล้ปลายรากได้ ซึ่งเป็นความหลากหลายของคลองรากฟันรูปซี่ โดยคลองรากฟันรูปซี่สองที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง (มุมมากกว่า 60 องศา) ส่วนใหญ่จะรวมกันที่ปลายรากฟันซึ่งเนื้อฟันค่อนข้างบาง จึงมีความลำบากในการเตรียมคลองรากฟัน

มากกว่าคลองรากฟันรูปซี่ประเภทซี่สาม ซึ่งส่งผลต่อความยากในการทำความสะอาด การอุดคลองรากฟัน และการบูรณะต่อไป³

รากฟันรูปซี่และคลองรากฟันรูปซี่ในฟันแท้เป็นลักษณะเด่นในชาวเอเชีย¹² ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศชายและหญิง นอกจากนี้ยังพบในฟันกรามน้ำนมซี่ที่สองด้วย¹³ และมักพบในชากรไกรทั้งสอง¹⁴ มีการศึกษารูปร่างคลองรากฟันจากเชื้อชาติไทยในฟันกรามล่าง ซึ่งจำแนกตามการจำแนกของ Vertucci พบรากฟันรูปซี่ร้อยละ 10 ในฟันกรามล่างซี่ที่สอง 60 ซี่ พบคลองรากฟันรูปซี่ประเภทที่ 1 ร้อยละ 33 เท่ากับคลองรากฟันรูปซี่ประเภทที่ 4 ร้อยละ 33 (2 คลองรากฟัน)¹⁵

เนื่องจากคลองรากฟันรูปซี่ประเภทซี่หนึ่งและซี่สองมีส่วนคอดที่แคบ ควรหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดรูทะลุระหว่างการเตรียมคลองรากฟัน³ และพบโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดรูทะลุที่ผนังคลองรากฟันรูปซี่ด้านลิ้นระหว่างการทำความสะอาดและเตรียมคลองรากฟัน¹⁶ การทำความสะอาดคลองรากฟันรูปซี่มีหลายวิธี ดังเช่น การใช้ตะไบขนาดเล็กหาคคลองรากฟันในคลองรากฟันรูปซี่ด้วยความระวัง โดยคลองรากฟันด้านไกลกลางแก้มและด้านไกลกลางขยายได้ตามปกติ แต่ไม่ควรขยายส่วนคอดเกินกว่าขนาด 25 เพื่อป้องกันรูทะลุแบบแถบ (strip perforation) ไม่ควรใช้หัวกรอเกตกลิตเดน (gate glidden) เตรียมส่วนคอดด้านไกลกลางแก้มและด้านแก้ม ควรใช้ตะไบขนาดเล็ก และน้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (sodium hypochlorite) ความเข้มข้นร้อยละ 5.25 ปริมาณมาก เพื่อทำความสะอาดคลองรากฟันส่วนคอดที่แคบอย่างทั่วถึง⁵

ปัจจุบันนิยมใช้ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องเพื่อเตรียมคลองรากฟัน แต่การใช้ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมต้องมีความรู้เรื่องกลไกการหักของเครื่องมือและระบบคลองราก และควรใช้ร่วมกับเครื่องมืออื่นเพื่อการทำความสะอาดคลองรากฟันที่ดีขึ้น ส่งผลให้อัตราการประสพ

ความสำเร็จหลังรักษาดีขึ้น¹⁷ มีการศึกษาการเตรียมคลองรากฟันรูปซี่ด้วยเครื่องมือประเภทต่างๆ จากการศึกษาการเตรียมคลองรากฟันด้วยตะไบ นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องสองชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกัน ผนังคลองรากฟันไม่บางเกินไป และคงรูปร่างคลองรากฟันยังผลให้มีความปลอดภัย แต่ไม่ควรขยายเกินกว่าขนาด 30 ความสอบ 0.06¹⁸ และหลังใช้ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่อง ควรใช้ตะไบชนิดเคหรือเอชโดยไร้แรงทำให้ความสะอาดคลองรากฟันส่วนคอส่งผลให้การทำความสะอาดดีขึ้น¹⁹

เนื่องจากคลองรากฟันรูปซี่มีลักษณะซับซ้อนจึงเป็นที่อยู่ของเนื้อเยื่อในที่ที่ถูกกำจัดไม่หมด หรือเศษจากการเตรียมและทำความสะอาดคลองรากฟัน²⁰ คลองรากฟันที่แคบ ลักษณะริบปื้นที่เชื่อมคลองรากฟัน 2 คลองราก อาจเป็นที่อยู่ของเนื้อเยื่อในหรือเศษเนื้อเยื่อในซึ่งอาจเป็นแหล่งกักเก็บจุลชีพได้²¹ ซึ่งเนื้อเยื่อในและเศษเนื้อเยื่อในมักคงอยู่ในคลองรากฟันรูปซี่ต่อ⁴ แม้ว่าการใช้ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องจะมีความปลอดภัยในการเตรียมคลองรากฟันรูปซี่ แต่คงมีส่วนที่ไม่ได้ทำความสะอาดถึงร้อยละ 41 – 61²²

ความหนาผนังคลองรากฟันรูปซี่มีการแปรเปลี่ยนตามความยาวคลองรากฟัน จากการประเมินความหนาผนังคลองรากฟันในฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ส่องรูปซี่ พบว่าผนังคลองรากฟันส่วนที่บางที่สุดจากคลองรากฟันส่วนต้นไปยังปลายราก มีค่า 1.39 ± 0.38 , 0.85 ± 0.25 และ 0.77 ± 0.20 มิลลิเมตร โดยส่วนที่หนาที่สุดอยู่ที่รูเบิดคลองรากฟันซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญถึงปลายรากฟัน ส่วนที่บางที่สุดอยู่ในแนวใกล้ลิ้นกลางของราก (linguo-central) ซึ่งควรพิจารณาไว้ระหว่างการรักษาคอนกรูชัน¹⁰

ซึ่งสอดคล้องกับอีกการศึกษาหนึ่ง ที่พบว่าความหนาของผนังคลองรากฟันส่วนตัวฟันที่น้อยสุดประมาณ 0.9 มิลลิเมตร คลองรากฟันส่วนที่หนาน้อยที่สุดของคลองรากฟันรูปซี่ประเภทซี่สามส่วนกลางรากฟันน้อยกว่า 0.5 มิลลิเมตร และค่าเฉลี่ยความหนาน้อยที่สุดของคลองรากฟันรูปซี่ประเภทซี่สองและสามที่ปลายรากน้อยกว่า 0.3 มิลลิเมตร ดังนั้นควรวัดความหนาของคลองรากฟันก่อนเตรียมคลองรากฟันเพื่อป้องกันอันตรายต่อเขตอันตราย (danger zone) ระหว่างการทำทำความสะอาดเตรียมคลองรากฟัน และการเตรียมพื้นที่สำหรับแท่งหลัก (post) ไม่ควรกำจัดเนื้อฟันที่คลองรากฟันส่วนต้นมากเกินไป เพื่อป้องกันการเกิดรูทะลุแบบแถบหรือรากฟันแตกในแนวตั้งระหว่างเตรียมคลองรากฟันหรือหลังจากบูรณะฟัน⁹

ความหนาของผนังคลองรากฟัน 0.2 – 0.3 มิลลิเมตร อาจไม่สามารถรับแรงจากการอุดรากฟัน และส่งผลให้รากฟันแตกในแนวตั้งและเกิดรูทะลุที่รากได้²³ ผนังคลองรากฟันกรามแท้ล่างซี่ที่ส่องรูปซี่ด้านลิ้นมีความบางมากกว่าด้านแก้มที่รากฟันส่วนใกล้ตัวฟัน กลางและปลายราก โดยเฉพาะด้านใกล้กลาง จึงมีความเสี่ยงสูงในการเกิดรูทะลุชนิดแถบ¹⁶ มีการแนะนำให้ระวังบริเวณส่วนคอของขยับคลองรากฟันรูปซี่ด้วย²⁴ ซึ่งผนังคลองรากฟันบางอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่สัมพันธ์กับการดำเนินรากฟันแตกในแนวตั้งและรูทะลุที่รากฟันในอนาคต²⁵

สมาคมเอ็นโดดอนติกส์ของอเมริกัน (American association of endodontists : AAE) ค.ศ. 2008²⁶ จำแนกประเภทการแตกหักของฟันในแนวตั้งเป็น 5 ประเภท ดังนี้ 1) รอยร้าว (Craze line) พบที่เคลือบฟัน ซึ่งเป็นลักษณะปกติของฟันหน้า 2) การแตกของปุ่มฟัน (Fractured cusp) อาจแตกหักอย่างสมบูรณ์หรือไม่ก็ได้ เกิดที่ปุ่มฟันอย่างน้อยสองด้านแล้วข้ามสันริมฟันและขยายไปร่องใกล้แก้มหรือร่องใกล้ลิ้น 3) ฟันร้าว (Cracked tooth) เป็นการแตกหักที่ไม่สมบูรณ์ในแนวใกล้กลางไกลกลาง อาจข้ามสันริมฟันข้างเดียวหรือสองข้าง ในแนวกึ่งกลางตัวฟันมากกว่า การแตกของปุ่มฟัน 4) ฟันแตก (Split tooth) เป็นการแตกหักที่สมบูรณ์ตั้งแต่ตัวฟันถึงใต้เหงือก แนวใกล้กลางไกลกลางผ่านสันริมฟันและด้านประชิด 5) รากฟันแตกในแนวตั้ง (Vertical root fracture) เริ่มที่รากฟันมักเกิดในแนวแก้มลิ้น มีอาการและอาการแสดงเล็กน้อย วินิจฉัยได้เมื่อเกิดพยาธิสภาพขึ้น มีประวัติรักษารากฟัน ร่องลึกปริทันต์แคบลึกหรือเป็นรูปสี่เหลี่ยม

การแยกความแตกต่างมีดังนี้ รอยร้าวพบที่เคลือบฟันเท่านั้น ขณะที่การแตกของปุ่มฟัน ฟันร้าว และฟันแตกเริ่มที่ด้านบดเคี้ยวสู่ปลายราก พบที่เคลือบฟัน เนื้อฟัน และอาจเข้าไปยังเนื้อเยื่อใน ขณะที่การแตกของรากฟันในแนวตั้งเริ่มที่รากฟัน การแตกของปุ่มฟันและรากฟันในแนวตั้งอาจเกิดทั้งการแตกหักที่สมบูรณ์หรือไม่ก็ได้ ซึ่งฟันแตกต้องเป็นการแตกหักที่สมบูรณ์เท่านั้น และจากการใช้เครื่องมือวินิจฉัย พบว่าเมื่อทดสอบด้วยการส่องแสงผ่านรอยร้าวไม่พบเงาดำ แต่ฟันร้าวจะพบเงาดำ เมื่อดูการขยับของปุ่มฟันโดยใช้เครื่องมือตรวจฟันออกแรงกด (wedging force) เพื่อแยกฟันร้าวจากฟันแตก ถ้าไม่มีการขยับคือฟันร้าว

การรักษาการแตกหักของฟันมีดังนี้ 1) การแตกของปุ่มฟัน ต้องกำจัดปุ่มฟันที่แตกหักออกและบูรณะด้วยการอุดฟันหรือครอบคลุมปุ่มฟัน 2) การรักษาฟันร้าว ขึ้นกับการวินิจฉัยสภาพเนื้อเยื่อในและอวัยวะรอบปลายรากฟัน 3) รักษาฟันแตก โดยกำจัดส่วนแตกหักส่วนเล็กออกแล้วรักษาส่วนใหญ่ไว้ ถ้ารุนแรง (ลึกไปด้านปลายราก) ต้องถอนฟัน 4) รากฟันแตกในแนวตั้งรักษาโดย การตัดรากฟัน หรือการผ่าซีก²⁶

จากการศึกษาอุบัติการณ์การเกิดกลุ่มอาการฟันร้าว โดยส่วนมากพบฟันร้าวในฟันที่ไม่มีการบูรณะร้อยละ 60.4 ฟันที่บูรณะด้วยการอุดฟัน class I ร้อยละ 29.2 และอายุเฉลี่ยคือ 40 ปี (อายุ 40 ปีขึ้นไปเท่ากับอายุ 50 ปีขึ้นไป คือ ร้อยละ 31.2) มีค่าใกล้เคียงระหว่างเพศชายร้อยละ 53.9 และเพศหญิงร้อยละ 41.1²⁷ แต่บางการศึกษาพบว่าอัตราส่วนฟันร้าวเพศหญิงต่อเพศชายเท่ากับ 2:1²⁸

เมื่อพิจารณาตำแหน่งฟันร้าวพบมีข้อขัดแย้งกัน โดยบางการศึกษาพบมากที่สุดที่ฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สอง (ร้อยละ 17.61) ฟันกรามแท้ล่างซี่แรก (ร้อยละ 11) และฟันกรามแท้บนซี่แรกตามลำดับ²⁹ ซึ่งขัดแย้งกับบางการศึกษาที่ฟันบนมากกว่าฟันล่าง ดังนี้ ฟันกรามแท้บน (ซี่แรกร้อยละ 33.8 และซี่ที่สองร้อยละ 23.4) มากกว่าฟันกรามแท้ล่าง (ซี่แรกร้อยละ 20.1 และซี่ที่สองร้อยละ 16.2)²⁷ นอกจากนั้นพบในฟันกรามแท้มากที่สุด (ร้อยละ 82) โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ ฟันกรามแท้บนซี่แรก (ร้อยละ 29) ฟันกรามแท้ล่างซี่แรกเท่ากับฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สอง (ร้อยละ 19) และฟันกรามแท้บนซี่ที่สอง (ร้อยละ 13)²⁸

มีความเป็นไปได้สูงที่ฟันกรามแท้บนที่ไม่มีการบูรณะ ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการกัด (โดยไม่จำเพาะตัววัสดุที่ใช้ทดสอบ) มีรอยร้าวในแนวใกล้กลางไกลกลางจะเป็นฟันร้าว ซึ่งควรได้รับการตรวจเพิ่มเติมต่อไป จากการศึกษาฟันร้าว พบในฟันที่ตอบสนองต่อการกัด ร้อยละ 96.1 มีรอยร้าวแนวใกล้กลางไกลกลางร้อยละ 81.1 พบมากในฟันที่ไม่มีการบูรณะ (intact) และฟันกรามบน²⁷

การรักษาฟันร้าวขึ้นกับระดับของการร้าว ซึ่งฟันร้าวทุกซี่ไม่จำเป็นต้องรักษารากฟัน ดังนั้นการวินิจฉัยสภาพเนื้อเยื่อในและหาสาเหตุการร้าวจึงเป็นสิ่งสำคัญ มีการศึกษาพบว่าฟันร้าวที่เนื้อเยื่อในอักเสบแบบผันกลับไม่ต้องรักษารากฟันร้อยละ 80 โดยรักษาตามแนวทางทางปฏิบัติที่กำหนดไว้และติดตามผลระยะเวลา 3 เดือน ถึง 5 ปี²⁸ การรักษาฟันร้าวมีแนวทางที่หลากหลาย ส่วนใหญ่แล้วต้องทำครอบฟันซึ่งไม่ต้องรักษารากฟันเท่ากับการทำครอบฟันร่วมกับการรักษาคอนกรูชัน คือ ร้อยละ 43 และถอนฟัน ร้อยละ 14²⁷

ปัจจัยที่มีผลต่อฟันร้าวมีหลายปัจจัย ดังเช่น ฟันที่มีรอยร้าวหลายตำแหน่งจะอ่อนแอกว่าฟันที่มีรอยร้าวตำแหน่งเดียว ซึ่งอาจร้าวลุกลามเชื่อมต่อกันทำให้ฟันแตกหักได้ ฟันร้าวร่วมกับร่องลึกปริทันต์ในผู้ป่วยที่ไม่เป็นโรคปริทันต์มาก่อน อาจเกิดจากรอยร้าวขนาดเล็กที่ลุกลามเป็นเวลานานจนมีผลต่ออวัยวะปริทันต์³⁰ ซึ่งฟันร้าวที่มีแนวโน้มถูกลอนฟันได้แก่ ฟันร้าวในตำแหน่งท้ายสุดของซากรรกร ฟันร้าวที่มีร่องลึกปริทันต์ก่อนรักษารากฟัน และมีรอยร้าวหลายตำแหน่ง จากการศึกษาฟันร้าวที่ได้รับการรักษารากฟัน 50 ซี่ ในผู้ป่วย 49 คน เป็นเวลา 2 ปี พบอัตราประสบความสำเร็จร้อยละ 85.5³¹

จะเห็นได้ว่าการรักษาฟันกรามแท้ล่างซี่ที่สองรูปซี่สองที่ฟันร้าวมีความหลากหลายในด้านต่างๆ มีความเสี่ยงระหว่างรักษารักษาคลองรากฟัน และรากฟันแตกในแนวตั้ง

รายงานผู้ป่วย

ผู้ป่วยหญิงไทยโตอายุ 60 ปี ถูกส่งต่อมาเพื่อให้การรักษาที่เหมาะสม โดยมีอาการคือ ฟันซี่ 37 มีประวัติเสียวฟันเวลาเคี้ยวอาหาร 6 เดือนมาแล้ว ปัจจุบันมีอาการปวดบางครั้ง ปฏิเสธโรคทางระบบและการแพ้ยาค ความดันโลหิตและชีพจรอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อตรวจภายในช่องปากฟันซี่ 37 วัสดุบูรณะอะมัลกัมด้านบดเคี้ยวใกล้กลางแก้มแตกบางส่วน ฟันสึกด้านบดเคี้ยว พบรอยร้าวที่พื้นโพรงฟันด้านใกล้กลาง

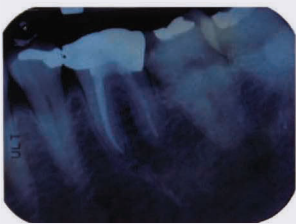
จึงประเมินความมีชีวิตของฟันและอวัยวะรอบปลายรากฟัน พบว่าตอบสนองต่อการคล้ำปกติ ความเย็น ความร้อนและการเคาะผิดปกติ ฟันโยกระดับ 1 เมื่อทดสอบด้วยการกัดพบว่าปวดเวลาปล่อยทูลสลุท และตอบสนองต่อการทดสอบเนื้อเยื่อในด้วยกระแสไฟฟ้าผิดปกติ เมื่อใช้เครื่องมือตรวจฟันออกแรงกดฟันไม่แยกจากกัน ไม่พบร่องลึกปริทันต์ ความลึกร่องเหงือกรอบซี่ฟันไม่เกิน 3 มิลลิเมตร

การตรวจด้วยภาพรังสี (ภาพ 5) อัตราส่วนตัวฟันต่อรากฟัน 1:2 ฟันซี่ 37 มีแนวที่บร้งสีความเข้มมากกว่าเคลือบฟันที่ตัวฟันด้านบดเคี้ยว พบเงาโปร่งรังสีที่ตัวฟันด้านใกล้กลางไม่ถึงโพรงเนื้อเยื่อใน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางคลินิก คือ วัสดุบูรณะแตกหักด้านใกล้กลางเหลือเพียงด้านบดเคี้ยว ได้ต่อวัสดุบูรณะเป็นเงาโปร่งรังสีของโพรงเนื้อเยื่อใน รากฟันรูปสี่เหลี่ยมปลายรวบหากัน ซึ่งมองเห็นลักษณะคลองรากฟันได้เพียงโพรงเนื้อเยื่อใน บริเวณรอบปลายรากฟันพบกระดูกครอบรากฟันมีลักษณะต่อเนื่องปกติ และช่องเอ็นยึดปริทันต์มีความกว้างปกติ ระดับยอดสันกระดูกด้านใกล้กลางและไกลกลางสัมพันธ์กับลักษณะทางคลินิก

จึงให้การวินิจฉัยว่าประสาทฟันอักเสบแบบไม่ผันกลับร่วมกับเนื้อเยื่อรอบปลายรากฟันอักเสบชนิดมีอาการ (Irreversible pulpitis with symptomatic apical periodontitis) ร่วมกับฟันร้าว แผนการรักษา คือ รักษารากฟันแล้วใส่แท่งหลักและครอบฟัน อธิบายกับผู้ป่วยถึงผลที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากฟันร้าว

การรักษาครั้งที่ 2 หลังจากได้รับการวินิจฉัย 1 สัปดาห์ เริ่มขั้นตอนการรักษาโดยเปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันภายใต้ยาเฉพาะที่ชนิดคลิโดเคน ไฮโดรคลอไรด์ร้อยละ 2 ร่วมกับอิพิเนทพรีนอัตราส่วนหนึ่งต่อแสนจำนวน 1.5 มิลลิลิตร ใส่แผ่นยางกันน้ำลายผนึกรอยต่อระหว่างตัวฟันและแผ่นยางกันน้ำลาย เตรียมทางเปิดเข้าสู่คลองรากฟันโดยกำจัดอะมัลกัมและวัสดุอุดฟันโพรงฟันด้านบดเคี้ยวใกล้กลางใกล้แก้ม แล้วกรอลดระดับการสบฟัน เปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันพบรอยร้าวทะลุเนื้อเยื่อเยื่อในพื้นโพรงฟัน พบรูปร่างคลองรากฟันคล้ายรูปเข็มโคลอนซึ่งเป็นคลองรากฟันรูปสี่ประเภทซี่สอง ก้ำจัดเนื้อเยื่อในส่วนตัวฟัน วัดความยาวรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า วัดความยาวคลองรากฟันด้านใกล้กลางลิ้นและคลองรากฟันด้านใกล้กลางแก้ม ขยายคลองรากฟันส่วนต้นด้วยหัวกรอเทคกริตเดนบริเวนรูเปิดด้านใกล้กลาง โดยหลีกเลี่ยงส่วนคอด ขยายคลองรากฟันด้วยตะไบนิกเกิลไทเทเนียมแบบหมุนด้วยเครื่องชนิดโปรแทปเปอร์ร่วมกับตะไบชนิดเค ล้างคลองรากฟันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ปิดทางเข้าสู่คลองรากฟันด้วยวัสดุอุดชั่วคราวควิท และโออาร์เอ็ม แนะนำผู้ป่วยแปรงฟันได้ตามปกติ และหลีกเลี่ยงการใช้ฟันกรามด้านซ้ายเคี้ยวอาหาร

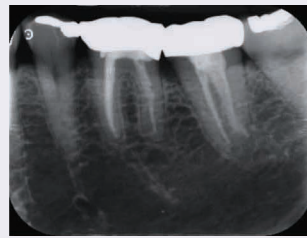
การรักษาครั้งที่ 3 อุดคลองรากฟันหลังจากเตรียมคลองรากฟันเรียบร้อย 2 สัปดาห์ โดยก่อนอุดคลองรากฟันผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ เตรียมคลองเพื่ออุดคลองรากฟันโดยล้างเพิ่มด้วยกรดเอทีลินไดเอมีนเดตรอะซีติก ความเข้มข้นร้อยละ 17 ซับให้แห้ง อุดคลองรากฟันด้วยแท่งยางหลัก (main cone) ขนาด 35 ที่คลองรากด้วยใกล้กลาง และขนาด 40 ที่คลองรากด้านใกล้แก้มใกล้กลาง ด้วยวิธีแลทเทอร์ลคอมแพคชัน (lateral condensation) รองพื้นด้วยแก้วไอโอโนเมอร์ ผนึกด้วยวัสดุอุดสีเหมือนฟันชนิดเรซินคอมโพสิต ถ่ายภาพรังสี จากภาพรังสีพบว่าผู้ป่วยรายนี้มีคลองรากฟันรูปสี่ประเภทซี่สองตั้งแต่รูเปิดคลองรากฟันถึงปลายรากฟัน (ภาพ 6) หลังจากนั้นส่งผู้ป่วยไปทำครอบฟันกับทันตแพทย์เฉพาะทาง ด้วยครอบฟันโลหะมีค่าเต็มซี่



ภาพที่ 5 ก่อนการรักษา



ภาพที่ 6 หลังอุดคลองรากฟัน



ภาพที่ 7 ติดตามหลังรักษาคลองรากฟัน 1 ปี

นัดผู้ป่วยกลับมาตรวจซ้ำภายหลังจากการรักษา 6 เดือน พบว่าผู้ป่วยไม่มีอาการใดๆ สามารถใช้ฟันทำงานได้ตามปกติ ไม่มีอาการและอาการแสดงทางคลินิก สภาพเหงือกปกติ ไม่พบการอักเสบรอบตัวฟันซี่ 37 วัดความลึกร่องเหงือกร่องด้านแก้มที่ตำแหน่งใกล้กลาง ส่วนกลาง และไกลกลาง ได้ 3, 1 และ 3 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากการตรวจทางภาพถ่ายรังสี ไม่พบการละลายตัวของรากฟัน หรือพยาธิสภาพที่ปลายรากฟัน หลังจากนั้นนัดผู้ป่วยมาตรวจสุขภาพฟันทุก 6 เดือน

วิจารณ์

การวัดความยาวคลองรากฟันก่อนและระหว่างรักษาคลองรากฟันเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากคลองรากฟันรูปซีมีความหลายหลายและอาจซ่อนทับกันได้ทางภาพถ่ายรังสี ผู้ป่วยรายนี้ไม่ได้ถ่ายภาพรังสีขึ้นตอนวัดความยาวคลองรากฟันหลังจากทราบความยาวคลองรากฟันโดยเครื่องวัดความยาวคลองรากฟันด้วยกระแสไฟฟ้า จากการพิจารณาภาพรังสีก่อนและหลังรักษารากฟันพบว่าดูไม่เกิดปลายราก เนื่องจากมีการศึกษาฟันกรามแท้ที่คลองรากฟันรูปซี พบว่าการใช้เครื่องวัดความยาว

คลองรากฟันด้วยไฟฟ้ามีความเที่ยงตรงอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับภาพรังสี ในคลองรากฟันใกล้กลางลิ้น และคลองรากฟันใกล้กลางอย่างอื่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวัดห่างจากปลายราก ± 0.5 มิลลิเมตร³² ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าเมื่อใช้เครื่องวัดความยาวรากฟันด้วยไฟฟ้าในกลุ่มคลองรากฟันรูปซีและไม่เป็นรูปซีมีความสอดคล้องกันในระดับดี ทั้งในคลองรากฟันรูปซีหนึ่ง ซี่สอง และซี่สาม ตามการจำแนกของ Fan และกลุ่มคลองรากฟันรูปซีที่มีลักษณะรูปซีและลักษณะตรง³³

ผู้ป่วยรายนี้ได้รับการเตรียมคลองรากฟันกรามแท้ล่างซ้ายซี่ที่สอง ซึ่งคลองรากรูปสี่ประเภทซี่สอง และไม่พบรอยทะลุที่รากฟัน ด้วยตะไบนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องชนิดโปรแทปเปอร์ (protaper) หัวกรอเทคกริตเดนและตะไบชนิดเค ร่วมกับการล้างด้วยน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เพื่อการทำความสะอาดคลองรากฟันรูปซีที่ดี เนื่องจากการใช้ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องลดความเสี่ยงการเกิดรูทะลุระหว่างเตรียมคลองรากฟันรูปซี ซึ่งต้องร่วมกับการขยายคลองรากฟันวิธีอื่น เพราะอาจมีบางส่วนของคลองรากฟันรูปซีที่ตะไบนิกเกิลไทเทเนียมเข้าไม่ถึง^{18,19} จากการเปรียบเทียบการใช้ตะไบ

นิกเกิลไทเทเนียมชนิดหมุนด้วยเครื่องชนิดโปรแทปเปอร์และตะไบชนิดเคร่วมกับหัวกรอเกดกริดเดนในคลองรากฟันรูปซี พบว่าตะไบมือกำจัดเนื้อฟันได้มากกว่า เหลือบริเวณไม่ได้ทำความสะอาดน้อยกว่า แต่เกิดความผิดพลาดระวางเตรียมคลองรากฟัน (ซีบ, รูทลู) มากกว่าตะไบนิกเกิลไทเทเนียมซึ่งตะไบนิกเกิลไทเทเนียมใช้เวลาน้อยกว่าตะไบมือ และทั้งสองกลุ่มไม่มีเครื่องมือแตกหัก¹⁹

ฟันคลองรากฟันรูปซีมีระบบคลองรากฟันที่ซับซ้อนมีการแปรเปลี่ยนตลอดความยาวคลองรากฟัน ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพแรงไฮดรอลิกในการอุดคลองรากฟันรูปซีจะลดลงและส่งผลกระทบต่อคุณภาพการอุดคลองรากฟัน เนื่องจาก 1) ลักษณะคลองรากฟันที่ผายออกอย่างไม่เป็นระเบียบอาจต้านการไหลแม้วัสดุอุดรากฟันได้ 2) การเชื่อมต่อกันของคลองรากฟันหลักทำให้วัสดุอุดรากฟันไม่ถึงปลายราก และ 3) วัสดุอุดคลองรากฟันสามารถไหลผ่านกันระหว่างคลองรากฟันที่เชื่อมต่อกันระหว่างอุดคลองรากฟันได้²⁴ มีการแนะนำให้อุดคลองรากฟันรูปซีทั้ง 3 ทิศทาง เพื่อแก้ปัญหาจากความหลากหลายของระบบคลองรากฟัน ซึ่งกรณีใช้เทคนิคโคลเลทเทอร์ลคอนเดนเซชันต้องใส่เครื่องมือให้ลึกในทุกทิศทาง³⁵

นอกจากนี้มีการแนะนำให้ใส่ตะไบขนาดใหญ่ที่ด้านไกลกลางของคลองรากฟันรูปซี ก่อนใส่แท่งยางหลักที่คลองรากฟันด้านใกล้กลาง แล้วนำตะไบออกเพื่อใส่แท่งยางหลักที่คลองรากฟันไกลกลาง ตามด้วยการใส่แท่งยางรองในคลองรากฟันรูปซีส่วนกลางต่อไป³⁸ และใช้ฟลักเกอร์สองขนาดเพื่อทำความสะอาดในคลองรากฟันเพื่อเพิ่มการต้านทานการเคลื่อนตัวของวัสดุอุดคลองรากฟันจากคลองหนึ่งไปอีกคลองรากฟันหนึ่ง โดยฟลักเกอร์ขนาดเล็กจะตรึงวัสดุอุดคลองรากฟันให้อยู่กับที่เพื่อปรับปรุงลักษณะการไหลผ่านสูง (high-flow) ของกัตตาเปอร์ชาในการอุดวิธีออร์มเวอร์ติคอลลคอนเดนเซชัน²⁰

ฟันกรามแท้คลองรากฟันรูปซีประเภทซีสองซี่นี้ได้รับการอุดคลองรากด้วยเทคนิคเทอร์ลคอนเดนเซชัน จากภาพรังสีพบว่าวัสดุอุดคลองรากฟันไม่เกินไปปลายรากฟัน มีคุณภาพการอุดรากฟันดี ไม่มีอาการใดๆ หลังจากอุดคลองรากฟัน จากการศึกษาวิเคราะห์หอยิมาน พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้านคุณภาพการอุดคลองรากฟันระหว่างออร์มเวอร์ติคอลลคอนเดนเซชันและโคลเลทเทอร์ลคอนเดนเซชัน ด้านคุณภาพ การเจ็บปวดหลังการรักษาฟัน อัตราความสำเร็จหลังการรักษาฟัน และคุณภาพการอุดคลองรากฟัน แต่ออร์มเวอร์ติคอลลคอนเดนเซชันมีอัตราการอุดเกินปลายรากมากกว่า³⁶

จากการศึกษาเปรียบเทียบการอุดคลองรากฟันกรามแท้ล่างคลองรากฟันรูปซีด้วยกัตตาเปอร์ชาโดยเทคนิคไมโครซีล (Microseal) ในคลองรากฟันรูปซีแต่ละชนิดที่ระดับต่างๆ จากภาพรังสีไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่คลองรากฟันรูปซีแต่ละชนิดทุกระดับ ซึ่งคุณภาพการอุดคลองรากฟันส่วนล่างจะต่ำกว่าระดับอื่น ไม่พบความแตกต่างระหว่างคลองรากฟันรูปซีแต่ละชนิดที่คลองรากฟันส่วนล่าง โดยคลองรากฟันรูปซีประเภทซีสองซี่มี 60 องศา อุดง่ายกว่าคลองรากฟันรูปซีประเภทซีสองซี่มี 120 องศาหรือ 150 องศา³⁷

ฟันซีนี้มีคลองรากฟันรูปซีซึ่งมีความโค้งที่ผิวรากฟันมากและฟันร้าวเนื่องจากฟันร้าวจึงมีแนวโน้มเกิดรากฟันแตกในแนวตั้ง²⁶ จึงหลีกเลี่ยงการใช้แรงเบียดอัดวัสดุอุดคลองรากฟันมากเกินไป เนื่องจากมีการศึกษารูปแบบการแตกหักของรากฟันในแนวตั้ง พบว่า รากฟันแตกในแนวตั้งเกิดตามแนวแก้มลิ้นซึ่งเป็นเนื้อฟันที่หนาที่สุด โดยปัจจัยสำคัญคือ รูปร่างคลองรากฟัน รูปร่างรากฟัน และความหนาของเนื้อฟัน เป็นผลจากแรงเค้น (stress) ภายในคลองรากฟัน ซึ่งพบแรงเค้นดึง (tensile stress) มากที่ด้านแก้มและลิ้นของผนังคลองรากฟันซึ่งเป็นผนังที่มีความโค้งมาก ขณะที่ผิวรากฟันด้านประชิดมีแรงเค้นผิว (surface stress) และแรงเค้นดึงน้อยกว่าด้านแก้มและลิ้น แรงนี้สัมพันธ์กับความโค้งของคลองรากฟันมากกว่ารูปร่างรากฟัน ความหนาของเนื้อฟันที่รากฟันที่น้อยลง จะเพิ่มความรุนแรงพบความสัมพันธ์อย่างมากระหว่างการกระจายแรงเค้นดึงและรูปแบบการแตกหัก³⁹ และความโค้งของคลองรากฟันมีความสำคัญมากกว่ารูปร่าง

รากฟัน การลดความหนาของเนื้อฟันเป็นการเพิ่มแรงเค้นดึง แต่ไม่สอดคล้องกับแรงเค้นดึงสูงสุด⁴⁰

ฟันซีนี้มีความซับซ้อนเนื่องจากมีคลองรากฟันรูปซีและฟันร้าวร่วมด้วย จึงต้องติดตามผลการรักษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อการคงอยู่ของฟันซี่นี้ในช่องปาก จากการติดตามผลการรักษา 1 ปี จากการตรวจทางภาพถ่ายรังสีไม่พบการละลายตัวของรากฟัน หรือพยาธิสภาพที่ปลายรากฟัน ไม่มีอาการและอาการแสดงใดๆ ฟันใช้งานได้ตามปกติ โดยความล้มเหลวของการรักษาคลองรากฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองซึ่งคลองรากฟันรูปซีนั้นอาจมาจากการมีช่องว่างระหว่างวัสดุอุดคลองรากฟันเดิมและเนื้อฟันหรือมีช่องว่าง ร้อยละ 45.2 รองลงมา คือ ไม่ได้ทำการรักษารากฟันที่ส่วนคอตร้อยละ 23.8 รวมถึงหากคลองรากไม่พบ อุดคลองรากฟันเกิน และทันตแพทย์ทำ¹¹

สรุป

การรักษารากฟันกรามล่างแท้ซี่ที่สองคลองรากรูปซีประเภทซีสองซี่ที่ฟันร้าว ต้องใช้ความรู้ด้านลักษณะทางกายวิภาคของคลองรากฟันรูปซีเนื่องจากมีความแปรเปลี่ยนตลอดความยาวคลองรากฟัน การใช้เครื่องมือขยายคลองรากฟันร่วมกันหลายชนิดช่วยเตรียมคลองรากฟันให้สะอาดและป้องกันการเกิดความผิดพลาดระหว่างนั้น การอุดคลองรากฟันต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากมีความเสี่ยงในการเกิดรากฟันแตกในแนวตั้งจากฟันร้าวและลักษณะทางกายวิภาคของฟันซี่นี้

เอกสารอ้างอิง

1. Al-Fouzan KS. C-shaped root canals in mandibular second molars in a Saudi Arabian population. *Int Endod J* 2002; 35:499-504.
2. Manning SA. Root canal anatomy of mandibular second molars. Part II. C-shaped canals. *Int Endod J* 1990; 23:40-5.
3. Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Bian Z. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part I—Anatomical features. *J Endod* 2004; 30:899-903.
4. Melton DC, Krell KV, Fuller MW. Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. *J Endod* 1991; 17:384-8.
5. Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Fan W. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part II—Radiographic features. *J Endod* 2004; 30:904-8.
6. Sinanoglu A, Helvacioğlu-Yigit D. Analysis of C-shaped canals by panoramic radiography and cone-beam computed tomography: root-type specificity by longitudinal distribution. *J Endod* 2014; 40:917-21.
7. Jerome CE. C-shaped root canal systems: diagnosis, treatment, and restoration. *Gen Dent* 1994; 42:424-7.
8. Min Y, Fan B, Cheung GS, Gutmann JL, Fan M. C-shaped canal system in mandibular second molars Part III: The morphology of the pulp chamber floor. *J Endod* 2006; 32:1155-9.
9. Gao Y, Fan B, Cheung GS, Gutmann JL, Fan M. C-shaped canal system in mandibular second molars part IV: 3-D morphological analysis and transverse measurement. *J Endod* 2006; 32:1062-5.

10. Seo DG, Gu Y, Yi YA, Lee SJ, Jeong JS, Lee Y, et al. A biometric study of C-shaped root canal systems in mandibular second molars using cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2012; 45:807-14.
11. Kim Y, Lee D, Kim DV, Kim SY. Analysis of Cause of Endodontic Failure of C-Shaped Root Canals. *Hindawi Scanning Volume* 2018, Article ID 2516832, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2018/2516832>
12. Ahmed HM. Anatomical challenges, electronic working length determination and current developments in root canal preparation of primary molar teeth. *Int Endod J* 2013; 46:1011-22.
13. Helvacioglu-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. *Int Endod J* 2013; 46:1032-8.
14. Yang ZP, Yang SF, Lin YC, Shay JC, Chi CY. C-shaped root canals in mandibular second molars in a Chinese population. *Endod Dent Traumatol* 1988; 4:160-3.
15. Gulabivala K, Opananon A, Ng YL, Alavi A. Root and canal morphology of Thai mandibular molars. *Int Endod J* 2002; 35:56-62.
16. Chai WL, Thong YL. Cross-sectional morphology and minimum canal wall widths in C-shaped roots of mandibular molars. *J Endod* 2004; 30:509-12.
17. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30:559-67.
18. Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod* 2008; 34:1233-8.
19. Yin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K. Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod* 2010; 36:708-12.
20. Walid N. The use of two pluggers for the obturation of an uncommon C-shaped canal. *J Endod* 2000; 26:422-4.
21. Vertucci FJ. Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics* 2005; 10:3-29.
22. Solomonov M, Paqué F, Fan B, Eilat Y, Berman LH. The challenge of C-shaped canal systems: a comparative study of the self-adjusting file and ProTaper. *J Endod* 2012; 38:209-14.
23. Lim SS, Stock CJ. The risk of perforation in the curved canal: anticurvature filing compared with the stepback technique. *Int Endod J* 1987; 20:33-9.
24. Grocholewicz K, Lipski M, Weyna E. Endodontic and prosthetic treatment of teeth with C-shaped root canals. *Ann Acad Med Stetin* 2009; 55:55-9.
25. Pilo R, Corcino G, Tamse A. Residual dentin thickness in mandibular premolars prepared with hand and rotary instruments. *J Endod* 1998; 24:401-4.
26. American Association of Endodontists. *Cracking the crack tooth code: Detection and treatment of various longitudinal tooth fractures*. Chicago; 2008.
27. Roh BD, Lee YE. Analysis of 154 cases of teeth with cracks. *Dent Traumatol* 2006; 22:118-23.
28. Abbott P, Leow N. Predictable management of cracked teeth with reversible pulpitis. *Aust Dent J* 2009; 54:306-15.
29. Krell K V, Rivera EM. A Six Year Evaluation of Cracked Teeth Diagnosed with Reversible Pulpitis: Treatment and Prognosis. *J Endod* 2007; 33:1405-7.
30. Gutmann JL, Rakusin H. Endodontic and restorative management of incompletely fractured molar teeth. *Int Endod J* 1994; 27: 343-8.
31. Tan L, Chen NN, Poon CY, Wong HB. Survival of root filled cracked teeth in a tertiary institution. *Int Endod J* 2006; 39:886-9.
32. Jafarzadeh H, Beyrami M, Forghani M. Evaluation of Conventional Radiography and an Electronic Apex Locator in determining the Working Length in C-shaped Canals. *Journal IEJ* 2017; 12: 60-3.
33. Thaweessit P, Sutthasing S, Jaikong N, Suksutthiphon S, Arayatrakoollikit U, Jainaen A. Accordance of Working Length in C-shaped Canal Permanent Molars Measured by an Electronic Apex Locator at 0.5 bar in a Model. *Khon Kaen Dent J* 2018; 21:21-9.
34. Ruddle CJ. Three-dimensional obturation of the root canal system. *Dent Today* 1992; 11:28, 30-3, 39.
35. Weine FS. The C-shaped mandibular second molar: incidence and other considerations. *J Endod* 1998; 24:372-5.
36. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod* 2007; 33:106-9.
37. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, de Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB, Gutmann JL. Analysis of the gutta-percha filled area in C-shaped mandibular molars obturated with a modified MicroSeal technique. *Int Endod J* 2009; 42:186-97.
38. Barnett F. Mandibular molar with C-shaped canal. *Endod Dent Traumatol*. 1986; 2:79-81.
39. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. *J Endod* 2003; 29:529-34.
40. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod* 2003; 29:523-8.