บทความวิชาการ

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมในการรักษารากฟัน

Cone Beam CT in Root Canal Treatment

อรพิน	ทองจูด	วท.บ.รังสีเทคนิค
กัลยาณี	บุญยู้	วท.บ.รังสีเทคนิค
อรกานต์	ขัติครุฑ	วท.บ.รังสีเทคนิค

Received July 7, 2025; Accepted September 10, 2025

บทคัดย่อ

บทความฟื้นฟูวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการประยุกต์ใช้การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีม (Cone Beam Computed Tomography: CBCT) ในการรักษารากฟัน การตรวจด้วยเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสามารถสร้างภาพสามมิติที่แสดงรายละเอียดของโครงสร้างรากฟันและความหนาแน่นของกระดูกได้อย่างชัดเจน อีกทั้งเป็นกระบวนการที่ดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องมีขั้นตอนการเตรียมผู้ป่วยที่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องอาศัยการฉีดสารทึบรังสี แต่สามารถให้ภาพรังสีที่มีความละเอียดและคุณภาพสูง ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยและวางแผนการรักษารากฟันได้อย่างมีประสิทธิผล ในขณะที่ ข้อจำกัดสำคัญคือ การใช้ปริมาณรังสีที่สูงกว่าการถ่ายภาพรังสีรอบปลายราก องค์ความรู้นี้มีประโยชน์สำหรับนักรังสีการแพทย์ในการมีความรู้ความเข้าใจในการตรวจ การเลือกใช้โปรโตคอลและพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับรอยโรคและผู้ป่วยแต่ละรายเพื่อป้องกันการได้รับปริมาณรังสีโดยไม่จำเป็นของผู้ป่วย

คำสำคัญ: เอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม; เอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในทันตกรรม; การรักษารากฟัน

ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Abstract

This academic review article aims to present the application of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in root canal treatment. CBCT imaging can generate three-dimensional images that clearly demonstrate the anatomical details of root canal structures and bone density. The procedure is rapid, requires no complex patient preparation, and does not necessitate the injection of contrast agents, yet it provides high-resolution and high-quality radiographic images. These advantages enhance the efficiency of diagnosis and treatment planning in endodontic therapy.

However, a significant limitation of CBCT is its higher radiation dose compared to periapical radiographs, which remain the primary imaging modality for root canal treatment. This knowledge is useful for medical radiological technologists in developing an informed understanding of CBCT examinations, as well as in selecting appropriate protocols and parameters tailored to specific lesions and individual patients, thereby minimizing unnecessary radiation exposure.

Keywords: Cone Beam CT; Dental CT; Root Canal Treatment

บทนำ

นับตั้งแต่การค้นพบรังสีเอกซ์โดย Wilhelm Conrad Roentgen ในปี ค.ศ. 1895 การถ่ายภาพทางรังสีด้วยรังสีเอกซ์หรือ X-ray ได้รับการยกย่องว่าเป็นหนึ่งในพัฒนาการสำคัญของการแพทย์สมัยใหม่ อันมีบทบาทสำคัญต่อการวินิจฉัยโรคในผู้ป่วย อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการถ่ายภาพทางรังสีในระยะแรกยังคงจำกัดอยู่ในรูปแบบภาพสองมิติ จนกระทั่งในช่วงทศวรรษ 1970 มีการปฏิวัติครั้งสำคัญทางการถ่ายภาพรังสีเมื่อ Godfrey N. Hounsfield ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (Computed Tomography: CT) เครื่องแรกที่สามารถสร้างภาพในลักษณะสามระนาบได้สำเร็จ ณ โรงพยาบาล Atkinson Morley กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ การสแกนสมองของผู้ป่วยมีชีวิตครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม ค.ศ. 1971 และต่อมาในปี ค.ศ. 1972 Hounsfield ได้นำเสนอผลงานการสร้างภาพตัดขวางดังกล่าวในการประชุม British Institute of Radiology ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยี CT ที่แพร่หลายและก้าวหน้ามาจนถึงปัจจุบัน [21]

สำหรับงานรังสีทางทันตกรรม แม้ว่า CT จะให้ภาพที่มีคุณภาพสูงและรายละเอียดชัดเจนกว่าการถ่ายภาพรังสีสองมิติแบบดั้งเดิม แต่ข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายที่สูง ระดับการเข้าถึงของผู้ป่วย รวมถึงปริมาณรังสีที่มากกว่ามาตรการทั่วไป ทำให้การใช้ CT ในงานทันตกรรมยังไม่เป็นที่แพร่หลายอย่างกว้างขวาง

ต่อมาในปี ค.ศ. 1992 Yoshinori Arai ทันตแพทย์จาก Nihon University Dental Hospital ประเทศญี่ปุ่น ได้ริเริ่มการพัฒนาเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานทางทันตกรรม โดยอาศัยทฤษฎี Radon Transform ซึ่ง Johann Radon นำเสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1917 และปรับประยุกต์จากเครื่องเอกซเรย์

panoramic ให้สามารถสร้างเป็นเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม (Cone Beam Computed Tomography: CBCT) ที่สามารถประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจวินิจฉัยในช่องปาก ขากรรไกร และใบหน้าได้สำเร็จในปี ค.ศ. 1997 เครื่องต้นแบบดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อ Ortho-CT ต่อมาเทคโนโลยีนี้ได้รับการถ่ายทอดลิขสิทธิ์แก่บริษัท J. Morita เพื่อพัฒนาต่อยอดจนสามารถจัดจำหน่ายเชิงพาณิชย์ได้ในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2000 ภายใต้ชื่อทางการค้าว่า Accuitomo ซึ่งมาจากคำว่า “accuracy” และ “tomography” [11]

ในช่วงเวลาใกล้เคียงกันนั้น ในปี ค.ศ. 1996 P. Mozzo จาก University of Verona ประเทศอิตาลี ได้เปิดตัวเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสำหรับใช้ในงานทันตกรรมโดยเฉพาะ ภายใต้ชื่อทางการค้าว่า NewTom 9000 ซึ่งพัฒนาโดยบริษัท Quantitative Radiology (QR SRL) เมืองเวโรนา นับเป็นครั้งแรกของโลกที่มีการนำเสนอเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมอย่างเป็นทางการ ต่อมาในปี ค.ศ. 1998 Mozzo ได้นำเสนอหลักการทำงานของเครื่องดังกล่าวต่อสาธารณะวิชาการผ่านบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสาร European Radiology ภายใต้ชื่อ “A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results” [15],[17]

ในระยะเริ่มแรก เครื่อง NewTom 9000 ได้รับการจัดจำหน่ายในประเทศอิตาลีและประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ก่อนจะถูกนำเข้าสู่สหรัฐอเมริกาเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 2001 ด้วยคุณลักษณะที่โดดเด่น ได้แก่ ความสะดวกในการใช้งาน ความสามารถในการสร้างภาพที่มีคุณภาพและความละเอียดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับภาพรังสีทันตกรรมแบบสองมิติ รวมถึงศักยภาพในการสร้างภาพเชิงสามมิติ ขณะที่ยังคงมีราคาที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบทั่วไป ทำให้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมได้รับความนิยมและแพร่หลายอย่างรวดเร็ว

หนึ่งในบทบาทสำคัญของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมที่มีต่องานทันตกรรม คือการนำมาใช้ในการวินิจฉัยและวางแผนการรักษารากฟัน ซึ่งต้องการความละเอียดและความแม่นยำของภาพเพื่อการประเมินโครงสร้างทางกายวิภาคที่ซับซ้อนอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีม Cone beam computed tomography (CBCT) คือเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดที่ปล่อยลำรังสีเอกซ์ในรูปแบบลำแสงทรงกรวย (cone beam) ซึ่งหมุนรอบผู้ป่วย 180-360 องศาร่วมกับแผ่นรับภาพ (flat panel detector) ที่อยู่ตรงข้ามกัน ในระหว่างการหมุน ตัวรับภาพจะตรวจจับรังสีและแปลงสัญญาณเป็นข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ส่งไปยังระบบคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและแสดงผลเป็นภาพรังสีดิจิทัล ซึ่งจะใช้เวลาในการสแกนประมาณ 5-40 วินาที ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมแต่ละรุ่น ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาประมวลผลเพิ่มเติมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะทางเพื่อสร้างภาพรังสีCBCTใน 3 ระนาบ ได้แก่ ระนาบตามแนวแกน (transverse หรือ axial plane),ระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal plane) และระนาบแบ่งหน้าหลัง (coronal plane) นอกจากนั้นยังมีซอฟท์แวร์รองรับการสร้างภาพ 3 มิติด้วย [3][4][5][21]

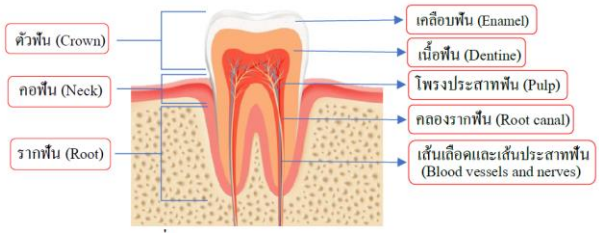
การใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมในงานทันตกรรม

นับตั้งแต่การพัฒนาเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมของ Arai และ Mozzo และด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาข้างต้นทั้งข้อดีในการสร้างภาพได้ 3 ระนาบ และ 3 มิติ ตอบสนองการใช้งานในส่วนของเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ในส่วนที่เพียงพอกับความต้องการใช้งานของงานทันตกรรม การใช้ปริมาณรังสีที่น้อยกว่าเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทั่วไป รวมถึงราคาของเครื่องที่ย่อมเยาว์กว่า ทำให้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสามารถเข้าถึงงานรังสีทันตกรรมและได้รับการใช้งานแพร่หลายอย่างรวดเร็ว จากที่เริ่มต้นจากสองผู้ผลิตในญี่ปุ่นและอิตาลีในช่วงทศวรรษที่ 1990s ปัจจุบันเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมได้รับการพัฒนาและผลิตจากหลากหลายผู้ผลิตจากทั่วโลก (ภาพ 1)

ภาพที่ 1 CBCT; Model Carestream CS 9600
ที่มา : https://ivde.com.au/dental-products/carestream/cs-9600-digital-cbct-system-ceph/

รากฟันและการรักษารากฟัน

รากฟัน คือ ส่วนของฟันที่อยู่ใต้เหงือกลึกลงไปในเบ้าฟัน จะฝังอยู่ในกระดูกขากรรไกรและคลุมทับด้วยเหงือก ชั้นในสุดของรากฟัน คือ คลองรากฟัน ที่เป็นศูนย์รวมของเส้นเลือดและเส้นประสาทฟัน ดังแสดงในภาพที่ 2 ดังนั้นถ้าหากมีฟันผุจนทะลุถึงโพรงประสาทฟันจะรู้สึกปวดฟันซี่นั้นได้ ซึ่งในฟันแต่ละซี่จะมีจำนวนรากฟันจำนวน 1-4 ราก ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและขนาดของฟันซี่นั้น ๆ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างของฟัน
ที่มา : https://lakeplazadental.com/root-canals/.

การรักษารากฟัน (root canal treatment) คือ กระบวนการทางทันตกรรมที่มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อจุลชีพภายในโพรงประสาทฟันหรือเนื้อเยื่อขนาดเล็กที่อยู่ใจกลางฟัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการติดเชื้อและการอักเสบของเนื้อเยื่อในโพรงประสาทฟัน ในกรณีที่โพรงประสาทฟันบางส่วนได้รับความเสียหายจะต้องมีการกำจัดเนื้อเยื่อส่วนที่เสียหายออก พร้อมทั้งทำความสะอาดและฆ่าเชื้อในบริเวณดังกล่าวอย่างละเอียด หลังจากนั้นจะดำเนินการรักษาโดยการอุดคลองรากฟันและบูรณะตัวฟัน เพื่อฟื้นฟูความแข็งแรงและความสวยงามให้ฟันสามารถกลับมาใช้งานได้อย่างปกติ การรักษารากฟันนับเป็นวิธีการที่ช่วยรักษาฟันธรรมชาติไว้โดยไม่จำเป็นต้องถอนฟันออก ซึ่งช่วยคงโครงสร้าง

และการทำงานของฟันได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว [7]

ลักษณะของฟันที่ต้องรับการรักษารากฟัน [1][7]

1. ฟันที่มีการผุลึกจนถึงหรือใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อภายในฟัน
2. ฟันที่มีการแตกหักหรือร้าว
3. ฟันที่ตาย หรือฟันที่ไม่มีระบบไหลเวียนเลือดในโพรงประสาทฟัน
4. ฟันที่จำเป็นต้องแก้ไขแนวฟันเพื่อการทำครอบฟัน
5. ฟันที่เกิดจากโรคเหงือกอักเสบรุนแรงหรือโรคปริทันต์ ซึ่งส่งผลให้ฟันตาย
6. ฟันที่สึกอย่างรุนแรงจากพฤติกรรม เช่น การนอนกัดฟันหรือการเคี้ยวที่รุนแรง จนทำให้ฟันสึกถึงโพรงเนื้อเยื่อภายใน
7. ฟันที่ได้รับอุบัติเหตุหรือแรงกระแทกจนเกิดการแตกหักถึงโพรงประสาทฟัน

การรักษารากฟันมีข้อดีสำหรับผู้ป่วยดังต่อไปนี้ [6]

1. ช่วยคงสภาพฟันธรรมชาติไว้โดยไม่จำเป็นต้องถอนฟันซึ่งส่งผลให้ผู้ป่วยไม่ต้องใส่ฟันเทียมเพื่อทดแทนตำแหน่งฟันที่สูญเสียไป
2. ฟันที่ได้รับการรักษารากฟันจะมีประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวใกล้เคียงกับฟันธรรมชาติมากกว่าการใส่ฟันเทียม
3. ผู้ป่วยที่รักษารากฟันไม่จำเป็นต้องปรับตัวมากเท่ากับการใส่ฟันเทียม

การถ่ายภาพทางรังสีสำหรับรากฟัน

ในปี 2015 และ 2016 สมาคมเอ็นโดดอนติกต์อเมริกัน (American association of endodontists; AAE) และสถาบันรังสีวินิจฉัยช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียลสหรัฐอเมริกา (American academy of oral and maxillofacial radiology; AAOMR) ได้กำหนดแนวทางการในการรักษาคลองรากฟันขึ้น โดยแนะนำให้ภาพรังสีรอบปลายราก (Periapical radiography) เป็นวิธีถ่ายภาพแรกในการประเมินผู้ป่วยรักษาคลองรากฟัน ซึ่งจนถึงปัจจุบันก็ยังเป็นการถ่ายภาพทางรังสีของคลองรากฟันที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลกายวิภาคของคลองรากฟัน (root canal anatomy) รอยโรค และตำแหน่งของรอยโรครอบปลายรากฟันได้ดี แต่ภาพทางรังสีชนิดนี้ก็ยังมีข้อจำกัดของการซ้อนทับกันของกายวิภาคใกล้เคียงตัวอย่าง เช่น ฟันกรามน้อยหรือฟันกรามที่มีรากฟัน 1-2 รากและ 3-4 รากตามลำดับ ทำให้เกิดการซ้อนทับกันของรากฟันและกระดูกเบ้าฟันในภาพซึ่งยากต่อการวินิจฉัย [5]

การถ่ายภาพทางรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมที่สามารถแสดงผลออกมาในลักษณะ 3 มิติ สามารถแก้ปัญหาเรื่องการซ้อนทับต่าง ๆ ข้างต้น และยังสามารถวัดความหนา ขนาด รูปร่าง เพื่อช่วยทันตแพทย์ประเมินการบูรณะฟัน และวางแผนการเข้าเพื่อกำจัดเซลล์เนื้อเยื่อหรือหลอดเลือดที่อยู่ในโพรงประสาทฟันได้

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมเพื่อการรักษารากฟัน

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสามารถแสดงภาพที่ชัดเจนและคุณภาพที่ดีกว่าภาพรังสีรอบปลายราก แต่เนื่องด้วยในการตรวจนี้ผู้ป่วยจะได้รับ

ปริมาณรังสีที่มากกว่าและรวมถึงอัตราราคาค่าตรวจที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการถ่ายภาพรังสีรอบปลายราก การส่งตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมจึงพิจารณาเป็นรายกรณีจากข้อบ่งชี้ดังต่อไปนี้ [2][8][12]

1. เพื่อประเมินรูปร่าง โครงสร้าง และจำนวน ของคลองรากฟันที่ซับซ้อนหรือผิดปกติ ซึ่งไม่สามารถเห็นได้ชัดเจนจากภาพรังสีรอบปลายราก
2. การระบุและหาตำแหน่งของคลองรากฟัน หรือสงสัยมีคลองรากฟันที่อุดตัน
3. การตรวจหาการแตกหักหรือรอยร้าวของรากฟัน เมื่ออาการทางคลินิกและภาพรังสีรอบปลายรากไม่สามารถระบุได้ว่ามีรากฟันแตก
4. การติดตามผลหลังจากการรักษารากฟันหากผู้ป่วยยังคงมีอาการหลังจากที่รักษารากฟันแล้วแต่ภาพรังสีรอบปลายรากไม่สามารถแสดงให้เห็นความผิดปกติได้
5. การวางแผนเพื่อพิจารณาการผ่าตัดปลายรากฟัน กรณีที่รักษารากฟันแล้วแต่ยังคงมีพยาธิสภาพปลายรากที่ยังไม่หาย
6. การวางแผนการรักษารากฟันใหม่ เช่น กรณีเครื่องมือหักหรือหาตำแหน่งที่รากฟันทะลุ

ขั้นตอนการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสำหรับฟัน

สำหรับผู้ป่วย

ก่อนการตรวจ ไม่จำเป็นต้องงดน้ำหรืออาหาร และสำหรับผู้ป่วยวัยเจริญพันธุ์ หากตั้งครรภ์หรือสงสัยการตั้งครรภ์ต้องแจ้งให้ทันตแพทย์หรือนักรังสีการแพทย์ทราบ

สำหรับนักรังสีการแพทย์

การเตรียมตัวผู้ป่วยก่อนการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีม

1. ตรวจสอบและเตรียมเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมให้พร้อมใช้งาน
2. ตรวจสอบชื่อ-นามสกุล เลขที่โรงพยาบาลของผู้ป่วยให้ตรงกับใบส่งตรวจของแพทย์/ทันตแพทย์ ในกรณีกลุ่มผู้ป่วยหญิง วัยเจริญพันธุ์ต้องมีการซักประวัติการตั้งครรภ์หรือวันแรกของประจำเดือนครั้งสุดท้าย
3. อธิบายขั้นตอนการตรวจและวิธีปฏิบัติขณะทำการตรวจให้กับผู้ป่วยก่อนเข้ารับการตรวจเพื่อให้การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย
4. ให้ผู้ป่วยถอดโลหะบริเวณใบหน้า ลำคอ และภายในช่องปาก เช่น แว่นตา สร้อยคอ ต่างหู ยางมัดผม หรือกิ๊บติดผมออก เพื่อป้องกันการเกิดสิ่งแปลกปลอม (artifact) บนภาพรังสีCBCT
5. ใช้ซองพลาสติกคลุมบริเวณอุปกรณ์ที่รองกัดเพื่อกันการปนเปื้อน จากนั้นทิ้งในถังขยะติดเชื้อ เช็ดทำความสะอาดบริเวณตรงที่ผู้ป่วยสัมผัสทั้งหมดเมื่อถ่ายภาพทางรังสีเสร็จเรียบร้อย
6. ให้ผู้ป่วยสวมเสื้อคลุมตะกั่ว (lead apron) และปลอกคอตะกั่วป้องกันไทรอยด์ (thyroid shield) ทั้งนี้จากการศึกษาของ Ruben Pauwels และคณะได้มีคำแนะนำในการสวมปลอกคอตะกั่วป้องกันไทรอยด์ในการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีม [18] ดังนี้

6.1 ควรใช้ปลอกคอตะกั่วป้องกันไทรอยด์ในผู้ป่วยเด็กทุกราย และควรใช้ในผู้ป่วยผู้ใหญ่ทุกรายที่สามารถเป็นไปได้

6.2 ปลอกคอตะกั่วป้องกันต่อมไทรอยด์ที่ใช้ควรมีความหนาไม่น้อยกว่า 0.25 มิลลิเมตรตะกั่ว (mmBb) และต้องกระชับพอดีกับลำคอบริเวณใต้คาง

6.3 ไม่ควรใช้ปลอกคอตะกั่วในกรณีที่จำเป็นต้องถ่ายภาพเนื้อเยื่อที่อยู่ระดับเดียวกับขอบบนของปลอกคอป้องกันต่อมไทรอยด์ เพื่อป้องกันการเกิดสิ่งแปลกปลอมบนภาพรังสี

การจัดท่าสำหรับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสำหรับฟัน

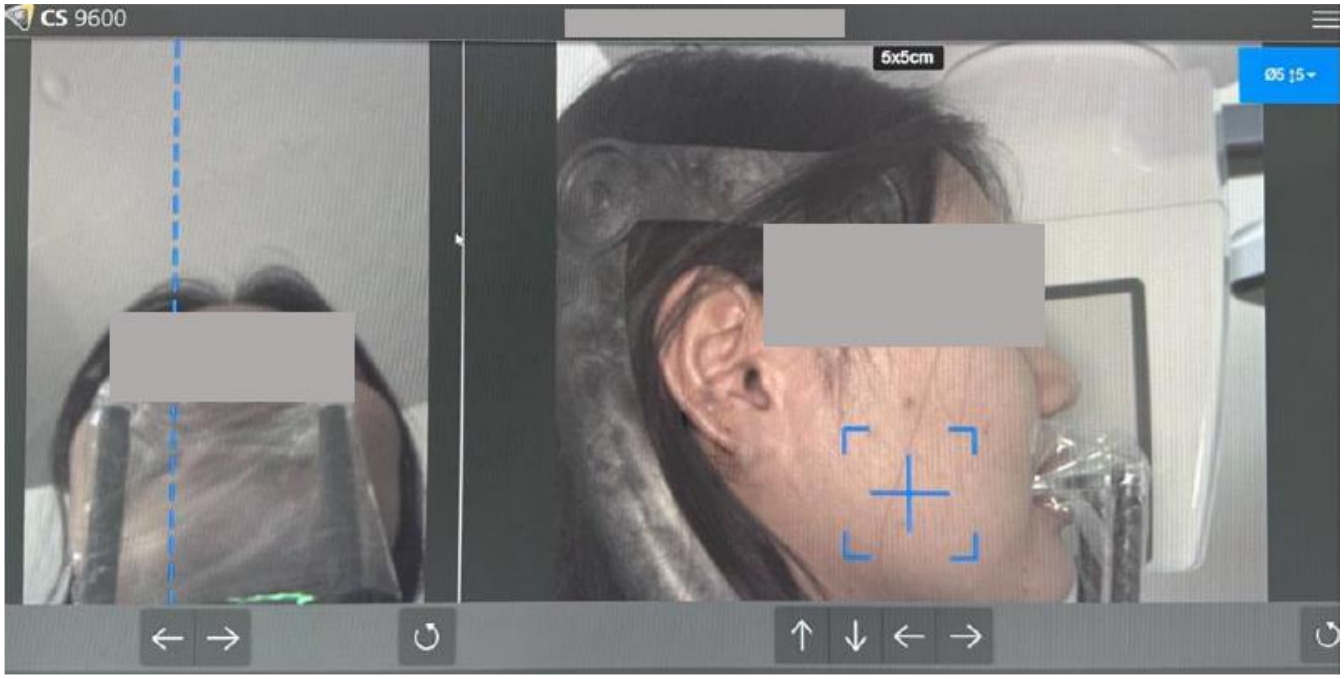
บทความนี้ยกตัวอย่างการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ด้วยเครื่อง Carestream CS9600

1. เมื่อนำผู้ป่วยเข้าห้องตรวจและไปที่เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมแล้ว ให้ผู้ป่วยยืนตัวตรง มือสองข้างยึดที่จับด้านล่างไว้ให้ถนัด ในกรณีที่ผู้ป่วยยืนไม่ถนัดหรือมีแนวโน้มขยับระหว่างสแกน และผู้ป่วยที่ตัวสูงเกินระยะที่เครื่องปรับระยะให้พอดี ควรถ่ายภาพทางรังสีในท่านั่ง
2. เท้าทั้งสองข้างของผู้ป่วยหันตรงไปด้านหน้าผ่อนไหล่ลงเพื่อป้องกันการชนของเครื่องที่หมุนรอบผู้ป่วยขณะสแกน
3. ให้ผู้ป่วยหน้าตรง สบฟันบนและล่างให้ตรงกับตำแหน่งร่องบนอุปกรณ์ที่รองกัด ปรับอุปกรณ์ยึดตำแหน่งให้กระชับกับบริเวณขมับของผู้ป่วย (ภาพ 3)
4. กำหนดจุดอ้างอิงในการถ่ายภาพ scanogram ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมให้อยู่ตรงตำแหน่งฟันที่ทันตแพทย์ต้องการถ่ายภาพรังสี (ภาพ 4) เป็นตัวอย่างการกำหนดจุดอ้างอิงของฟันกรามล่างซี่ 46 - 48 โดยหน้าจอคอมพิวเตอร์ควบคุมของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมจะแสดงตำแหน่งอ้างอิงของฟันกรามล่างซี่ 46 – 48 นักรังสีการแพทย์สามารถปรับเลื่อนตำแหน่งของผู้ป่วยและอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบริเวณฟันที่ต้องการถ่ายภาพรังสี แช่น ค่าพารามิเตอร์สำหรับการถ่ายภาพ scanogram ของฟันกรามล่างซี่ 46 – 48 (ตารางที่ 1)
5. เมื่อได้ภาพ scanogram ที่ตรงกับตำแหน่งฟันที่ต้องการถ่ายภาพCBCTแล้ว ให้ผู้ป่วยอยู่ในท่าที่นิ่งและดำเนินการถ่ายภาพ CBCT ต่อไป โดยค่าพารามิเตอร์สำหรับการถ่ายภาพ scanogram และCBCT นั้น นักรังสีการแพทย์สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ได้ตามความเหมาะสมของขนาดตัวของผู้ป่วย (ตารางที่ 1)
6. ทำการถ่ายภาพรังสีซีบีซี ขณะถ่ายภาพผู้ป่วยต้องอยู่ในท่านิ่ง หลับตา ลิ้นแตะเพดานฟัน ไม่กลืนน้ำลาย หายใจทางจมูก เพื่อให้ภาพมีความคมชัดไม่มีความสั่นไหว

ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ฟัน

จากการทำงานของเครื่องเอกซเรย์ที่ปล่อยรังสีเอกซ์แล้วหมุนรอบผู้ป่วย และตัวรับภาพแปลงสัญญาณและประมวลผลแล้ว ภาพที่ได้จากการสแกนจะใกล้เคียงกับภาพจากเครื่องเอกซเรย์ทั่วไป โดยภาพที่ได้เบื้องต้นคือภาพในแนวระนาบตามแนวแกนหรือภาคตัดขวาง (axial plane) ขนาดของภาพขึ้นอยู่กับขอบเขตพื้นที่การสแกนที่ใช้ และข้อมูลจากภาพนี้สามารถนำไปประมวลผลเพิ่มเติมโดยการสร้างภาพในแนวอื่นๆ เช่น แนวระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal plane) ,แนวระนาบแบ่งหน้าหลัง (coronal plane) หรือภาพสามมิติ เพื่อดูลักษณะกายวิภาคของฟันหรือรากฟัน ดังแสดงในภาพที่ 5, 6 และ 7

ภาพที่ 3 การจัดท่าผู้ป่วยสำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีม



ภาพที่ 4 การกำหนดจุดอ้างอิงของฟันกรามล่างซี่ 46 – 48 ของการถ่ายภาพ Scanography

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมของฟันกรามล่างซี่ 46 – 48

ขนาดตัวผู้ป่วย	Cone beam computed tomography exposure		
	kV	mA	sec
XS ผู้ป่วยรูปร่างเล็กมาก เช่น เด็ก	100	4	19
S ผู้ป่วยรูปร่างเล็ก	120	3.2	19
M ผู้ป่วยรูปร่างปกติ	120	6.3	19
L ผู้ป่วยรูปร่างใหญ่	120	8	19

ภาพที่ 5 ภาพรังสีฟันล่างซี่ 47 ภาพ A) แสดงภาพรังสีรอบปลายรากฟัน ภาพ B), C) และ D) แสดงภาพรังสีซีบีซีทีในแนว axial, sagittal และ coronal ตามลำดับ

ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

ภาพที่ 6 ภาพรังสีฟันบนซี่ 22 ที่มีวัสดุรักษาคลองรากฟันทะลุ ภาพ A) แสดงภาพรังสีรอบปลายรากฟัน ภาพ B), C) และ D) แสดงภาพรังสีซีบีซีทีในแนว axial, sagittal และ coronal ตามลำดับ

ภาพที่ 7 แสดงภาพสามมิติของภาพรังสี CBCT

ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

ปัจจัยที่ทำให้ภาพ CBCT มีคุณภาพที่ดีขึ้น

ในการจัดการเพื่อให้ได้ภาพ CBCT ที่มีคุณภาพที่ดี นักรังสีการแพทย์ควรคำนึงปัจจัยต่างๆเพิ่มเติมดังต่อไปนี้ [9][10]

1. ขอบเขตของพื้นที่การสแกน หรือ field of view (FOV) การลดขนาดของ FOV ให้เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อลดรังสีกระเจิง (scatter radiation) ทำให้ได้ภาพที่มีสิ่งรบกวนบนภาพหรือ artifact ลดลง รวมถึงเป็นการลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับด้วย

2. ระยะเวลาในการสแกน ในการถ่ายภาพทางรังสีแต่ละครั้ง ให้พิจารณาจากผู้ป่วยเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ถ้าพิจารณาแล้วว่าผู้ป่วยไม่สามารถอยู่นิ่งได้นาน ควรใช้ระยะเวลาในการสแกนให้น้อยกว่าผู้ป่วยที่สามารถอยู่นิ่งได้ตามระยะเวลาสแกนปกติ เพื่อลดปัญหาภาพไม่ชัดจากการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยขณะสแกน (motion artifact)

3. การใช้เทคนิคการสแกนโดยใช้ค่าความต่างศักย์สูง (high kVp) จะสามารถช่วยลดปัญหาภาพไม่ชัดเจนที่มีสาเหตุมาจากการสแกนผ่านเนื้อเยื่อที่อยู่ติดกันแล้วมีความหนาแน่นที่ต่างกันมากๆ (beam hardening artifact) ได้

4. ในการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมในผู้ป่วยที่มีอุปกรณ์โลหะในช่องปาก เช่น รากฟันเทียม อุดฟัน หรือครอบฟัน มักเกิดปัญหาสิ่งแปลกปลอมในภาพของโลหะนั้นได้ (metal artifact) ทั้งนี้การจัดท่าที่เหมาะสมในผู้ป่วยแต่ละรายที่ต้องการตรวจในบริเวณสนใจที่ต่างกัน (region of interest; ROI) สามารถช่วยลดหรือหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหานี้ได้ [9] ดังนี้

1) ฟันบริเวณขากรรไกรล่างด้านหน้า หรือ mandibular anterior region ควรจัดท่าให้ผู้ป่วยก้มคางลงมากกว่าปกติ เพื่อให้ artifact ที่จะเกิดไปปรากฏอยู่ที่บริเวณกระดูกขากรรไกรด้านหลังแทน

2) ฟันบริเวณขากรรไกรล่างด้านหลัง หรือ mandibular posterior region ควรจัดท่าให้ผู้ป่วยเงยคางขึ้นมากกว่าปกติ เพื่อให้ artifact ที่จะเกิดขึ้นไปปรากฏที่บริเวณกระดูกขากรรไกรด้านหน้าแทน

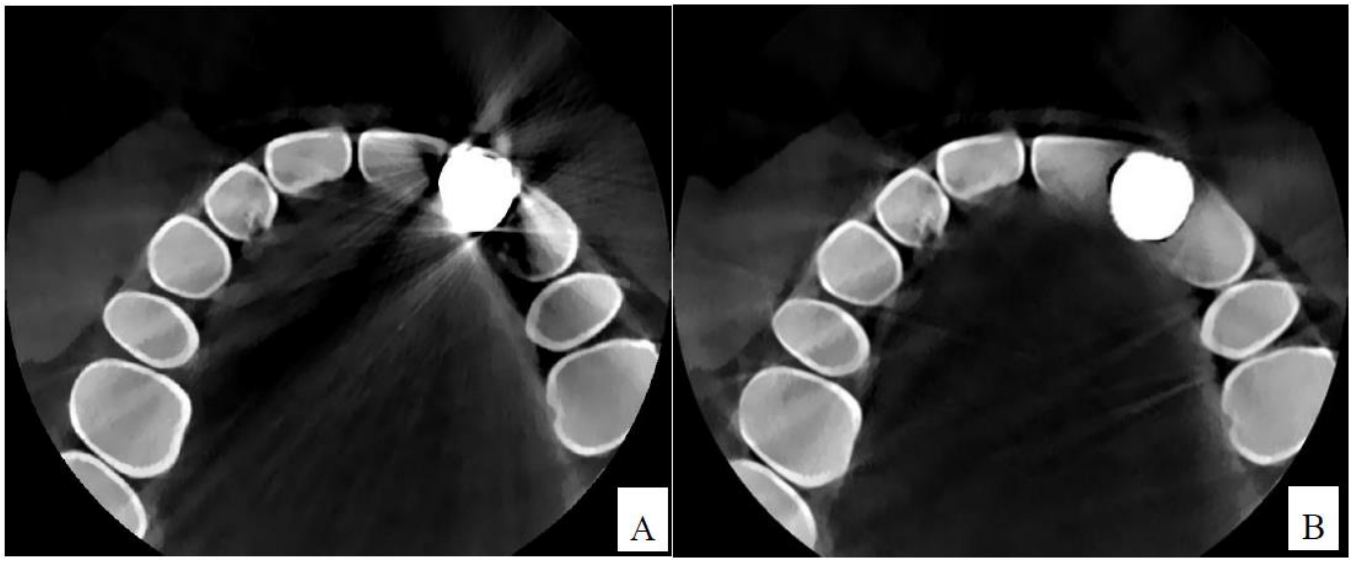
3) ฟันบริเวณขากรรไกรบนด้านหน้า หรือ maxillary anterior region ควรจัดท่าให้ผู้ป่วยเงยคางขึ้นมากกว่าปกติ เพื่อให้ artifact ที่จะเกิดขึ้นไปปรากฏด้านหลังแทน

4) ฟันบริเวณขากรรไกรบนด้านหลัง หรือ maxillary posterior region ควรจัดท่าให้ผู้ป่วยก้มคางลงมากกว่าปกติ เพื่อให้ artifact ที่จะเกิดขึ้นไปปรากฏที่บริเวณขากรรไกรบนด้านหน้าแทน

5) ฟันกรามซี่แรกและฟันกรามน้อย หรือ first molars และ premolars ทั้งในฟันบนและฟันล่าง ควรจัดท่าให้แนวระนาบสบฟันของผู้ป่วยอยู่ในแกนแนวนอน

ทั้งนี้การจัดท่าผู้ป่วยที่ให้แนวขากรรไกรหรือแนวฟันเอียงเพิ่มไปจากเดิม นอกจากจะช่วยลด artifact ได้ภาพที่มีคุณภาพดีขึ้นแล้วยังสามารถลดปริมาณรังสีสะสมของผู้ป่วยได้ด้วย

5. นอกจากนี้สำหรับผู้ป่วยที่มีอุปกรณ์ทันตกรรมที่เป็นโลหะยึดติดในช่องปาก ซึ่งสามารถทำให้เกิดลักษณะที่เป็นริ้วบนภาพ (streak artifact) หรือภาพที่มีลักษณะบิดเบือนไปจากสัดส่วนจริง (distortion) สามารถใช้ซอฟท์แวร์พิเศษ CS Metal Artifact Reduction (CS MAR) filter เพื่อลด artifact ที่เกิดขึ้นนี้ได้ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 A) แสดงภาพรังสีซีบีทีปกติ และ B) แสดงภาพรังสีซีบีซีทีที่ใช้ซอฟท์แวร์พิเศษลด artifact จากอุปกรณ์โลหะในช่องปาก
ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

หลังการตรวจ

1. ตรวจสอบภาพรังสี CBCTให้มีคุณภาพดี ทันตแพทย์สามารถวินิจฉัย อ่านแปลผลได้ ก่อนส่งภาพเข้าฐานข้อมูลภาพรังสี (Picture archiving and communication system; PACS)
2. หากมีอุปกรณ์ช่วยจัดฟันหรืออุปกรณ์ทางทันตกรรมในช่องปาก ควรตรวจสอบว่าอยู่ในตำแหน่งเดิมหรือไม่ หากมีความผิดปกติจากเดิมต้องแจ้งให้ทันตแพทย์ทราบทันที
3. การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมไม่มีการฉีดสารทึบรังสีเข้าสู่ร่างกาย จึงไม่มีความเสี่ยงจากการแพ้หรือภาวะแทรกซ้อนจากสารทึบรังสี แต่ต้องมีการดูแลผู้ป่วยสังเกตอาการผิดปกติ เช่น เวียนศีรษะ ความเครียด ความวิตกกังวลหรือความกลัวเกี่ยวกับการตรวจ

ปริมาณรังสีที่ได้รับ

ปัจจุบันการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในทุกสาขาของงานทันตกรรม แต่ประเด็นหลักที่ยังคงต้องให้ความสำคัญตลอดมาคือ ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ (radiation dose) สำหรับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมปริมาณรังสียังผล (effective dose) ที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 19-1073 µSv และอยู่ในช่วง 50 – 428 µSv สำหรับการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมเพื่อรักษารากฟัน [16][20]

ถือเป็นช่วงของปริมาณรังสีที่ค่อนข้างกว้างมาก ปัจจัยหลักสำคัญที่ทำให้ปริมาณรังสีต่างกันคือ ขอบเขตของพื้นที่การสแกน ส่วนปัจจัยอื่นๆที่มีผลเช่นกัน ได้แก่ ค่ากระแสไฟฟ้า (mA) , ค่าความต่างศักย์ (kVp) และระยะเวลาที่ใช้สแกน (s) ทั้งนี้เมื่อ ขอบเขตของพื้นที่สแกน, ค่ากระแสไฟฟ้า, ค่าความต่างศักย์ และระยะเวลาสแกนที่สูงขึ้น ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจะสูงขึ้นด้วย โดยเฉพาะขอบเขตของพื้นที่การสแกน ในบางครั้งการใช้ขอบเขตของพื้นที่การสแกนที่มากขึ้น 2 เท่า สามารถทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 2 เท่าได้ นักรังสีการแพทย์ควรใช้พารามิเตอร์ต่าง ๆให้เหมาะสม

กับรอยโรคและผู้ป่วยแต่ละคน เพื่อป้องกันการได้รับรังสีมากเกินความจำเป็นของผู้ป่วย

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสียังผลที่ผู้ป่วยได้รับจากการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมและเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทั่วไป ปริมาณรังสียังผลจากการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมจะน้อยกว่าจากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ทั่วไปประมาณ 28% ในขณะที่ภาพทางรังสีที่ได้สำหรับงานทันตกรรมแล้วถือว่าเป็นภาพที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน [14]

แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสียังผลของการเอกซเรย์รอบปลายราก ที่อยู่ในช่วง 1 – 8 μSv [13] จะเห็นว่าการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมใช้ปริมาณรังสีค่อนข้างสูงกว่า แต่ภาพทางรังสีที่ได้จะให้ความแม่นยำในการตรวจวินิจฉัยรอยโรคปลายรากฟันได้มากกว่า และเป็นการตรวจที่มีส่วนช่วยที่สำคัญต่อการตัดสินใจและวางแผนการรักษาของทันตแพทย์

ดังนั้นการส่งตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โคนบีมสำหรับการรักษารากฟันควรได้รับการพิจารณาเป็นรายกรณี โดยต้องคำนึงระหว่างความเสี่ยงของการได้รับรังสีและประโยชน์ที่ผู้ป่วยได้รับ เพื่อการรักษาที่มีคุณภาพและปลอดภัยที่สุดแก่ผู้ป่วยที่ต้องการรักษาคลองรากฟัน [5]

การเปรียบเทียบการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมเพื่อการรักษารากฟัน

เมื่อเปรียบเทียบการถ่ายภาพทางรังสีทันตกรรมแบบต่างๆ มีข้อควรพิจารณาที่ต่างกันดังตาราง 2 [3][13][20][21]

สรุป

การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมหรือภาพรังสีซีบีซีทีมีประโยชน์สำหรับการรักษารากฟันโดยสามารถแสดงผลออกมาในลักษณะสามมิติ ทำให้เห็นโครงสร้างรากฟันและความหนาแน่นของกระดูกฟันชัดเจนยิ่งขึ้นโดยไม่มีการซ้อนทับกันเหมือนภาพรังสีรอบปลายราก สามารถช่วยให้ทันตแพทย์วินิจฉัยและวางแผนการรักษาได้แม่นยำขึ้น ลดความเสี่ยงของภาวะแทรกซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษารากฟัน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ใช้ ได้แก่ การตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์แบบโคนบีมผู้ป่วยจะได้รับปริมาณรังสีจากการตรวจมากกว่าการถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากฟัน ดังนั้นควรได้รับการพิจารณาส่งตรวจเป็นรายกรณี โดยต้องคำนึงถึงความเสี่ยงและประโยชน์ที่ผู้ป่วยได้รับเป็นสำคัญ จึงแนะนำเป็นการตรวจเพิ่มเติมกรณีที่ภาพรังสีรอบปลายรากและการตรวจทางคลินิกไม่สามารถให้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการวินิจฉัยและวางแผนการรักษา และสำหรับนักรังสีการแพทย์ควรเลือกใช้โปรโตคอลและพารามิเตอร์ต่างๆให้เหมาะสมกับรอยโรคและผู้ป่วยแต่ละคน เพื่อป้องกันการได้รับปริมาณรังสีโดยไม่จำเป็นของผู้ป่วย

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมเพื่อการรักษารากฟัน

	ภาพรังสีปริทัศน์ (Panoramic radiography)	ภาพรังสีเซฟฟาโลเมทริก (Lateral cephalography)	ภาพรังสีรอบปลายราก (Periapical radiography)	ภาพรังสีซีบีซีที (Cone beam computed tomography)
ปริมาณรังสี	4 - 30 µSv	2 - 3 µSv	1- 8 µSv	50 – 428 µSv
ข้อมูลของภาพที่ได้	- การตรวจประเมินเบื้องต้นเพื่อให้ได้ข้อมูลโดยทั่วไป - เพื่อประเมินหลังการฝังรากฟันเทียมในกรณีที่มีรากฟันเทียมหลาย ๆ ตำแหน่ง	- ใช้ร่วมกับภาพรังสีอื่น ๆ เพื่อประเมินช่องว่างสบฟันบริเวณฟันหน้า - ประเมินสำหรับการเสริมกระดูกแนวขากรรไกร (symphysis bone graft evaluation)	- การรักษารากฟันวินิจฉัยจากภาพรังสีรอบปลายรากเป็นลำดับแรก - แสดงรายละเอียดของกระดูกบริเวณที่จะฝังรากฟันเทียม - เพื่อประเมินแนวตำแหน่งและการเอียงตัวของรากฟันเทียมระหว่างผ่าตัดฝังรากฟันเทียม -เพื่อประเมินหลังการฝังรากฟันเทียม และติดตามผลการรักษาเป็นระยะ ๆ	- ใช้ในกรณีที่ผลวินิจฉัยที่ได้จากภาพรังสีรอบปลายรากไม่เพียงพอเนื่องจากผู้ป่วยมีพยาธิสภาพหรือมีปริมาณกระดูกไม่เพียงพอหรือมีแนวโน้มต้องได้รับการรักษาที่ซับซ้อน - เพื่อวางแผนการรักษาในตำแหน่งที่จะฝังรากฟันเทียม - ประเมินรากฟันเทียมหลังการฝังกรณีรากฟันเทียมมีปัญหา
ข้อดี	แสดงโครงสร้างฟันทั้งหมดในภาพเดียว	ใช้ประเมินความสัมพันธ์ของกระดูกขากรรไกรและฟัน	- สามารถใช้ประเมินรากฟันโรคปลายรากฟันและฟันผุได้แม่นยำ -ใช้ปริมาณรังสีต่ำ	- ภาพรังสีเป็นแบบสามมิติทำให้สามารถวิเคราะห์ตำแหน่งทางกายวิภาคได้ดีกว่าภาพรังสีรอบปลายราก - คุณภาพของภาพรังสีสูงสามารถแสดงรายละเอียดของรากฟันได้ชัดเจนและแม่นยำ
ข้อจำกัด	ความละเอียดของภาพรังสีต่ำกว่าภาพรังสีรอบปลายราก โดยอาจไม่สามารถตรวจพบรอยโรคในฟันที่มีขนาดเล็กได้อย่างแม่นยำ	การประเมินสภาพของรากฟันเป็นไปได้ยากเนื่องจากไม่มีความละเอียดสูงพอสำหรับการมองเห็นโครงสร้างภายในฟัน	ภาพรังสีเป็นแบบสองมิติทำให้มีการซ้อนทับกันของกายวิภาคใกล้เคียง ทำให้การวินิจฉัยเป็นไปได้ยากในการประเมินตำแหน่ง กายวิภาครอบรากฟัน หรือความผิดปกติที่เกิดขึ้น ภายในคลองรากฟัน เช่น การละลายของรากฟัน	- ได้รับปริมาณรังสีสูง - ระยะเวลาการถ่ายภาพนานกว่าการถ่ายภาพรังสีรอบปลายราก, ภาพรังสีปริทัศน์และภาพรังสีเซฟฟาโลเมทริก

เอกสารอ้างอิง

1. กุลนันทน์ ดำรงวุฒิ. **การรักษารากฟัน** [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.medparkhospital.com/disease-and-treatment/root-canal-treatment.
2. คณะผู้ทรงคุณวุฒิราชวิทยาลัยทันตแพทย์แห่งประเทศ**ไทย. คู่มือการป้องกันรังสีทางทันตกรรม** [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.royalthaident.org/files/survey/dental-radiation-protection-guide.pdf.
3. พีรยา บุญทวี, วรรณกมล ปัญญารักษ์, ธนิดา ศรีสุวรรณ. **มิติใหม่ในการใช้เทคนิคการถ่ายภาพทางการแพทย์ขั้นสูงในงานเอ็นโดดอนติกส์** [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2568]. Available from: https://he03.tci-thaijo.org/index.php/thaiendod/article/view/245/100.
4. ปรียพร ศรีมาวงษ์. **โคนบีมคอมพิวเตดโทโมกราฟฟีในทางทันตกรรม** [อินเทอร์เน็ต]. 2551 [เข้าถึงเมื่อ 23 กุมภาพันธ์ 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.jdat.org/data/upload/2008-58-1-26-38.pdf.
5. ศุภชัย สุทธิมัณฑนกุล, กมลทิพย์ ส่งตระกูล. **การประยุกต์ใช้ภาพรังสีซีบีซีทีในงานรักษาคลองรากฟัน** [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://he03.tcithaijo.org/index.php/thaiendod/article/view/405/412.
6. โรงพยาบาลบางโพ. **การรักษาคลองรากฟัน** [อินเทอร์เน็ต]. 2568 [เข้าถึงเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://bangpo-hospital.com/root-canal-treatment/.
7. Smile and Co. **การรักษารากฟัน** [อินเทอร์เน็ต]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 24 มกราคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://smileandcodentalclinic.com/root-canal-treatment/.
8. AAE and AAOMR Joint Position Statement. **Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics—2015/2016 Update** [Internet]. 2016 [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://comagine.org/sites/default/files/resources/dc-um-cone-beam-statement.pdf.
9. Abraham D. **A Brilliant Way to Minimize Metal Artifacts in CBCT Scans** [Internet]. 2019 [cited 2025 Jun 30]. Available from https://cephx.com/a-brilliant-way-to-minimize-metal-artifacts-in-cbct-scans/
10. Amirian M, Barco D, Herzig I, Schilling FP. **Artifact Reduction in 3D and 4D Cone-beam Computed Tomography Images with Deep Learning - A Review** [Internet].2024 [cite 2025 Jun 30]. Available from https://arxiv.org/html/2403.18565v1#S1
11. Arai Y. **Local cone beam CT: how did it all start?** [Internet].2021[cited 2025 Jul 18]. Available from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8611279/#:~:text=to%20Radon's

%20principle.-,1,Open%20in%20a%20new%20tab

12. de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR. **Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard** [Internet]. 2009 [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19567324/.
13. International atomic energy agency (IAEA). **Radiation doses in dental radiology** [Internet]. [cited 2025 March 2]. Available from: https://www.iaea.org/resources/rpop/healthprofessionals/dentistry/radiation-doses.
14. Khader A, Jain S, Sarah, Mishra S, Saleem S, Vijayan A. **Comparing Radiation Doses in CBCT and Medical CT Imaging for Dental Applications** [Internet].2024. [cited 2025 Aug 28]. Available from https://innovaimplants.com/wp-content/uploads/2025/02/CBTC-Comparing-Radiation-Doses-in-CBCT-and-Medical-CT-Imaging-for-Dental-Applications.pdf
15. Lata S, Mohanty S K, Vinay S. **Is Cone Beam Computed Tomography (CBCT) a Potential Imaging Tool in ENT Practice?: A Cross-Sectional Survey Among ENT Surgeons in the State of Odisha, India** [Internet].2017. [cited 2025 Jul 9]. Available from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5807282/#:~:text=In%201998%2C%20Mozzo%20et%20al,in%20the%20state%20of%20Odisha.
16. Li Gang. **Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography** [Internet].2013. [cited 2025 Aug 15]. Available from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3691375/
17. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini P T, Andreis I A. **A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results** [Internet].1998 [cited 2025 Jul 27]. Available from https://www.researchgate.net/publication/13420871_A_new_volumetric_CT_machine_for_dental_imaging_based_on_the_cone-beam_technique_Preliminary_results
18. Pauwels Ruben, Horner Keith, Vassileva Jenia. **Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use** [Internet]. 2019 [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6775792/#:~:text=Thyroid%20shielding%20should%20not%20be,acquisition%20of%20the%20scout%20image.

19. Schulz Raymond A, Stein Jay A, Pelc Norpert J. **How CT happened: the early development of medical computed tomography** [Internet].2021[cited 2025 Jun 28]. Available from https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8555965/

20. Shin H S, Nam K C, Park H. **Effective doses from panoramic radiography and CBCT (cone beam CT) using dose area product (DAP) in dentistry** [Internet]. 2014 [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4082268/.

21. Venkatesh Elluru, Elluru Snehal Venkatesh. **Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry** [Internet]. 2017 [cited 2025 Mar 5]. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5750833/#:~:text=A%20CBCT%20machine%2C%20on%20the,rather%20than%20slice%2Dby%2Dslice