

การใช้โคน빔คอมพิวเตอร์โทโมกราฟีในทางทันตกรรม วีรญา ตันทนาภรณ์กุล

Applications of cone-beam computed tomography in dentistry

Weeraya Tantanapornkul

ภาควิชาทันตกรรมวินิจฉัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Department of Oral Diagnosis, Faculty of Dentistry, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

*Corresponding Author. E-mail address: weeraya_t@yahoo.com

Received 8 March 2011; accepted 4 August 2011

บทคัดย่อ

โคน빔คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (cone-beam computed tomography) หรือเรียกย่อว่า โคน빔ซีที (cone-beam CT) เป็นวิธีการถ่ายภาพรังสีที่ได้รับการออกแบบสำหรับการตรวจประเมินเนื้อเยื่อแข็งบริเวณใบหน้าขากรรไกร (maxillofacial regions) ระบบการถ่ายภาพรังสีชนิดนี้ให้ภาพที่มีความคมชัดสูง ช่วยให้ทันตแพทย์สามารถให้การวินิจฉัยได้แม่นยำมากขึ้น โดยใช้ระยะเวลาไม่กี่ปีกว่าในการถ่ายภาพรังสี ที่สำคัญคือ ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับต่ำกว่าการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอวัยวะคอมพิวเตอร์ (computed tomography) ที่ใช้ทางการแพทย์ถึง 15 เท่า นอกจากนี้การค้นพบเทคโนโลยีการถ่ายภาพรังสีดังกล่าวยังช่วยให้ทันตแพทย์ประเมินโครงสร้างหรือรอยโรคบริเวณใบหน้าขากรรไกรได้ในลักษณะ 3 มิติ โดยมีการบิดเบี้ยวของภาพ (distortion) น้อยที่สุด ในขณะที่ภาพรังสีทั่วไปไม่สามารถทำได้ โคน빔ซีทีมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาทางทันตกรรมสาขาต่าง ๆ ได้แก่ งานศัลยกรรมช่องปาก (oral surgery) ทันตกรรมรากเทียม (dental implant) พยาธิสภาพของใบหน้าขากรรไกร (maxillofacial pathology) ความผิดปกติของข้อต่อขากรรไกร (temporomandibular joint disorder) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โคน빔ซีทีมีข้อจำกัดในการประเมินเนื้อเยื่ออ่อน (soft tissue) ซึ่งต้องการการศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของเครื่องถ่ายภาพรังสีและโปรแกรมซอฟต์แวร์ (software program)

คำสำคัญ: cone-beam, cone-beam computed tomography

Abstract

Cone-beam computed tomography (cone-beam CT) is one of extraoral radiographic techniques which have been designed for demonstrating hard tissue of maxillofacial region. It is capable of providing high quality image that increases diagnostic efficacy of dentists with short scanning times and small radiation dosages reportedly up to 15 times lower than those of conventional CT scans that used in medical. Increasing availability of this technology provides the dentists with an imaging modality capable of providing a 3-dimensional representation of maxillofacial structures or lesions, minimal image distortion, which not found in conventional radiographic techniques. Clinical applications of cone-beam CT in dental practice such as oral surgery, dental implant, maxillofacial pathology, temporomandibular joint disorders. However, cone-beam CT has limitation of evaluating soft tissue that needed further investigation for advance development of the machine and software program.

Keywords: cone-beam, cone-beam computed tomography

บทนำ

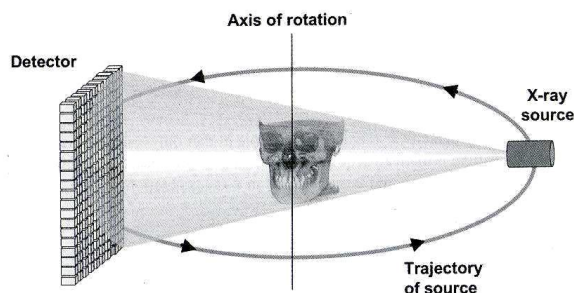
ภาพรังสีมีความสำคัญในการวินิจฉัยผู้ป่วยและข้อมูลภาพที่ได้เป็นแนวทางในการวางแผนการรักษา ปัจจุบันมีวิธีการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมหลากหลายวิธี ได้แก่ ภาพรังสีในปาก (intraoral radiograph) ภาพรังสีนอกปาก (extraoral radiograph) เช่น ภาพรังสีปริทัศน์ (panoramic radiograph) ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (lateral skull radiograph) ภาพรังสีระนาบแบบธรรมดา (conventional tomogram) เป็นต้น ซึ่งมีทั้งระบบภาพรังสีแบบดั้งเดิมที่ใช้ฟิล์มเป็นตัวรับภาพและระบบภาพรังสีดิจิทัล (digital radiography) ที่มีการแสดงภาพรังสีบนจอคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ทางการแพทย์มาถ่ายภาพรังสีบริเวณขากรรไกรใบหน้าเพื่อช่วยในการประเมินรอยโรคหรือพยาธิสภาพใน 3 ระนาบ

และใช้ประเมินเนื้อเยื่ออ่อนซึ่งภาพรังสีโดยทั่วไปไม่สามารถทำได้ อย่างไรก็ตามวิธีการถ่ายภาพรังสีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับซึ่งค่อนข้างสูง (Scarfe et al., 2006; Rustemeyer et al., 2004; Hashimoto et al., 2003; Guerrero et al., 2006; Scarfe & Farman, 2009) และเครื่องยังมีราคาแพง (Scarfe & Farman, 2009) ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการถ่ายภาพรังสีโคน빔ซีทีในแต่ละครั้งมีราคาสูง ในช่วงคริสต์ทศวรรษ 1997 มีการค้นพบและนำเครื่องโคน빔ซีทีมาใช้ทางทันตกรรม ภาพรังสีที่ได้มีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับภาพรังสีนอกปากแบบดั้งเดิมที่มีฟิล์มเป็นตัวรับภาพ ได้แก่ ความสามารถในการแสดงภาพในลักษณะ 3 มิติ ซึ่งช่วยลดปัญหาในการซ้อนทับ (superimposition) ของโครงสร้างที่อยู่ในแนวผ่านของรังสี บทความนี้จะกล่าวถึงพัฒนาการของโคน빔ซีทีในแง่ของหลักการเกิดภาพ คุณลักษณะ

ของเครื่องโคนบีมซีที ข้อดี ข้อจำกัดของการถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีที และการนำมาใช้ทางทันตกรรมสาขาต่าง ๆ

หลักการพื้นฐานในการเกิดภาพของโคนบีมซีที

เครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีมีแหล่งกำเนิดรังสีที่ปล่อย รังสีเอกซ์รูปกรวย (cone shape x-ray beam) โดยมีตัวรับ (sensor) อยู่ด้านตรงข้ามแหล่งกำเนิดรังสีซึ่งอาจเป็นอิมเมจอินเทนซิฟายเออร์ (image intensifier: II) ที่ยึดอยู่กับซีซีดี (charge-coupled device: CCD) หรือ ซีมอส (complementary metal oxide semiconductor: CMOS) หรือตัวรับอาจเป็นที่เอฟที (thin film transistor: TFT) ซึ่งเป็นตัวรับที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบน ๆ ปัจจุบันมีการพัฒนาตัวรับชนิดใหม่ ได้แก่ ตัวตรวจหาชนิดแผ่นแบน (flat-panel detector: FPD) ที่มีข้อดีกว่าอิมเมจอินเทนซิฟายเออร์ เช่น มีการบิดเบี้ยวของภาพน้อยกว่า เป็นต้น (Miles, 2008) ภาพรังสีโคนบีมซีทีเกิดจากการถ่ายภาพรังสีโดยรอบศีรษะผู้ป่วย 1 รอบ (194-360 องศา) ในขณะถ่ายภาพรังสีแหล่งกำเนิดรังสีและตัวรับหรือตัวตรวจหาจะหมุนรอบศีรษะผู้ป่วยพร้อมกัน (รูปที่ 1) ในระหว่างที่มีการหมุนนี้ตัวรับหรือตัวตรวจหาจะรับรังสีที่ผ่านจากศีรษะผู้ป่วยและส่งสัญญาณในรูปข้อมูลทางอิเล็กทรอนิกส์ไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลและแสดงข้อมูลโดยปรากฏเป็นภาพรังสีในระบบดิจิทัลซึ่งสามารถจัดการภาพได้โดยอาศัยโปรแกรมซอฟต์แวร์ในการนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นภาพใน 3 ระนาบ ได้แก่ ระนาบตามแกน (axial plane) ระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal plane) และระนาบแบ่งหน้าหลัง (coronal plane) โดยมีองค์ประกอบของภาพในลักษณะเป็นปริมาตรสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาดเล็กที่มีความกว้าง ความยาว และความลึกเท่ากัน เรียกว่าวอกเซล (voxel) ทำให้ภาพที่ปรากฏมีความละเอียดและคมชัดมากกว่าการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทางการแพทย์ที่มีความลึกของวอกเซลมากกว่าความกว้างและความยาว (Draenert et al., 2008; Miles, 2008)



รูปที่ 1 หลักการทำงานของเครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีที่มีแหล่งกำเนิดรังสีที่ปล่อยรังสีเอกซ์รูปกรวย (cone shape x-ray beam) โดยมีตัวรับ (sensor) อยู่ด้านตรงข้าม ในขณะที่ถ่ายภาพรังสีแหล่งกำเนิดรังสีและตัวรับหรือตัวตรวจหาจะหมุนรอบศีรษะผู้ป่วยพร้อมกัน

เครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีที

เริ่มมีการพัฒนาและนำโคนบีมซีทีมาใช้ทางทันตกรรมในปี คศ.1997 ณ Nihon University School of Dentistry โดย Arai และคณะ (Arai et al., 1999) ซึ่งใช้ชื่อว่า ออร์โธซีที (Ortho-CT) หลังจากนั้น 2 ปีต่อมาได้มีการนำออร์โธซีทีมาใช้ในการวินิจฉัยสภาวะต่างๆ ในผู้ป่วย 200 ราย ได้แก่ ฟันคุด (impacted tooth) รอยโรคปลายรากฟัน (apical lesions) และโรคในขากรรไกรบนและล่างก่อนและหลังการผ่าตัด (pre- and post-surgical procedures of maxilla and mandible) ซึ่งให้ผลสำเร็จในการวินิจฉัยที่ดี (Hashimoto et al., 2003) ออร์โธซีทีเป็นเครื่องถ่ายภาพรังสีที่พัฒนามาจากเครื่องถ่ายภาพรังสีปริทัศน์ (panoramic machine) ซึ่งต่อมาได้รับการพัฒนาปรับปรุงและเริ่มจำหน่ายในปีคศ. 2000 ภายใต้ชื่อ ตรีติเอกซ์มัลติอิมเมจไมโครซีที (3DX multi-image micro-CT, J. Morita, Kyoto, Japan) และตรีติแอคคิวโทโมเอกซ์วายแชดสไลซ์วิวโทโมกราฟี (3D Accutomo xyz slice view tomography, J. Morita, Kyoto, Japan) (Hashimoto et al., 2006) ดังแสดงด้วยรูปที่ 2

ปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตเครื่องโคนบีมซีทีประมาณ 9 ราย ซึ่งมีความแตกต่างในลักษณะและคุณสมบัติของเครื่องการจัดตำแหน่งผู้ป่วย ระยะเวลาในการถ่ายภาพรังสี ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ตัวอย่างเครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีที (J. Morita's 3D Accutomo cone-beam CT scanner.)

ตารางที่ 1 เครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีจากผู้ผลิต 9 รายซึ่งมีคุณลักษณะของเครื่องที่แตกต่างกัน

Scanner name	Manufacturer	Detector type	Maximum detector size (cm)	Voxel size (mm ³)	Scan time (s)
3D Accuitomo	J. Morita USA	FPD	6.0 × 6.0	0.125	18
CB MercuRay	Hitachi Medical Systems America	II/CCD	10.2 × 19.0	0.200–0.380	10
Galileos	Sirona USA	II/CCD	15.0 × 15.0	0.150–0.300	14
i-CAT	Imaging Sciences International	FPD	20.0 × 25.0	0.120–0.400	5–25
Iluma	IMTEC	FPD	19.0 × 24.0	0.090–0.400	10–40
NewTom VG	AFP Imaging	FPD	15.0 × 16.0	0.160–0.320	20
PreXion 3D	TeraRecon	FPD	8.0 × 8.0	0.200	19–37
ProMax 3D	Planmeca USA	FPD	8.0 × 8.0	0.160	16–18
Scanora 3D	PaloDEx	FPD	7.5 × 14.5	0.150–0.350	20

ประโยชน์ของโคนบีมซีทีในทางทันตกรรมสาขาต่าง ๆ

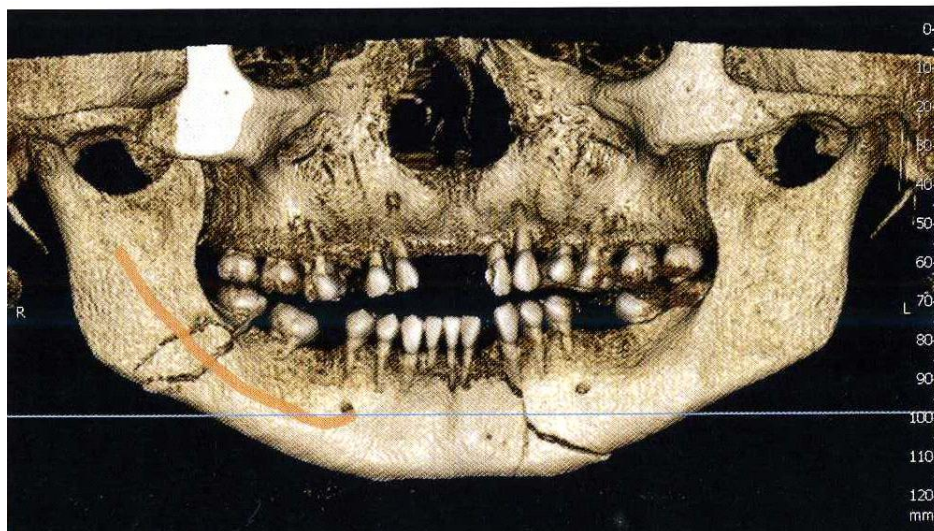
ภาพรังสีโคนบีมซีทีเป็นข้อมูลที่สำคัญในการวินิจฉัย และวางแผนการรักษาทางทันตกรรมสาขาต่าง ๆ ได้แก่

1. การประเมินพยาธิสภาพใบหน้าขากรรไกร เช่น ขากรรไกรหัก (jaw fracture) การติดเชื้อ (infection) การอักเสบ (inflammation) (Lofthag-Hansen et al., 2007) ถุงน้ำ (cyst) เนื้องอกชนิดไม่ร้าย (benign tumors) และเนื้องอกชนิดร้าย (malignant tumors) (Momin et al., 2008) (รูปที่ 3, 6)

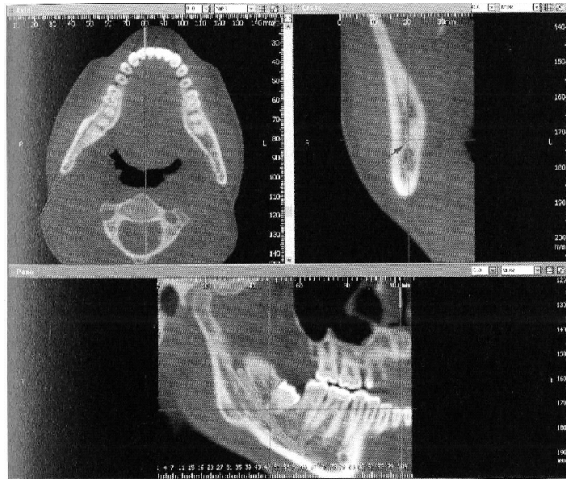
2. งานศัลยศาสตร์ช่องปาก (oral surgery) ได้แก่ การประเมินและระบุตำแหน่งของฟันฝัง (embedded tooth) ฟันคุด (impacted tooth) (Liu et al., 2008) หรือฟันเกิน

(supernumerary tooth) ในขากรรไกร (Liu et al., 2007) ความสัมพันธ์ระหว่างฟันกรามคุดล่าง (impacted mandibular molar) กับคลองประสาทขากรรไกรล่าง (mandibular canal) (Neugebauer et al., 2008) ซึ่งภาพรังสีโคนบีมซีทีจะแสดงตำแหน่งหรือความสัมพันธ์ดังกล่าวในลักษณะ 3 มิติ แตกต่างจากภาพรังสีรอบปลายรากหรือภาพรังสีปริทัศน์ที่แสดงภาพเพียง 2 มิติ (รูปที่ 4)

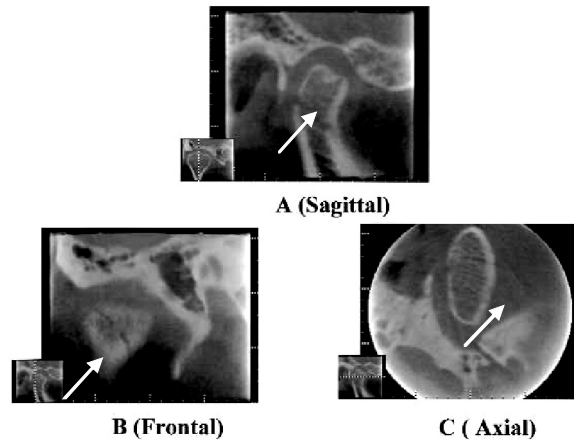
3. ประเมินลักษณะกระดูกข้อต่อขากรรไกร วินิจฉัยการแตกหักหรือพยาธิสภาพที่เกิดขึ้นกับหัวข้อต่อขากรรไกร condyle) แต่ไม่สามารถประเมินแผ่นรองข้อต่อ (articular disk) ได้ (Hilgers et al., 2005; Guerrero et al., 2006) (รูปที่ 5)



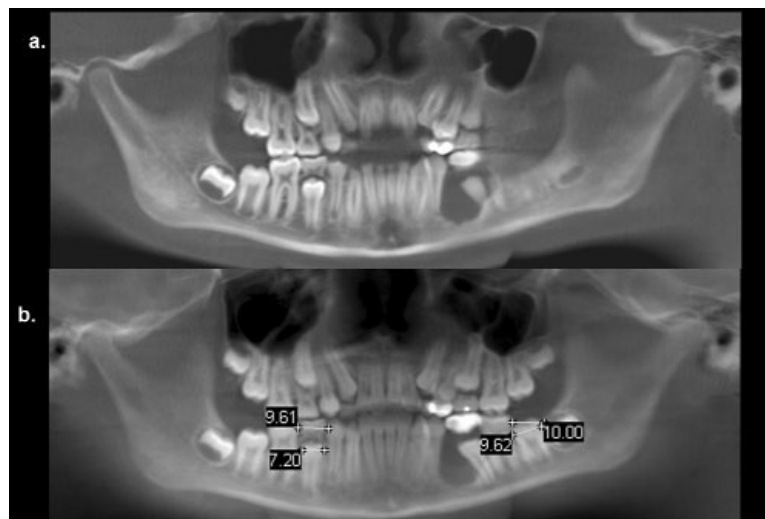
รูปที่ 3 ภาพโคนบีมซีที 3 มิติแสดงให้เห็นตำแหน่งของเส้นประสาทขากรรไกรล่าง (เส้นสีแดง) ที่สัมพันธ์กับรอยหักของขากรรไกร



รูปที่ 4 ภาพรังสีโคนบีมซีทีในระนาบตามแกน (axial plane) ระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal plane) และระนาบแบ่งหน้าหลัง (coronal plane) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลองประสาทและปลายรากฟันกรามคุดล่างซี่ที่สาม จากรูปแสดงให้เห็นการสัมผัสกันของเส้นประสาทขากรรไกรกลาง (เส้นสีส้มและจุดสีแดง) และปลายรากฟันคุด



รูปที่ 5 ภาพรังสีโคนบีมซีทีในระนาบแบ่งซ้ายขวา (sagittal plane) ระนาบแบ่งหน้าหลัง (frontal plane) และระนาบตามแกน (axial plane) แสดงการหักของหัวข้อต่อขากรรไกรข้างขวา (ลูกศรชี้)



รูปที่ 6 ภาพรังสีปริทัศน์ที่ได้จากการถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีแสดงถึงการวัดขนาดของรอยโรคและขนาดของฟันที่แม่นยำและมีขนาดเท่าของจริง

4. ประเมินและวินิจฉัยฟันผุ (dental caries) โดยพบว่าภาพรังสีโคนบีมซีทีที่มีความไว (sensitivity) ในการตรวจพบรอยผุมากกว่าภาพรังสีแบบดั้งเดิมทั้งในระบบดิจิทัลและระบบที่ใช้ฟิล์มเป็นตัวรับภาพ (Haider-Neto et al., 2008)

5. งานรักษาคคลองรากฟัน ได้แก่ การดูจำนวน ตำแหน่ง รูปร่างและความยาวของรากฟัน แสดงคลองรากฟันเกิน (accessory canal) (Nair & Nair, 2007) ประเมินการอุดคลองรากฟัน ความแนบของวัสดุกับผนังคลองราก (Soğur et al., 2007) การวินิจฉัยการทะลุข้างของรากฟัน (lateral root perforation) ฟันร้าว (cracked tooth) หรือ รากฟันแตก (root fracture) และยังช่วยกำหนดตำแหน่งเครื่องมือที่หักอยู่ในคลองรากฟันเพื่อวางแผนในการทำ ศัลยกรรมปลายราก (endodontic surgery)

6. งานด้านปริทัศน์วิทยา ภาพรังสีโคนบีมซีทีที่ช่วยในการวินิจฉัยความผิดปกติของกระดูก (bony defects) การละลายของกระดูกหักฟันจากภาวะปริทัศน์อักเสบ (Vandenberghe et al., 2008) โดยสามารถประเมินได้ทั้ง 3 ระนาบซึ่งมีข้อได้เปรียบมากกว่าภาพรังสีแบบดั้งเดิมที่ประเมินกระดูกหักฟันได้เพียง 2 ระนาบ กล่าวคือ ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัยมากขึ้น ไม่มีการซ้อนทับกับอวัยวะใกล้เคียงและที่สำคัญคือสามารถวัดร่องลึกปริทัศน์ได้จากภาพโคนบีมซีทีได้

7. งานทันตกรรมจัดฟัน ได้แก่ การประเมินตำแหน่งของฟันคุดบนก่อนการผ่าตัดเพื่อติดเครื่องมือจัดฟัน การประเมินและวางแผนการรักษาฟันผุ เช่น ฟันซี่ขาวที่ไม่สามารถขึ้นสู่ช่องปาก หรือการวินิจฉัยความผิดปกติของข้อต่อขากรรไกร การเปรียบเทียบตำแหน่งของหัวข้อต่อขา

กรรไกร ประเมินแนวแกน (long axis) ของฟัน สภาวะการละลายของของรากฟันภายหลังจัดฟัน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามระนาบแบ่งซ้ายขวาของฟันและขากรรไกร ทั้งแบบ 2 และ 3 มิติ (Nakajima et al., 2005)

8. ใช้ในผู้ป่วยปากแหว่ง (cleft lip) เพดานโหว่ (cleft palate) เพื่อช่วยในการวางแผนการรักษาและการประเมินคุณภาพของกระดูกปลูก (bone graft) ภายหลังการผ่าตัด นอกจากนี้ยังสามารถแสดงความพิการของกระดูกในลักษณะภาพ 3 มิติ (Hatcher et al., 2004)

9. ทันทกรรไกรเทียม ได้แก่ การประเมินความหนาแน่นของกระดูกขากรรไกรตำแหน่งที่จะฝังรากเทียม (Aranyarachkul et al., 2005) โดยแสดงลักษณะของกระดูกทึบ (cortical bone) รูปร่าง ความกว้าง ความสูงของกระดูก สามารถวัดขนาดหรือระยะต่างๆ ได้จากภาพรังสีซึ่งมีค่าเท่าระยะหรือขนาดจริง

บทวิจารณ์

กว่าสิบปีที่ผ่านมานับตั้งแต่มีการคิดค้นและผลิตเครื่องถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีและมีการนำมาใช้ในทางทันตกรรม จะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยประเมินหรือวินิจฉัยความผิดปกติหรือรอยโรคบริเวณใบหน้าขากรรไกร เช่น ภาวะติดเชื้ การอักเสบของน้ำหรือเนื้องอกของขากรรไกร ซึ่งส่วนใหญ่ไม่สามารถประเมินหรือวินิจฉัยได้ชัดเจนจากภาพรังสีแบบดั้งเดิมที่แสดงภาพได้เพียง 2 ระนาบ ทำให้ทันตแพทย์ไม่สามารถประเมินการลุกลามหรือผลต่ออวัยวะใกล้เคียงได้ ภาพรังสีโคนบีมซีทียังมีประโยชน์ในการประเมินก่อนการผ่าตัดเพื่อให้ได้การวางแผนการรักษาที่สมบูรณ์ ในส่วนของงานศัลยศาสตร์ช่องปากภาพรังสีโคนบีมซีทีที่มีประโยชน์ในการประเมินและระบุตำแหน่งของฟันคุด ฟันฝัง หรือฟันเกิน ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างฟันกรามคุดล่างกับคลองประสาทขากรรไกรล่างซึ่งช่วยให้ทันตแพทย์วางแผนการรักษาได้อย่างถูกต้องและยังใช้ประกอบการอธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจง่ายขึ้น หรือกรณีฟันฝังในขากรรไกรและอยู่ในตำแหน่งห่างจากปลายรากฟันแท้ซึ่งไม่สามารถระบุตำแหน่งได้จากภาพรังสีในช่องปาก

ข้อได้เปรียบของภาพรังสีโคนบีมซีทีเมื่อเทียบกับภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทางการแพทย์ได้แก่ การที่มีแหล่งกำเนิดรังสีที่ปล่อยลำรังสีเป็นรูปกรวยซึ่งเป็นการลดการบิดเบี้ยวของภาพและให้ภาพที่มีความคมชัดสูง อีกทั้งปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับน้อยกว่าการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ ทำให้ปริมาณรังสีส่งผล (effective dose) ลดลงเกือบเท่ากับที่วัดได้ในการถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากทั้งปากที่ใช้ฟิล์มเป็นตัวรับภาพ (Gibbs, 2000) นอกจากนี้вокเซลของโคนบีมซีทีที่มีขนาดเท่ากันทุกด้านทำให้ภาพมีความคมชัดและแม่นยำกว่า คุณลักษณะของเครื่องถ่ายภาพรังสีที่มีตัวตรวจหาชนิดแผ่นแบน รวมถึงการที่มีระบบในการแสดงและจัดการภาพที่เฉพาะสำหรับขากรรไกรใบหน้าจากซอฟต์แวร์โปรแกรมช่วยให้ทันตแพทย์

ทำงานได้ง่ายขึ้นและส่งผลต่อการวินิจฉัยและวางแผนการรักษาที่แม่นยำยิ่งขึ้น (Scarfe & Farman, 2009) อย่างไรก็ตามการถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทียังถือเป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเทียบกับเศรษฐกิจสถานะของประชากรไทย และยังมีข้อจำกัดในการศึกษาและประเมินเนื้อเยื่ออ่อน (Kobayashi et al., 2004) ซึ่งสามารถประเมินได้จากภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์หรือภาพเอ็มอาร์ไอ (Magnetic Resonance Imaging: MRI)

บทสรุป

พัฒนาการที่รวดเร็วของเทคโนโลยีทำให้การถ่ายภาพรังสีโคนบีมซีทีเป็นเทคนิคการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมที่ได้รับความนิยมและเป็นที่น่าเชื่อถือมากขึ้น โดยช่วยให้ทันตแพทย์เข้าถึงข้อมูลภาพรังสีในลักษณะ 3 มิติที่มีความคมชัดของภาพสูง มีคุณภาพในการวินิจฉัยที่สูงใช้เวลาในการถ่ายภาพรังสีไม่นานและปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับน้อยมากเมื่อเทียบกับภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทางการแพทย์ อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ทันตแพทย์ต้องคำนึงถึงในงานรังสีวินิจฉัยคือการใช้ปริมาณรังสีน้อยที่สุดเพื่อให้ได้ข้อมูลจากภาพรังสีให้มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Arai, Y., Tammisalo, E., Iwai, K., Hashimoto, K., & Shinoda, K. (1999). Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofacial Radiology*, 28, 245–248.
- Aranyarachkul, P., Caruso, J., Gantes, B., Schulz, E., Riggs, M., D, I., et al. (2005). Bone density assessments of dental implant sites: 2. Quantitative cone-beam computerized tomography. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 20, 416–424.
- Draenert, F. G., Gebhart, F., Neugebauer, C., Coppenrath, E., & Mueller-Lisse, U. (2008). Imaging of bone transplants in the maxillofacial area by NewTom 9000 cone-beam computed tomography: a quality assessment. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 106, e31–e35.
- Gibbs, S. J. (2000). Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 90, 538–545.

- Guerrero, M. E., Jacobs, R., Loubele, M., Schutyser, F., Suetens, P., & van Steenberghe, D. (2006). State-of-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clinical Oral Investigations*, 10, 1-7.
- Haider-Neto, F., Wenzel, A., & Gotfredsen, E. (2008). Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol*, 37, 18-22.
- Hashimoto, K., Arai, Y., Iwai, K., Araki, M., Kawashima, S., & Terakado, M. (2003). A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multidetector row helical CT machine. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 95, 371-377.
- Hashimoto, K., Kawashima, S., Araki, M., Iwai, K., Sawada, K., & Akiyama, Y. (2006). Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *Journal of Oral Science*, 48, 27-34.
- Hatcher, D. C., & Aboudara, C. L. (2004). Diagnosis goes digital. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*, 125, 512-515.
- Hilgers, M. L., Scarfe, W. C., Scheetz, J. P., & Farman, A. G. (2005). Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *American Journal of Orthodontics & Dentofacial Orthopedics*, 128, 803-811.
- Honda, K., Larheim, T. A., Johannessen, S., Arai, Y., Shinoda, K., & Westesson, P. (2001). Ortho cubic super-high resolution computed tomography: A new radiographic technique with application to the temporomandibular joint. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 91, 239-243.
- Kobayashi, K., Shimoda, S., Nakagawa, Y., & Yamamoto, A. (2004). Accuracy in measurement of distance using limited cone-beam computerized tomography. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 19, 228-231.
- Liu, D., Zhang, W., Zhang, Z., Wu, Y., & Ma, X. (2007). Three-dimensional evaluations of supernumerary teeth using cone-beam computed tomography for 487 cases. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 103, 403-411.
- Liu, D., Zhang, W., Zhang, Z., Wu, Y., & Ma, X. (2008). Localization of impacted maxillary canines and observation of adjacent incisor resorption with cone-beam computed tomography. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 105, 91-98.
- Lofthag-Hansen, S., Huuonen, S., Grändahl, K., & Grändahl, H-G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 103, 114-119.
- Miles, D. A. (2008). *Color atlas of cone beam volumetric imaging for dental applications*. Illinois: Quintessence Publishing.
- Momin, M. A., Okochi, K., Watanabe, H., Imaizumi, A., Omura, K., Amagasa, T., et al. (2009). Diagnostic accuracy of cone-beam CT in the assessment of mandibular invasion of lower gingival carcinoma: comparison with conventional panoramic radiography. *European Journal of Radiology*, 72, 75-81.
- Nair, M. K., & Nair, U. P. (2007). Digital and advanced imaging in endodontics: a review. *Journal of Endodontics*, 33, 1-6.
- Neugebauer, J., Shirani, R., Mischkowski, R. A., Ritter, L., Scheer, M., Kieve, E., et al. (2008). Comparison of cone-beam volumetric imaging and combined plain radiographs for localization of the mandibular canal before removal of impacted lower third molars. *Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology & Endodontics*, 105, 633-642.
- Nakajima, A., Sameshima, G. T., Arai, Y., Homme, Y., Shimizu, N., & Dougherty Sr, H. (2005). Two- and three- dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. *Angle Orthodontist*, 75, 895-903.

Scarfe, W. C., Farman, A. G., & Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal of the California Dental Association*, 72, 75–80.

Rustemeyer, P., Streubuhr, U., & Suttmoeller, J. (2004). Low-dose dental computed tomography: significant dose reduction without loss of image quality. *Acta Radiologica*, 45, 847–853.

Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2009). Cone-beam computed tomography. In S. C. White, & M. J. Pharoah (Eds.), *Oral radiology principles and interpretation* (pp. 225–243). Missouri: Mosby Elsevier.

Soğur, E., Baks1, G., & Grándahl, H. G. (2007). Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography, *International Endodontic Journal*, 40, 179–185.

Vandenbergh, B., Jacobs, R., & Yang, J. (2008). Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol Journal*, 37, 252–260.