

แนวทางสำหรับการเลือกใช้ภาพถ่ายรังสี ทางทันตกรรมจัดฟัน

ณัฐชนน ศิริพันธ์* บัญชา สำรองเบญจกุล**

บทคัดย่อ

การถ่ายภาพรังสีมีความจำเป็นต่อการวินิจฉัยและวางแผนการรักษา ดังนั้นการทบทวนวรรณกรรมมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้แนวทางที่จะนำไปใช้สำหรับการวินิจฉัยโดยภาพรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดและลดความเสี่ยงที่จะเกิดกับผู้ป่วยให้น้อยที่สุดเพื่อให้ผู้ปฏิบัติมีทิศทางของการทำงานที่มีหลักการและเหตุผล

คำสำคัญ: ทันตกรรมจัดฟัน, การถ่ายภาพรังสี, ปริมาณรังสี, การตรวจวินิจฉัยทางรังสี

Guidelines for the Use of Radiographs in Clinical Orthodontics

Natchanon Siriphan* Bancha Samruajbenjakun**

Abstract

Dental radiography is a necessary for diagnosis and treatment plan. Therefore, this guideline is concluded for the best way to utilize radiographic diagnosis with the least risk to patients. Clinicians can use the guideline to make a good decision to get necessary information from radiographs for superlative treatment plan. Finally, they can avoid the danger from lacking of knowledge that affects both patients and co-workers.

Key words: Orthodontics, Radiography, Radiation dose, Radiographic examination

-
- * นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพช่องปาก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 - ** ผู้ช่วยศาสตราจารย์: ภาควิชาทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 - * Ph.D. Candidate in Oral health Sciences Orthodontic section, Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla
 - ** DDS. MSc. Ph.D. Thai board in Orthodontics. Assistant Professor: Department of Preventive Dentistry, Faculty of Dentistry Prince of Songkla University

บทนำ

รังสีเอกซ์ (X-RAYS) มีคุณสมบัติในการทะลุผ่านผิวหนังและเนื้อเยื่อเพื่อสร้างให้เกิดภาพ ค้นพบโดยวิลเฮิม โรเจน (Wilhelm Röntgen) ในปีคริสต์ศักราช 1895¹ ซึ่งต่อมาได้มีการนำมาใช้ถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมและใช้ในการวินิจฉัยทางการแพทย์ ซึ่งภาพถ่ายรังสีในสมัยแรกใช้ปริมาณรังสีมากและทำให้มีผลข้างเคียงมาก เช่น ผื่นแดง เป็นผื่นแดง และเป็นแผล นอกจากนั้นการถ่ายภาพรังสีที่ใช้ในการวินิจฉัยสามารถทำอันตรายต่อพันธุกรรมได้เช่นกัน หากได้รับปริมาณรังสีสะสมที่มากพอ ในปี 1921 ประเทศอังกฤษ² ได้แนะนำวิธีป้องกันรังสีเป็นครั้งแรก จากนั้นในปี 1928 องค์กร *International Commission on Radiological Protection, (ICRP)*³ ได้ตีพิมพ์เผยแพร่วิธีป้องกันรังสี คำแนะนำและวิธีปฏิบัติ ซึ่งเป็นที่ยอมรับให้เป็นพื้นฐานของกฎหมายนานาชาติที่ทุกประเทศทั่วโลกยอมรับ และพยายามที่จะจำกัดผลกระทบจากการใช้รังสี

การใช้รังสีต่างๆ รวมถึงรังสีเอกซ์สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ รวมถึงทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ การส่งตรวจทางภาพรังสีจะมีความเสี่ยงต่อผู้ป่วยโดยเฉพาะเด็กมีความเสี่ยงมากกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลสำหรับแนวปฏิบัติครั้งนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้เข้าใจพื้นฐานของรังสีเอกซ์และช่วยในการตัดสินใจเลือกถ่ายภาพรังสีให้เหมาะสมเท่าที่จำเป็นและไม่เกิดอันตรายกับผู้ป่วย

1. ปริมาณการแผ่รังสี ผลกระทบและความเสี่ยงจากการแผ่รังสีในทางทันตกรรมจัดฟัน

ปริมาณการแผ่รังสีสามารถวัดได้ 3 รูปแบบ คือ

1. ปริมาณรังสีที่ถูกดูดซับ (Absorbed dose, D) เป็นการวัดปริมาณพลังงานที่ถูกดูดซึมจากรังสีเอกซ์ ต่อ 1 หน่วยมวลของเนื้อเยื่อ มีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัม (Joules/kg) หรือเรียกอีกชื่อว่า “เกรย์” (Gy) ตามระบบของหน่วยระหว่างชาติ ซึ่งองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน (Standard International Unit, SI)

2. ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent dose, H_t) เป็นการวัดปริมาณของรังสีดูดกลืน ในเนื้อเยื่อหรืออวัยวะใด ๆ ของมนุษย์โดยไม่ขึ้นกับชนิดของรังสี ซึ่งพิจารณาในแง่ของผลต่อเนื้อเยื่อ กล่าวคือ รังสีแกมมา (Gamma) แอลฟา (Alpha) และ เบต้า (Beta) มีความสามารถในการดูดกลืนเท่ากัน แต่ความสามารถในการทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อต่างกัน ปริมาณรังสีสมมูล (H_t) มีหน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sievert) สามารถคำนวณได้จาก ตัวถ่วงน้ำหนักตามชนิดรังสี (Radiation Weighting Factor, W_r) (ตารางที่ 2) คูณด้วยปริมาณรังสีดูดกลืนของรังสีแต่ละชนิดในเนื้อเยื่อนั้นๆ (Tissue Weighting Factor W_t) (ตารางที่ 1⁴) เขียนสูตรคร่าวๆ

$$\text{ได้ดังนี้ } H_t = (W_r \times W_t)$$

3. ปริมาณรังสียังผล (Effective dose, E) เป็นการวัดผลรวมของปริมาณรังสีสมมูลในแต่ละอวัยวะของร่างกาย โดยปริมาณของรังสีสมมูลต้องปรับตามความไวของอวัยวะเนื้อเยื่อต่างๆ ก่อน ปริมาณรังสียังผล (E) มีหน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sievert) คำนวณได้จาก ปริมาณรังสีสมมูล (H_t) คูณด้วยตัวประกอบถ่วงน้ำหนักตามชนิดเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ (Tissue Weighting Factor, W_t) เขียนสูตรคร่าวๆ ได้ดังนี้ $E = (H_t \times W_t)^4$

ผลกระทบและความเสี่ยงจากการได้รับรังสีในทางทันตกรรมจัดฟัน

ผลข้างเคียงจากการได้รับรังสีแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ผลของรังสีชนิดที่ปรากฏชัดเจนกับผู้ที่ได้รับรังสี (Deterministic Effect)⁵ เกิดขึ้นเมื่อปริมาณรังสีเกินค่าจำกัด (Threshold) และจะมีความรุนแรงมากขึ้นตามปริมาณที่ได้รับ ทำให้เกิดผื่นแดงตามผิวหนัง หรือถ้าได้รับปริมาณมากๆ จะทำให้เกิดเนื้อตาย ค่าของปริมาณรังสียังผลแสดงในตารางที่ 3 เพื่อเป็นการจำกัดผลของรังสีประเภทนี้

2. ผลของรังสีที่เกิดขึ้นอย่างสุ่ม (Stochastic Effect)⁵ เป็นการประเมินความปลอดภัย โดยอาศัยการคาดเดาทางสถิติ คือ จำนวนกลุ่มคนที่มีกับปริมาณรังสีที่กลุ่มคนเหล่านั้นได้รับแล้วทำให้เกิดผลต่อพันธุกรรม มีการทำลายในระดับของดีเอ็นเอ (DNA) การจำกัดผลของรังสีแบบสุ่ม กำหนดค่าไว้โดยปริมาณรังสียังผล โดยมีการศึกษาการถ่ายภาพรังสีแบบต่างๆ ต่อการเกิดมะเร็ง พบว่าการถ่ายภาพรังสีแบบ full mouth series ยังส่งผลให้เกิดมะเร็งได้ง่ายขึ้นโดยเฉพาะบริเวณศีรษะและใบหน้า⁶⁻⁸ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนระดับพันธุกรรมของรังสีวินิจฉัยขึ้นกับปริมาณรังสีและระยะเวลาที่ได้รับ หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปเกินกำหนดก็จะส่งผลให้เกิดอันตรายได้ทันที หรือเกิดจากได้รับปริมาณเล็กน้อยแล้วมีการสะสมจนถึงระดับที่สามารถทำให้เกิดอันตรายได้ ซึ่งทั้งสองส่วนมีความสำคัญซึ่งกันและกัน

ตามคำแนะนำของ *The International Commission on Radiological Protection, (ICRP)*⁹ บุคคลที่ได้รับใบอนุญาตต้องระวังไม่ให้บุคคลที่ทำงานในบริเวณรังสีได้รับปริมาณรังสีเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ดังนี้

1. ปริมาณรังสียังผล 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี โดยเฉลี่ยในช่วง 5 ปีติดต่อกัน ทั้งนี้ในแต่ละปีจะรับรังสีได้ไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ต และตลอดช่วง 5 ปีติดต่อกันจะต้องรับรังสีไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต
2. ปริมาณรังสีสมมูล 150 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับเลนส์ดวงตา
3. ปริมาณรังสีสมมูล 500 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับส่วนที่เป็นผิวหนัง มือ และ เท้า

นอกจากนี้บุคคลที่ได้รับใบอนุญาตต้องระวังไม่ให้บุคคลทั่วไป ยกเว้นผู้รับบริการทางการแพทย์ได้รับรังสีเกินปริมาณที่กำหนด ดังนี้

1. ปริมาณรังสียังผล 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
2. ปริมาณรังสีสมมูล 15 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับเลนส์ดวงตา
3. ปริมาณรังสีสมมูล 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี สำหรับส่วนที่เป็นผิวหนัง

ความเสี่ยงจากการได้รับปริมาณรังสียังผลในทางทันตกรรมจัดฟัน โดยปกติแล้วผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟันได้รับรังสีจากการตรวจในปริมาณต่ำ แต่ก็ยังมีความเสี่ยงที่จะเกิดมะเร็งได้ (Stochastic Effect) ซึ่งองค์กร *ICRP*¹⁰ ประเมินการไว้วางใจโอกาส 1 ใน 20,000 ราย ที่จะเกิดมะเร็งถึงตายได้เมื่อได้รับปริมาณรังสียังผลทุกๆ 1 มิลลิซีเวิร์ต ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงตัวประกอบถ่วงน้ำหนักตามชนิดเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ (Weighting Factor for tissue, W_T)⁴

เนื้อเยื่อหรืออวัยวะ (W_T)			
ไขกระดูก (Bone marrow)	0.12	ตับ (Liver)	0.04
ทรวงอก (Breast)	0.12	ต่อมไทรอยด์ (Thyroid)	0.04
ลำไส้ (Colon)	0.12	ผิวกระดูก (Bone surface)	0.01
ปอด (Lung)	0.12	สมอง (Brain)	0.01
กระเพาะ (Stomach)	0.12	ไต (Kidneys)	0.01
กระเพาะปัสสาวะ (Bladder)	0.04	ต่อมน้ำลาย (Salivary glands)	0.01
หลอดอาหาร (Esophagus)	0.04	ผิวหนัง (Skin)	0.01
ต่อมเพศ (Gonads)	0.08	เนื้อเยื่ออวัยวะอื่นๆ	0.12

ตารางที่ 2 แสดงตัวประกอบถ่วงน้ำหนักตามชนิดรังสี (Radiation Weighting Factor, W_R)¹¹

ชนิดของรังสี (W_R)	
โฟตอน (รังสีแกมมา รังสีเอกซ์)	1
อิเล็กตรอน (รังสีเบต้า)	1
นิวตรอน	5-20
โปรตรอน	5
อนุภาคจากดวงอาทิตย์ ไอออนหนัก	20

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณรังสียังผล (Effective dose) สะสมการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมต่อครั้ง⁴

ประเภทของการถ่ายภาพรังสี	ปริมาณรังสียังผลสะสม มิลลิซีเวิร์ต (mSv)
การถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากหรือแบบกัดบึก (Intra-oral periapical/ bitewing)	0.003-0.022
การถ่ายภาพรังสีพาโนรามิก (Panoramic)	0.0027-0.038
การถ่ายภาพรังสีอ็อคคลูซอล (Upper standard occlusal)	0.008
การถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (Lateral cephalometric)	0.0022-0.0056
ถ่ายในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง (CT Maxilla and Mandible)	0.25-1.4
ถ่ายกระดูกรองรับฟันขนาดเล็ก (Dento-Alveolar (small volume) CBCT)	0.01-0.67
ถ่ายกะโหลกศีรษะและใบหน้าขนาดใหญ่ (Craniofacial (large volume) CBCT)	0.03-1.1

ตารางที่ 4 แสดงความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งจากการถ่ายภาพรังสีเพื่อการวินิจฉัย⁴

ประเภทของการถ่ายภาพรังสี	โอกาสในการเกิดมะเร็ง
การถ่ายภาพรังสีรอบปลายรากหรือแบบกัดบึก (Intra-oral periapical/ bitewing)	1/10,000,000
การถ่ายภาพรังสีพาโนรามิก (Panoramic)	1/1,000,000
การถ่ายภาพรังสีอ็อคคลูซอล (Upper standard occlusal)	1/2,500,000
การถ่ายภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (Lateral cephalometric)	1/5,000,000
การถ่ายภาพรังสีคอมพิวเตอร์ โทโมกราฟี (Computed Tomography)	
ถ่ายในขากรรไกรบนและขากรรไกรล่าง (CT Maxilla and Mandible)	1/80,000 - 1/14,300
ถ่ายกระดูกรองรับฟันขนาดเล็ก (Dento-Alveolar (small volume) CBCT)	1/2,000,000 - 1/30,000
ถ่ายกะโหลกศีรษะและใบหน้าขนาดใหญ่ (Craniofacial (large volume) CBCT)	1/670,000 - 1/18,200

นอกจากนี้ความเสี่ยงยังขึ้นอยู่กับอายุ โดยเด็กจะมีความเสี่ยงสูงสุด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นผู้ป่วยจัดฟัน และคนสูงอายุจะมีความเสี่ยงต่ำที่สุด ซึ่งแนวทางป้องกันรังสีทางทันตกรรมในสหภาพ ยุโรปปี 2004¹² แนะนำว่าอายุเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงทั้งในเพศชายและเพศหญิง เมื่อได้รับรังสีในปริมาณที่มากจากโคน빔คอมพิวเตอร์โทโมกราฟี (Cone Beam Computed Tomography, CBCT) เพศหญิงจะมีความเสี่ยงมากกว่าเพศชายเนื่องจากความแตกต่างในขนาดและตำแหน่งของความไวต่อการรับรังสีของอวัยวะ

อย่างไรก็ดีแนวทางสำหรับการปฏิบัติงานทางรังสีในทันตกรรมทั่วไปมีค่อนข้างกว้าง แต่ทันตแพทย์จัดฟันก็ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยเฉพาะการถ่ายภาพรังสีนอกช่องปาก ได้แก่ ภาพรังสีแบบพาโนรามิก ภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง และภาพรังสีกะโหลกศีรษะในแนวหน้าหลัง (panoramic, lateral and posteroanterior cephalometric radiograph) โดยต้องปฏิบัติตามคำแนะนำทั่วไปให้ครอบคลุมดังนี้ มีการใช้เสื้อคลุมตะกั่ว ปกคลุมคอคลุมต่อมไทรอยด์ หลักเกณฑ์ในการถ่ายภาพรังสีแต่ละชนิด มีโปรแกรมป้องกันรังสีภายในที่ทำงาน มีการทบทวนคณะผู้ทำงานถึงแนวทางการป้องกัน และมีการทดสอบการประเมินคุณภาพภาพรังสี

2. การป้องกันการแผ่รังสีในการถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมจัดฟัน

แนวทางในการลดหรือจำกัดปริมาณรังสีที่มีความเสี่ยงต่อผู้ป่วยมีหลายวิธี เพื่อช่วยเสริมให้การตัดสินใจของทันตแพทย์ใช้ภาพรังสีสำหรับวินิจฉัยในผู้ป่วยได้ดีที่สุด แนวคิดของการตัดสินใจในการใช้รังสีทางทันตกรรมให้มีประสิทธิภาพมี 2 แนวทางหลัก คือ European Guideline¹² และ American

Dental Association Guideline¹³ ดังนี้

1. การถ่ายภาพรังสีทุกครั้งต้องผ่านการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานข้อมูลของผู้ป่วยโดยต้องเกิดผลดีมากกว่าผลเสีย และผลดีที่ได้จากการถ่ายภาพรังสีนั้นจะเป็นข้อมูลใหม่ที่จะช่วยในการจัดการผู้ป่วย

2. ไม่มีการถ่ายภาพรังสีโดยไม่ผ่านการซักประวัติที่ดีหรือตรวจเป็นอย่างถี่ถ้วน

3. เมื่อผู้ป่วยถูกส่งตัวไปถ่ายภาพรังสี ทันตแพทย์ควรให้ข้อมูลการซักประวัติและการตรวจทางคลินิกที่เพียงพอเพื่อให้ทันตแพทย์สามารถถ่ายภาพรังสีได้อย่างถูกต้องตามข้อมูลที่ให้ไว้

นอกจาก 2 แนวทางที่กล่าวมาข้างต้นยังมีแนวทางของ National Council on Radiation Protection and Measurements, (NCRP) ซึ่งแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

แนวทางโดยทั่วไปสำหรับทันตแพทย์ ถึงแม้ว่าจะได้รับรังสีเอกซ์น้อยกว่าสายงานอื่น แต่ก็จำเป็นต้องป้องกันด้วย โดยหมายรวมถึง การให้ความรู้ มีการฝึกอบรมป้องกันรังสี มีเครื่องมือโดสิมิเตอร์สำหรับวัดปริมาณรังสีส่วนบุคคลเพื่อคำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีและรังสีสะสมตลอดชีวิต และควรมีแนวกันหรือป้องกันรังสีที่ดี

1. ผู้ปฏิบัติบริเวณที่มีรังสี ปริมาณรังสียังผลที่ได้รับต้องไม่เกิน 50 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี และสะสมได้ไม่เกิน 10 มิลลิซีเวิร์ตเมื่อเทียบกับอายุของผู้ปฏิบัติงาน

2. สิ่งอำนวยความสะดวก อุปกรณ์ถ่ายภาพรังสี และขั้นตอนการถ่ายภาพรังสี ควรถูกสร้างให้เหมาะกับผู้ป่วยสอดคล้องกับลักษณะงาน และไม่เป็นอันตรายต่อสาธารณะทั้งในแง่ของเศรษฐกิจและสังคม

3. การส่งตรวจทางภาพรังสีควรส่งถ่ายโดยตรงจากทันตแพทย์หลังจากชักประวัติและตรวจร่างกายเป็นอย่างดีแล้ว

แนวทางโดยทั่วไปในการป้องกันรังสีสำหรับผู้ป่วย

1. ผู้ป่วยใหม่หรือผู้ป่วยส่งต่อทันตแพทย์ควรได้ข้อมูลที่เป็น โดยเฉพาะภาพถ่ายรังสีจากทันตแพทย์คนก่อน และการจะส่งถ่ายภาพรังสีใหม่จะต้องมีการชักประวัติ ตรวจร่างกายหรือตรวจทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมเพื่อบ่งชี้ว่าต้องถ่ายภาพรังสีเพิ่มเติม

2. ผู้ป่วยที่มีอาการ การส่งตรวจทางภาพรังสีเพื่อนำไปวางแผนการรักษาขณะนั้น

3. ผู้ป่วยที่มีอาการ การส่งตรวจทางภาพรังสีจะกระทำบนพื้นฐานหลักเกณฑ์ของการเลือกถ่ายภาพรังสี

4. การดำเนินการใช้รังสีควรได้รับการอนุญาตจากผู้ป่วยก่อน

5. การได้รับรังสีที่ทำให้เกิดภาพเป็นการทำงานของฟิล์มหรือความไวของตัวรับรังสีโดยระดับของรังสี วินิจฉัยอยู่ในระดับทะลุผ่านผิวหนังได้และไม่เป็นอันตราย

6. อุปกรณ์เครื่องถ่ายภาพรังสีต้องได้มาตรฐานเทียบเท่าหรือดีกว่าที่กฎหมายกำหนด หากมีเครื่องถ่ายภาพรังสีที่ติดตั้งไว้แล้วก็ไม่ควรที่จะใช้เครื่องถ่ายภาพรังสีแบบเคลื่อนที่ซ้ำซ้อนอีก

7. เครื่องถ่ายภาพรังสีควรตั้งค่าระดับของแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 60 กิโลโวลต์เตจถึง 80 กิโลโวลต์เตจและระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ไม่ควรต่ำกว่า 50 กิโลโวลต์เตจหรือสูงกว่า 100 กิโลโวลต์เตจ

8. โพซิชั่นอินดิเคติ้งดีไวซ์ (Position-Indicating Device, PID) ควรมีลักษณะเป็นปลายเปิดและมีโลหะเคลือบอยู่เพื่อลดปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีหลักและปริมาณที่เนื้อเยื่ออ่อนจะได้รับรังสี^{14, 15}

9. ระยะตัวรับภาพกับแหล่งกำเนิดรังสีมีระยะอย่างน้อย 40 เซนติเมตรในการถ่ายภาพรังสีในช่องปาก¹⁵

10. คอลลิเมชันแบบเหลี่ยม (Collimation) สำหรับใส่ตรงปลายกระบอกรังสี นิยมใช้สำหรับการถ่ายภาพรังสีแบบรอบปลายราก (Periapical) และกัดปีก (Bitewing) เพื่อจำกัดการกระจายของรังสีได้เกินกว่า 60 เปอร์เซ็นต์^{16, 17} และคอลลิเมชันแบบเหลี่ยมช่วยลดปริมาณรังสีได้ถึง 5 เท่าเมื่อเทียบกับแบบกลม^{18, 19}

11. ความไวของตัวรับภาพหากช้ากว่ามาตรฐานของ American National Standard institute, (ANSI) ระดับความเร็วฟิล์ม (speed E film) ไม่ควรใช้ถ่ายภาพรังสีใน

ช่องปาก²⁰ ส่วนฟิล์มระดับความเร็วเอฟฟิล์ม (speed F film) ถูกยกเลิก เนื่องจากความแม่นยำตรวจฟันผุซอกฟันลดลง²¹ หรือใช้ระบบนอนสกรีนฟิล์ม (Non-screen film) เป็นภาพถ่ายรังสีระบบดิจิทัลในช่องปาก และใช้อุปกรณ์ชาร์จคอปเปิลดีไวซ์ (Charge-Coupled Device, CCD) เป็นตัวรับภาพ ซึ่งระบบนี้มีประสิทธิภาพในการลดรังสีได้ถึง 41 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับระบบเก่าที่ใช้ฟิล์มระบบอีสปีด (E-speed)^{22, 23} แต่ระบบนี้มีขนาดเซนเซอร์ที่เล็กกว่าฟิล์มปกติ ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพที่ครอบคลุมทั้งหมด ต้องถ่ายภาพรังสีมากกว่า 1 ครั้ง และถ้าใช้คอลลิเมชันจะทำให้ปริมาณรังสีลดลงมีผลต่อความคมชัดของภาพรังสี นอกจากนี้ปัญหาของการวางเซนเซอร์ทำให้ผู้ใช้งานเลือกที่จะไม่ใช้กัน²²

12. การถ่ายภาพรังสีนอกช่องปากในระบบแร่เอิร์ทสกรีนฟิล์ม (Rare-earth screen-film system) ความไวของตัวรับภาพควรอยู่ที่ 400 หรือมากกว่านั้นซึ่งจะลดการรับรังสีจากการถ่ายภาพพาโนรามิก (Panoramic) และเซฟฟาโรเมตริก (Cephalometric) ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ถึง 75 เปอร์เซ็นต์^{24, 25} ส่วนระบบดิจิทัลอิมเมจิง (Digital imaging system) ควรมีค่าเท่ากันหรือมากกว่าที่ใช้

13. ขั้นตอนดีวิลอป (Develop) ของการล้างฟิล์มควรทำตามวิธีการของเวลาและอุณหภูมิ (Time-temperature method) และใช้สารเคมีตามคำแนะนำของผู้ผลิต ไม่ควรดีวิลอปฟิล์มด้วยการดูอย่างเดียว

14. การใช้เสื้อตะกั่วสำหรับถ่ายภาพรังสีทั้งปากหรือพาโนรามิก (Panoramic) เป็นการป้องกันที่ดี ถึงแม้ว่าปริมาณการดูดซึมรังสีบริเวณต่อมเพศไม่เกิน 5 ไมโครเกรย์ซึ่งไม่แตกต่างจากไม่ใส่เสื้อตะกั่ว เพราะรังสีกระจายไปส่วนต่างๆ ของร่างกายผู้ป่วยไม่ได้รับโดยตรงยังต่อมเพศ ซึ่งการใช้เสื้อตะกั่วช่วยลดปริมาณรังสีลงอีก²⁶

15. ปลอกคอต่อมไทรอยด์ (Thyroid collar) ใช้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่หากไม่ได้ตรวจก่อนส่งถ่ายภาพรังสีซึ่งสามารถลดปริมาณรังสีลงได้ครึ่งหนึ่ง¹⁶

แนวทางการป้องกันรังสีสำหรับผู้ถ่ายภาพรังสี

1. บริเวณถ่ายภาพรังสีควรมีการออกแบบแนวกันรังสีที่ดี และควรมีกระจกเคลือบตะกั่วเพื่อให้สามารถสื่อสารและมองเห็นผู้ป่วยขณะถ่ายภาพรังสี

2. ผู้ถ่ายภาพรังสีควรยืนห่างจากแหล่งกำเนิดรังสีอย่างน้อย 2 เมตร หากไม่สามารถเว้นระยะได้ควรมีแนวกันรังสีที่ดีคอยกั้นไว้

3. มีการติดตามวัดปริมาณรังสีผู้ถ่ายภาพรังสีหรือบุคคลที่ทำงานในบริเวณรังสีเป็นประจำ โดยการ แนะนำของ

เอ็นซีอาร์พี (NCRP) ระบุว่า บุคคลที่ทำงานในบริเวณที่รับรังสีที่ได้รับปริมาณรังสียังผลเกินกว่า 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ควรมีโดสิมิเตอร์ส่วนตัวสำหรับวัดปริมาณรังสี นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติงานที่ตั้งครุภัณฑ์ต้องใช้โดสิมิเตอร์

ซึ่งแนวทางดังกล่าวข้างต้นช่วยป้องกันรังสีสู่บริเวณอื่นโดยไม่จำเป็น ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของผู้ป่วยที่บริเวณใกล้เคียงญาติผู้ป่วยที่มานั่งรอ หรือบริเวณรอยต่อของอาคารใกล้เคียง ดังนั้นการออกแบบห้องสำหรับถ่ายภาพรังสีจึงมีความจำเป็นเพื่อป้องกันการได้รับรังสียังผลที่เกิน 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปีไม่ให้เกิดต่อบุคคลทั่วไป

3. แนวทางการเลือกถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมจัดฟัน

การถ่ายภาพรังสีมีความจำเป็นในการพิจารณาใช้ในการวินิจฉัย แต่ต้องขึ้นอยู่กับประวัติและการตรวจของผู้ป่วยแต่ละราย นอกจากนี้ผู้ป่วยที่อยู่ในระยะฟันชุดผสม (mixed dentition) อาจมีความจำเป็นในการถ่ายภาพรังสีเพื่อพิจารณาว่าการรักษามีความจำเป็นและเหมาะสมหรือไม่

ภาพถ่ายรังสีก่อนหน้านี้ จะแสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการตัดสินใจให้การรักษาต่อไป

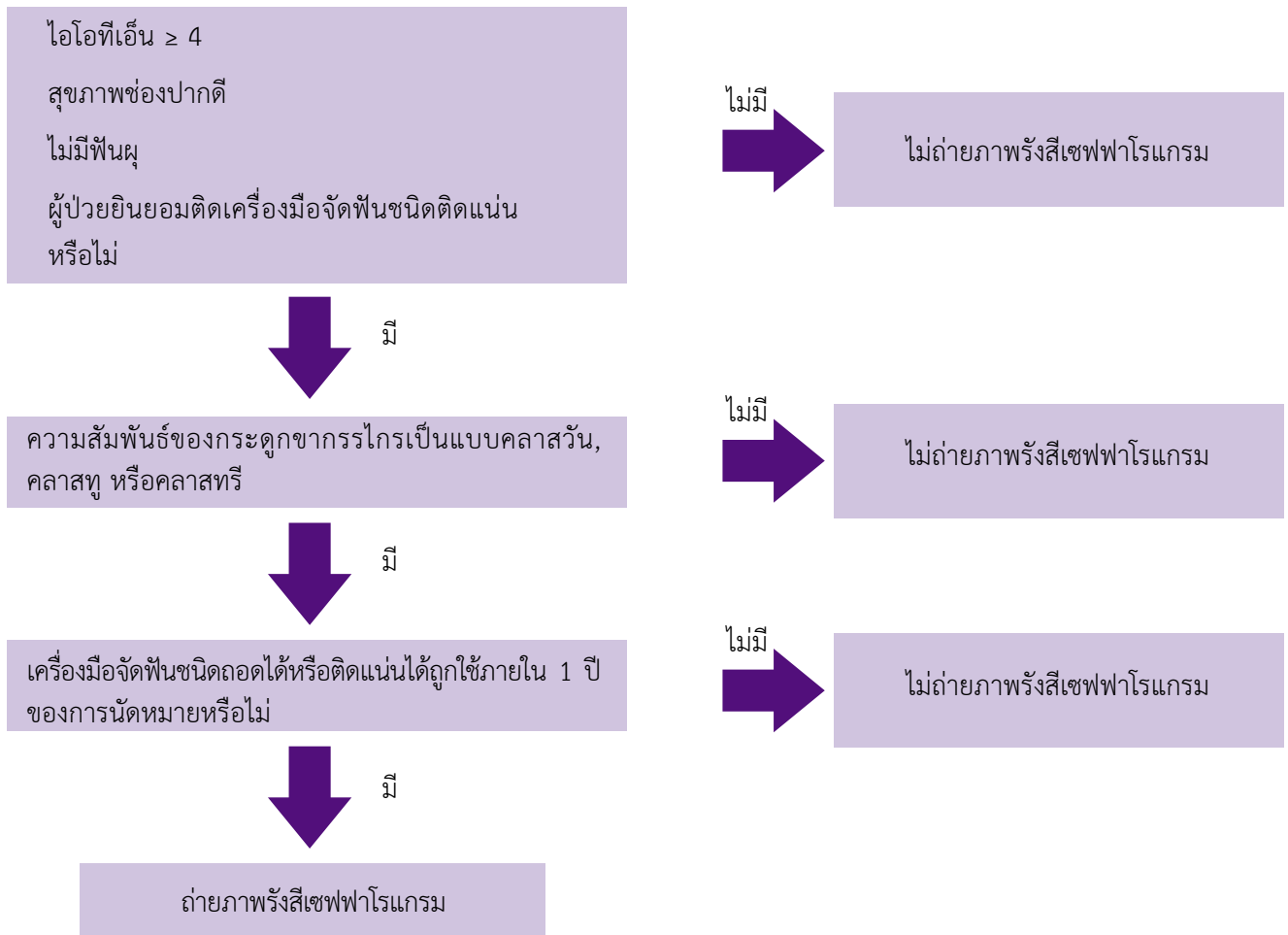
การตรวจในทางคลินิกมีความจำเป็น เพื่อให้แน่ใจว่าการส่งถ่ายภาพรังสี จะช่วยระบุปัญหาในทางทันตกรรมจัดฟัน นอกจากนี้การถ่ายภาพรังสียังช่วยเฝ้าระวังและประเมินการเปลี่ยนแปลงจากการรักษาอีกด้วย ซึ่งภาพถ่ายรังสีที่ใช้ในงานทันตกรรมจัดฟันดังแสดงใน ตารางที่ 5

หลายการศึกษายืนยันว่าการตรวจทางคลินิกและโมเดลฟันเพียงพอในการวางแผนการรักษา²⁷ งานวิจัยที่ใช้ขั้นตอน²⁸ และตัวบ่งชี้ทางคลินิก²⁹ แสดงให้เห็นถึงการลดลงของการใช้ฟิล์มทางทันตกรรมจัดฟันไม่ได้ลดประสิทธิภาพของการรักษา ผลของการถ่ายภาพรังสีต่อการเปลี่ยนแปลงการวินิจฉัยและแผนการรักษาอยู่ในช่วง 16 เปอร์เซ็นต์ถึง 37 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ^{28, 30-32}

การถ่ายภาพรังสีเซฟฟาโรเมตริกในทางทันตกรรมจัดฟัน มีแนวทางที่ควรปฏิบัติดังรูปที่ 1

ตารางที่ 5 แสดงภาพถ่ายรังสีที่ใช้ในทางทันตกรรมจัดฟัน

ชนิดของฟิล์ม	หน้าที่
ภาพถ่ายรังสีพาโนรามิก (Panoramic) หรือแลทเทอรอลออบlique (Lateral oblique)	ระบุการพัฒนาของฟันและยืนยันว่ามีฟันครบหรือไม่ครบ
ภาพถ่ายรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (Lateral cephalometric)	ประเมินความสัมพันธ์ของกระดูกและฟันที่ยังไม่งอก
ภาพถ่ายรังสีออคคลูซอลแบบทั่วไป (Occlusal film) แอนทีเรียออบliqueออคคลูซอลออฟแมกซิลลาแอนแมนดิบูลาแอนทีเรียออบliqueออคคลูซอล (Anterior oblique occlusal of maxilla (standard occlusal) and mandibular anterior oblique occlusal)	เพื่อดูลักษณะที่ผิดปกติหรือรอยโรครวมถึงตำแหน่งฟันที่ยังไม่งอก เพื่อใช้ดูบริเวณฟันตัดที่มีการถ่ายภาพรังสีแลทเทอรอลออบlique (Lateral oblique)
ภาพถ่ายรังสีออคคลูซอล แบบเฉพาะ 1. แอนทีเรียออบliqueออคคลูซอลออฟแมกซิลลา (Anterior oblique occlusal of maxilla (standard occlusal)) 2. ทรูออคคลูซอลออฟเดอะแมนดิเบิล (True occlusal of the mandible)	ระบุฟันว่าขนานกันในแนวตั้งซึ่งต้องมีภาพถ่ายรังสีพาโนรามิกประกอบหรือเป็นภาพถ่ายรอบปลายรากฟัน ใช้ระบุตำแหน่งฟันที่ยังไม่ขึ้น
ภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากฟัน (Periapical)	เพื่อประเมินรูปร่างฟันและมุมฟัน ประเมินการละลายของรากฟัน ประเมินรอยโรคปลายราก ใช้ร่วมกับภาพถ่ายรังสีออบliqueออคคลูซอล หรือภาพถ่ายรังสีรอบปลายรากฟันเพื่อดูตำแหน่งฟันที่ยังไม่ขึ้น
ภาพถ่ายรังสีแบบกัดบึก (Bitewing)	เพื่อประเมินระดับกระดูกและฟันผุด้านประชิดรวมถึงการทำนายฟันที่สงสัยว่ามีรอยโรค
ภาพถ่ายรังสีโพสทีเรียแอนทีเรีย (Posteroanterior)	ถ่ายในกรณีที่ผู้ป่วยมีใบหน้าไม่เท่ากันหรือขากรรไกรผิดปกติ



รูปที่ 1. แสดงไดอะแกรมขั้นตอนการพิจารณาถ่ายภาพรังสีเซฟฟาโรแกรมในทางทันตกรรมจัดฟัน

นอกจากไดอะแกรมในรูปที่ 1 ยังมีเพิ่มเติมในส่วนของภายหลังเสร็จสิ้นการรักษาในกลุ่มที่ใช้เครื่องมือจัดฟันชนิดถอดได้เพื่อประเมินตำแหน่งของฟันหน้าล่างว่ามีลักษณะยื่นหรือไม่ หรือจบขั้นตอนการจัดฟันก่อนการผ่าตัดเพื่อประเมินตำแหน่งฟันว่าอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมพร้อมผ่าตัดแล้วหรือไม่ หรือก่อนถอดเครื่องมือจัดฟันชนิดติดแน่นเพื่อประเมินตำแหน่งของฟันหน้าล่างอีกครั้ง โดยสรุป เซฟฟาโรแกรมจำเป็นสำหรับประเมินตำแหน่งฟันหน้าล่าง ส่วนภาพถ่ายรังสีโพสทีโรแอนทีเรียจะใช้ในผู้ป่วยที่มีใบหน้าไม่สมมาตร ส่วนภาพถ่ายรังสีกระดูกข้อมือในทางทันตกรรมจัดฟันยังถกเถียงกันอยู่ว่าจำเป็นหรือไม่ ถ้าไม่ได้ต้องการทำนายการเจริญเติบโต

5. แนวทางในการใช้คอมพิวเตอร์ทอมോഗราฟ, (ซีบีซีที) (Cone Beam Computed Tomograph, CBCT) ในทางทันตกรรมจัดฟัน

ในปัจจุบันซีบีซีทีเข้ามามีบทบาทมากในการวางแผนการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน เนื่องจากการถ่ายภาพรังสีซีบีซีทีใน

ภาพที่เป็นลักษณะสามมิติ ทำให้เห็นโครงสร้างบริเวณกะโหลกศีรษะและใบหน้าที่มีความแม่นยำในการนำไปวินิจฉัยในกรณี que ผู้ป่วยมีความซับซ้อนในการรักษา ทำให้ได้แผนการรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดีผู้ใช้จะต้องมีความเข้าใจและสามารถตัดสินใจใช้อย่างระมัดระวังและเหมาะสมกับสถานการณ์เพื่อลดการถ่ายภาพรังสีซีบีซีทีที่ไม่จำเป็นลงได้

ดังนั้นวิธีการเลือกถ่ายภาพรังสีซีบีซีทีในผู้ป่วยจัดฟันมีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาแล้วว่าการถ่ายภาพรังสีแบบสองมิติไม่สามารถให้การวินิจฉัยหรือวางแผนการรักษาได้³³
2. ประเมินความเสี่ยงจากการรับรังสีซีบีซีที ว่าตลอดทั้งการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันปริมาณรังสียังผลที่ได้รับมีอันตรายต่อผู้ป่วยหรือไม่^{4, 9}
3. ต้องมีการลดปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยการปรับปริมาณความต่างศักย์และค่ากระแสไฟฟ้า (มิลลิแอมแปร์, กิโลโวลต์),

ปรับความคมชัดของภาพ (Resolution) และการตั้งค่าจุดที่เราจะถ่ายภาพรังสี (Field of View) นอกจากนี้สามารถใช้ชุดตะกั่วและตัวป้องกันต่อมไทรอยด์เพื่อลดปริมาณรังสี³⁴

4. ต้องมีการคงมาตรฐานของการถ่ายภาพรังสีให้อยู่ในระดับมาตรฐานเพื่อลดความเสี่ยงที่ต้องถ่ายภาพรังสีซ้ำ นอกจากนี้ต้องทราบถึงข้อจำกัดในการถ่ายภาพรังสีซีบีซีทีอีกด้วย อาทิเช่น พวกเนื้อเยื่ออ่อน สิ่งแปลกปลอมและจุดบนภาพถ่ายรังสี^{35, 36}

ข้อบ่งชี้ของการถ่ายภาพรังสีซีบีซีทีทางทันตกรรมจัดฟัน

1. ประเมินโครงสร้างฟันที่ผิดปกติ: รูปร่างฟันที่สร้างผิดปกติ, ฟันเกินและการละลายของรากฟัน³⁷⁻³⁹

2. ประเมินตำแหน่งฟันที่ผิดปกติ: ได้แก่ ฟันเขี้ยวและฟันเกินที่ฝังอยู่ ความสัมพันธ์ระหว่างฟันกรามต่อคลองเส้นประสาทอินฟีเรียร์อัลวีโอลาร์ (Inferior alveolar canal) ลำดับการขึ้นของฟันที่ผิดปกติ ฟันขึ้นผิดปกติตำแหน่งรวมถึงฟันที่อยู่ในรอยแยกปากแหว่งเพดานโหว่^{37, 40-42}

3. ประเมินปริมาณกระดูกรองรับฟัน: ใช้วิเคราะห์ความหนากระดูกในแนวใกล้แก้มและใกล้ลิ้น ในผู้ป่วยที่มีฟันยื่นทั้งบนและล่าง และในกรณีที่มีสภาพของอวัยวะรองรับปริทันต์ไม่ดี รวมถึงกระดูกบริเวณที่เป็นปากแหว่งเพดานโหว่^{43, 44}

4. ประเมินความสมมาตรของใบหน้า: เมื่อทางลักษณะทางคลินิกมีคาง ขากรรไกรล่างและเส้นกึ่งกลางฟันเบี่ยงเบนระนาบของการสบฟันสองข้างไม่เท่ากันและความไม่สมมาตรของกะโหลกศีรษะและใบหน้า^{45, 46}

5. ประเมินความผิดปกติในแนวหน้าหลัง แนวตั้ง และแนวขวาง: ใช้พิจารณาลักษณะความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกในผู้ป่วยที่มีการสบฟันผิดปกติแบบที่สองและแบบที่สาม ความผิดปกติของขากรรไกรบนที่มีปริมาณกระดูกมากหรือน้อยในแนวตั้งทำให้เกิดการสบฟันแบบเปิดหรือสบลึก นอกจากนี้สามารถวินิจฉัยฟันหลังสบไขว้ทั้งที่มีหรือไม่มี การเอียงตัวขดเขยของฟันและประเมินปริมาณการขยายขากรรไกรบน โดยพิจารณาจากโครงสร้างกระดูกและฟันที่เปลี่ยนไป รวมถึงปริมาตรโพรงจมูกและโพรงอากาศขากรรไกรบน⁴⁷⁻⁵²

6. ประเมินลักษณะข้อต่อขากรรไกรที่ผิดปกติ: ใช้ตรวจรูปร่างขนาดและการทำงานของข้อต่อขากรรไกรที่ผิดปกติ การเปลี่ยนแปลงการทำงานของกระดูกข้อต่อขากรรไกร ซึ่งจะนำไปสู่ความผิดปกติโครงสร้างกระดูกและการสบฟันได้ อาทิ

เช่น การละลายตัวของข้อต่อขากรรไกรทำให้เกิดการสบเปิดหรือเบี่ยงเบนไป มีการสร้างของกระดูกข้อต่อขากรรไกรมากหรือน้อยหรือไม่สร้างเลย ซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างใบหน้าและการบดเคี้ยว^{53, 54}

7. ประเมินลักษณะโครงสร้างของกระดูกศีรษะและใบหน้าผิดปกติ: ซีบีซีทีช่วยวิเคราะห์และนำไปสู่การวางแผนการรักษาที่แก้ไขความผิดปกติต่างๆ โดยการผ่าตัด ซึ่งช่วยให้การผ่าตัดมีความแม่นยำมากขึ้น^{48, 55}

8. ประเมินลักษณะของรูปร่างทางเดินหายใจ: นำมาใช้วัดขนาดทางเดินหายใจที่ทำการผ่าตัดโครงสร้างกะโหลกศีรษะและใบหน้า หรือกรณีที่มีการหยุดหายใจขณะหลับ ซึ่งวัดได้ทั้งรูปร่างและปริมาตรของทางเดินหายใจ แต่อย่างไรก็ดีความแม่นยำจากการวัดต้องมีการพิสูจน์ต่อไป^{56, 57}

9. ประเมินขั้นตอนการทำศัลยกรรม: ช่วยอธิบายการตอบสนองต่อการรักษาและผลการรักษาที่จะเกิดขึ้นในแง่ของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างกระดูกและเนื้อเยื่ออ่อน และบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

10. ประเมินตำแหน่งของหลักยึดชั่วคราว: มีการศึกษาที่นำซีบีซีทีมาใช้เพื่อหาตำแหน่งที่จะปักหลักยึดชั่วคราว อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาถึงข้อดีข้อเสียต่อผู้ป่วยจากการใช้วิธีปกติกับการใช้ซีบีซีที^{58, 59}

บทสรุป

ภาพถ่ายรังสีที่ดีจะให้การบันทึกที่ช่วยในการประเมินและจัดการการสบฟันผิดปกติ ซึ่งข้อแนะนำส่วนใหญ่ในงานนี้เป็นการแนะนำทั่วไป อาทิเช่น ควรต้องซักประวัติตรวจภายนอกและภายในช่องปากก่อนทำการส่งถ่ายภาพรังสี หรือการใช้วิธีการอื่นเพื่อลดความเสี่ยงลง โดยการได้รับรังสีนั้นเป็นกระบวนการที่มีความเสี่ยงซึ่งจะต้องหาสมดุลระหว่างข้อดีและข้อเสียของภาพถ่ายรังสีเพื่อให้ตรงกับจุดประสงค์ในทางทันตกรรมจัดฟันที่ต้องการ โดยข้อแนะนำนี้ไม่ควรที่จะถือยึดเป็นกฎตายตัว แต่ใช้ในการช่วยเป็นสิ่งที่กำหนดทิศทางและตัดสินใจประกอบเหตุผลในแต่ละสถานการณ์ในคลินิกเพื่อไม่ให้เกิดผลเสียมากเกินไป โดยสรุปแล้วต้องทำการประเมินอย่างระมัดระวังและตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีในการส่งตรวจทางภาพถ่ายรังสี พิจารณาอย่างถี่ถ้วนว่าต้องใช้เทคนิคใดในการถ่ายภาพรังสี รวมถึงเข้าใจข้อดีข้อเสียความแตกต่างในแต่ละเทคนิคของการถ่ายภาพรังสีที่มีอยู่ เพื่อที่เป็นกุญแจสำคัญในการปฏิบัติงานทางคลินิกของทันตกรรมจัดฟัน

เอกสารอ้างอิง

1. Rontgen WC. ON A NEW KIND OF RAYS. Science 1896;3(59):227-31.
2. Spear FG. The British X-ray and Radium Protection Committee. Br J Radiol 1953;26(311):553-54.
3. Clarke R, Valentin J. The history of ICRP and the evolution of its policies. Annals of the ICRP 2009;39(1):75-110.
4. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 2007;37(2-4):1-332.
5. Mupparapu M. Radiation protection guidelines for the practicing orthodontist. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128(2):168-72; discussion 72.
6. Gibbs SJ, Pujol A, McDavid WD, Welander U, Tronje G. Patient risk from rotational panoramic radiography. Dentomaxillofac Radiol 1988;17(1):25-32.
7. Longstreth WT, Phillips LE, Drangsholt M, et al. Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma. Cancer 2004;100(5):1026-34.
8. Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: A case-control study. Acta Oncologica 2010;49(4):447-53.
9. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP 1991;21(1-3):1-201.
10. Mountford P, Temperton D. Recommendations of the international commission on radiological protection (ICRP) 1990. Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging 1992;19(2):77-79.
11. Valentin J. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (wR). Annals of the ICRP 2003;33(4):1-121.
12. Horner K, Rushton V, Tsiklakis K, et al. European guidelines on radiation protection in dental radiology; the safe use of radiographs in dental practice. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport. Radiation Protection. 2004.
13. An update on radiographic practices: information and recommendations. ADA Council on Scientific Affairs. J Am Dent Assoc 2001;132(2):234-8.
14. Van Aken J, van der Linden LW. The integral absorbed dose in conventional and panoramic complete-mouth examinations. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1966;22(5):603-16.
15. Gibbs SJ, Pujol A, Jr., Chen TS, James A, Jr. Patient risk from intraoral dental radiography. Dentomaxillofac Radiol 1988;17(1):15-23.
16. Stenstrom B, Henrikson CO, Holm B, Richter S. Absorbed doses from intraoral radiography with special emphasis on collimator dimensions. Swed Dent J 1986;10(1-2):59-71.
17. Winkler KG. Influence of rectangular collimation and intraoral shielding on radiation dose in dental radiography. J Am Dent Assoc 1968;77(1):95-101.
18. Gibbs SJ. Effective dose equivalent and effective dose: comparison for common projections in oral and maxillofacial radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;90(4):538-45.
19. Freeman JP, Brand JW. Radiation doses of commonly used dental radiographic surveys. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994;77(3):285-9.
20. Svenson B, Welander U, Shi XQ, Stamatakis H, Tronje G. A sensitometric comparison of four dental X-ray films and their diagnostic accuracy. Dentomaxillofac Radiol 1997;26(4):230-5.
21. Svenson B, Lindvall AM, Grondahl HG. A comparison of a new dental X-ray film, Agfa Gevaert Dentus M4, with Kodak Ektaspeed and Ultraspeed dental X-ray films. Dentomaxillofac Radiol 1993;22(1):7-12.
22. Horner K, Shearer AC, Walker A, Wilson NH. Radiovisiography: an initial evaluation. Br Dent J 1990;168(6):244-8.
23. Walker A, Horner K, Czajka J, Shearer AC, Wilson NH. Quantitative assessment of a new dental imaging system. Br J Radiol 1991;64(762):529-36.
24. Gratt BM, White SC, Packard FL, Petersson AR. An evaluation of rare-earth imaging systems in panoramic radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1984;58(4):475-82.
25. Kaugars GE, Fatouros P. Clinical comparison of conventional and rare earth screen-film systems for cephalometric radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;53(3):322-5.
26. Wood RE, Harris AM, van der Merwe EJ, Nortje CJ. The leaded apron revisited: does it reduce gonadal radiation dose in dental radiology? Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1991;71(5):642-6.

27. Han UK, Vig KW, Weintraub JA, Vig PS, Kowalski CJ. Consistency of orthodontic treatment decisions relative to diagnostic records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100(3):212-9.
28. Atchison KA, Luke LS, White SC. An algorithm for ordering pretreatment orthodontic radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102(1):29-44.
29. Hintze H, Wenzel A, Williams S. Diagnostic value of clinical examination for the identification of children in need of orthodontic treatment compared with clinical examination and screening pantomography. *Eur J Orthod* 1990;12(4):385-8.
30. Atchison KA. Radiographic examinations of orthodontic educators and practitioners. *J Dent Educ* 1986;50(11):651-5.
31. Atchison KA, Luke LS, White SC. Contribution of pretreatment radiographs to orthodontists' decision making. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;71(2):238-45.
32. Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, et al. Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. *Swed Dent J* 1999;23(2-3):77-85.
33. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2012;143(8):899-902.
34. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(1):106-14.
35. Drage N, Rogers S, Greenall C, Playle R. Incidental findings on cone beam computed tomography in orthodontic patients. *J Orthod* 2013;40(1):29-37.
36. Carter L, Farman AG, Geist J, et al. American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology executive opinion statement on performing and interpreting diagnostic cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106(4):561-62.
37. Liu D-g, Zhang W-l, Zhang Z-y, Wu Y-t, Ma X-c. Three-dimensional evaluations of supernumerary teeth using cone-beam computed tomography for 487 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103(3): 403-11.
38. Treil J, Braga J, Loubes JM, et al. 3D Tooth Modeling for Orthodontic Assessment. *Semin Orthod* 2009;15(1):42-47.
39. Makedonas D, Lund H, Gröndahl K, Hansen K. Root resorption diagnosed with cone beam computed tomography after 6 months of orthodontic treatment with fixed appliance and the relation to risk factors. *Angle Orthod* 2012;82(2):196-201.
40. Katheria BC, Kau CH, Tate R, et al. Effectiveness of impacted and supernumerary tooth diagnosis from traditional radiography versus cone beam computed tomography. *Pediatr Dent* 2010;32(4):304-9.
41. Nguyen E, Boychuk D, Orellana M. Accuracy of cone-beam computed tomography in predicting the diameter of unerupted teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(2):e59-e66.
42. Tamimi D, ElSaid K. Cone Beam Computed Tomography in the Assessment of Dental Impactions. *Semin Orthod* 2009;15(1):57-62.
43. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132(4):428.e1-28.e8.
44. Timock AM, Cook V, McDonald T, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140(5): 734-44.
45. Sievers MM, Larson BE, Gaillard PR, Wey A. Asymmetry assessment using cone beam CT. *Angle Orthod* 2012; 82(3):410-17.
46. Park JU, Kook Y-A, Kim Y. Assessment of asymmetry in a normal occlusion sample and asymmetric patients with three-dimensional cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2012;82(5):860-67.
47. Heymann GC, Cevdanes L, Cornelis M, De Clerck HJ, Tulloch JFC. Three-dimensional analysis of maxillary protraction with intermaxillary elastics to miniplates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(2):274-84.
48. Lloyd TE, Drage NA, Cronin AJ. The role of cone beam computed tomography in the management of unfavourable fractures following sagittal split mandibular osteotomy. *J Orthod* 2011;38(1):48-54.
49. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(3):304.e1-04.e12.

50. Kim Y-I, Choi Y-K, Park S-B, Son W-S, Kim S-S. Three-dimensional analysis of dental decompensation for skeletal Class III malocclusion on the basis of vertical skeletal patterns obtained using cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod* 2012;42(5):227-34.
51. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142(3):300-07.
52. Domann CE, Kau CH, English JD, et al. Cone beam computed tomography analysis of dentoalveolar changes immediately after maxillary expansion. *Orthodontics (Chic.)* 2011;12(3):202-9.
53. Nah K-S. Condylar bony changes in patients with temporomandibular disorders: a CBCT study. *Imaging Sci Dent* 2012;42(4):249-53.
54. Zain-Alabdeen E, Alsadhan R. A comparative study of accuracy of detection of surface osseous changes in the temporomandibular joint using multidetector CT and cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol* 2012;41(3):185-91.
55. Edwards SP. Computer-Assisted Craniomaxillofacial Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2010;22(1):117-34.
56. Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, et al. Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143(2):235-45.
57. Weissheimer A, Menezes LMd, Sameshima GT, et al. Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142(6):801-13.
58. Fayed MMS, Pazera P, Katsaros C. Optimal sites for orthodontic mini-implant placement assessed by cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2010;80(5):939-51.
59. Park H-S, HwangBo E-S, Kwon T-G. Proper mesiodistal angles for microimplant placement assessed with 3-dimensional computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(2):200-06.