

เอกสารคำสอน

เรื่อง

Dental X-ray machine

รายวิชา DTRD 331 Radiology 1
หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต

โดย

ผศ.ดร.ทพญ. จิรา กิติทรัพย์กาญจนา
ภาควิชารังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

แผนการสอน

1. ชื่อเรื่องที่สอน Dental X-ray machine
2. ชื่ออาจารย์ผู้สอน ผศ.ดร.ทพญ จิรา กิติทรัพย์กาญจนนา
ภาควิชารังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล, คณะทันตแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
โทรศัพท์ 02-200-7837
e-mail: yjira@hotmail.com
3. ชื่อรายวิชาและรหัสวิชา DTRD 331 Radiology 1
4. ชื่อหลักสูตร ทันตแพทยศาสตรบัณฑิต
5. วัน-เวลาที่สอน วันศุกร์ที่ 23 มิถุนายน 2560 เวลา 11.00 -12.00 น.
6. วัตถุประสงค์การศึกษา นักศึกษาสามารถอธิบาย
 1. ส่วนประกอบของเครื่องถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรม
 2. ส่วนประกอบต่างๆและการทำงานของหลอดเอกซเรย์
 3. วงจรไฟฟ้าในเครื่องถ่ายภาพรังสี
7. เนื้อหาเรื่อง
 1. ประวัติการคิดค้นเครื่องถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรม
 2. ส่วนประกอบของเครื่องถ่ายภาพรังสีที่ใช้ทางทันตกรรม
 3. การทำงานของหลอดเอกซเรย์
 4. วงจรไฟฟ้าในเครื่องถ่ายภาพรังสี
8. สื่อการเรียนรู้
 1. เอกสารคำสอน
 2. อุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ (เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องฉายทอดสไลด์ผ่านคอมพิวเตอร์)
 3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Power Point ประกอบการบรรยาย
9. การวัดผลการเรียนรู้ การสอบประจำภาคการศึกษา

เครื่องถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรมในระยะแรก มีประสิทธิภาพต่ำ และได้มีการปรับปรุงคุณภาพเรื่อยมา โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน เช่น Clyde Snook, Julian Lilienfeld, W.D. Coolidge ซึ่งยังคงเป็นเครื่องเอกซเรย์ที่มีอันตรายเนื่องจากมีชดลวดเปิดและกระแสไฟแรงสูง ทำให้มีผู้ป่วยช็อคหรือเสียชีวิตจำนวนมาก จนประมาณปี 1919 Coolidge ได้สร้างเครื่อง x-ray ทางทันตกรรม ที่ปลอดภัย ซึ่งมีชื่อว่า "Victor CDX" โดยมีน้ำมันเป็นฉนวน และตัวกระจายความร้อน และมีสายดินต่อจากหลอดเอกซเรย์ ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานในการผลิต เครื่อง x-ray รุ่นต่อมา โดยได้มีการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นเรื่อยๆ

ส่วนประกอบของ X-ray machine

เครื่องถ่ายภาพรังสีทางทันตกรรม มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน อาจติดตั้งที่ผนังหรือ พื้น บนเก้าอี้ทำฟันหรือ เคลื่อนย้ายได้ แต่โครงสร้างของเครื่องนั้นเหมือนกัน คือ ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วน

1. control panel
2. extension arm
3. tube head

control panel

ประกอบด้วย

1. switch
2. milliammeter (mA) selector
3. Kilovolt peak (kVp) selector
4. Timer

extension arm

ทำหน้าที่ support ส่วนของ tube และทำให้ tubehead เคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่ต้องการได้

tube head

เป็นส่วนที่ถูกผนึกอยู่ โดยโลหะหนัก ซึ่งมักใช้ aluminum และคาดด้วยตะกั่วเพื่อป้องกันรังสีที่รั่วไหลออกมา ภายในหลอดจะมีน้ำมันซึ่งเป็นฉนวนความร้อน ส่วนของโลหะด้านนอกมีความสำคัญ คือ

- ป้องกันการกระทบกระเทือนหลอด x-ray
- เพิ่มความปลอดภัยโดยการต่อสายดิน เนื่องจากมีส่วนประกอบที่มีความต่างศักย์สูงอยู่ในเครื่องด้วย
- ป้องกันไม่ให้หลอด x-ray ร้อนเกินไป โดยการเพิ่มเนื้อที่ สำหรับน้ำมัน, อากาศ, ก๊าซต่างๆ เพื่อให้ดูดซับความร้อนจากการผลิตรังสีเอกซ์
- ดูดกลืน x-ray ที่เกิดขึ้นซึ่งกระจายไปในทุกทิศทาง ยกเว้น ลำรังสีปฐมภูมิ ซึ่งจะถูกปล่อยผ่านไปตามช่องทางของมัน

X-ray tube head ประกอบด้วย

1. x-ray tube
2. collimator
3. filter
4. transformer

x-ray tube

เป็นส่วนที่ผลิต x-ray ออกมาโดยเกิดจาก electron ถูกหยุด หรือทำให้ช้าลง ดังนั้นในการผลิตจะต้องมีแหล่งกำเนิด electron ความต่างศักย์ที่สูง เพื่อเร่ง electron และ เป้า ซึ่งจะเป็นตัวหยุด electron เหล่านั้น

ในระยะแรก หลอดเอกซเรย์ทำจากแก้ว และอาศัยการผลิต electron จากการเกิด ionization อากาศที่อยู่ในหลอดซึ่งทำให้สามารถใช้งานได้ในบางครั้งเท่านั้น ต่อมาจึงใช้ vacuum tube (เพื่อลดความต้านทานต่อลำ electron ที่จะวิ่งจากขั้วลบไปขั้วบวกให้มีน้อยที่สุด) ร่วมกับ fil ทำหน้าที่ผลิต electron แทน เรียกว่า thermionic emission นั่นคือ การผลิต electron เมื่อให้ความร้อนผ่านเซเบ เทยสามารถควบคุมได้โดยการปรับ milliamperage

ส่วนประกอบของ x-ray tube

1. cathode (ขั้วลบ) : ประกอบด้วยขดลวดทังสเตน (tungsten filament) ซึ่งบางและเป็นเกลียว ยาว ประมาณ 1/2 นิ้ว ซึ่งเมื่อถูกทำให้ร้อนจะผลิต electron ออกมาได้ง่าย เนื่องจากมีเลขอะตอมสูง ทำให้ปล่อย electron ออกมาจากวงโคจรได้ง่าย ขดลวดนี้วางอยู่ใน molybdenum focusing cup ซึ่งจะบังคับทิศทางของ electron ที่เกิดให้ไปตกยังขั้วบวก
2. anode (ขั้วบวก) : ประกอบด้วยแท่ง copper ซึ่งมีเป้าทังสเตน อยู่ในตำแหน่งที่ลำ electron จากขั้วลบจะวิ่งมาชนในทางทันทิศทาง เป้าทังสเตนนี้จะทำมุม 20 องศา กับ cathode เพื่อให้ primary beam กระจายมาจากทิศทางเดียวให้มากที่สุด การใช้ทังสเตนเป็นเป้าหมายนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทนความร้อนได้ดี (จุดหลอมเหลว 3370 องศาเซลเซียส) แต่นำความร้อนไม่ดี จึงต้องฝังอยู่ใน copper เพื่อช่วยกระจายความร้อนไปยังน้ำมันรอบๆ

focal spot เป็นบริเวณสี่เหลี่ยมผืนผ้า บนเป้าของ anode ซึ่ง electron beam จะตกลงที่บริเวณนี้ และเกิดเป็น x-ray ขึ้น ขนาดของ focal spot ถูกกำหนดโดย บริษัทผู้ผลิต หาก focal spot ยังมีขนาดเล็ก จะทำให้ภาพยังมีความคมชัดมากขึ้น แต่ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะทนความร้อนที่เกิดขึ้นได้ (ในการเกิดรังสีเอกซ์นั้น คิดเป็นเพียง 1% ที่เหลือเกิดเป็นความร้อน 99%) ดังนั้นจึงใช้หลักการ “line-focus principle” เข้ามาช่วย โดยความจริง focal spot เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เช่น ขนาด 1x3 mm. แต่เมื่อ x-ray ผ่านออกมาทำให้เกิดภาพ (effective focal spot) จะมีขนาดเล็กลง เป็น 1x1 mm.

x-ray ที่เกิดขึ้น จะกระจายไปทุกทิศทาง แต่จะมีความเข้มมากที่สุด ผ่านออกมาในบริเวณที่เรียกว่า “window” ซึ่งเป็นช่องเปิดให้ลำรังสีออกมา จะตรงกับส่วนเปิดบริเวณโลหะด้านนอก เรียกว่า “port” ซึ่งจะปกคลุมด้วย แก้ว , beryllium หรือ aluminum

Collimator

เมื่อรังสีผ่านส่วนเปิดของหลอดออกมาแล้ว จะมี collimator เป็นตัวกำหนดขนาดของลำรังสีอีกครั้ง ซึ่งลำรังสีที่ผ่านออกมานี้เรียกว่า “primary beam”

Filter

X-ray ที่ผ่านมาจากหลอดนั้น มีทั้งส่วนที่เป็นประโยชน์ และ ส่วนที่ไม่เกิดประโยชน์ คือมี อำนาจทะลุทะลวงต่ำ (ความยาวคลื่นยาว) เรียกว่า soft x-ray แต่ทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีมากขึ้น จึงต้องใช้ filter ทำจาก แผ่น aluminum บางๆ วางอยู่ในแนว ที่ลำรังสีผ่านเพื่อกรองรังสีเหล่านี้ออกด้วย

Transformer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มหรือ ลดความต่างศักย์ ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด (primary coil & secondary coil), มี 2 ชนิด ซึ่งจะเพิ่มหรือ ลด ความต่างศักย์ได้ เท่าใด ขึ้นกับ จำนวนขดลวดทั้งสองนี้

1. low voltage transformer (step down transformer) : ใช้ลดความต่างศักย์ เพื่อให้ความร้อนแก่ filament ในการผลิต electron
2. high voltage transformer (step up transformer) : ใช้เพิ่มความต่างศักย์ เพื่อเร่ง electron ให้วิ่งไปชนเป้าทังสเตน

นอกจากนี้ในเครื่องเอกซเรย์ยังมี autotransformer ซึ่งเป็นขดลวดเพียงขดเดียว ติดตั้งอยู่ใน control panel เป็นอุปกรณ์สำหรับชดเชยความต่างศักย์ เพื่อปรับให้กระแสไฟฟ้ามีการไหลได้อย่างเหมาะสม

วงจรไฟฟ้าใน X-ray machine มี 2 วงจร คือ

1. วงจรความต่างศักย์ต่ำ (filament circuit, low voltage circuit) : เป็นตัวให้ความต่างศักย์ต่ำ (ประมาณ 10 volt) กับ filament ในหลอดเอกซเรย์
2. วงจรความต่างศักย์สูง (high voltage circuit) : เป็นตัวให้ความต่างศักย์สูง (60 - 100 volt) เพื่อกระตุ้น electron ให้วิ่งจากขั้วลบไปขั้วบวก

Timer อยู่ในวงจรความต่างศักย์สูง เพื่อควบคุมระยะเวลาการเกิดรังสีเอกซ์ ควบคุมช่วงเวลาให้ความต่างศักย์สูงระหว่างหลอดรังสี ช่วงเวลาที่กระแสไฟฟ้าไหล และช่วงเวลาที่เกิดรังสี อย่างไรก็ตามก่อนที่จะเกิดความต่างศักย์สูงที่ใช้ในการข้ามหลอดรังสี ขดลวดจะต้องมีอุณหภูมิทำงานที่เพียงพอที่จะปล่อยอิเล็กตรอนได้ ดังนั้นวงจรไฟฟ้าจึงส่งกระแสแรกผ่านขดลวดประมาณครึ่งวินาที เพื่อทำให้มีอุณหภูมิการทำงานที่เหมาะสมแล้วจึงส่งกระแสไฟฟ้าผ่านไปที่วงจรความต่างศักย์สูง แต่ในบางวงจรไฟฟ้าอาจออกแบบให้มีกระแสต่ำๆ ผ่านขดลวดอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ขดลวดมีอุณหภูมิต่ำๆ ตลอดเวลา

การทำงานในเครื่องถ่ายภาพรังสี เริ่มจากเมื่อเสียบเต้าเสียบ (plug) ของเครื่องถ่ายภาพรังสี จะมีกระแสไฟ 110 โวลต์ ไหลเข้าเครื่อง กระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจะวิ่งเข้าไปที่วงจรความต่างศักย์ต่ำซึ่งมีหม้อแปลงชนิดลดความต่างศักย์ เพื่อลดความต่างศักย์ลงให้เหลือประมาณ 10 โวลต์ กระแสไฟฟ้าส่วนนี้จะทำให้อุณหภูมิของขดลวดทั้งสเตน (ขั้วลบ) ร้อนขึ้น ทำให้ได้หลอดร้อน และเกิดอิเล็กตรอนรอบขดลวด (ระดับความร้อนนั้นควบคุมโดย mA ถ้า mA สูง electron จะมากขึ้น) เมื่อกดสวิตช์กระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะวิ่งเข้าไปที่วงจรความต่างศักย์สูงซึ่งมีหม้อแปลงชนิดเพิ่มความต่างศักย์เพื่อแปลงความต่างศักย์ให้มีกำลังสูงประมาณ 65 กิโลโวลต์ กระแสไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์สูงนี้จะไหลเข้าสู่หลอดรังสี มีผลให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ ทำให้เกิดแรงผลักให้อิเล็กตรอนรอบขดลวดทั้งสเตนวิ่งไปสู่อิเล็กตรอนตรงจุดโฟกัสด้วยความเร็วสูง เกิดเป็นพลังงานความร้อนและรังสีเอกซ์ขึ้น โดยรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นนี้ประกอบด้วยหลายความยาวคลื่น ถ้าเพิ่มความต่างศักย์ความเร็วของอิเล็กตรอนจะเพิ่มมากขึ้น จะเกิดรังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นสั้น จึงเป็นการเพิ่มอำนาจในการทะลุผ่านวัตถุ

บรรณานุกรม

1. Orlen N. Johnson, Michael A. McNally, Christine E. Essay. Essentials of Dental Radiography for Dental Assistants and Hygienists. Sixth edition, Appleton & Lange, 1999.
2. Joen I. Haring, Laura Jansen. Dental Radiography Principles and Techniques, second edition, Saunders, 2000.
3. Paul W. Goaz, Stuart C. White. Oral Radiology Principles and Interpretation, fifth edition, Mosby, 2004.