

เอกสารคำสอน

เรื่อง

Introduction to radiology and x-radiation

รายวิชา DTRD 331 Radiology 1
หลักสูตรทันตแพทยศาสตรบัณฑิต

โดย

ผศ.ดร.ทพญ. จิรา กิติทรัพย์กาญจนานา
ภาควิชารังสีวิทยาช่องปากและแม็กซิลโลเฟเชียล
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

จิรา กิติทรัพย์กาญจนานา

แผนการสอน

1. ชื่อเรื่องที่สอน Introduction to radiology and x-radiation
2. ชื่ออาจารย์ผู้สอน ผศ.ดร.ทพญ จิรา กิติทรัพย์กาญจนานา
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 10.00 -11.00 น.
6. วัตถุประสงค์การศึกษา นักศึกษาสามารถ
 1. อธิบายคำจำกัดความพื้นฐานทางรังสีวิทยา
 2. อธิบายความเป็นมาในการค้นพบรังสีเอกซ์
 3. อธิบายคุณสมบัติของรังสีเอกซ์และการผลิตรังสีเอกซ์
7. เนื้อหาเรื่อง
 1. คำจำกัดความพื้นฐานทางรังสีวิทยา
 2. แหล่งกำเนิดและรูปแบบของการแผ่รังสี
 3. ความเป็นมาในการค้นพบรังสีเอกซ์
 4. วิวัฒนาการของการใช้รังสีเอกซ์และความสำคัญของรังสีเอกซ์
 5. คุณสมบัติของรังสีเอกซ์และการผลิตรังสีเอกซ์
 6. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างรังสีเอกซ์กับวัตถุ
 7. ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสีเอกซ์
 8. ประโยชน์ของภาพรังสีทางทันตกรรม
8. สื่อการเรียนรู้
 1. เอกสารคำสอน
 2. อุปกรณ์สื่อการเรียนรู้ (เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องฉายทอดสัญญาณผ่านคอมพิวเตอร์)
 3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Power Point ประกอบการบรรยาย
9. การวัดผลการเรียนรู้ การสอบประจำภาคการศึกษา

Basic terminology

Radiation : พลังงานรูปแบบหนึ่ง อาจอยู่ในรูปของคลื่น หรืออนุภาคก็ได้

X-radiation : พลังงานรูปแบบหนึ่ง ที่เกิดจาก ลำ electron วิ่งเข้าชนโลหะในหลอดเอกซเรย์

Radiology : การศึกษาถึงการปล่อยพลังงานในทางวิทยาศาสตร์การแพทย์เป็นสาขาหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้เอกซเรย์ สารกัมมันตรังสี หรือพลังงานที่ปล่อยออกมาในรูปแบบต่างๆเพื่อใช้ในการ วินิจฉัย และรักษาโรค

Radiograph : รูปภาพที่ปรากฏบนฟิล์ม ซึ่งเกิดจาก x-ray เคลื่อนที่ผ่านวัตถุแล้วทำให้เกิดภาพขึ้น

Radiography : วิธีการผลิต radiographs โดยการปล่อย x-ray ผ่านไปตกยังฟิล์ม

Radiographer : บุคลากรซึ่งเป็นผู้ถ่ายภาพรังสี และนำมาผ่านกระบวนการล้างฟิล์มให้เกิดภาพขึ้น

Dental radiograph : ภาพรังสีที่เกิดจาก x-ray ผ่านบริเวณฟันและส่วนที่เกี่ยวข้อง

Dental radiography : การผลิตภาพรังสีของฟัน & โครงสร้างใกล้เคียง

คำว่า Radiology แท้จริงแล้วจะเกี่ยวข้องกับสาขาอื่นนอกเหนือจากทางการแพทย์ด้วย เช่น ทางวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม ในทางการแพทย์ Radiology แบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ รังสีวินิจฉัย (Diagnosis) และรังสีรักษา (Therapeutic)

ความเข้าใจเกี่ยวกับ radiation นั้น จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอมก่อน

โครงสร้างอะตอม (Atomic structure)

อะตอมประกอบด้วย นิวเคลียสเล็กๆ ที่แน่นทึบมี electron ล้อมรอบ ร้อยละ 99.97 ของมวลอะตอมทั้งหมดเป็นมวลของนิวเคลียส มวลของ electron น้อยมากเมื่อเทียบกับมวลของนิวเคลียส แต่ electron อยู่กระจัดกระจาย จึงมีที่ว่างค่อนข้างมาก และทำให้อะตอมมีขนาดต่างๆกัน กลุ่มของอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสเป็นจุดเล็กๆ ล้อมรอบด้วย electron ซึ่งมีที่ว่างมาก ทำให้นิวเคลียสจากอะตอมอื่น หรือ electron ที่มีพลังงานสูงๆ สามารถทะลุผ่านเข้ามาในอะตอมนั้นได้

นิวเคลียส (nucleus)

ประกอบด้วยโปรตอน และนิวตรอน ยึดกันอยู่ด้วย internucleon force ทั้งโปรตอน และ นิวตรอน รวมเรียกว่า นิวคลีออน โปรตอนมีประจุไฟฟ้าบวกเท่ากับประจุไฟฟ้าลบของ electron ทำให้อะตอมเป็นกลาง นิวตรอนไม่มีประจุ ทั้งโปรตอน และ นิวตรอน มีมวลเกือบเท่ากันเป็น 1836 เท่าของมวล electron จำนวนโปรตอน เรียกว่า atomic number แทนด้วย Z จำนวนนิวตรอน เรียกว่า neutron number แทนด้วย N จำนวนนิวคลีออน เรียกว่า atomic mass number แทนด้วย A

สามารถเขียนเป็นสัญลักษณ์ ดังนี้ ${}^A_Z X$ โดย $A = N + Z$

นิวเคลียสต่างชนิดกันเรียกว่า nuclide แสดงคุณสมบัติโดยค่า Z และ N

- isotope คือ nuclide ที่มีค่า Z เหมือนกันแต่ N ต่างกัน เช่น ${}^{125}_{53}I$, ${}^{131}_{53}I$, ${}^{127}_{53}I$
- isotone คือ nuclide ที่มีค่า Z ต่างกันแต่ N เหมือนกัน เช่น ${}^{26}_{12}Mg$, ${}^{19}_{11}Al$, ${}^{28}_{14}Si$
- isobar คือ nuclide ที่มีค่า A เหมือนกัน เช่น ${}^{31}_{34}Se$, ${}^{31}_{15}P$, ${}^{31}_{16}S$
- isomer คือ nuclide ที่มีค่า Z และ A เหมือนกันแต่อยู่ที่ excitation energy ที่เหนือ ground state ต่างกัน เช่น ${}^{99m}_{43}Tc$, ${}^{99}_{43}Tc$

อิเล็กตรอน (electron)

มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ยึดกับนิวเคลียสด้วยแรงดึงดูดทางไฟฟ้า electron เคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นวงโคจร (orbital/ shell) electron ต่างๆ อยู่ใน state ที่มีพลังงานและโมเมนตัมเชิงมุมเฉพาะแน่นอน electron สามารถย้าย state ได้ถ้ามีที่ว่าง electron ชั้นในๆจะมีค่า binding energy สูงกว่า ชั้นนอก จึงต้องใช้รังสี หรือ อนุภาคที่มีพลังงานสูงในการที่จะทำให้ electron นั้นหลุดออกไปจากวงโคจร แต่ electron ชั้นนอกๆ จะมีแรงยึดเหนี่ยวกับ นิวเคลียสน้อย จึงใช้พลังงานน้อยกว่าในการทำให้ electron หลุดออกจากชั้นของมัน

Ionization

คือขบวนการที่ทำให้เกิดอะตอม ที่มีประจุไม่สมดุลย์ (ion) ขึ้น โดยปกติอะตอมจะเป็นกลางเนื่องจากประจุบวกจะพอดีกับประจุลบ หากนำ electron ออกไปทำให้ atom มีประจุเป็นบวก หรือถ้าได้รับ electron ทำให้อะตอมมีประจุลบขึ้น

excitation

ขบวนการที่ electron ดูดกลืนพลังงานจำนวนหนึ่งเข้าไป พอจะทำให้ขยับขึ้นไปในวงจอร์ที่สูงขึ้นแต่ไม่มากพอจะทำให้มันหลุดออกไปจากอะตอมได้ อะตอมที่ถูกกระตุ้นนี้จะพยายามกลับสู่สภาพปกติโดยคายพลังงานออกมาซึ่งมีค่า เท่ากับ ผลต่างของพลังงานของชั้นทั้งสอง

Radiation

หมายถึง พลังงานที่ถูกปล่อยออกมาผ่านอากาศ หรือตัวกลางอื่นๆ ในรูปของ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves) โดยแยกออกตามความถี่คลื่น เช่น รังสีอินฟราเรด รังสี UV รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา นอกจากนี้ยังรวมถึง อนุภาคต่างๆ ที่ปลดปล่อยออกมา จากนิวเคลียส ของสาร radioactive ตลอดจน รังสี cosmic ที่มาจากนอกโลก

Source of radiation

แหล่งกำเนิด radiation นั้นมีได้ 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ

1. Natural radiation
2. Manmade (artificial) radiation

Natural radiation

เป็น radiation ที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวเราอยู่แล้ว อาจเรียกว่า “natural background radiation”

Natural radiation ประกอบด้วย

1. terrestrial radiation จาก radioactive materials ซึ่งมีอยู่ในโลก ได้แก่ radioactive element ที่สลายตัวช้า เช่น uranium, radium, thorium ซึ่งเป็นอยู่ตามพื้นดิน หินในปริมาณที่แตกต่างกันไป และสามารถปล่อย ionizing radiation ได้
2. cosmic ray จากดวงอาทิตย์ (solar) และ นอกเหนือจาก solar system (galactic) เป็น extraterrestrial origin เกิดจาก nuclear interaction ในดวงอาทิตย์หรือดาวดวงอื่นๆ มีความเข้มแตกต่างกันออกไป ประกอบด้วย primary radiation ที่มาจากนอกโลกผ่านชั้นบรรยากาศและ ทำให้เกิด secondary radiation ซึ่งเกิดจากการ interact ของ primary radiation กับ nuclei ของบรรยากาศ ตัวอย่างของ secondary radiation ได้แก่ alpha particles, atomic nuclei, mesons, gamma ray, high energy electron
3. biologic radiation จาก radionuclides ที่สะสมในตัวมนุษย์ ผ่านกระบวนการทางธรรมชาติ ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ประกอบด้วย radioactive nuclides ซึ่งรับมาจาก อาหาร การสูดดม เช่น Potassium 40 (^{40}K), carbon 14 (^{14}C), hydrogen 3 (^3H), strontium 90 (^{90}Sr)

มนุษย์ได้รับรังสีจาก natural background radiation นี้ประมาณ 82% ของปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมด จัดเป็น Radon 55% cosmic ray 8% และ terrestrial 8%

Manmade (artificial) radiation

มนุษย์สามารถทำให้เกิด radiation ขึ้นเองได้เพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยประชากรได้รับรังสีจาก Manmade (artificial) radiation นี้คิดเป็น ประมาณ 18% ของปริมาณรังสีที่ได้รับทั้งหมด และแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. medical diagnosis & treatment
2. consumer & industrial products เช่น โทรศัพท์, airport inspection system, การเผาไหม้เชื้อเพลิง
3. minor source อื่นๆ เช่น จากการทำงานทางด้านรังสี จากอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ เป็นต้น

Form of radiation

Radiation ทั้งชนิด natural และ manmade แบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ คือ

1. corpuscular radiation
2. electromagnetic radiation

corpuscular radiation

ประกอบด้วยอะตอมหรือส่วนประกอบของอะตอม ซึ่งสามารถส่งผ่านพลังงานจลน์ โดยที่มวลเล็กๆเหล่านี้จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วสูงมาก ตัวอย่างเช่น

รังสีแอลฟา คือ นิวเคลียสของฮีเลียม ประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัว และ นิวตรอน 2 ตัว เกิดจากการสลายตัวของ radioactive ที่หนักเช่น Radium รังสีนี้จะสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็วให้กับวัตถุที่มันผ่านไป จึงมีกำลังทะลุผ่านต่ำมาก เพียงแค่ 2-3 ไมครอน เมื่อผ่านเนื้อเยื่อ อาจกินได้ด้วยกระดาษแผ่นบางๆ

รังสีเบต้า เป็นกลุ่มของอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูง ถ้าถูกปล่อยออกจาก นิวเคลียสของสาร radioactive เรียกว่า รังสีเบต้า ถ้าเกิดจากมนุษย์ทำขึ้นจากหลอดเอกซเรย์ เรียกว่า รังสี แคโทด , รังสีนี้มีอำนาจทะลุผ่านสูงกว่า รังสีแอลฟา ประมาณ 200 เท่า เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงเกือบเท่าความเร็วแสง สูญเสียพลังงานให้กับวัตถุที่มันผ่านไป ไม่เร็วเท่ากับรังสีแอลฟา เคลื่อนที่ได้สูงสุด ถึง 1.5 cm. ในเนื้อเยื่อ และ 0.5 mm. ใน platinum หรือ 1 mm. ของแผ่นตะกั่ว

นิวตรอน เป็นอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้า มีมวลมากกว่ามวล โปรตอนเล็กน้อย มีอำนาจทะลุผ่านสูง เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์หลายชนิด เนื่องจากนิวตรอนเป็นอนุภาคที่ไม่มีประจุจึงสามารถผ่านเข้าไปในนิวเคลียสของสารต่างๆได้โดยง่าย ทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ขึ้นทำให้สารต่างๆที่ถูกยิงด้วยรังสีนิวตรอน เป็นสารกัมมันตรังสีได้ง่าย

electromagnetic radiation

เป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ไม่มีมวล มีความเร็วเท่ากับแสง พลังงานที่ปล่อยออกมาประกอบด้วย สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กซึ่งอยู่ในแนวตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีนี้ ตัวอย่างเช่น คลื่นวิทยุ แสงสว่าง รังสี UV เอกซเรย์ ไมโครเวฟ เป็นต้น สามารถแบ่งได้ตามความยาวคลื่นต่างๆ นอกจากนี้ยังแบ่งออกเป็น ionizing และ nonionizing radiation โดย ถ้าระดับพลังงานนั้นมีมากพอที่จะทำให้ electron หลุดออกจากอะตอมได้ จัดเป็น ionizing radiation

รังสีเอกซ์

รังสีเอกซ์ คือ กลุ่มของพลังงาน (photon) ซึ่งไม่มีประจุ เดินทางในลักษณะเดียวกับคลื่น มีความถี่คงที่ ความเร็วเท่ากับแสง คือ 186000 miles/s หรือ 3×10^8 m/s และจัดอยู่ใน electromagnetic radiation ประวัติการค้นพบรังสีเอกซ์

ผู้ค้นพบรังสีเอกซ์ คือ ศาสตราจารย์ Wilhelm Conrad Roentgen นักวิทยาศาสตร์ ชาวเยอรมันแห่งมหาวิทยาลัย Wurzburg โดยได้ค้นพบรังสีเอกซ์ จากการทดลองที่ Bavaria (Germany) ในวันที่ 8 พฤศจิกายน ค.ศ. 1895

ศาสตราจารย์ Roentgen ทำการทดลอง โดยเอากระดาษดำหุ้มหลอดแก้วสุญญากาศ (cathode tube) แล้วให้กระแสไฟฟ้าสูงผ่านหลอด เขาสังเกตเห็นการเรืองแสงขึ้นบนฉากซึ่งวางอยู่ใกล้ๆหลอดและพบว่าจะเกิดเงาของวัตถุซึ่งวางอยู่ระหว่างหลอดแก้ว และฉาก ซึ่งรังสีสามารถผ่านความทึบของวัตถุนั้นได้ด้วยความเข้มไม่เท่ากัน และเมื่อเขาเอามือวางแทนวัตถุก็สามารถมองเห็นเงาของกระดูกมือได้ เขาเรียกชื่อรังสีที่ค้นพบโดยบังเอิญนี้ว่า “รังสีเอกซ์” Roentgen ได้ทำการศึกษารายละเอียดของรังสีเอกซ์เรื่อยมาจนกระทั่งได้รับรางวัลโนเบล สาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 1901 ซึ่งต่อมา นักวิทยาศาสตร์หลายท่านเรียกรังสีนี้ว่า Roentgen ray และเรียกภาพที่เกิดบนฟิล์มว่า roentgenograph ซึ่งก็คือ radiograph นั่นเอง เพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้ค้นพบ

2 สัปดาห์หลังจาก Roentgen ค้นพบรังสีเอกซ์ Dr. Otto Walkhoff นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้ถ่ายภาพรังสีของขากรรไกรเป็นครั้งแรก โดยใช้เวลาในการถ่าย 25 นาที เขาใช้แผ่นแก้วเป็นตัวรับภาพ แผ่นแก้วนี้ฉาบด้วยสารบันทึกภาพและปิดด้วยกระดาษดำ และแผ่นยาง ในประเทศสหรัฐอเมริกา Dr. C Edmund Kells เป็นผู้นำรังสีเอกซ์มาใช้ในทางทันตกรรมเป็นครั้งแรก และส่งเสริมให้ใช้ภาพรังสีเพื่อช่วยในการวินิจฉัยทางทันตกรรม โดยเริ่มใช้เอกซเรย์ถ่ายภาพรังสีในช่องปากในปี 1896 เขาได้ออกแบบเครื่องเอกซเรย์ฟันและเสนอวิธีการถ่ายภาพรังสีของฟันและขากรรไกร ซึ่งผลงานของเขาได้รับการตีพิมพ์ใน Dental cosmos ในเดือนสิงหาคม 1899 Kells ได้ให้ความสำคัญในการวางฟิล์มให้ขนานกับวัตถุ และเป็นผู้ที่ให้ข้อระวางเกี่ยวกับอันตรายจากรังสีเอกซ์ ซึ่งในตอนแรกยังไม่มีการทราบถึงอันตรายของรังสีเอกซ์ โดยสังเกตจากผู้ป่วยที่ได้รับรังสีเป็นเวลานาน จะมีการอักเสบที่ผิวหนังซึ่งแตกต่างจากการอักเสบที่ถูกแดดเผา แต่ถ้าได้รับรังสีในช่วงเวลาสั้นๆ หลายครั้ง จะไม่ปรากฏอาการ

ในอดีตเครื่องเอกซเรย์นั้นยังมีคุณภาพต่ำ ซึ่งต้องมีการปรับก่อนที่จะให้รังสีแก่ผู้ป่วย ซึ่งจะทำโดยวางมือระหว่างหลอดเอกซเรย์และแผ่นรับภาพ และปรับความต่างศักย์ของหลอดจนมีค่าพอเหมาะที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีคุณภาพดีที่สุดในวิธีนี้ใช้

มาตั้งแต่ปี 1896 และยังไม่ปรากฏผลเสียใดๆ จนกระทั่ง 12 ปีต่อมา นิ้วมือของ Kells เริ่มเป็นมะเร็ง เขาต้องตัดนิ้วมือทิ้งไป และยังไม่ได้ผล จึงต้องตัดแขน และในที่สุดก็จบชีวิตลงในปี 1928 และนับได้ว่า Dr. C Edmund Kells เป็นบิดาของ Dental Radiology

คุณสมบัติของรังสีเอกซ์

1. เป็น electromagnetic radiation
2. มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ไม่มีน้ำหนัก ไม่สามารถได้ยิน รู้สึกหรือสัมผัสได้
3. เคลื่อนที่ไปในอากาศเป็นเส้นตรงเช่นเดียวกับแสง และมีความเร็วเท่ากับแสง
4. มีความยาวคลื่นสั้น (รังสีเอกซ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยมีความยาวคลื่น 0.1-0.5 Angstrom)
5. ไม่สามารถสะท้อนหรือหักเหได้ด้วยอำนาจแม่เหล็ก
6. ไม่สามารถโฟกัสได้ด้วยเลนส์
7. สามารถทะลุผ่านวัตถุทึบแสงได้ ซึ่งวัตถุจะดูดกลืนพลังงานไว้ โดยอำนาจในการทะลุทะลวง เป็นปฏิภาคกลับกับความยาวคลื่น
8. สามารถทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นประจุบวกและลบได้
9. สามารถทำให้เกิดการเรืองแสงได้ในสารบางชนิด
10. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งมีชีวิต (biologic effect)

การเกิดรังสีเอกซ์

รังสีเอกซ์ ที่สร้างจากหลอดรังสีวินิจฉัย มี 2 ชนิด คือ

1. Bremsstrahlung (General ,White) radiation
2. Characteristic (Line) radiation

Bremsstrahlung (General ,White) radiation

Bremsstrahlung มาจากคำว่า Brems = brake และ Strahl = ray ซึ่งโดยรวม ก็คือ braking radiation หมายถึง รังสีที่เกิดจากการหยุด หรือหน่วง electron ที่มีความเร็วสูงให้ช้าลง โดยอะตอมของ ทังสแตนในหลอดเอกซเรย์

Characteristic (Line) radiation

เกิดขึ้นเมื่อ electron ที่มีพลังงานสูงพอที่จะชน electron ตัวหนึ่งในวงโคจรในสุด (K-shell) ให้กระเด็นหลุดออกไปจากอะตอม ทำให้เหลือที่ว่างเกิดขึ้นในวงโคจรหรือระดับพลังงานนั้น และจะถูกแทนที่อย่างรวดเร็ว โดย electron ที่อยู่ในวงโคจรที่ไกลกว่า ทำให้ปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งพลังงานที่ถูกปล่อยออกมานี้เรียกว่า Characteristic radiation และมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่าง binding energy ของ electron ในอะตอมนั้นๆ ซึ่ง binding energy ของวงโคจร K-shell ของทังสแตนมีค่าประมาณ 70 keV จะต้องอาศัย electron ที่มีพลังงานอย่างน้อยที่สุด 70 keV ในการที่จะชนให้ electron ตัวหนึ่งในวงโคจร K-shell หลุดออกจากอะตอม และ electron จาก L,M shell ก็จะมาเข้ามาแทนที่ เช่นถ้ามาจาก M shell ซึ่งมีพลังงาน 2.8 keV จะได้ Characteristic radiation ซึ่งมีค่า $70 - 2.8 = 68.2$ keV

โดยปกติ ความยาวคลื่นของ Characteristic radiation จะยาวกว่าของ Bremsstrahlung radiation และจะถูกดูดกลืนได้ที่ผนังแก้วของหลอดเอกซเรย์ แผ่นกรองรังสี aluminium หรือ เนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต

ปรากฏการณ์ต่างๆ โดยรังสีเอกซ์

1. photographic effect - ทำให้เกิดภาพได้โดยปฏิกิริยาเคมี
2. fluorescent effect - ทำให้วัตถุเรืองแสงได้ในที่มืด
3. ionizing effect - ทำให้ ก๊าซ แตกตัวเป็นประจุได้
4. physiologic effect - มีผลต่อร่างกาย เช่น ผิวหนังมีผื่นแดง , ทำให้เป็นหมัน

5. chemical effect - ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของสารได้

การเกิดปฏิกิริยาระหว่างรังสีเอกซ์ และวัตถุต่างๆ (Interaction of x-ray with matter)

รังสีที่ออกจากหลอดเอกซเรย์ จะออกมาจากทุกทิศทาง ซึ่งได้แก่

- useful beam : คือรังสีที่ปล่อยให้ผ่านออกมาจากช่องทางเปิด (window) อาจเรียกว่า primary beam ซึ่งส่วนกลางเรียกว่า central ray
- strayed radiation : คือรังสีที่ออกจากจุดโฟกัสแล้วไปในทิศทางอื่นๆ ซึ่งไม่มีประโยชน์ในการวินิจฉัย

รังสีที่ออกมาจะมีความเข้มลดลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น และเป็นไปตามกฎ inverse square law นั่นคือ ความเข้มของลำรังสีจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง และเมื่อลำรังสีเอกซ์ผ่านวัตถุจะถูกดูดกลืนทำให้อ่อนลงและหายไปมากที่สุด ซึ่งการดูดกลืนโดยวัตถุนั้นเป็นการถ่ายทอดพลังงานของรังสีเอกซ์ ไปยังอะตอมของวัตถุที่มันผ่านไปนั่นเอง โดยเมื่อผ่านวัตถุใดก็ตามจะเกิดการดูดกลืนได้ 5 แบบ ดังนี้

1. no interaction : รังสีผ่านไปโดยไม่มีปฏิกิริยาใดๆ ในทางทันตรังสีวิทยา คิดเป็น 9% ของรังสีที่ผ่านบริเวณศีรษะ

2. coherent scattering (unmodified scattering) : เกิดเมื่อรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานต่ำ ผ่าน electron ชั้นนอกของอะตอม และทำให้ electron เหล่านี้กระจายออกไปในทิศทางต่างๆ โดยไม่สูญเสียพลังงาน รังสีเอกซ์มีปฏิกิริยากับ electron โดยทำให้มันสั่นด้วยความถี่เดียวกับรังสีเอกซ์ แล้ว electron นั้นจะปล่อยรังสีเอกซ์ใหม่ออกมาซึ่งกระจายไปในทิศทางเปลี่ยนไปจากเดิมแต่ยังมีความถี่และพลังงานเท่าเดิม เกิดขึ้นประมาณ 8% ของ dental x-ray beam

3. photoelectric effect : เป็นการ interact ของรังสีเอกซ์กับ electron ในวงโคจรของสารที่เป็นตัวกลาง รังสีเอกซ์จะคายพลังงานทั้งหมดของมันให้กับ electron ในรูปพลังงานจลน์ และรังสีเอกซ์ก็จะถูกดูดกลืนและหายไป ส่วน electron ที่ได้รับพลังงานก็จะเคลื่อนที่ออกจากวงโคจรของมันด้วยความเร็วหนึ่ง เรียกว่า photoelectron ดังนั้นอะตอมจะเกิดประจุบวกขึ้น ซึ่ง photoelectron นั้นก็จะเคลื่อนที่ไปชน electron ในอะตอมอื่นๆ เป็นการ ionize อะตอมข้างเคียงจนกระทั่งตัวมันหมดพลังงาน โดย 80% ของปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในวงโคจร K และเมื่อ electron ถูกทำให้ออกไปจากวงโคจรชั้นใน electron ชั้นนอก จะเข้ามาแทนที่ว่าง ซึ่งเป็นการคายพลังงาน characteristic ของอะตอม โดยมักเป็นชนิดที่มีพลังงานต่ำ และจะถูกดูดกลืนหมดทันทีโดยอะตอมที่อยู่ใกล้ๆ ปฏิกิริยาแบบนี้เกิดขึ้น ประมาณ 30% ของปฏิกิริยาทั้งหมด
Compton effect : มักเรียกว่า Compton scattering (incoherent) คล้ายกับ photoelectric effect ที่มีปฏิกิริยาระหว่างรังสีเอกซ์ และ electron ในวงโคจร และทำให้ electron หลุดออกไป แต่จะเกิดกับ electron อิสระ หรือ electron ที่อยู่ในวงโคจรชั้นนอก ซึ่งถูกดูดไว้ด้วยแรงน้อยๆ รังสีเอกซ์ เพียงแค่ถ่ายทอดพลังงานส่วนหนึ่งให้กับ electron ตัวที่วิ่งออกไป ทำให้ตัวมันเองมีพลังงานลดลง และกระจายไปในทิศทางใหม่ ซึ่งอาจก่อให้เกิด Compton scattering ต่อไป หรือถูกดูดกลืนแบบ photoelectric effect ก็ได้ ดังนั้นปรากฏการณ์นี้ จึงเป็นตัวทำให้เกิดการกระจายของรังสีเอกซ์ในทุกทิศทาง การ interact แบบนี้มักพบได้ใน soft tissue

4. Compton effect : มักเรียกว่า Compton scattering (incoherent) คล้ายกับ photoelectric effect ที่มีปฏิกิริยาระหว่าง รังสีเอกซ์ และ electron ในวงโคจร และทำให้ electron หลุดออกไป แต่จะเกิดกับ electron อิสระ หรือ electron ที่อยู่ในวงโคจรชั้นนอก ซึ่งถูกดูดไว้ด้วยแรงน้อยๆ รังสีเอกซ์ เพียงแค่ถ่ายทอดพลังงานส่วนหนึ่งให้กับ electron ตัวที่วิ่งออกไป ทำให้ตัวมันเองมีพลังงานลดลง และกระจายไปในทิศทางใหม่ ซึ่งอาจก่อให้เกิด Compton scattering ต่อไป หรือถูกดูดกลืนแบบ photoelectric effect ก็ได้ ดังนั้นปรากฏการณ์นี้ จึงเป็นตัวทำให้เกิดการกระจายของรังสีเอกซ์ในทุกทิศทาง การ interact แบบนี้มักพบได้ใน soft tissue

5. pair production : เป็นปฏิกิริยาระหว่างรังสีเอกซ์และ นิวเคลียสของอะตอม โดยรังสีเอกซ์จะหายไปและเกิดเป็นอนุภาคใหม่ 2 อนุภาคคือ positron (positive electron) และ negatron (negative electron) โดยมีพลังงานเท่ากันคือ ตัวละ 0.511 MeV และอนุภาคทั้งสองนี้จะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน และจะเกิดปฏิกิริยาแบบนี้ ก็ต่อเมื่อ รังสีเอกซ์ที่เข้ามา มีพลังงานอย่างน้อย 1.022 MeV และจะไม่เกิดในทันตรังสีวินิจฉัยเนื่องจากรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยนั้นมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานขั้นต่ำที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาแบบนี้ได้ แต่จะพบในขบวนการรังสีรักษา

การดูดกลืนรังสีเอกซ์

เมื่อรังสีเอกซ์ทะลุผ่านวัตถุ บางส่วนจะถูกดูดกลืน ที่เหลือจะผ่านออกมาทำให้เกิดภาพของวัตถุนั้น หรือเรียกว่า ภาพรังสี ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดกลืนรังสีเอกซ์ คือ

1. ความยาวคลื่น หรือ พลังงานของรังสีเอกซ์ ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความต่างศักย์ของหลอดรังสี ค่าความต่างศักย์มากจะให้ รังสีเอกซ์ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้น มีพลังงานมาก สามารถทะลุทะลวงได้ดี
2. ความหนาของวัตถุ วัตถุที่มีความหนามากจะดูดกลืนรังสีมากกว่าวัตถุที่บางกว่า
3. ความหนาแน่นของวัตถุ วัตถุที่มีความหนาแน่นสูงจะดูดกลืนรังสีได้มากกว่าวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า
4. atomic number (จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส) มีผลต่อการดูดกลืนรังสีเอกซ์มากกว่า ความหนา และ ความหนาแน่น โดยวัตถุที่มีเลขอะตอมมาก จะดูดกลืนรังสีได้มาก

ในทางทันตกรรม กระดูกขากรรไกร มีโครงสร้างต่างๆซึ่งมีความแตกต่างกัน ทำให้ดูดกลืนรังสีไม่เท่ากันและสามารถเกิดลักษณะที่แตกต่างกันในภาพรังสี เช่น วัสดุอุดฟัน พวก amalgam , ทอง จะดูดกลืนรังสีมากกว่า enamel ,dentin, cementum กระดูก cortex จะดูดกลืนรังสีมากกว่า cancellous และมากกว่า periodontal ligament, pulp, soft tissue นอกจากนี้ เนื้อเยื่อที่เป็นโรคหรือ พยาธิสภาพ จะดูดกลืนรังสีต่างไปจากปกติ ทำให้ลักษณะที่ปรากฏบนภาพรังสีแตกต่างไป และมีประโยชน์ช่วยในการวินิจฉัยโรคได้

ประโยชน์ของ x-radiation

1. diagnosis ใช้ในการวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์และทันตกรรม
2. radiotherapy ใช้ในการรักษาโรค
3. industrial and art ใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างวัสดุ รอยเชื่อม ภาพเขียนเก่าๆ
4. spectroscopy ใช้จัดแบ่งชนิดของแร่ธาตุ
5. photochemistry ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของปฏิกิริยาต่างๆ
6. radiobiology เปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีของเซลล์และเนื้อเยื่อ
7. crystallography วิเคราะห์ลักษณะโมเลกุล
8. sterilization การเก็บและถนอมอาหาร

ประโยชน์ของ dental radiographs

1. เพื่อตรวจหาโรค พยาธิสภาพต่างๆ และ สภาวะของฟัน และโครงสร้างใกล้เคียง ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ทางคลินิก
2. เพื่อระบุตำแหน่งของพยาธิสภาพ หรือ foreign objects
3. ให้ข้อมูลที่ช่วยในการรักษาทางทันตกรรม เช่น การรักษารากฟัน
4. ประเมิน growth & development
5. เพื่อเป็นหลักฐานก่อน ระหว่าง และหลังการรักษา

หนังสืออ้างอิง แหล่งการเรียนรู้

1. Stuart C. White, Michael J. Pharoah. Oral Radiology Principles and Interpretation 6th ed. St. Louis: Mosby; 2009: 2-15.
2. Joen I. Harring, Laura J Lind. Dental Radiography Principles and Techniques, second edition, Saunders, 2000.
3. Olaf E. Langland, Robert P. Langlais. Principles of Dental Imaging. Williams and Wilkins, 1991.

