วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

บทความวิชาการ

หลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน

โอภาส คีรีตะ วทบ.(รังสีเทคนิค)*

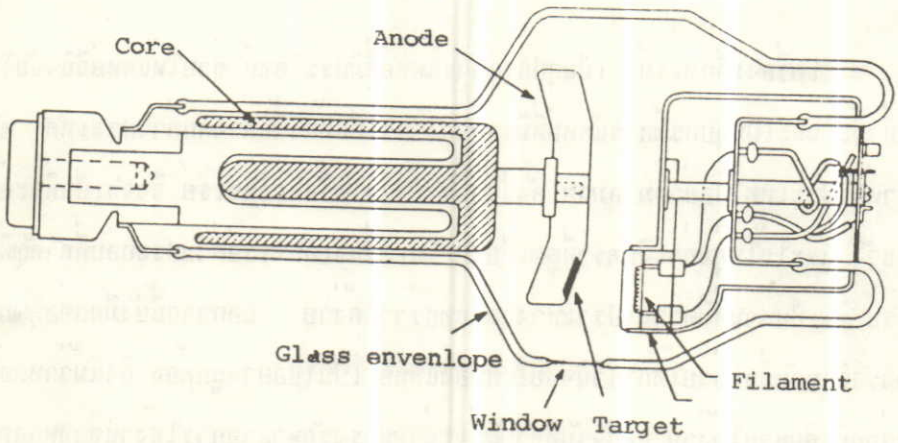
เครื่องเอ็กซเรย์ เป็นอุปกรณ์การแพทย์ที่มีประโยชน์ ช่วยให้แพทย์วินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น และเป็นอุปกรณ์การแพทย์ที่มีราคาสูง จำเป็นต้องซื้อมาจากต่างประเทศ ทำให้สูญเสียเงินตราต่างประเทศไปอย่างมากมาย ดังนั้นการใช้งานเครื่องเอ็กซเรย์ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้อย่างระมัดระวัง และใช้ให้คุ้มค่าเงินตราที่สูญเสียไป ในเครื่องเอ็กซเรย์ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดคือหลอดเอ็กซเรย์ ซึ่งเป็นส่วนที่มีความเปราะบางและแตกร้าวได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีในอันที่จะช่วยให้การวินิจฉัยโรคของแพทย์ เป็นไปอย่างถูกต้อง ถึงแม้ว่าหลอดเอ็กซเรย์จะเป็นส่วนที่เสียหายได้ง่าย แต่ปัจจัยที่สำคัญที่จะช่วยบำรุงรักษาอายุการใช้งานของหลอดเอ็กซเรย์ให้ยาวนานก็คือ ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องรู้จักวิธีการใช้งานอย่างถูกต้องและระมัดระวัง การบำรุงรักษารวมไปถึงการตรวจสอบความผิดปกติต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นแก่หลอดเอ็กซเรย์

หลอดเอ็กซเรย์ที่ใช้ในทางรังสีวินิจฉัย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ กล่าวคือ หลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดอยู่นิ่ง (Stationary anode X-ray Tube) และหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน (Rotating Anode X-ray Tube) หลอดเอ็กซเรย์ทั้งสองแบบมีหลักการทำงานและส่วนประกอบต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก จะมีความแตกต่างกันก็เพียงลักษณะของอาโนดเท่านั้น ในที่นี้กล่าวถึงหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางและสามารถให้ปริมาณเอ็กซเรย์ตลอดจนสามารถทนกำลังได้สูงกว่าแบบอาโนดอยู่นิ่ง

หลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุนมีส่วนประกอบและโครงสร้าง ดังรูปที่ 1

*ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน

ส่วนประกอบของหลอดเอ็กซเรย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน กล่าวคือ

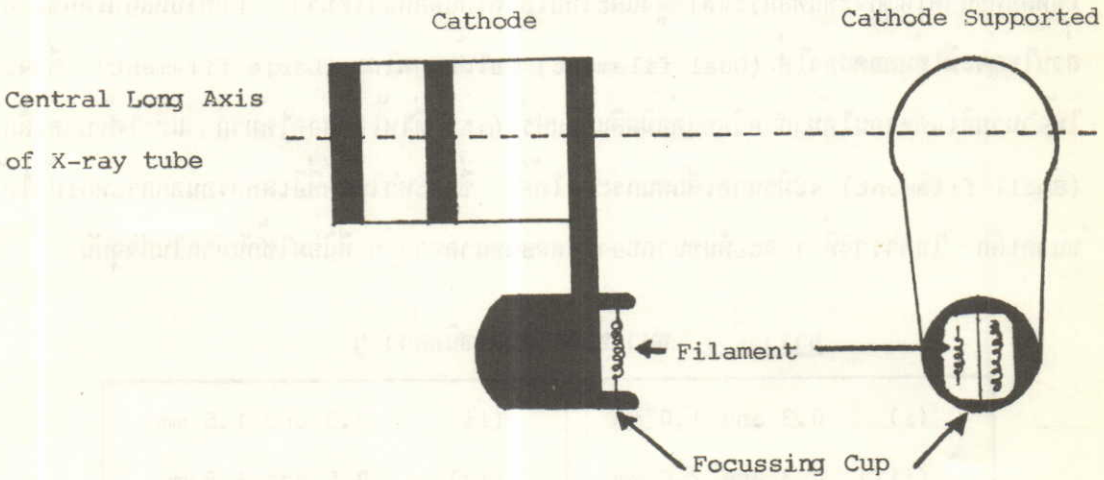
1. คาโถด (Cathode) เป็นส่วนประกอบของหลอดเอ็กซเรย์ ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายอิเลคตรอน

2. อาโนด (Anode) เป็นส่วนที่จะหยุดอิเลคตรอนที่วิ่งด้วยความเร็วสูงจากคาโถด และเป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ ที่เกิดเนื่องจากการชนของอิเลคตรอนกับเป้าโลหะ

3. หลอดแก้ว (Glass envelope) ทำหน้าที่หุ้มส่วนประกอบต่าง ๆ ของหลอด

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

คาโถด



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของคาโถด

คาโถดประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน กล่าวคือ

1. ส่วนยึดไส้หลอด (Supporting part) เป็นส่วนของคาโถด ที่ยึดติดกับหลอดแก้วที่หุ้มหลอดเอ็กซเรย์ และทำหน้าที่ยึดไส้หลอดให้ติดอยู่กับขั้วหลอดในตำแหน่งที่ตรงกับเป้า(target) เนื่องจากเป้าที่อิเลคตรอนจะวิ่งเข้าไปชนไม่ได้อยู่ในแนวกลางหลอด (Central Axis)แต่แนวการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนจะขนานกับแนวกลางหลอด (ดังรูปที่ 2) ส่วนนี้ยังเป็นทางผ่านของสายไฟที่เข้าไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของคาโถด

2. ไส้หลอด (Filament) จะทำหน้าที่ให้อิเลคตรอนอิสระ อิเลคตรอนที่ออกมานี้ได้จากการทำให้โลหะร้อนมาก ๆ ทำให้มีอิเลคตรอนหลุดออกมาออกันอยู่รอบ ๆ ผิวโลหะนั้น ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เทอมิโอนิค อิมิสชั่น (Thermionic emission) ไส้หลอดเอ็กซเรย์มีลักษณะเป็นเส้นลวดที่ทำด้วยเทอริเอตทังสเตน (Thoriated tungsten) ขดเป็นวงคล้ายปริง

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

ที่นิยมใช้ทังสเตนเป็นไส้หลอด เนื่องจากทังสเตนจะให้อิเลคตรอนออกมาในปริมาณที่มาก และมีจุดหลอดเหลวสูงถึง 3380 ° C ไส้หลอดมีความยาวหลายขนาดแล้วแต่อัตราทนกำลังของหลอด โดยที่ไส้หลอดขนาดใหญ่ก็จะทนต่อกระแสได้สูงและให้อิเลคตรอนออกมาได้มาก ปกติในหลอดเอ็กซเรย์ส่วนใหญ่จะมีไส้หลอดสองไส้ (Dual filament) คือไส้ขนาดใหญ่ (Large filament) ซึ่งจะให้จำนวนอิเลคตรอนได้มาก หรือทนต่อมิลลิแอมแปร์ (mA) ที่ให้ไส้หลอดได้มาก และไส้ขนาดเล็ก (Small filament) จะมีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำ ซึ่งจะทำให้จุดที่อิเลคตรอนตกกระทบเป้าได้ขนาดเล็ก ในตารางที่ 1 จะเห็นขนาดของไส้หลอดขนาดต่าง ๆ ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

ตารางที่ 1 ขนาดของไส้หลอดชนิดต่าง ๆ

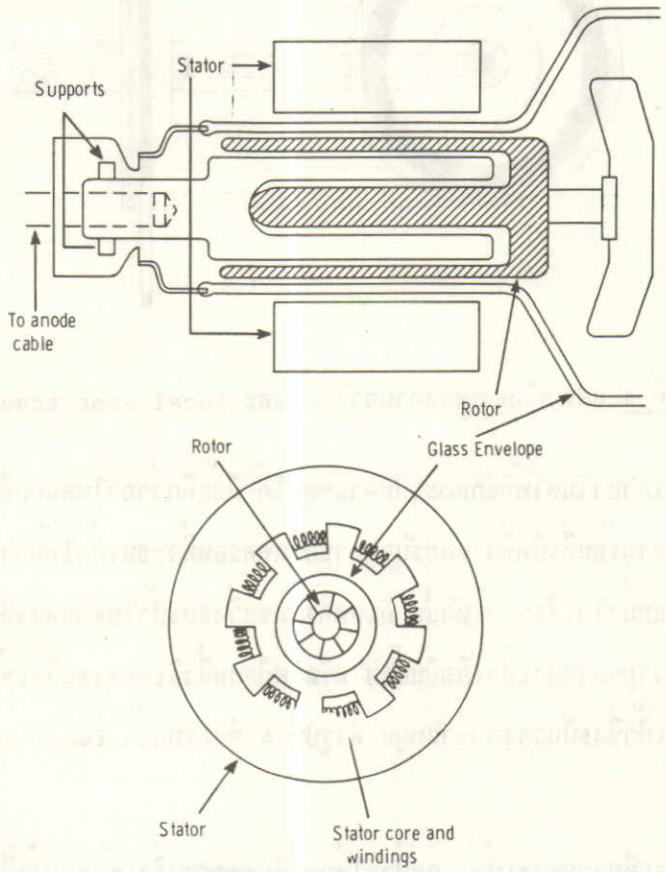
(i)	0.3 and 1.0 mm	(ii)	0.3 and 1.5 mm
(iii)	0.3 and 2.0 mm	(iv)	0.5 and 1.5 mm
(v)	0.5 and 2.0 mm	(vi)	0.6 and 1.0 mm
(vii)	0.6 and 2.0 mm	(viii)	0.7 and 2.0 mm
(ix)	0.8 and 1.8 mm	(x)	1.0 and 2.0 mm

3. ส่วนควบคุมลำอิเลคตรอน เป็นส่วนที่หุ้มอยู่รอบ ๆ ฟิลาเมนต์ แต่จะมีช่องเปิดอยู่ในด้านที่หันไปหาอาโนด ทำให้มองดูมีลักษณะคล้ายถ้วย เรียกว่า Focusing cup หรือFocusing Slot หน้าที่ของส่วนนี้นอกจากจะเป็นที่ยึดอยู่ของไส้หลอดแล้ว ในส่วนนี้ก็ยังให้ศักย์ไฟฟ้าที่เป็นลบ (ศักย์ของไฟฟ้าแรงสูง) ดังนั้นส่วนที่มีลักษณะคล้ายถ้วย ก็จะทำหน้าที่ผลักอิเลคตรอน ให้มีทิศทางวิ่งไปทางด้านอาโนด และอิเลคตรอนก็จะถูกรวมให้วิ่งเป็นลำออกไป และชนกับเป้าของอาโนด (target) ด้วย

อาโนด จะรับอิเลคตรอนที่วิ่งมาจากคาโถดด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วคาโถดและขั้วอาโนด บริเวณที่อิเลคตรอนวิ่งชนอาโนด เรียกว่าเป้า (target) ลักษณะของ

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

อาโนดในหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน จะมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 3

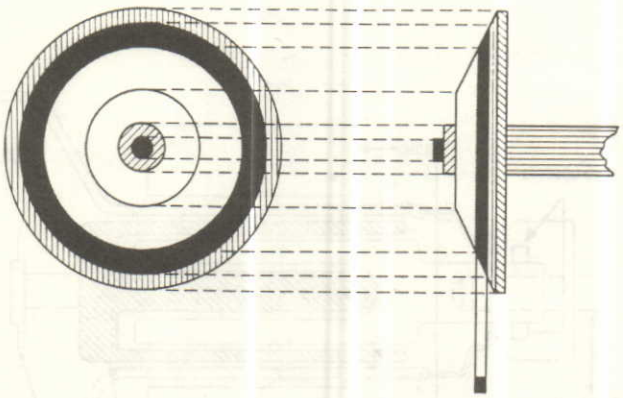


รูปที่ 3 แสดงลักษณะของอาโนดในหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

ส่วนประกอบที่สำคัญของอาโนดในหลอดเอ็กซเรย์ชนิดอาโนดเคลื่อนที่ได้ มีดังต่อไปนี้

1.1 จานอาโนด สมัยเริ่มแรกทำด้วยทังสเตน ยึดติดกับแกนและส่วนหมุน ซึ่งจะทำหน้าที่ยึดจานอาโนดให้อยู่คงที่และสามารถหมุนรอบจุดศูนย์กลางจานได้ ดังรูปที่ 4

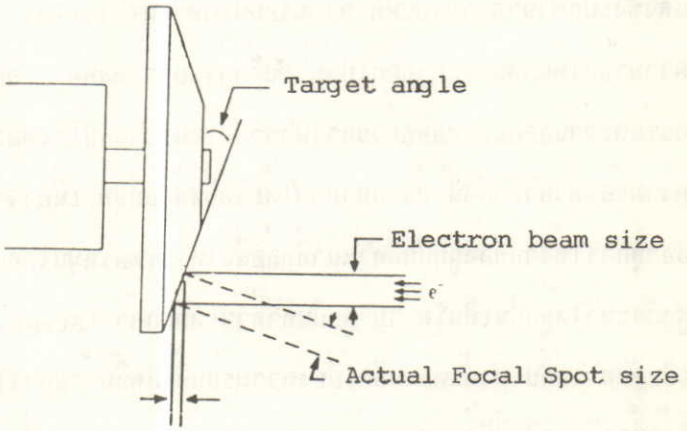


รูปที่ 4 แสดงลักษณะของจานอาโนด และ Focal spot tract

การทำอาโนดให้มีลักษณะเป็นจานหมุนได้ มีข้อดีกว่าอาโนดแบบยึดอยู่กับที่มาก ในแง่ของความทนต่อความร้อนที่เกิดขึ้น และรับจำนวนอิเลคตรอนที่จะชนเป้าได้มากทั้งนี้เนื่องจากใช้เป้าซึ่งหมุนเปลี่ยนตำแหน่งไปเรื่อย ๆ ดังนั้น อิเลคตรอนจะวิ่งชนเป้าในตำแหน่งที่ต่างกันตลอดเวลาจึงทำให้การสะสมความร้อนของเป้าเกิดขึ้นน้อย หรือเสมือนหนึ่งอิเลคตรอนวิ่งเข้าชนเป้าที่มีขนาดใหญ่กว่า ลักษณะของเป้าซึ่งเป็นวงรอบจานหมุน ดังรูปที่ 4 ซึ่งเรียกว่า focal spot tract หรือ target tract

การเอียงมุมของเป้า จะช่วยให้จุดที่อิเลคตรอนวิ่งเข้าชนเป้ามีขนาดเล็ก หรือ Source มีขนาดเล็ก เพื่อต้องการหลีกเลี่ยงความไม่ชัดเจนของภาพ เนื่องจากขนาดของแหล่งกำเนิดรังสีมีขนาดใหญ่ (Geometrical unsharpness) และจะมีผลทำให้ขนาดพื้นที่ที่อิเลคตรอนวิ่งเข้าชนเป้าจริง ๆ (actual focal spot) มีขนาดโต แต่ขนาดพื้นที่ที่ปรากฏ (Effective focal spot) จะมีขนาดเล็กกว่า ดังรูปที่ 5

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528



รูปที่ 5 แสดง Actual focal spot และ effective focal spot

1.2 แกนยึดจานอาโนดและโรเตอร์ (Anode stem and rotor) มีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 3 ปลายข้างหนึ่งของแกนยึดจานอาโนด จะยึดติดกลางจานอาโนด และอีกข้างหนึ่งยึดติดกับกระบอกทองแดง (โรเตอร์) แกนนี้ทำด้วยโลหะโมลิบดีนั่ม (Molybdenum) เนื่องจากต้องการความแข็งไม่โค้งงอได้ง่าย และนำความร้อนได้น้อย

โรเตอร์มีลักษณะเป็นทรงกระบอกทำด้วยทองแดง และยึดติดกับแกนโรเตอร์ด้วยการใช้ลูกปืน (ball bearing) เพื่อให้โรเตอร์หมุนได้คล่องและแกนโรเตอร์นี้จะยึดติดกับหลอดแก้ว ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าแรงสูงจากภายนอกเข้าสู่จานอาโนด การยึดของแกนโรเตอร์ จะต้องยึดอย่างแข็งแรงเพื่อป้องกันการสูญเสียความเป็นสูญญากาศของหลอด และต้องทนต่อความร้อนที่จะเกิดขึ้นที่รอยต่อ ถ้าไม่เช่นนั้นแล้วจุดนี้จะเป็นจุดที่เปราะแตกเสียหายได้ง่าย

ความร้อนที่เกิดขึ้นที่จานอาโนด จะถ่ายเข้าไปสู่ตัวโรเตอร์ได้ การนำความร้อนผ่านแกนโมลิบดีนัมแคบ ๆ ไปสู่ตัวโรเตอร์ทำได้บ้าง แต่โดยปกติแล้วจะต้องพยายามป้องกันความร้อนที่

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

เกิดเข้าไปสู่ตัวโรเตอร์ ดังนั้นจึงนำเอาโมลิบดีนั่ม ซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ค่อยดีนักมาใช้ทำแกนอาโนด ออกแบบให้แคบ ๆ เพื่อป้องกันการนำความร้อนไปสู่ตัวโรเตอร์ ตัวโรเตอร์ทำด้วยโลหะทองแดงซึ่งเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ความร้อนที่เกิดขึ้นที่ตัวโรเตอร์ จะส่งผ่านออกจากหลอดด้วยวิธีแผ่รังสีความร้อนให้แก่หลอดแก้วออกไปสู่น้ำมันที่อยู่รอบ ๆ หลอด อีกทางหนึ่งจะผ่านลูกปืน ไปยังแกนโรเตอร์และผ่านออกนอกหลอดด้วยการนำความร้อนของแกนโรเตอร์ (Anode shank) ในการส่งผ่านความร้อนด้วยวิธีหลังนี้ ต้องพยายามให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เนื่องจากว่าอายุของหลอดส่วนหนึ่ง ขึ้นอยู่กับอายุการใช้งานของลูกปืนที่ทำหน้าที่หล่อลื่นให้โรเตอร์หมุนได้คล่องรอบตัวแกน ถ้าหากเกิดความร้อนสูงก็จะทำให้ลูกปืนเสียได้ง่าย ลูกปืนทำด้วยเหล็กกล้า (Steel) เคลือบด้วยโลหะเงินบาง ๆ เพื่อเป็นตัวทำให้ลื่น ดังนั้นต้องหลีกเลี่ยงความร้อนที่เกิดขึ้นด้วยการให้ตัวโรเตอร์เป็นตัวระบายความร้อนได้อย่างดี ลูกปืนนี้มีส่วนสำคัญต่ออายุของหลอดอย่างมาก เนื่องจากเราไม่สามารถที่จะซ่อมหรือเปลี่ยนได้ การหมุนของโรเตอร์จะต้องไม่ทำให้หลอดสั่นหรือแกว่ง และต้องหมุนด้วยความเร็วถึงความเร็วที่กำหนดไว้อย่างรวดเร็ว ไม่ติดขัด ลูกปืนที่ใช้มีลักษณะเป็นตลับ ลูกปืนที่ประกอบด้วยลูกปืนหลาย ๆ ลูกเรียงเป็นแถวอยู่รอบ ๆ แกนโรเตอร์

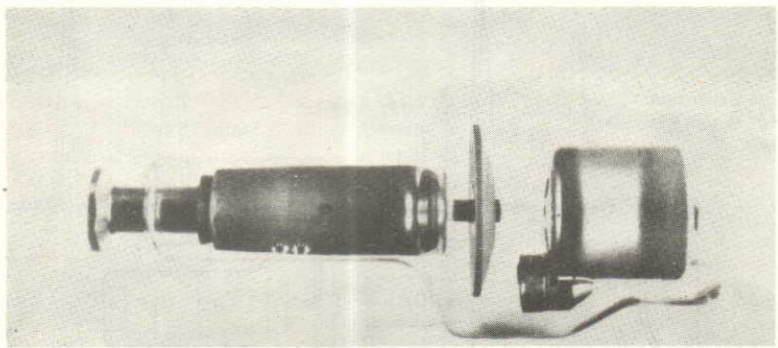
การหมุนของโรเตอร์ เกิดขึ้นเนื่องจากการเหนี่ยวนำของขดลวดอินดักชั่น ที่อยู่รอบ ๆ หลอด และหลอดแก้วตรงบริเวณรอบ ๆ โรเตอร์ ซึ่งจะลอดเข้ามามีขนาดโตกว่าโรเตอร์ เพียงเล็กน้อย ขดลวดอินดักเตอร์ที่หุ้มอยู่รอบ ๆ หลอดเรียกว่าสเตเตอร์ (Stator) การหมุนของโรเตอร์เกิดขึ้นจากขดลวดสเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ โรเตอร์ และมีการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กนี้ จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำ (Induction current) ในตัวโรเตอร์ ขณะที่เกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นมาก็จะเกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าและขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้น จะมีขั้วเช่นเดียวกับสนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดเหนี่ยวนำ ของสเตเตอร์ จึงทำให้เกิดแรงผลักกันขึ้น ทำให้โรเตอร์หมุนได้เช่นเดียวกับหลักการของอินดักชั่น มอเตอร์ที่มีใช้กันมากในชีวิตประจำวัน อาทิเช่น มอเตอร์พัดลม เป็นต้น ความเร็วของการหมุนโรเตอร์ที่ใช้กัน จะมีความเร็วรอบของการหมุนอยู่ในช่วง 2,400 ถึง 3,600 รอบต่อนาที และในกรณีของเครื่องขนาด

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

ใหญ่ จะมีความเร็วที่เลือกได้ คือการหมุนแบบปกติ (Normal speed) จะมีความเร็วประมาณ 3,000 รอบต่อนาที และการหมุนแบบความเร็วสูง (High Speed) จะมีความเร็วประมาณ 9,000 รอบต่อนาที ความผิดปกติที่ทำให้การหมุนของหลอดช้าลงหรือหยุดหมุน ก็จะมีผลทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลงหรือหมดสภาพการใช้งานไปได้

หลอดแก้ว

หลอดเอ็กซเรย์จะต้องเป็นหลอดสูญญากาศ หรือทำให้มีความดันของก๊าซต่าง ๆ อยู่ในปริมาณน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ สิ่งนี้มีความสำคัญมาก เพราะถ้ามีก๊าซอยู่ในหลอดเอ็กซเรย์ ปริมาณสูง จะทำให้อิเลคตรอนที่วิ่งจากคาโถดไปยังอาโนด ชนอะตอมของก๊าซเกิดการไอออนไนซ์ ทำให้อิเลค-ตรอนต้องสูญเสียพลังงานวิ่งไปไม่ถึงอาโนด หรือเปลี่ยนทิศทางไปชนอาโนดไม่ตรงตำแหน่งเป้าที่ต้องการผล คือปริมาณเอ็กซเรย์ที่เกิดขึ้นจะลดลงไปมาก และเป็นส่วนหนึ่งที่จะบอกถึงการสิ้นสุดสภาพการใช้งานของหลอดเอ็กซเรย์ หลอดแก้วที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติที่แข็งแรงพอที่จะห่อหุ้มส่วนต่าง ๆ ไว้อย่างมั่นคง ทนต่อความร้อนและแรงดันไฟฟ้าได้สูง ส่วนใหญ่นิยมใช้พวก Pylexglass ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ลักษณะของหลอดเอ็กซเรย์มีลักษณะดังรูปที่ 6



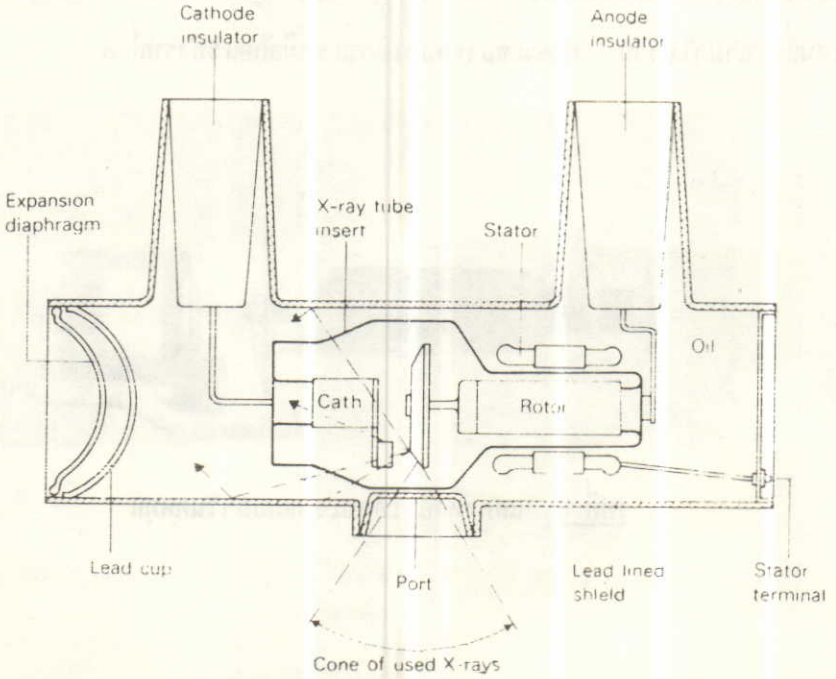
รูปที่ 6 แสดงหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

บริเวณรอบ ๆ โรเตอร์ หลอดแก้วจะคอดเข้ามาเพื่อให้โรเตอร์อยู่ชิดหลอดแก้วมาก ซึ่งเป็นบริเวณที่จะสอดเข้ากับขดลวดสเตเตอร์ที่ใช้หมุนโรเตอร์ และเพื่อให้มีการระบายความร้อนออกจากโรเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว บริเวณตรงกลางหลอดด้านล่างตำแหน่งที่อิเลคตรอนวิ่งชนอาโนด หลอดแก้วบริเวณนี้จะบางกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากไม่ต้องการให้หลอดแก้ว ซึ่งเป็นวัตถุที่สามารถดูดกลืน (Absorbed) รังสีเอาไว้ได้ จึงทำให้บางลงเพื่อให้เอ็กซเรย์ผ่านหลอดแก้วออกมาได้มาก เรียกบริเวณนี้ว่า Window จากที่กล่าวมาแล้วว่าหลอดแก้วเป็นตัวรักษาความเป็นสูญญากาศ ดังนั้นในการผลิตจึงจำเป็นต้องมีความพิถีพิถันมาก ปกติแล้วหลอดที่ผลิตออกมาจากโรงงาน จะมีการทดสอบการทำงานก่อนที่จะส่งจำหน่ายไปยังบริษัทผู้ประกอบเครื่องเอ็กซเรย์

การบรรจุหลอดเอ็กซเรย์ลงใน TUBE HOUSING

การบรรจุหลอดเอ็กซเรย์ชนิดอาโนดหมุนลงใน Tube Housing จะอยู่ในลักษณะดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงการบรรจุหลอดเอ็กซเรย์ชนิดอาโนดหมุนลงใน Tube Housing

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

TUBE HOUSING จะต้องมีลักษณะและคุณสมบัติดังนี้คือ

1. จะต้องสามารถป้องกันรังสีรั่วไหล (Leakage radiation) ในทิศทางที่ไม่ต้องการให้อยู่ในปริมาณที่กำหนดคือน้อยกว่า 100 mr/hr ที่ระยะ 1 เมตร จากหลอด

2. ต้องป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า (Shock proof) แก่ผู้ใช้และผู้ป่วย โดยมีการต่อเข้ากับสายกราวด์

3. ต้องสามารถป้องกันน้ำมันที่ใช้เป็นฉนวนซึ่งอยู่รอบ ๆ หลอดไม่ให้รั่วออกมา และป้องกันการเกิดฟองอากาศหรือมีน้ำรั่วเข้าไป

4. ต้องมีการดูดกลืนรังสีน้อยที่สุดในทิศทางที่จะนำเอ็กซเรย์ออกไปใช้งาน หรือบริเวณ window ของหลอด

5. ต้องมีเต้าเสียบสายไฟแรงสูงเข้าไปเลี้ยงหลอด และเต้าเสียบสายต้องสามารถยึดสายไฟแรงสูงให้ติดแน่นอยู่ได้

จากรูปที่ 7 จะเห็นว่าหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุน นอกจากจะมีสายไฟแรงสูง (High tension cables) แล้ว ยังมีสายไฟเข้าไปเลี้ยงขดลวดสเตเตอร์ของอาโนด สายที่เข้าไปเลี้ยงขดลวดสเตเตอร์นี้จะเป็นสายไฟขนาดเล็ก และทนโวลเตจต่ำ ๆ ตรงบริเวณทางออกของรังสี (Exit port) ซึ่งตรงกับ window ของหลอดเอ็กซเรย์ ส่วนใหญ่การผลิตจากโรงงานมักจะจำกัดขนาดของลำรังสีที่ออกมา ให้มีขนาดกว้างเป็นมุมกับกึ่งกลางลำรังสี (Central ray) ตรงบริเวณนี้จะมีตะกั่วเสริมอยู่หนากว่าบริเวณอื่น จะทำหน้าที่เป็นโคน (Cone) จำกัดลำรังสีข้างนอก tube housing ในบริเวณนี้ก็จะมีส่วนที่สามารถจะยึดติดกับอุปกรณ์จำกัดขนาดลำรังสี (beam limited devices อาทิเช่น โคน, คอลลิเมเตอร์ (Collimator) เป็นต้น

ความผิดปกติของหลอดเอ็กซเรย์

หลอดเอ็กซเรย์ที่ใช้งานตามปกติ อาจจะเกิดความเสียหายได้ หากเจ้าหน้าที่ผู้ใช้เครื่องไม่มีความระมัดระวัง ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับส่วนใดส่วนหนึ่งของหลอด อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อส่วนอื่น ๆ ของหลอดหรือของเครื่องเอ็กซเรย์ได้

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

ส่วนต่าง ๆ ของหลอดที่อาจเกิดความเสียหาย แบ่งออกได้ดังนี้

1. ความผิดปกติของหลอดแก้ว
2. ความผิดปกติของอาโนด, โรเตอร์ และขดลวดสเตเตอร์
3. ความผิดปกติของฟิลาเมนต์
4. ความผิดปกติของระบบสูญญากาศ

ความผิดปกติของหลอดแก้ว

หลอดเอ็กซเรย์ที่ใช้งานไปนาน ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้งานที่ mA และ KV สูง ๆ ฟิลาเมนต์จะเกิดความร้อนสูงมาก และขณะเดียวกันอิเลคตรอนที่หลุดออกไป ก็จะวิ่งชนเป้าด้วยความเร็วสูง เกิดความร้อนขึ้นอย่างมากมาย ก็จะมีผลทำให้ทังสเตนที่ใช้ทำฟิลาเมนต์เกิดระเหิด(Vaporization) กลายเป็นไอของโลหะทังสเตน และจะหลุดออกไปเกาะที่หลอดแก้วที่หุ้มอยู่รอบ ๆ ทำให้หลอดมีสีเปลี่ยนไปจากเดิมคือ มีลักษณะคล้ายกระจกเงา (Mirror like reffecting surface) ผลของการมีไอโลหะเกาะอยู่ที่หลอดแก้ว คือจะมีลักษณะคล้ายตัวกรองทำให้ปริมาณเอ็กซเรย์ที่ได้ลดลงไป แต่ผลอันนี้ก็ไม่ได้มีความสำคัญมากนัก ที่สำคัญคือไอของโลหะที่เกาะอยู่ จะไปมีผลทำให้ความเป็นฉนวนของหลอดแก้วลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้หลอดเกิดการแตกร้าวได้ง่าย เนื่องจากไฟแรงสูง (High Voltage) ที่ให้แก่หลอด เพราะถ้าหลอดเกิดแตกร้าวแม้ว่าจะเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลทำให้หลอดสูญเสียความเป็นสูญญากาศทันที

นอกจากนี้ หลอดเอ็กซเรย์ยังแตกร้าวได้เนื่องจากการถูกกระทบกระเทือนแรง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตอนที่หลอดยังร้อนภายหลังการใช้งานเสร็จใหม่ ๆ ซึ่งเป็นข้อควรระวังสำหรับเจ้าหน้าที่ผู้ใช้เครื่องเอ็กซเรย์ จะต้องไม่ให้หลอดกระแทกเข้ากับฝาผนังหรือวัตถุอื่น ๆ เพราะจะทำให้หลอดแตกได้ง่าย

ความผิดปกติของอาโนด โรเตอร์ สเตเตอร์

การใช้งานหลอดเอ็กซเรย์ที่ใช้ mA สูง ๆ ในเวลาสั้น ๆ จะเป็นผลทำให้อาโนดเกิดความร้อนสูงมาก ในหลอดเอ็กซเรย์แบบอาโนดหมุนจะช่วยให้ความร้อนลดลงไปได้มาก แต่ถ้าหากมีการใช้งานที่เกินกว่าความสามารถของอาโนดที่จะระบายความร้อนได้ทันแล้ว จะทำให้เกิดรอยร้าว

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

(Cracks) หรือเป็นหลุม (Pits) ซึ่งความผิดปกติที่เกิดขึ้นต่อแถบเป้าเรียกว่า "Crazy paving" ในเครื่องเอ็กซเรย์ปัจจุบันมักจะมีวงจรที่จะควบคุมการทำงานของหลอดไม่ให้เกิดจุดที่จะเกิดความเสียหายขึ้นกับหลอดเอ็กซเรย์ แต่เพื่ออายุการใช้งานที่ยาวนานของหลอดเอ็กซเรย์ผู้ใช้งานจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงการใช้ mA และ kV สูง ๆ ความขรุขระของผิวแถบเป้า จะยังผลให้เกิดผลเสียหายต่อภาพถ่ายทางรังสี และทำให้การกระจายของรังสีผิดไป (Ununiform) นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นสูงก็จะไปมีผลต่อระบบลูกปืนของอาโนด้วย เนื่องจากส่วนของโรเตอร์ทำด้วยโลหะหลายชนิดและการขยายตัวเนื่องจากความร้อนเกิดได้ไม่เท่ากัน ทำให้การหมุนของอาโนดสูญเสียความสมดุลจะยังผลให้ลูกปืนที่หล่อลื่นเสียหายได้ การเสียหายของลูกปืนก็จะทำให้อาโนดเสียหายโดยตรง และความร้อนก็ยังทำลายคุณสมบัติของลูกปืนให้เสียหายได้ ความผิดปกติที่ทำให้เกิดความเสียหายแก่อาโนด นอกจากความร้อนที่เกิดขึ้นแล้วความผิดปกติของขดลวดสเตเตอร์ ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้อาโนดเสียหายได้ การที่ไฟเลี้ยงขดลวดผิดปกติเช่น ไม่มีแรงดันไฟเข้ามา แรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ของไฟฟ้าที่เข้ามา ผิดไปจากเดิม ขดลวดสเตเตอร์ขาดหรือสายไฟหลุดหลวมทำให้ไม่มีไฟเข้ามาเลี้ยงขดลวด นอกจากนี้ความเสียหายของระบบลูกปืนที่โรเตอร์ ก็เป็นสาเหตุที่ทำให้อาโนดเกิดการเสียหาย

ความผิดปกติของฟิลาเมนต์

ความผิดปกติของฟิลาเมนต์อาจจะเนื่องมาจาก

ก. ฟิลาเมนต์ขาด เนื่องจากฟิลาเมนต์ได้รับความร้อนตลอดระยะเวลาการใช้งานเมื่อใช้งานไปนาน ๆ ฟิลาเมนต์จะเกิดการระเหิดไปทำให้บางลง และขาดได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดได้รับความกระทบกระเทือนขณะที่ฟิลาเมนต์ร้อน หรือมีไฟเข้ามาเลี้ยงฟิลาเมนต์อยู่หรือฟิลาเมนต์ได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว ก็จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

ข. เกิดจากวงจรไฟฟ้าที่เข้ามาเลี้ยงฟิลาเมนต์ ความผิดปกติของวงจรไฟ อาทิเช่น สายไฟหลุด ฟิวส์ขาด หรือไม่มีไฟจากคอลโทรลเข้ามาเลี้ยงหม้อแปลง ไส้หลอดก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ไส้

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

หลอดไม่ร้อนและไม่มีเอ็กซเรย์ออกมา

ความผิดปกติของระบบสูญญากาศ

สูญญากาศไม่ได้เป็นส่วนประกอบของหลอดโดยตรง แต่จำเป็นต้องทำให้หลอดเป็นสูญญา-กาศ เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น การที่มีไอของโลหะมาก ๆ อยู่ในหลอด หรือการที่มีโมเลกุลของอากาศอยู่ในหลอดมาก ๆ จะทำให้เกิดความสูญเสียแก่ระบบสูญญากาศ หรือเรียกว่าหลอดเกิด "Gassy" เมื่อมีการใช้งาน ผลที่สังเกตได้คือเข็มของ mA มิเตอร์จะตีขึ้นสุดสเกลได้ ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์แบบนี้ขึ้นมาจำเป็นต้องหยุดใช้เครื่องรอการเปลี่ยนหลอดใหม่เสียก่อน เพราะถ้าหากยังใช้ต่อไปแล้วก็จะทำให้เกิดความเสียหายแก่วงจรอื่น ๆ ได้

การตรวจเช็คความผิดปกติของหลอดเอ็กซเรย์

สำหรับเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานเครื่องเอ็กซเรย์สามารถที่จะสังเกต ความผิดปกติเบื้องต้น ที่เกิดขึ้นกับหลอดเอ็กซเรย์ได้ดังนี้

1. สังเกตการหมุนของหลอด ด้วยการฟังเสียงขณะโรเตอร์ว่ามีเสียงโรเตอร์ ดังหรือไม่ เสียงที่ได้ยิน เรียบหรือมีเสียงดังผิดปกติจากเดิมหรือไม่ ถ้าหากไม่มีเสียงดังหรือเสียงดังผิดปกติจะต้องมีการตรวจซ่อมโดยช่างต่อไป

2. เมื่อเอ็กซเรย์แล้วมีปริมาณรังสีออกมาน้อยกว่าปกติที่เคยใช้อยู่ สาเหตุอาจจะมาจากการที่มีไอของทังสเตนเกาะอยู่รอบ ๆ หลอดมากเกินไป หรือวงจรไฟเลี้ยงใส้หลอดผิดปกติ การตรวจเช็คทำได้โดยการถอดคอลลิเมเตอร์ออก ซึ่งจะสามารถมองเห็นใส้หลอดที่สว่างได้ เมื่อเปิดเครื่องเพราะขณะที่เปิดเครื่องจะมีไฟเข้ามาเลี้ยงใส้หลอดจำนวนหนึ่ง ลองสังเกตดังนี้

2.1 มองเห็นใส้หลอดสว่างหรือไม่ ถ้าไม่เห็นอาจเกิดเนื่องจาก ใส้หลอดขาดหรือไฟที่มาเลี้ยงใส้หลอดเกิดความผิดปกติให้ลองเปลี่ยนตัวเลือก mA ไปที่ตำแหน่งอื่นเพื่อดูใส้หลอด อีกใส้หนึ่ง ถ้าหากยังมองไม่เห็น ควรหยุดใช้เครื่องจนกว่าจะได้รับการตรวจเช็คอย่างละเอียดจากช่างต่อไป

วารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
BULLETIN OF CHIANG MAI
ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES
ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 กันยายน 2528

2.2 มองเห็นส่วนน้อย มองผ่านหลอดเข้าไปลำบากอันนี้อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเกิดความผิดปกติที่หลอดแก้วคือมีไอของโลหะทังสเตนมาเกาะจนมองเห็นได้ลำบาก

2.3 มองเห็นไส้หลอดได้สะดวก ลองสังเกตดูว่ามีน้ำมันเข้าไปอยู่ในหลอดบ้างหรือไม่ ถ้ามีก็แสดงว่าหลอดเกิดการแตกร้าว ดูที่อาโนดว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นหรือไม่ถ้าหากมีความเสียหายเกิดขึ้นและความเสียหายนั้นมีผลทำให้เกิดผลเสียต่อการถ่ายภาพทางรังสี ก็ควรที่จะยุติการใช้เครื่องจนกว่าจะได้รับการซ่อมแซมให้เรียบร้อย

หนังสืออ้างอิง

1. CHESNE D. NOREEN AND MURIEL : X-ray Equipment for Student Radiographers 3rd Edition 1984 Black well Scientific Publications pp.237-272

2. BUSHONG STEWARIC: Radiologic science for technologists, Dep. of Radiology Baylor Collage of Mecicine Texas 1980.

3. HEDEE R. WILLIAM, CHANEY L.EDWARD, ROSSI P. RAYMOND ; Radiologic Physics, Equipment and Quality Control 1977,Year Book Medical Publishers INC. pp. 99-110.

4. BLOOM L. WILLIAM : Medical Radiographic Technic 3rd edition, 1972; Charles C. Thomas publisher USA.