บทที่ 4

วิธีดำเนินงานและผลของการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้

ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่หนึ่งว่าการที่เราจะสามารถทราบปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของประชากร (Genetically Significant Dose)นั้น สิ่งที่สำคัญที่จะต้องทราบก็คือ ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ขณะที่ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ สำหรับเพศชายเราสามารถวัดโดยตรงได้จากปริมาณรังสีที่ผิวหนัง (Skin dose) แต่ของเพศหญิงต้องวัดปริมาณรังสีที่รังไข่ (Ovary dose) ซึ่งส่วนใหญ่เราไม่สามารถวัดโดยตรงได้ ต้องอาศัยผลจากการทดลองและการคำนวณประกอบ ในการทดลองนี้ได้กระทำโดยใช้หุ่นจำลอง (Phantom) แทนคนไข้ เพื่อหารายละเอียดความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ต้องการทราบ

4.1 หุ่นจำลอง (Phantom)

เมื่อรังสีผ่านเข้าไปในร่างกาย ปริมาณรังสีที่อวัยวะต่าง ๆ ได้รับย่อมไม่เท่ากัน การวัดปริมาณรังสีที่อวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่งได้รับจึงมีความจำเป็นต้องใช้หุ่นจำลองแทนคนไข้ และในการศึกษาทดลองหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ก็ต้องกระทำกับหุ่นจำลองแทน ดังนั้นหุ่นจำลองที่สร้างขึ้นจึงต้องมีคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับร่างกาย เช่นมีการดูดกลืน และสะท้อนรังสีได้เหมือนกับร่างกายเป็นต้น น้ำและของเหลว (Wet tissues) ในร่างกายมีการดูดกลืนรังสีได้คล้ายคลึงกันมาก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้น้ำแทนคนในการทดลอง เพราะมีความหนาแน่นและตัวเลขอะตอมเฉลี่ยพอ ๆ กับร่างกายเรา คือประมาณ 1 และ 7 ตามลำดับ

แต่อย่างไรก็ตามเครื่องมือวัดรังสีโดยเฉพาะ Ionization chamber มักจะเกิดการรั่วไหล (leakage effects) เมื่อถูกความชื้น ดังนั้นการใช้น้ำเป็นหุ่นจำลองจึงใช้ไม่ได้เสมอไป นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามสร้างสารประกอบขึ้นให้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำหรือเนื้อเยื่อในร่างกายมนุษย์ โดยทำให้มีความหนาแน่น จำนวนอีเล็คตรอนต่อกรัม และตัวเลขอะตอมเท่ากันหรือใกล้เคียง (equivalent) กับน้ำ เพื่อให้มีการดูดกลืนและสะท้อนรังสีได้เหมือนกับร่างกายมนุษย์ (ดังได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2) ที่นิยมใช้กัน เป็นสารพลาส

ติคชนิดหนึ่งเรียก "Mix-D" เป็นของแข็งที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 1 และส่วนประกอบเช่น ตัวเลขอะตอม คล้ายคลึง (equivalent) กับเนื้อเยื่อ (tissue) ของคน คือประมาณ 7 "Mix-D phantom" นั้นประกอบด้วย

1)	Crystalline wax	60.8 %
2)	Polyethylene granules	30.4 %
3)	Magnesium oxide	6.4 %
4)	Titanium dioxide	2.4 %

ในการทดลองครั้งนี้ใช้หุ่นจำลองที่ทำด้วยสาร Mix-D แกะสลักขึ้นเป็นรูปคนมีขนาดเท่าผู้ใหญ่ น้ำหนัก 51 กิโลกรัม สวนสูง 125 ซม. (เพียงแค่หัวเข่า) ส่วนหนา 23 ซม. ส่วนกว้าง 30 ซม. (บริเวณสะโพก) เจาะรูไว้ที่บริเวณรังไข่ของหญิงทั้งทางด้านข้างและด้านหน้า เพื่อสอดเครื่องวัดเข้าไปวัดปริมาณรังสีภายในได้ (ดังรูปที่ 4 - 1)

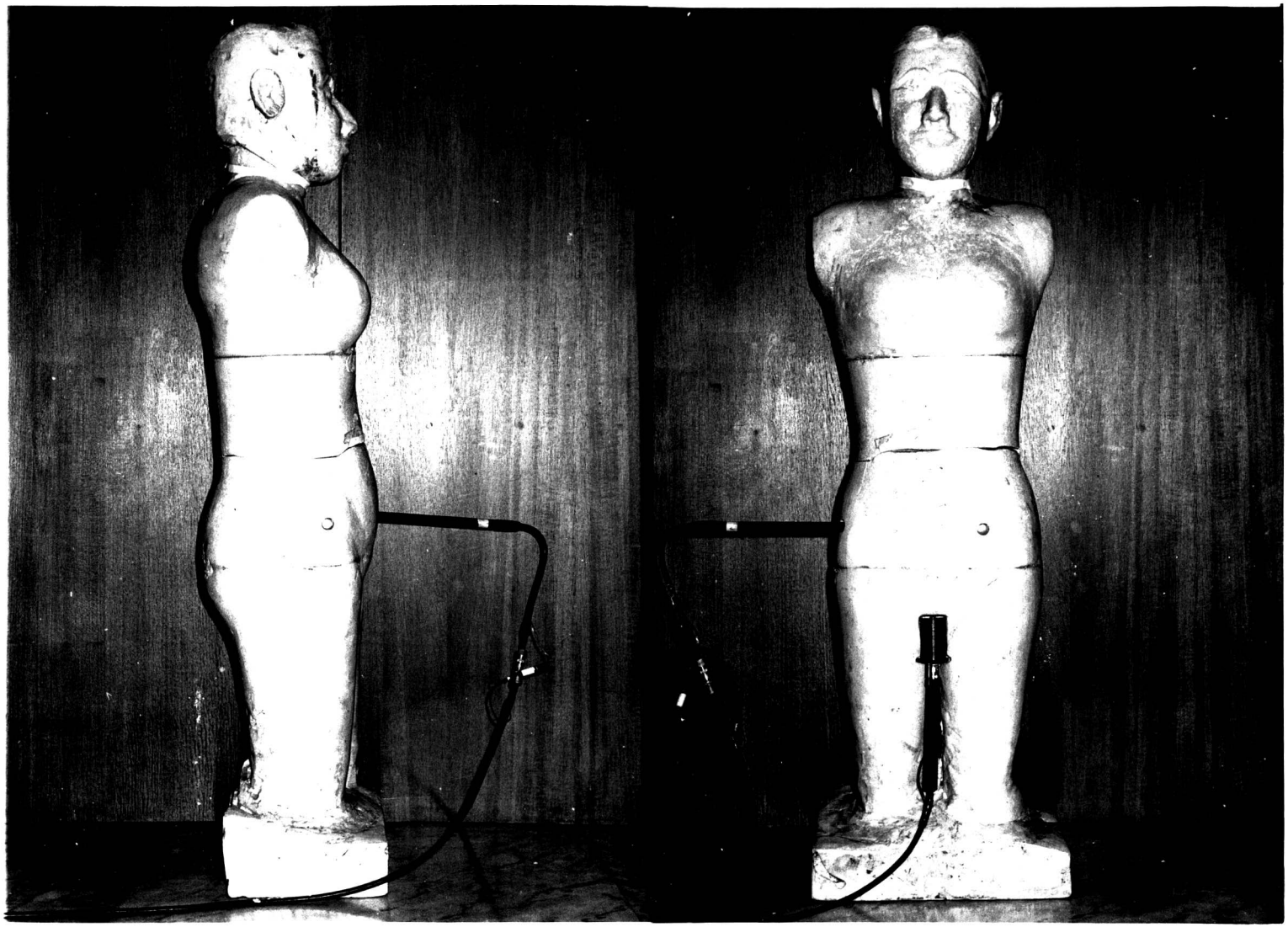
4.2 การวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธ์ (Possible ways to measure gonad dose)

การวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะที่คนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์นั้น กระทำได้หลายวิธี เช่น

ก) โดยใช้ฟิล์มวัดรังสี (Film badge) วิธีนี้ช้า เนื่องจากต้องเสียเวลานำฟิล์มไปล้างและอ่านผล และไม่สู้จะแม่นยำนักเพราะการใช้ฟิล์มวัดปริมาณรังสีอาจมีความคลาด - เคลื่อนได้ถึง ±20 % จึงไม่สู้จะเป็นที่นิยมนัก

ข) โดยใช้ Ionization chamber ซึ่งแต่เดิมออกแบบไว้สำหรับวัดค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์โดยเฉพาะ แต่ภายหลังจึงนำมาใช้วัดรังสีเอกซ์ทั่วไป

ค) โดยใช้ TLD เครื่องมือชนิดนี้เหมาะที่จะใช้วัดโดยตรงกับคนไข้มาก และได้ผลแม่นยำดี แต่มีราคาแพง เพิ่งจะมีใช้กันแพร่หลายเมื่อไม่กี่ปีมานี้



รูปที่ 4-1 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับรายละเอียดวิธีการวัดจะกล่าวเฉพาะที่ทำการวัดในครั้งนี้เท่านั้น ซึ่งกระทำไปตามภาวะสิ่งแวดล้อมและเท่าที่เครื่องมืออำนวยให้ ซึ่งคาดว่าจะได้ผลแม่นยำพอที่จะเชื่อถือได้

วิธีการดำเนินงาน

4.3 สถานที่ทำการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์

เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์ทางการแพทย์มีอยู่ทั่วไปทุกจังหวัดในประเทศไทย ทั้งในโรงพยาบาลต่าง ๆ สถานีอนามัยและคลีนิคบางแห่ง รวมทั้งสิ้นประมาณ 255 แห่ง(พ.ศ.2512) ดังนั้นการที่จะทำการวัดทุกสถานที่จึงเป็นไปไม่ได้ ต้องทำการสุ่มตัวอย่างโดยเลือกสถานที่ ๆ มีคนไข้มาก เปอร์เซ็นต์การใช้รังสีเอกซ์สูง ในขั้นแรกนี้จะทำการวัดเฉพาะในโรงพยาบาลใหญ่ ๆ ในพระนครเพียงบางแห่งที่ได้รับอนุญาตให้ทำการวัดได้ เพื่อศึกษาดูข้อมูลก่อน โรงพยาบาลที่ไปทำการวัดมีโรงพยาบาลศิริราช, โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ฯ และโรงพยาบาลหญิง ซึ่งทั้ง 3 แห่งนี้เมื่อรวมกันมีคนไข้ที่ได้รับการวินิจฉัยโรคทุกประเภทด้วยรังสีเอกซ์ประมาณ 14.6 % ของทั่วประเทศหรือประมาณ 139,000 คนต่อปี (พ.ศ.2512) ซึ่งนับว่าเป็นข้อมูลที่เพียงพอในระยะเริ่มแรกของการศึกษา

4.4 สถานที่และเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการทดลอง

เนื่องจากการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ครั้งนี้มุ่งเฉพาะการใช้รังสีเอกซ์ในการ - วินิจฉัยโรคเท่านั้น ดังนั้นจึงได้เลือกเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดวินิจฉัยโรค (Diagnostic X-ray Unit) ซึ่งมีอัตรากำลังสูงสุด 150 กิโลโวลท์ 500 มิลลิแอมปร์ ของสถาบันมะเร็งแห่งชาติ ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ทำการทดลองได้ เป็นเครื่องชนิด "Full Wave Rectification" คือ มีไดโอด 4 ตัวต่อแบบ Bridge ทำให้ความต่างศักย์ที่ขั้วทั้งสองของหลอดรังสีเอกซ์ไม่สลับเครื่องหมายกลับไปกลับมาตามไฟฟ้าสลับจากสายจ่ายไฟฟ้า ดังนั้นรังสีเอกซ์จะถูกผลิตอย่างสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาที่ฉายรังสี ไม่เป็นช่วง ๆ (Pulse) เครื่องกำเนิดรังสี -

เอกซ์นี้มีเป้า (Target) หรือโฟกัส (Focus) ทำด้วยโลหะทังสเตน เป็นชนิดหมุนได้ (Rotating Anode) เพื่อระบายความร้อนได้ในตัว ส่วนไส้ (Filament) ทำด้วยโลหะทังสเตนเช่นกัน ลำรังสีสามารถปรับได้ด้วยระบบ "Light Beam Diaphragm" จึงสามารถปรับขนาดของลำแสง (Field size) ได้ตามต้องการ มีอลูมิเนียมหนา 2 มม. สำหรับกรองรังสีติดไว้ภายในเพื่อให้ได้รังสีที่มีคุณภาพ (Quality) สูง

4.5 ประเภทของการวินิจฉัยโรคที่ทำการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Examination Type)

โดยทั่วไปจะทำการแบ่งประเภทของการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ออกเป็น 21 ประเภทใหญ่ ๆ ตามส่วนของร่างกายที่ใช้ถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ (ตามตารางที่ 5 - 1) แต่ในการศึกษาขั้นแรกนี้จะเลือกประเภทการตรวจเพียง 10 ประเภท เพื่อทำการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (ดังตารางที่ 4 - 6) ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทการวินิจฉัยโรคที่ระบบสืบพันธุ์อยู่ในแนวของรังสีเอกซ์ ซึ่งจะทำให้บริเวณระบบสืบพันธุ์ได้รับรังสีสูงมาก ยกเว้นการถ่ายปอด (Chest) ถึงแม้ว่าบริเวณระบบสืบพันธุ์จะไม่อยู่ในแนวของรังสีและที่บริเวณระบบสืบพันธุ์จะได้รับรังสีน้อยต่อการวินิจฉัยโรค 1 ครั้งก็ตาม แต่ปริมาณการใช้รังสีเอกซ์ในการวินิจฉัยโรคประเภทนี้มีมากคือ 47% ของการใช้รังสีเอกซ์ทั้งหมด และเมื่อเฉลี่ยทั้ง 10 ประเภทนี้แล้วจะได้ว่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ที่ประชากรได้รับจะมากกว่า 90 % ของปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์เนื่องจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยทุกประเภท ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ส่วนใหญ่มาจากการใช้รังสีเอกซ์วินิจฉัยทั้ง 10 ประเภทนี้เท่านั้น

4.6 วิธีการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Gonad dose measurement and calculation)

ในการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะที่คนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์นั้นได้ทำการวัดโดย 3 วิธี ดังต่อไปนี้:-

4.6.1 ทำการวัดโดยตรงจากคนไข้ (Direct measurements)

วิธีนี้ใช้เครื่องมือวัดรังสีประเภท TLD ซึ่งทำเป็นหลอด (Capsule) เล็ก ๆ บรรจุผง LiF ไว้ทำการวัดโดยตรงขณะที่คนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ โดยติดหลอด

TLD ไว้ที่ระบบสืบพันธุ์ของเพศชาย (Scrotum) และสอดเข้าไปที่ระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง (Vagina) โดยให้คนไข้กระทำเอง หรือเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลกระทำให้ สำหรับเพศชายข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการวัดโดยตรงด้วยวิธีนี้ เนื่องจากสะดวกและให้ผลแน่นอนดี การติดหลอด TLD ไว้ที่ระบบสืบพันธุ์ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ส่วนเพศหญิงทำการวัดโดยตรงด้วยวิธีนี้เฉพาะการวินิจฉัยโรคด้วยวิธี Fluoroscopy เท่านั้น ส่วนทางด้าน Radiography นั้น ไม่สามารถใช้วิธีนี้ได้ เพราะจำนวนคนไข้มีมาก ทำให้เจ้าหน้าที่รังสีของโรงพยาบาลมีภาระมากเกินไป

4.6.2 ทำการวัดโดยตรงจากหุ่นจำลอง (Phantom)

วิธีนี้ทำโดยเอาหุ่นจำลองไปตามโรงพยาบาลต่าง ๆ ที่ต้องการวัดหาค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ โดยไปศึกษาและจดเทคนิคการถ่ายรังสีเอกซ์ไว้ล่วงหน้า แล้วถ่ายรังสีเอกซ์กับหุ่นจำลองตามที่ได้ปฏิบัติจริงต่อคนไข้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ที่จดไว้ ใช้ Ionization chamber ขนาด 3.5 ลบ.ซม. วางตรงตำแหน่งของรังไข่ (Ovary) ในหุ่นจำลอง (สำหรับเพศหญิง) และใช้ Chamber ขนาด 35 ลบ.ซม. วางตรงตำแหน่ง Scrotum ของเพศชาย อ่านค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ตามเทคนิคต่าง ๆ แล้วจดไว้ เนื่องจากเทคนิคการถ่ายรังสีเอกซ์ของสถาบันต่าง ๆ ไม่เหมือนกัน และเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แต่ละเครื่องให้ปริมาณรังสีเอกซ์ออกมาได้ไม่เท่ากัน แม้จะเป็นเครื่องชนิดเดียวกันและของบริษัทเดียวกันก็ตาม ดังนั้นจึงต้องทำการวัดตามสถาบันต่าง ๆ ให้มากที่สุด เพื่อให้ได้ข้อมูลมามากพอสมควร วิธีนี้ไม่สะดวกใช้เวลามาก ในการวัดจึงมักมีอุปสรรคเนื่องจากเครื่องไม่ว่างพอ ต้องกระทำในวันหยุดราชการ อีกประการหนึ่งเป็นการลำบากมากในการที่จะขนย้ายเครื่องมือและหุ่นจำลอง (ซึ่งมีน้ำหนักพอ ๆ กับผู้ใหญ่) ไปตามสถานที่ต่าง ๆ ซึ่งง่ายต่อการชำรุดเสียหาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สู้จะได้ผลนัก กระทำไปเพียงบางโอกาสที่อำนวยให้เท่านั้น โดยทั่วไปจะกระทำการวัดโดยวิธีนี้ในกรณีที่ไม่สามารถทำการวัดจากคนไข้ได้ เช่นเป็นประเภทการตรวจที่มีจำนวนน้อยมาก ไม่ค่อยกระทำกัน หรือในการ Fluoroscopy เป็นต้น แต่เนื่องจากได้ตัด

ประเภทการตรวจที่ไม่สำคัญออกไปเสีย และสามารถวัดในขณะ Fluoroscopy ได้ ปัญหานี้จึงตกไป

4.6.3 ทำการวัดโดยการคำนวณจากผลการทดลองกับหุ่นจำลอง (By Calculation)

วิธีนี้นับว่าเหมาะสมและกระทำโดยทั่วไป โดยเฉพาะการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง (Ovary dose) ซึ่งในต่างประเทศก็ใช้วิธีคำนวณผลเช่นกัน จะต่างกันก็ตรงที่อาศัยหลักการคำนวณและผลการทดลองต่าง ๆ กันไป แต่จุดมุ่งหมายก็เพื่อที่จะหา Conversion ratio เพื่อใช้คำนวณหา Ovary dose สำหรับเพศชายไม่นิยมใช้วิธีนี้ เนื่องจากสามารถวัดโดยตรงได้ การคำนวณอาจให้ผลคลาดเคลื่อนได้มากกว่าการวัดโดยตรง ดังนั้นของเพศชายจะอาศัยการคำนวณก็เฉพาะเทคนิคการถ่ายรังสีเอกซ์ที่มีจุดศูนย์กลางของลำแสง (Centre of X-ray beam)อยู่บริเวณระบบสืบพันธุ์ (Gonad) พอดีเท่านั้น จึงจะให้ผลแม่นยำพอควร ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณรังสีที่จุดศูนย์กลางของลำแสงและที่ขอบ ๆ มีค่าไม่เท่ากัน จากการทดลองวัดปรากฏว่าปริมาณรังสีจะมากตรงจุดศูนย์กลางของลำแสง และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อห่างจากจุดศูนย์กลางออกมา แต่จะลดลงมากหรือน้อยนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและหลอดของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ นอกจากนี้ยังขึ้นกับทิศทางอีกด้วย

สำหรับข้อมูลของเพศหญิงที่ได้จากการวัดในครั้งนี้ ส่วนใหญ่ได้จากการคำนวณจากผลการทดลองกับหุ่นจำลอง โดยแยกการทดลองออกเป็นสองประเภท ได้แก่การทดลองหาค่าปริมาณรังสีที่รั่วไหลเมื่ออยู่ในแนวของลำแสงเอกซ์ และการทดลองหาปริมาณของรังสีที่รั่วไหลเมื่ออยู่นอกแนวของรังสีเอกซ์หรืออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของลำแสงมาก การดำเนินงานแบ่งเป็นขั้น ๆ ได้ดังนี้:-

4.6.3.1 การวัดปริมาณรังสีจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ในการคำนวณค่าปริมาณรังสีเราจะต้องทราบค่าปริมาณรังสี (Output) จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์นั้น ๆ แต่เนื่องจากปริมาณรังสีขึ้นอยู่กับกิโลโวลท์ที่ใช้ ดังนั้นจึงต้องทำการวัด Output ของเครื่อง

กำเนิดรังสีเอกซ์ทุกเครื่องที่จะนำมาคำนวณตามกิโลโวลท์ (KV) หรือ H.V.T. ต่าง ๆ โดยวัดออกมาเป็น mR/mAs* และถือค่านี้เป็นค่า Free air output (F.A.O.)* โดยวัดที่ระยะใดระยะหนึ่งที่ใช้มากที่สุด ปกติเวลาถ่ายจริงระยะอาจไม่เท่ากัน แต่เราสามารถแก้ได้โดยใช้กฎกำลังสองผกผัน (Inverse square law) จากนั้นก็นำมาเขียนกราฟ ดังตัวอย่างผลการวัดแสดงในตารางที่ 4 - 1 เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้ดังรูป 4 - 2 ซึ่งเป็นกราฟของ F.A.O. , KV และ H.V.T. ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ที่โรง - พยาบาลพระมงกุฎ ฯ ของบริษัท General Electric ซึ่งมีอัตราสูงสุด 125 กิโลโวลท์ 300 มิลลิแอมป์ และวัดที่ระยะห่างจากจุดโฟกัสของหลอด 77.5 ซม. ระยะนี้ต่อไปจะเรียก Focus chamber distance หรือ F.C.D.

ค่า H.V.T. และค่าปริมาณรังสี (Output) ที่กิโลโวลท์ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แต่ละเครื่องมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับความหนาเป็น มม. ของอลูมิเนียม ที่ใส่เข้าไปสำหรับกรองแสง (Fixed aluminium filter) และส่วนประกอบในการสร้างเครื่อง - กำเนิดรังสีเอกซ์ แม้แต่เครื่องกำเนิดรังสีชนิดเดียวกันและของบริษัทเดียวกัน ก็อาจให้ค่าปริมาณรังสีและ H.V.T. ไม่เท่ากันได้

---

*ดูความหมายท้ายเรื่อง

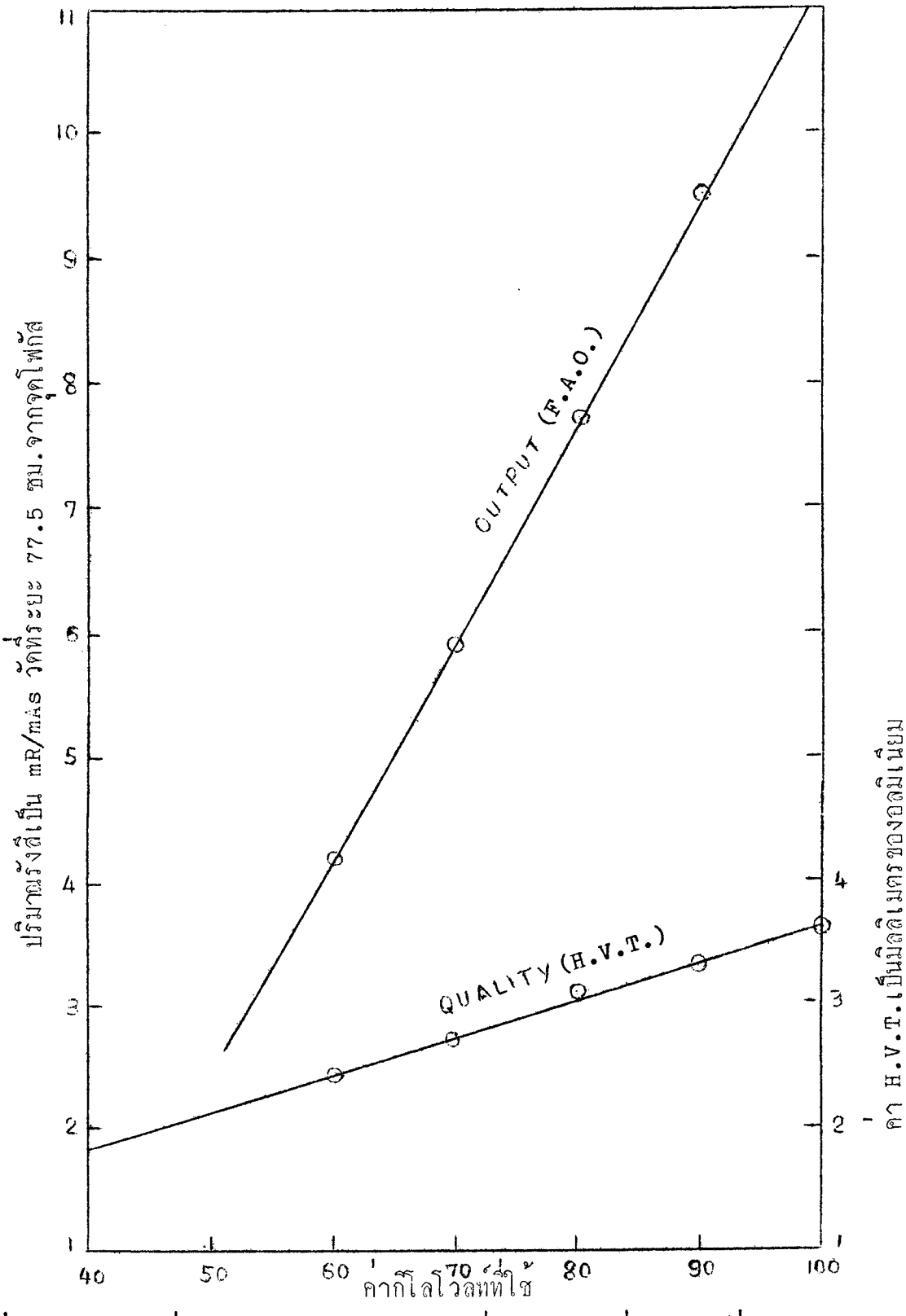
ตารางที่ 4 - 1

ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากิโลโวลท์ H.V.T. และค่าปริมาณรังสีเป็น mR/mAs ที่วัดได้
(วัดที่ระยะทางจากจุดโฟกัส 77.5 ซม. 20 mAs)

ค่ากิโลโวลท์ที่ใช้	ค่าของ H.V.T. (วัดเป็น มม.ของอลูมิเนียม)	ปริมาณรังสีวัดเป็น mR/mAs
60	2.4	4.2
70	2.7	5.9
80	3.1	7.7
90	3.3	9.5
100	3.6	11.3

4.6.3.2 <u>การหาค่า Ovary/air ratio (R)</u>* เนื่องจากระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง (Ovary) อยู่ภายในร่างกาย ดังนั้นเราจึงต้องทราบว่าปริมาณรังสีที่ผ่านผิวหนังถึงบริเวณรังไข่มีปริมาณเท่าไร เมื่อรังไข่อยู่ในแนวของลำแสง ในการนี้เราอาจทำการทดลองกับหุ่นจำลองเพื่อหา Conversion factor โดยหาออกมาในรูปของค่า R ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสีที่ผ่านเนื้อเยื่อ (Tissue) ของร่างกายถึงตำแหน่งรังไข่กับปริมาณรังสีที่ผ่านในอากาศที่ระยะทางเท่ากัน ที่ต้องทำการ

*ดูความหมายท้ายเรื่อง



รูปที่ 4– 2 แสดงค่าปริมาณรังสี (F.A.O.) และค่า H.V.T. ที่กิโลโวลท์ต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ วัดที่ระยะ 77.5 ซม. จากจุดโฟกัส

หาไว้เนื่องจากเวลาเรา Calibrate เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ เราวัดรังสีในอากาศ เพื่อที่จะได้ทราบว่าปริมาณรังสีผ่านไปถึงรังไข่ได้กี่เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอำนาจทะลุผ่านของรังสีขึ้นอยู่กับค่า H.V.T. ดังนั้นค่าของ R จึงขึ้นอยู่กับ H.V.T. นอกจากนี้ค่าของ R ยังขึ้นอยู่กับขนาดของลำแสง (Field size) ที่ใช้ด้วย ในการทดลองจึงต้องทำการวัดที่กิโลโวลท์ต่าง ๆ (เพื่อให้ได้ค่า H.V.T. ต่างกัน) และที่ขนาดของลำแสงต่าง ๆ กัน

เนื่องจากเทคนิคการถ่ายรังสีเอกซ์ในการวินิจฉัยโรคนั้น มีถ่ายกันทุกด้าน เช่น ด้านหน้า (Anterior-posterior projection) ด้านหลัง (Posterior-anterior projection) และด้านข้าง (Lateral projection) เป็นต้น ดังนั้นในการหาค่า R จะต้องหาไว้ทุก ๆ ด้าน จากผลการทดลองพบว่าที่ขนาดของลำแสงประมาณ 25x25 ตร.ซม. ขึ้นไป ค่าของ R จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของลำแสง คงเปลี่ยนตามค่า H.V.T. แต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เพราะว่าลำแสงขนาดนี้สามารถคลุมส่วนหนา และส่วนกว้างของร่างกายได้เกือบหมด จึงทำให้รังสีสะท้อน (Scattered radiation) จากส่วนอื่นถึงระบบสืบพันธุ์มีค่าคงที่ ดังรูปที่ (4 - 4) ถึง (4 - 7)

ในการทดลองได้ใช้หุ่นจำลองที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ (4.1) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าความหนาเฉลี่ยของประชากรในประเทศไทยไปบ้าง แต่เนื่องจากหุ่นจำลองที่สร้างขึ้นนี้ประกอบด้วยสาร Mix-D ล้วน ๆ ไม่มีโครงสร้างของกระดูกอยู่ภายใน ทำให้

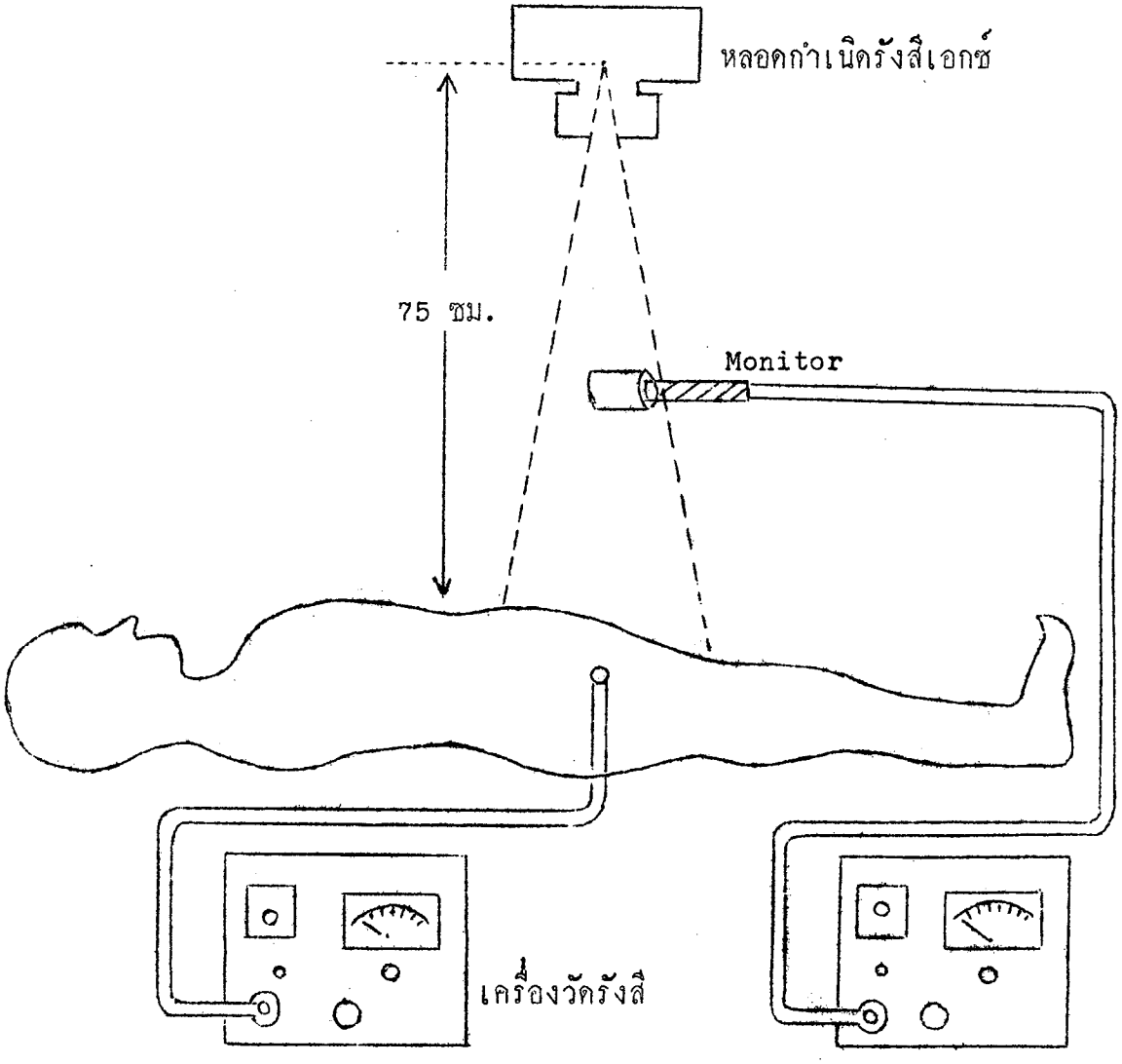
การดูดกลืนรังสีเอกซ์ (Absorption) ได้น้อยกว่าที่เป็นจริงไปบ้าง เพื่อให้การดูดกลืนใกล้เคียงความเป็นจริงขึ้นจึงได้ใช้ไม้สักซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 นิ้ว ใส่เข้าไว้ภายในแทนกระดูกสันหลังของคน แต่อย่างไรก็ตามไม้ก็ยังมีการดูดกลืนรังสีได้น้อยกว่ากระดูกอยู่นั่นเอง ดังนั้นจะเห็นว่าการใช้หุ่น - จำลองมีขนาดโตกว่าที่เป็นจริงเล็กน้อยนั้น สามารถเพิ่มการดูดกลืนรังสีเพื่อชดเชยกับการที่ไม่มีโครงร่างของกระดูกอยู่ภายในได้

วิธีการทดลอง

เนื่องจากการถ่ายรังสีเอกซ์แต่ละครั้งมักจะมีค่าปริมาณรังสีออกมาไม่เท่ากัน แม้จะตั้งเวลา (timer) กิโลโวลท์ (KV) และจำนวนมิลลิแอมป์เท่ากันก็ตาม โดยเฉพาะเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เก่า ๆ มักจะให้ค่าแตกต่างกันมาก อีกประการหนึ่งค่า R นี้ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามค่า H.V.T มากนัก ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องสมบูรณ์ ในเวลาทำการทดลองจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องมือ E.I.L. (ตามหัวข้อ 3.2) 2 เครื่อง โดยใช้เครื่องหนึ่งเป็นเครื่องวัดจริง ส่วนอีกเครื่องหนึ่งใช้เป็น Monitor เพื่อแก้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีในการถ่าย (expose)รังสีเอกซ์แต่ละครั้ง ถ้าเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่มีคุณภาพสูง การถ่ายแต่ละครั้งที่เทคนิคเดียวกันจะได้ค่าปริมาณรังสีออกมาเท่ากัน และค่าที่อ่านได้จาก Monitor ก็จะมีค่าคงที่เสมอ

สำหรับระยะทางจากจุดโฟกัสถึงหุ่นจำลองนั้น ใช้ที่ระยะประมาณ 75 ซม. ซึ่งเป็นระยะที่ใช้จริงเป็นส่วนมาก ในกรณีที่ถ่ายรังสีเอกซ์ให้กับคนไข้บนเตียง (X-ray couch) เนื่องจากค่า R ไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะจากโฟกัสถึงคนไข้มากนักจึงอนุโลมใช้ค่าคงที่ ที่ 75 ซม. เป็นหลักในการทดลอง ส่วนจุดศูนย์กลางของลำแสงเอกซ์ (Centre of X-ray field) ให้อยู่ระหว่างกลางของร่างกายในระดับของรังไข่

การจัดตำแหน่งของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์, Monitor, หุ่นจำลอง และเครื่องวัดได้แสดงในรูป (4 - 3)



รูปที่ 4 - 3 การจัดตั้งตำแหน่งของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์,Monitor, หุ่นจำลอง และเครื่องวัดรังสี

ส่วนตัว Monitor นั้น จะจัดให้อยู่ตรงตำแหน่งใดก็ได้ในแนวของลำแสงเอกซ์ ข้อสำคัญคือต้องให้คงที่ตลอดการทดลองและอย่าให้ซ้อนกับเครื่องวัดรังสี (Chamber) ตัวที่อยู่ตรงตำแหน่งของรังไข่ มิฉะนั้นจะทำให้ได้ค่าผิดพลาดได้ ในการทดลองจริงใช้ Chamber ขนาด 35 ลบ.ซม. เป็น Monitor และ Chamberขนาด 3.5 ลบ.ซม. สอดเข้าไปในตำแหน่งของรังไข่ ที่ใช้ Chamberขนาดเล็กเพื่อที่จะได้เจาะรูในหุ่นจำลองให้เล็กลง ผลจะได้ไม่คลาดเคลื่อนมาก

การคำนวณหาค่า R

ให้ M_1 เป็นค่าของปริมาณรังสีที่อ่านได้จาก Monitor ในขณะที่เครื่องวัดรังสีอีกเครื่องอยู่ในตำแหน่งของรังไข่ (คือมีหุ่นจำลองอยู่) ซึ่งอ่าน Q_{ova}

M_2 เป็นค่าของปริมาณรังสีที่อ่านได้จาก Monitor เมื่อนำเอาหุ่นจำลองออกเพื่อให้เครื่องวัดอีกอันวัดรังสีในอากาศ (F.A.O.) ที่ตำแหน่งและเทคนิคเดิมก่อนเอาหุ่นจำลองออก ซึ่งอ่าน Q_{air}

R_1 เป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสี M_1 กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในรังไข่

R_2 เป็นอัตราส่วนของปริมาณรังสี M_2 กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในอากาศ (เมื่อนำเอาหุ่นจำลองออกแล้ว)

$$\therefore R_1 = \frac{M_1}{\text{ปริมาณรังสีในรังไข่}} = \frac{M_1}{Q_{ova}}$$

$$R_2 = \frac{M_2}{\text{ปริมาณรังสีในอากาศ}} = \frac{M_2}{Q_{air}}$$

$$\therefore R = \frac{R_2}{R_1} = \frac{M_2/Q_{air}}{M_1/Q_{ova}} = \frac{Q_{ova}/M_1}{Q_{air}/M_2}$$

$$= \frac{\text{ปริมาณรังสีในรังไข่}}{\text{ปริมาณรังสีในอากาศ}} \cdot \frac{M_2}{M_1}$$

จากผลการทดลองกับหุ่นจำลองตามวิธีการดังกล่าวแล้วที่ค่า H.V.T. และขนาดของลำแสงเอกซ์ต่าง ๆ กัน ปรากฏผลดังตารางที่ (4– 2) ถึง (4– 5)

ปกติเวลาถ่ายรังสีเอกซ์มักจะมีขนาดของลำแสงมากกว่า 25 x 25 ตร.ซม. เสมอ ดังนั้นในการใช้ค่า R (ซึ่งจะกล่าวต่อไป) จึงใช้ค่าที่มีขนาดลำแสงมากที่สุดเท่านั้น

ตารางที่ 4-2

ค่าของ R เมื่อถ่ายด้านหน้า (A.P.) ที่ H.V.T. และลำแสงเอกซ์ขนาดต่าง ๆ

	Ovary/air Ratio						
Field size (cm)^2 / H.V.T. (mm Al)	10x15	15x15	15x20	20x20	20x25	25x25	30x30
1.6	0.158	0.171	0.217	0.222	0.237	0.238	0.237
1.9	0.215	0.222	0.277	0.282	0.300	0.302	0.305
2.2	0.261	0.254	0.330	0.338	0.356	0.359	0.357
2.5	0.286	0.301	0.381	0.390	0.418	0.418	0.414
2.8	0.318	0.340	0.430	0.444	0.471	0.474	0.482

ตารางที่ 4-3

ค่าของ R เมื่อถ่ายด้านหลัง (P.A.) ที่ H.V.T. และลำแสงเอกซ์ขนาดต่าง ๆ

	Ovary/air Ratio					
Field size (cm)^2 / H.V.T. (mm Al)	10x10	10x15	15x15	20x20	25x25	30x30
1.6	0.0113	0.0119	0.0137	0.0171	0.0183	0.0184
1.9	0.0192	0.0197	0.0216	0.0268	0.0306	0.0318
2.2	0.0278	0.0273	0.0315	0.0395	0.0450	0.0476
2.5	0.0329	0.0348	0.0410	0.0504	0.0565	0.0603
2.8	0.0375	0.0429	0.0497	0.0649	0.0734	0.0763

ตารางที่ 4 – 4

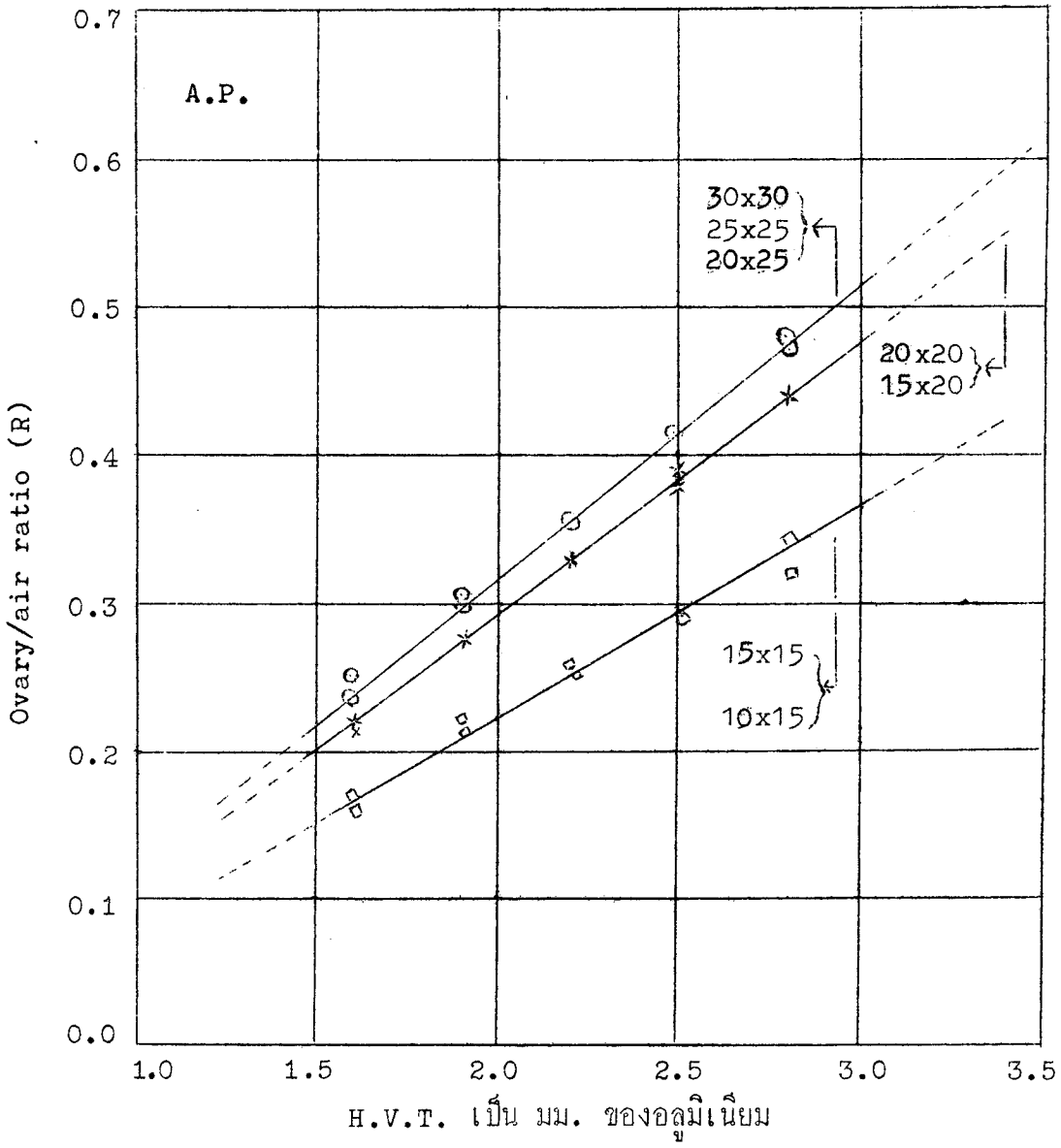
ค่าของ R เมื่อถ่ายด้านข้าง (Lateral) และรังไข่ (Ovary) อยู่ใกล้จุดกำเนิดรังสีเอกซ์ ตาม H.V.T. และลำแสงเอกซ์ขนาดต่าง ๆ

	Ovary/air Ratio				
Field size $(cm)^2$ / H.V.T. (mm Al)	10x15	15x15	20x20	25x25	30x30
1.6	0.127	0.135	0.166	0.169	0.169
1.9	0.165	0.178	0.210	0.223	0.228
2.2	0.201	0.225	0.267	0.274	0.276
2.5	0.241	0.265	0.316	0.317	0.316
2.8	0.287	0.307	0.378	0.382	0.385

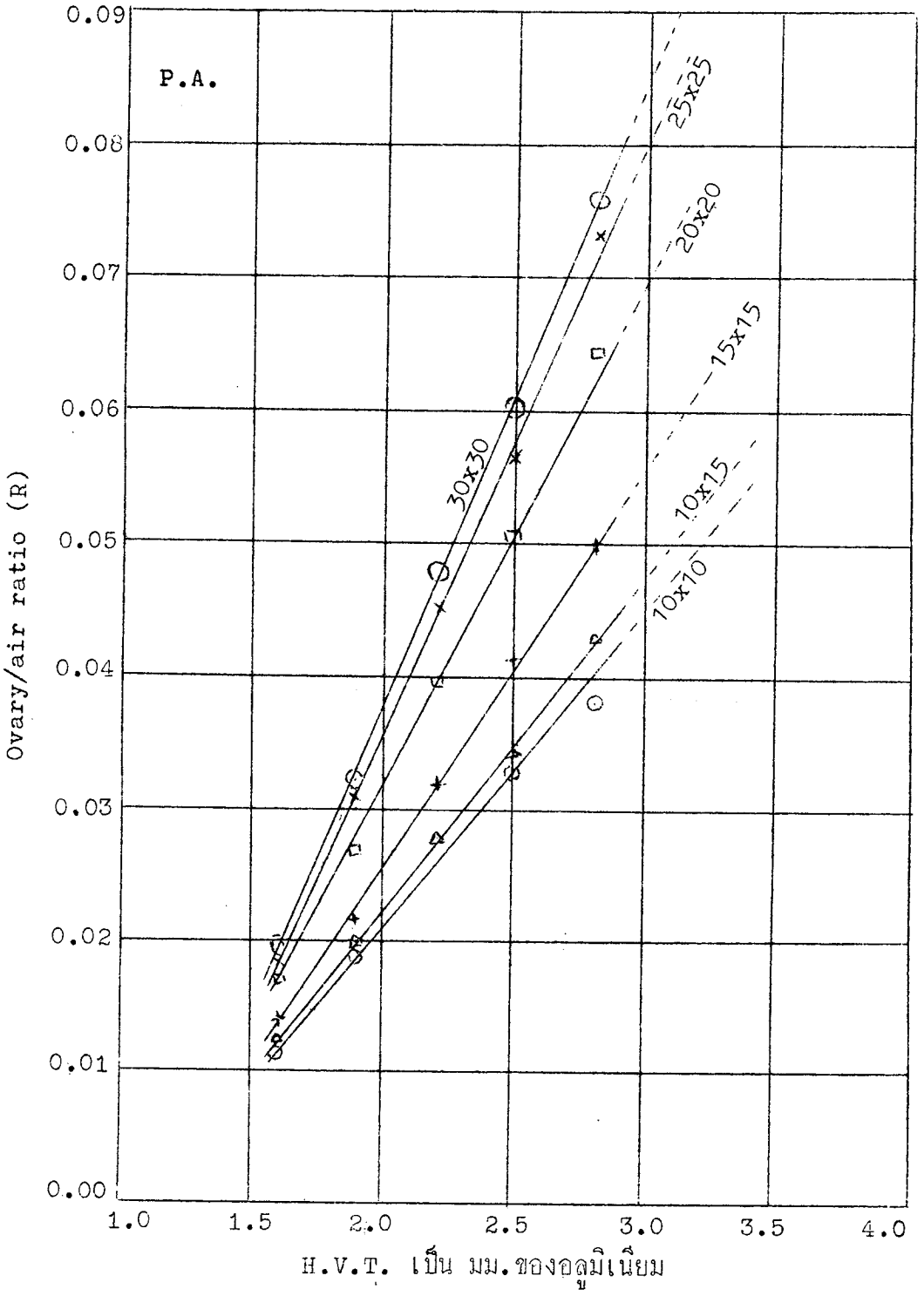
ตารางที่ 4 – 5

ค่าของ R เมื่อถ่ายด้านข้าง (Lateral) และรังไข่ (Ovary) อยู่ไกลจุดกำเนิดรังสีเอกซ์ ตาม H.V.T. และลำแสงเอกซ์ขนาดต่าง ๆ

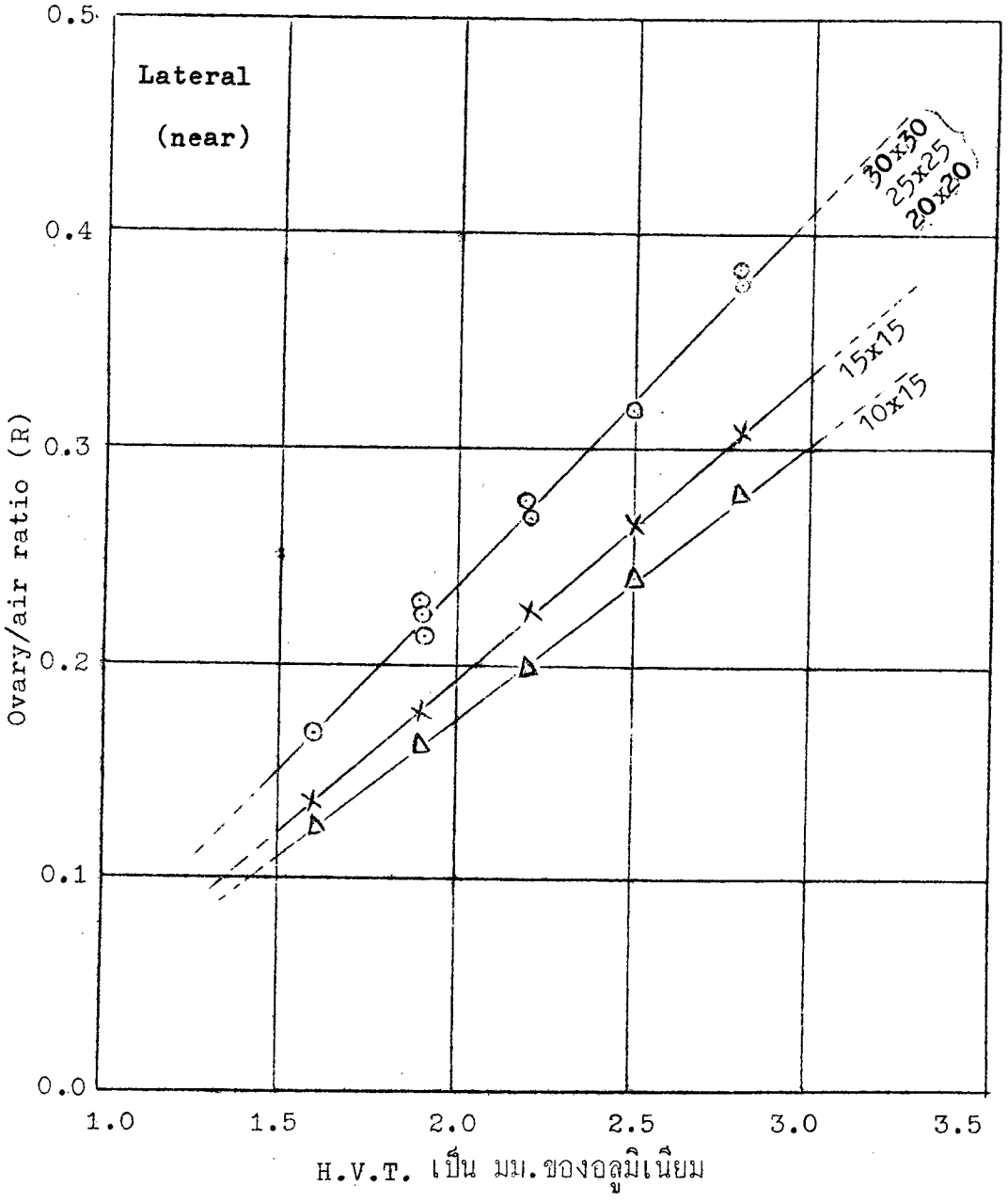
	Ovary/air Ratio			
Field size $(cm)^2$ / H.V.T. (mm Al)	10x15	15x15	20x20	25x25
1.6	0.0209	0.0219	0.0220	0.0231
1.9	0.0285	0.0299	0.0336	0.0357
2.2	0.0393	0.0415	0.0458	0.0482
2.5	0.0471	0.0496	0.0567	0.0603
2.8	0.0559	0.0600	0.0691	0.0733



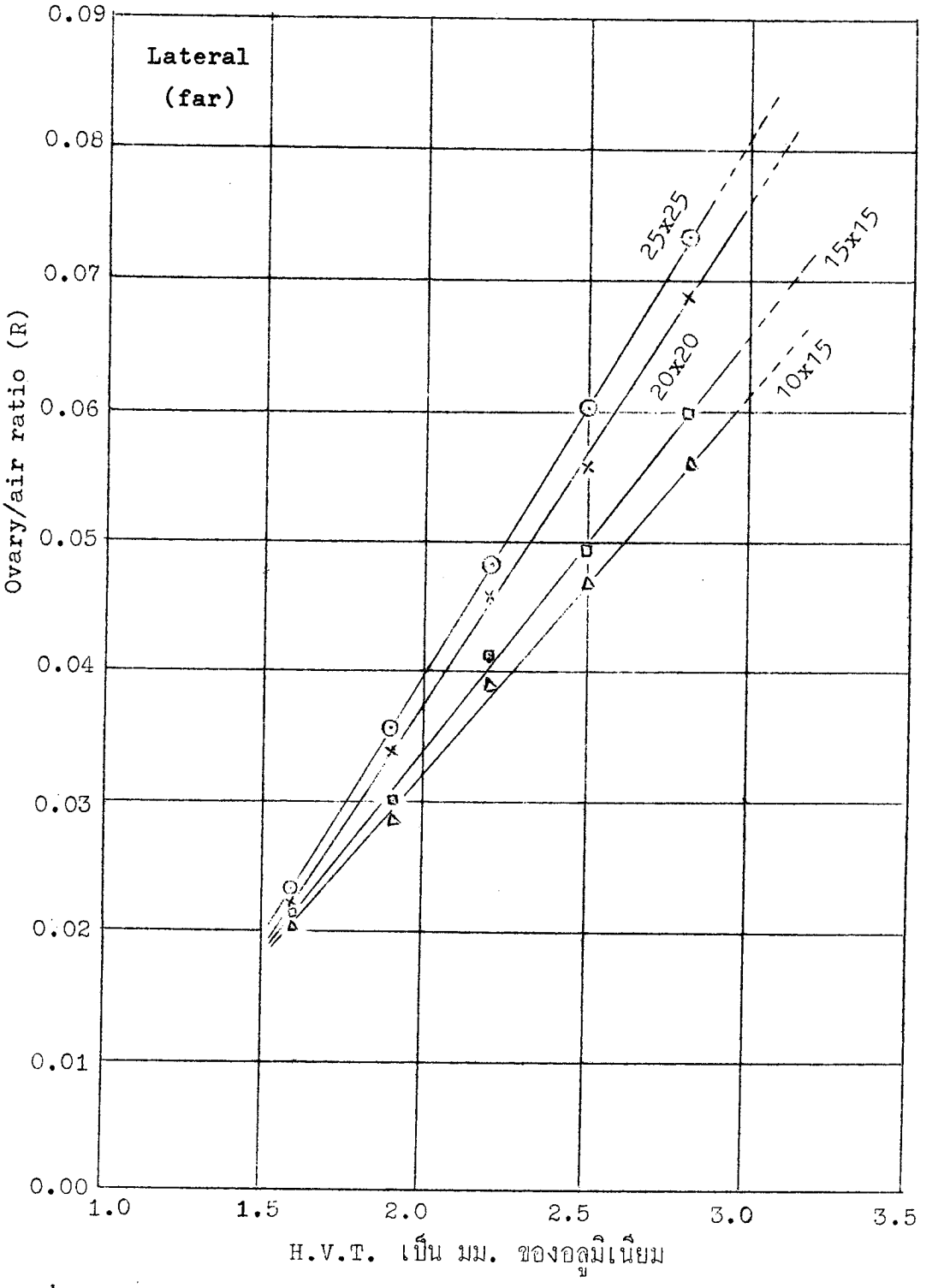
รูปที่ 4– 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และ H.V.T. ที่ขนาดลำแสงต่าง ๆ(ตร.ซม.) เมื่อถ่ายท่า A.P.



รูปที่ 4 – 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และ H.V.T. ที่ขนาดลำแสงต่าง ๆ(ศร.ซม.) เมื่อถ่ายทา P.A.



รูปที่ 4 – 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และ H.V.T. ที่ขนาดลำแสงต่าง ๆ(ตร.ซม.) เมื่อถ่ายทา Lateral ด้านที่รังไข่อยู่ใกล้จุดกำเนิดรังสีเอกซ์



รูปที่ 4– 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และ H.V.T. ที่ขนาดลำแสงต่าง ๆ(ตร.ซม.) เมื่อถ่ายทา Lateral ด้านที่รังไข่อยู่หางจากจุดกำเนิดรังสีเอกซ์

4.6.3.3 <u>การหาค่า Ovary/skin dose ratio</u> ในกรณีที่ระบบสืบพันธุ์อยู่นอกแนวของลำแสงเอกซ์หรืออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของลำแสงมาก กล่าวคืออยู่ที่ขอบ ๆ ของลำแสงแล้ว ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ได้รับก็เป็นเพียงรังสีสะท้อน (Scattered radiation) หรือบางส่วนของรังสีปฐมภูมิ (Primary X-ray beam) เท่านั้น ปริมาณรังสีจำนวนนี้เมื่อเทียบกับกรณีที่ระบบสืบพันธุ์อยู่ในแนวของลำแสงเอกซ์แล้วน้อยมาก เช่นกรณีถ่ายปอด (Chest) เป็นต้น เมื่อเป็นเช่นนี้เราจึงไม่สามารถนำค่า Ovary/air ratio มาคำนวณได้ เนื่องจากไม่ทราบปริมาณรังสีในอากาศที่อยู่นอกแนวของลำแสงหรืออยู่ที่ขอบของลำแสง ในกรณีเช่นนี้จึงต้องทำการทดลองหาค่า Conversion factor ใหม่โดยหาออกมาในรูปของ Ovary/skin dose ratio*

ปกติถ้าระบบสืบพันธุ์ไม่อยู่ในแนวของลำแสงเอกซ์แล้ว ค่า Ovary/skin dose ratio มีค่าน้อยมาก เราไม่สามารถทำการทดลองโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์วินิจฉัยได้ เนื่องจากต้องใช้ปริมาณรังสีมาก จึงจะสามารถวัดค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ได้ ดังนั้นในการทดลองจึงต้องอาศัยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ประเภทที่สามารถเดินเครื่องได้นาน เช่น พวกเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการรักษาโรค (Deep X-ray Therapy) หรือเครื่องกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม (Industrial X-ray) แต่จากประสพการณ์ที่ผ่านมาพบว่าในการถ่ายปอดมักจะใช้ขนาดของลำแสงกว้างมาก จนทำให้คลุมระบบสืบพันธุ์โดย

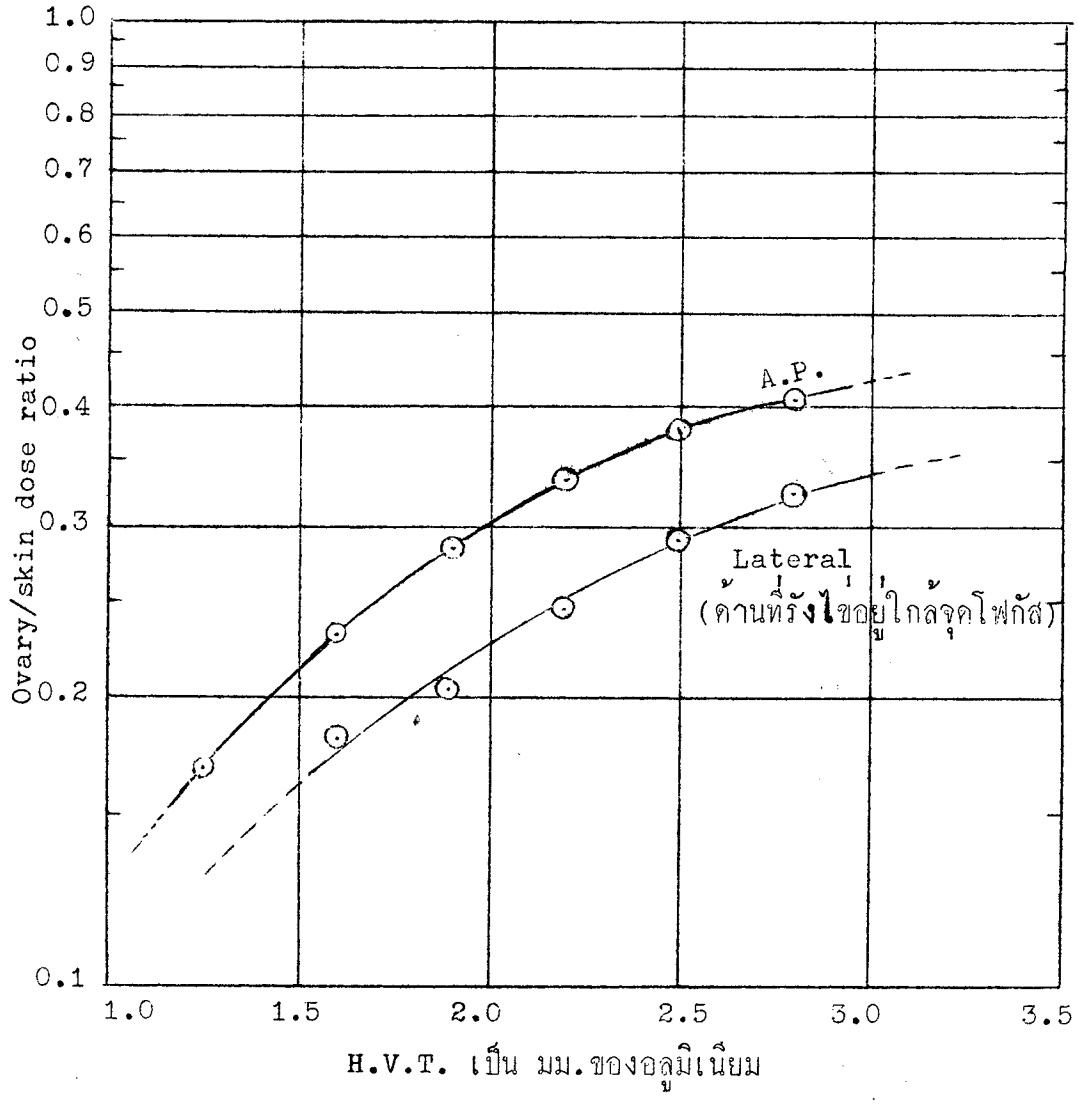
---

* ดูความหมายท้ายเรื่อง

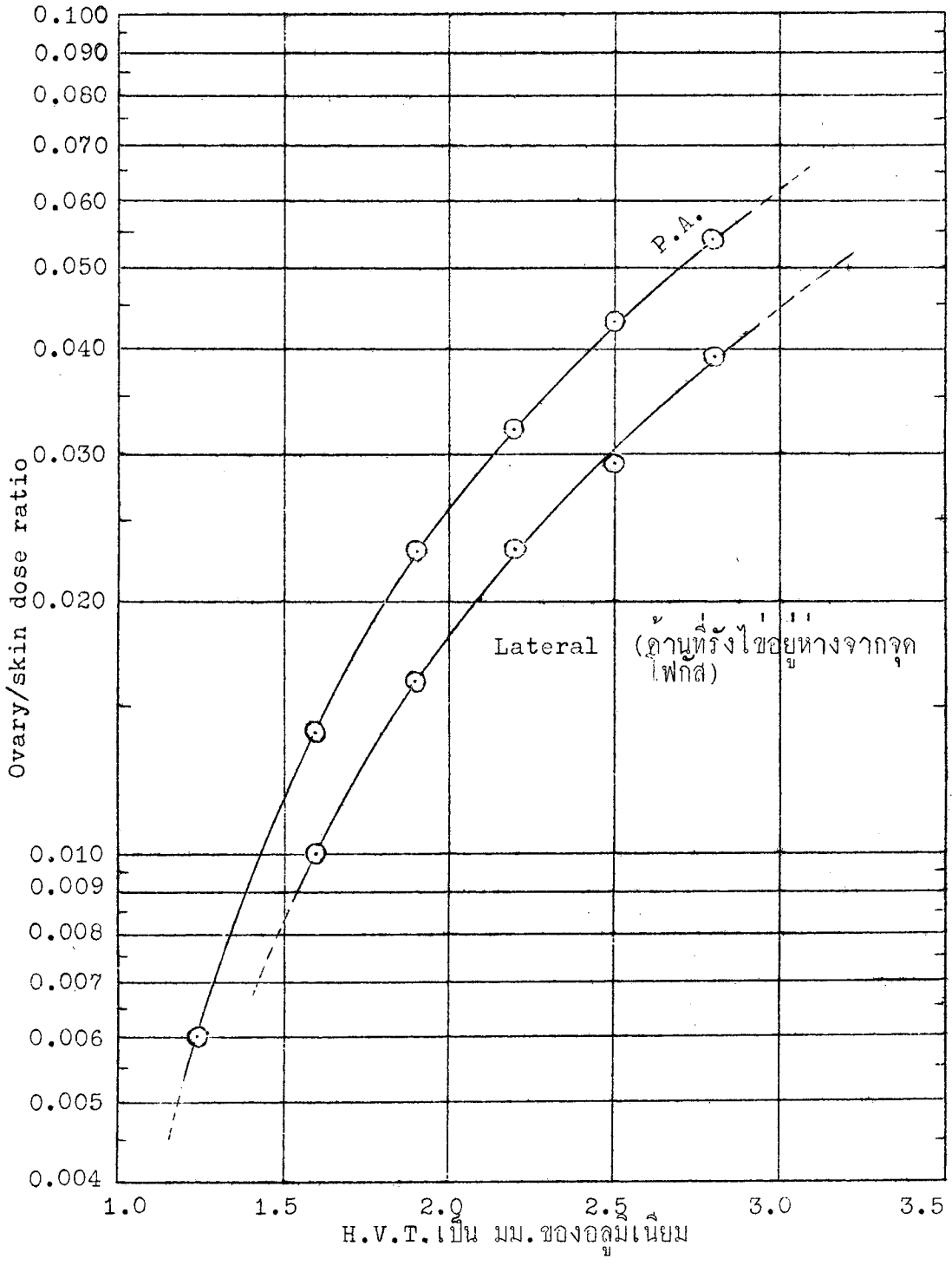
เฉพาะรังไข่ของเพศหญิงด้วย ดังนั้นในการทดลองหา Ovary/skin dose ratio เพื่อใช้ในการคำนวณหา Ovary dose ในเพศหญิงเนื่องจากการถ่ายปอด จึงปรับให้ขนาดของลำแสงกว้างเท่าที่ใช้ปฏิบัติจริงโดยให้คลุมถึงบริเวณรังไข่ด้วย (Ovary partly in beam) เมื่อเป็นเช่นนี้จึงสามารถใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์วินิจฉัยในการทดลองได้

การทดลองก็ดำเนินงานเช่นเดียวกับหาค่า Ovary/air ratio แต่ในกรณีนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ Monitor หากใช้วัดปริมาณรังสีที่ผิวหนัง (skin dose)แทน เนื่องจากในทางปฏิบัติจริงใช้ขนาดของลำแสงกว้างมาก ในการทดลองจึงไม่จำเป็นต้องทดลองที่ขนาดของลำแสงเล็ก ๆ ใช้ขนาดของลำแสงตามที่ปฏิบัติจริงคือประมาณ 70 x 80 ตร.ซม. ซึ่งลำแสงขนาดนี้จะทำให้พอดีคลุมถึงบริเวณรังไข่ของเพศหญิงได้ และระยะจากจุดโฟกัสถึงหุ่นจำลองก็ใช้เท่าที่ปฏิบัติจริงคือประมาณ 72 นิ้ว โดยทำการทดลองที่ค่า H.V.T. และที่ท่า (Projection) ต่าง ๆ แล้วทำการคำนวณหาค่า Ovary/skin dose ratio นำมาเขียนเป็นกราฟไว้

จากผลการทดลองหาค่า Ovary/skin dose ratio ในการถ่ายปอด ได้นำเสนอในกราฟรูป (4– 8) และ (4– 9) ที่ขนาดของลำแสง 70 x 80 ตร.ซม. และที่ค่า H.V.T. และ Projection ต่าง ๆ



รูปที่ 4 – 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Ovary/skin dose ratio และ H.V.T. ที่ขนาดของลำแสง 70x80 ตร.ซม. เมื่อฉายทา A.P. และทา Lateral ด้านที่รังไข่อยู่ใกล้จุดกำเนิดรังสีเอกซ์



รูปที่ 4 – 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Ovary/skin dose ratio และค่า H.V.T. ที่ขนาดของลำแสง 70x80 ตร.ซม. เมื่อถ่ายท่า P.A. และท่า Lateral ด้านที่รังไข่อยู่ห่างจากจุดกำเนิดรังสีเอกซ์

4.6.3.4 <u>การหาข้อมูลประกอบการคำนวณ (Information)</u>ดังได้กล่าวไว้แล้วว่าเทคนิคการถ่ายรังสีเอกซ์ตามสถานที่ต่าง ๆ มักไม่เหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่ก็ใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์และคุณภาพ (quality) ของรังสีเอกซ์ของสถานที่นั้น ๆ ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือคนไข้แต่ละคนมีขนาดและความหนาไม่เท่ากัน ดังนั้นเราจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทราบรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้แต่ละคน รายละเอียดของคนไข้ที่ได้รับการตรวจดังกล่าวนี้จะต้องบันทึกไว้เพื่อนำมาคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ รายละเอียดหรือเทคนิคสำคัญที่จะต้องทราบมีดังนี้ –

ก) กิโลโวลท์ที่ใช้ (KV)

ข) กระแสไฟฟ้ามิลลิแอมแปร์ของหลอดรังสีเอกซ์ที่ใช้ (mA)*

ค) เวลาที่ใช้ถ่ายฟิล์ม (ซึ่งใช้เป็นวินาทีหรือน้อยกว่า)

ง) ในเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์บางเครื่อง จะบอกไว้เป็น mAs* ซึ่งก็คือผลคูณของ mA และเวลาเป็นวินาทีนั่นเอง ใช้แทนข้อ (ข) และ (ค) ได้

จ) ขนาดของลำแสงที่ใช้ (Field size)

ฉ) ความหนาของคนไข้ (ใช้วัดเป็นเซ็นติเมตร)

ช) ท่าที่ถ่าย (Projection) เช่นด้านหน้า (A.P.), ด้านหลัง (P.A.) หรือด้านข้าง (Lateral) เป็นต้น

---

*ดูความหมายท้ายเรื่อง

ช) ระยะจากจุดโฟกัสถึงคนไข้ (Focus-skin distance หรือ F.S.D.) หรือระยะจากจุดโฟกัสถึงฟิล์ม (Focus-film distance หรือ F.F.D.) ก็ได้

ฌ) ระบบสืบพันธุ์ (Gonad) อยู่ในแนวของลำแสงหรือไม่

เพื่อให้ได้รายละเอียดที่ถูกต้อง จึงจำเป็นต้องไปตามสถานที่ (โรงพยาบาล) ที่เราต้องการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของคนไข้ ขณะที่กำลังใช้รังสีเอกซ์อยู่ แล้วจดบันทึกรายละเอียดของคนไข้แต่ละคนไว้ ปริมาณคนไข้ที่ต้องการแต่ละแห่งขึ้นอยู่กับปริมาณคนไข้ที่สถานที่หรือโรงพยาบาลนั้น ๆ วินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ดีหรือไม่ ถ้าสถานที่นั้นมีปริมาณคนไข้มาก การสุ่มตัวอย่างมากก็จะมากด้วย

เมื่อได้รายละเอียดและตัวเลขต่าง ๆ ไว้แล้วก็ทำการคำนวณหาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Gonad dose)ได้ ดังนี้ :-

<u>สำหรับเพศหญิง</u> ตามเทคนิคการถ่ายในตารางที่ 4-6 นั้น ส่วนใหญ่ระบบสืบพันธุ์จะอยู่ในแนวของลำแสง (นอกจากเทคนิคการถ่ายปอด) ทำให้ค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ได้รับสูงมาก และเราสามารถคำนวณได้โดยอาศัยรายละเอียดจากข้อ (4.6.3.1) ถึงข้อ (4.6.3.4) ดังนี้:-

$$\text{Gonad dose} = \text{mR/mAs} \times \text{mAs} \times \left(\frac{\text{F.C.D.}}{\text{F.O.D.}}\right)^2 \times \text{R} \quad \text{mR}$$

mR/mAs คือผลที่ Calibrate ไว้ในข้อ (4.6.3.1)

mAs คือค่าที่บันทึกไว้ในข้อ (4.6.3.4) ที่ใช้จริง

ในเมื่อ F.C.D. = Focus chamber distance (ในข้อ 4.6.3.1)

F.O.D. = Focus ovary distance (ในข้อ 4.6.3.4)

= F.S.D. + ระยะจากผิวหนังถึงรังไข่

<u>สำหรับเพศชาย</u> เนื่องจากระบบสืบพันธุ์อยู่ภายนอกที่ผิวหนัง ดังนั้นส่วนใหญ่จึงนิยมทำการวัดโดยตรง ซึ่งจะให้ผลที่ถูกต้องมากกว่า อย่างไรก็ตามในบางเทคนิคของการถ่ายรังสีเอกซ์ เช่น Upper Femur, Hip, Retrograde Pyelography เป็นต้น ระบบสืบพันธ์ของเพศชายจะอยู่ในแนวของลำแสงเอกซ์ และอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของลำแสง ในกรณีเช่นนี้ก็อาจใช้วิธีการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ได้โดยไม่ทำให้ผลผิดพลาด วิธีการคำนวณก็คือเอาปริมาณรังสีที่ผิวหนังได้รับเท่ากับปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ดังนี้:-

$$\text{Gonad dose} = \text{mR/mAs} \times \text{mAs} \times \left(\frac{\text{F.C.D.}}{\text{F.S.D.}}\right)^2 \times \text{B.S.F.} \quad \text{mR}$$

B.S.F. = Back scattered factor

4.7 <u>ผลของการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ (Results of Measurements)</u>

จากผลของการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ 10 ประเภท เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยแล้วได้นำเสนอในตารางที่ 4– 6 ซึ่งเป็นประเภทการตรวจที่คนไข้ได้รับปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์สูง (ยกเว้นการตรวจปอด) ผลการวัดนี้ได้กระทำในโรงพยาบาลศิริราช, โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า ฯ และโรงพยาบาลหญิง ซึ่งทั้ง 3 แห่งนี้รวมกันมีจำนวนคนไข้ประมาณ 14.6% ของคนไข้ที่ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์ทั่วประเทศ สำหรับผลการวัดครั้งนี้เป็นการวัดเพื่อศึกษารายละเอียดที่สำคัญเบื้องต้นจากจำนวนคนไข้ทั้งหมด 775 ราย เพื่อเปรียบเทียบกับของต่างประเทศ

ผลของการวัดในตารางที่ 4– 6 นี้ สำหรับเพศชายส่วนใหญ่ได้จากการวัดโดยตรงขณะคนไข้ได้รับการตรวจ ส่วนเพศหญิงได้จากการคำนวณดังกล่าวแล้ว ยกเว้นการตรวจด้วยวิธี Fluoroscopy ซึ่งทำการวัดโดยตรงเช่นกัน สำหรับคนไข้ที่มีอายุต่ำกว่า 14 ปี ได้แยกออกต่างหากอีกพวกหนึ่งโดยถือเป็นจำพวกเด็ก (Children) ซึ่งมีทั้งหญิงและชายแยกจากกันเช่นกัน ส่วนคนไข้ที่มีอายุมากกว่า 14 ปี จัดอยู่ในจำพวกผู้ใหญ่ (Adults)

สำหรับเด็กที่เป็นเพศชายก็ทำการวัดโดยตรงเช่นกัน ส่วนเด็กที่เป็นเพศหญิงเนื่องจากไม่มีหุ่นจำลองขนาดเท่ากับขนาดเด็ก (โดยเฉลี่ย) ไว้ใช้ในการทดลอง และเราไม่สามารถใช้ค่า R ของผู้ใหญ่ได้ ดังนั้นในการหา Ovary dose สำหรับเด็กจึงอาศัยผลจากกราฟรูปที่ 4– 4 ถึง 4– 7 ซึ่งได้จากการทดลองในหุ่นจำลองดังกล่าว แล้วลดความหนาระหว่างผิวหนังกับรังไข่ให้เป็นขนาดเฉลี่ยของเด็ก คือประมาณครึ่งหนึ่งของผู้ใหญ่ ในการแก้ความหนาครั้งนี้ได้กระทำที่ขนาดของลำแสง 25 x 25 ตร.ซม. ซึ่งเป็นขนาดกว้างสุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า R กับขนาดของลำแสงอีกต่อไป และในทางปฏิบัติจริงขนาดของลำแสงมักจะกว้างกว่านี้ ดังนั้นที่ขนาดของลำแสงเล็กกว่านี้จึงไม่ต้องใช้ จากนี้ก็ทำการเขียนกราฟระหว่างค่า R และ H.V.T. ในเด็กที่ทำ (Projection) ต่าง ๆ โดยมีขนาดความลึกของรังไข่ด้านหน้า (A.P.)ประมาณ 4 ซม. ด้านหลัง (P.A.) ประมาณ 9 ซม. ด้านข้าง (Lateral) ประมาณ 4.5 และ 10 ซม. ตามลำดับ ดังกราฟรูปที่ (4– 10) แล้วนำค่า R นี้ ไปใช้คำนวณหา Ovary dose ในเด็กตามวิธีการดังกล่าวมาแล้ว

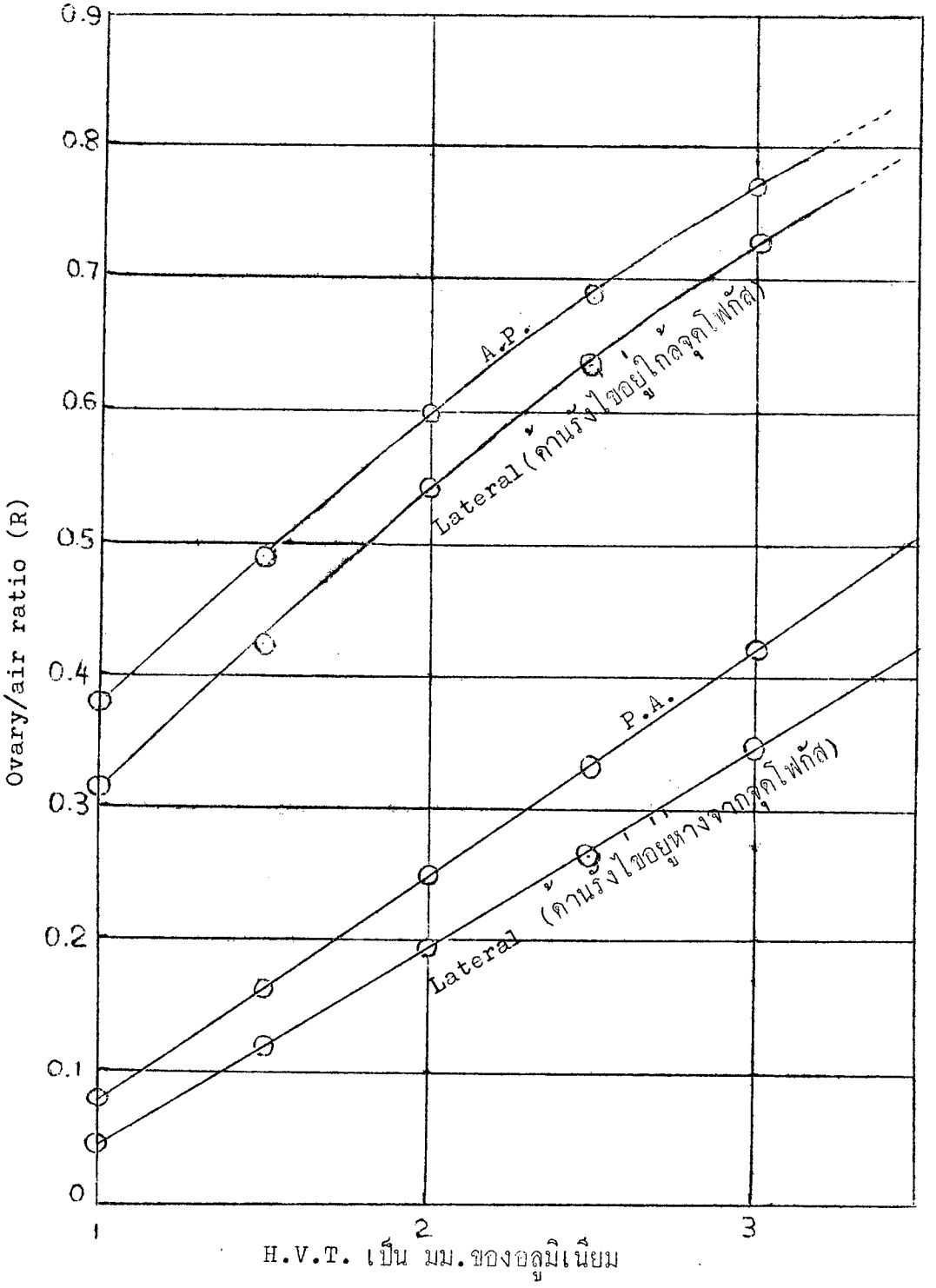
ในกรณีที่ไม่สามารถวัดค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของเด็กได้ เนื่องจากไม่สามารถหาคนไข้ประเภทการตรวจนั้น ๆ ได้ ก็ใช้วิธีประมาณค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์โดยพิจารณาให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังนี้ :–

ก) สำหรับ K.U.B. ปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ใช้ค่าปริมาณรังสีที่วัดได้จากเทคนิคการถ่าย Abdomen ในเพศเดียวกัน

ข) สำหรับ Barium meal ในเด็กหญิงคำนวณจากอัตราส่วนของปริมาณรังสีในเพศชายและเพศหญิงของผู้ใหญ่เท่ากับอัตราส่วนของปริมาณรังสีในเด็กชายและเด็กหญิง

ค) ในกรณีของ Barium enema ค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของเด็กคิดเท่ากับค่าปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ของผู้ใหญ่ในเพศเดียวกัน

ง) สำหรับการถ่ายปอดของเด็กหญิง เนื่องจากจุดศูนย์กลางของรังสีไม่อยู่ที่บริเวณระบบสืบพันธุ์ การคำนวณจึงไม่สามารถใช้กราฟรูป 4– 10 ได้ จึงได้ประมาณค่าโดยอาศัยหลักของข้อ (ข)



รูปที่ 4 – 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า R และ H.V.T. ที่ขนาดลำแสง 25x25 ตร.ซม. เมื่อถ่ายท่าต่าง ๆ ในเด็กเมื่อระบบสืบพันธุ์อยู่ในแนวของลำแสงเอกซ์

ในกรณีที่ทำการวัดปริมาณรังสีจากคนไข้มากกว่าหนึ่งคนขึ้นไป ก็ทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard errors) ของปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ไว้ด้วย โดยคำนวณจากสูตร

$$S.E._m = \frac{S.D.}{\sqrt{N}}$$

ในเมื่อ $S.E._m$ คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย (Standard error of mean)

S.D. " ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

N " จำนวนคนไข้ที่ทำการวัดในแต่ละประเภท

สำหรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสถิติข้อมูลต่าง ๆ เช่น จำนวนคนไข้ที่ผ่านการตรวจในกลุ่มอายุและประเภทต่าง ๆ นั้นไม่นำมาคิด ส่วนความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองนั้นน้อยมากเมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเฉลี่ยค่าปริมาณรังสีในแต่ละประเภท ทั้งนี้เพราะการใช้รังสีจำเป็นต้องขึ้นอยู่กับอาการของคนไข้ ความชำนาญงานของเจ้าหน้าที่ผู้ใช้ คุณภาพของเครื่องกำเนิดรังสี จำนวนครั้งที่ถ่าย เทคนิคที่ใช้ และ ฯลฯ ดังนั้นการตรวจแต่ละประเภทข้อมูลจึงมีการกระจายมาก ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้อาจคลาดเคลื่อนได้มาก ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองนั้นก็ได้ทำการตรวจสอบกับเครื่องวัดรังสีมาตรฐานทุติยภูมิ (Secondary standard) แล้วจนมีความมั่นใจว่ามีความแม่นยำดีจึงนำมาใช้ในการทดลอง

ในตารางที่ 4– 7 และ 4– 8 ได้แสดงผลการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ในประเทศอังกฤษและประเทศนิวซีแลนด์ เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับผลการวัดที่กระทำครั้งนี้ในประเทศไทยไว้

ตารางที่ 4- 6

ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์เป็นมิลลิเรินท์เกนต่อจำนวนคนไข้หนึ่งคน

(Mean gonad doses in mR per examination)

Type of Examination	Males						Females					
	Children			Adults			Children			Adults		
	No.of Exam.	mR/ exam.	$S.E._{\bar{m}}$	No.of Exam.	mR/ exam.	$S.E._{\bar{m}}$	No.of Exam.	mR/ exam.	$S.E._{\bar{m}}$	No.of Exam.	mR/ exam.	$S.E._{\bar{m}}$
1. Hip, Upper Femur	1	45	-	6	3576	1764	1	19	-	7	176	58
2. Pelvis, Lumbar Spine, Lumbo-sacral Joint	2	208	62	30	1126	167	3	164	63	52	440	42
3. Intravenous Pyelogram	1	640	-	27	1736	184	2	283	96	44	1003	85
4. Plain K.U.B. (kidney, ureter, bladder)	-	(70.2)	-	7	450	100	-	(36)	-	27	167	23
5. Chest, Heart, Lung	49	9.0	0.6	198	0.69	0.1	-	(13.0)	-	145	1.0	0.24
6. Barium meal	1	37	-	29	196	93	-	(12.3)	-	15	65.2	20.5
7. Barium enema	-	(222)	-	3	222	83	-	(891)	-	8	891	175
8. Abdomen	6	70.2	19	48	247	72	11	36	6.3	45	159	26
9. Obstetric abdomen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	665	110
10. Pelvimetry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	537	83

หมายเหตุ คำในเครื่องหมายวงเล็บ (-) เป็นค่าที่ประมาณตามข้อ 4.7

ตารางที่ 4-7 [1]

แสดงผลการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ในประเทศอังกฤษ

(Mean gonad doses in mR per examination)

Type of Examination	Males						Females					
	Children			Adults			Children			Adults		
	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.
1. Hip, Upper Femur	60	275	52	74	1120	170	36	60.4	18.0	106	117	11
2. Pelvis, Lumbar Spine, Lumbo-sacral Joint	46	181	33	511	387	52	38	210	44	532	405	18
3. Intravemous Pyelogram	28	327	66	321	804	72	34	207	39	247	637	27
4. Plain K.U.B.(kidney, ureter, bladder)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Chest, Heart, Lung	77	12	2.8	503	1.34	0.29	81	4.78	1.07	470	5.53	0.87
6. Barium meal	10	58.8	23.1	206	43.5	31.4	4	114	46	157	339	49
7. Barium enema	2	362	176	33	146	61	1	875	-	35	464	76
8. Abdomen	33	113	40	171	103	21	44	55	10	187	212	15
9. Obstetric abdomen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127	367	26
10. Pelvimetry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	745	66

[1] Adrian Committee Report, Radiological Hazards to Patients (2nd report of the Committee; Ministry of Health, H.M.S.O. London, 1960), pp. 76-77.

ตารางที่ 4 – 8[2]

แสดงผลการวัดปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ในประเทศนิวซีแลนด์

(Mean gonad doses in mR per examination)

Type of Examination	Males						Females					
	Children			Adults			Children			Adults		
	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.	No.of Exam.	mR/ exam.	S.E.
1. Hip, Upper Femur	15	84	34	28	626	113	15	26	4.8	52	112	17
2. Pelvis, Lumbar spine, Lumbo-sacral Joint	13	172	87	243	218	38	13	65	21	195	276	30
3. Intravenous Pyelogram	5	213	84	92	940	136	9	156	33	80	378	54
4. Plain K.U.B.(kidney, ureter, bladder)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Chest, Heart, Lung	45	0.23	0.07	213	0.103	0.13	40	0.65	0.37	215	0.169	0.12
6. Barium meal	-	(8.2)	-	75	19.4	3.5	2	107	66	77	252	17
7. Barium enema	1	20	-	23	306	88	1	600	-	29	1257	214
8. Abdomen	8	136	40	72	383	31	6	31	15	58	132	23
9. Obstetric abdomen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	385	41
10. Pelvimetry	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	593	72

[2] B.D.P. Williamson, and A.C. M^{c} Ewan, The Genetically Significant Dose to the Population of New Zealand from Diagnostic Radiology (New Zealand: National Radiation Laboratory, 1965), pp. 17.