

ES05: ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสในผู้ปฏิบัติงานรังสี

*วันวิสา สุดประเสริฐ อมรรัตน์ จังธนสมบัติ และ พรรณี พักทอง

ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ.พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 0 2562 5444 ต่อ 1202 โทรสาร 0 2579 5530 E-Mail: fsciwasu@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส (MN) ในเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ของผู้ปฏิบัติงานรังสีในสถานปฏิบัติงานหนึ่ง จำนวน 31 คน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน โดยศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ได้แก่ เพศ อายุ การดื่มแอลกอฮอล์ การดื่มชาและ/หรือกาแฟ และการได้รับรังสีสะสม ผลการศึกษาพบว่าความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี มีค่ามากกว่าในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญเชิงทางสถิติ ($p = 0.000$) โดยกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 39.1 ± 3.7 MN/1000 BN ส่วนกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี มีค่าเท่ากับ 60.9 ± 12.3 , 61.6 ± 13.0 และ 62.6 ± 11.8 MN/1000 BN สำหรับช่วงปริมาณรังสีที่ได้รับสะสม 0.01-3.00, 3.01-6.00 และ 6.01-9.00 mSv ตามลำดับ ทั้งนี้ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส มีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีที่ได้รับในแบบสมการเชิงเส้นกำลังสอง ($R^2 = 0.4754$) ปัจจัยเนื่องจากเพศ อายุ การดื่มแอลกอฮอล์ ไม่มีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของทั้งสองกลุ่ม ส่วนปัจจัยเนื่องจากการดื่มชาและ/หรือกาแฟ มีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสเฉพาะกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสีเท่านั้น ($t\text{-test} = -2.018$, sig. (2-tailed) = 0.030) ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการได้รับรังสีก่อไอออนปริมาณต่ำสะสมจากการประกอบอาชีพ สามารถเพิ่มความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของความเสียหายของโครโมโซม

คำสำคัญ: ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส การรับรังสีจากอาชีพ ความเสียหายของโครโมโซม รังสีก่อไอออนปริมาณต่ำ

Micronuclei Frequency in Radiation Worker

*Wanwisa Sudprasert, Amornrat Jungtanasombut and Pannee Pakkong

Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University

50 Phahon Yothin Rd., LadYao, Chatuchak, Bangkok 10900

Phone: 0 2562 5444 ext. 1202, Fax: 0 2579 5530, E-Mail: fsciwasu@ku.ac.th

Abstract

The purpose of this study is to determine the micronuclei (MN) frequency in peripheral blood lymphocytes of 31 individuals occupationally exposed to radiation compared to 24 controls. The effect of donor gender, age, alcoholic consumption, tea/coffee consumption and radiation burden on MN frequency was studied. The results showed that MN frequencies observed for exposed employees were significantly higher than in

controls ($p = 0.000$). The average MN frequency in control was 39.1 ± 3.7 MN/1000 BN while those of exposed group were 60.9 ± 12.3 , 61.6 ± 13.0 and 62.6 ± 11.8 MN/1000 BN for the range of accumulative doses at 0.01-3.00, 3.01-6.00 and 6.01-9.00 mSv, respectively. Moreover, MN frequency showed a positive trend with increased accumulative doses as a linear-quadratic relation ($R^2 = 0.4754$). No correlation of MN frequency with gender, age and alcoholic consumption could be observed in both exposed and control groups. However, the effect of tea/coffee consumption on MN frequency was clearly observed in the exposed individuals (t -test = -2.018, sig. (2-tailed) = 0.030). These results indicate that the increased MN frequency, an indicator of chromosomal aberration, is associated with occupational exposure to low doses of ionizing radiation.

Keywords: Micronuclei Frequency, Occupational Radiation Exposure, Chromosome Aberration, Low Doses of Ionizing Radiation

1. บทนำ

โดยปกติผู้ปฏิบัติงานรังสีตามหน่วยงานต่าง ๆ ของประเทศไทย เป็นต้นว่า งานเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย งานผลิตไอโซโทปรังสีและเภสัชภัณฑ์รังสี งานถ่ายภาพรังสีทางอุตสาหกรรม และงานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จะตรวจวัดปริมาณรังสีที่ได้รับจากการทำงานด้วยเครื่องวัดปริมาณรังสีทางกายภาพ (Physical dosimeter) โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ฟิล์มหรือทีแอลดี ซึ่งเป็นเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล เพื่อบ่งชี้ว่าปริมาณรังสีที่แต่ละบุคคลได้รับนั้น ไม่เกินกว่าขีดจำกัดการรับรังสีตามมาตรฐานสากล ซึ่งการตรวจวัดดังกล่าวไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าผลเสียหายจากการได้รับรังสีที่เกิดกับเซลล์และสารพันธุกรรมนั้น มีมากน้อยเพียงไร เนื่องจากความแตกต่างของแต่ละบุคคลและปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความไวรังสี¹ ในขณะที่การตรวจวัดผลทางพันธุกรรมของรังสีโดยอาศัยเซลล์พันธุศาสตร์ (Cytogenetics) ซึ่งจัดเป็นวิธีตรวจวัดปริมาณรังสีทางชีวภาพ (Biological dosimeter) นั้น จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทราบผลของรังสีในระดับเซลล์ของแต่ละบุคคลได้อย่างชัดเจน

การตรวจวัดผลทางพันธุกรรมของรังสีสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งการตรวจวัดความเสียหายของดีเอ็นเอโดยตรง เช่น การแตกหักของดีเอ็นเอและการเกิดออกซิเดชันของดีเอ็นเอ เป็นต้น หรือการตรวจวัดความเสียหายของโครโมโซม เช่น dicentrics, acentric fragments และ rings รวมทั้งการเกิดไมโครนิวเคลียส ซึ่งเป็นผลจากความผิดปกติของโครโมโซม² เป็นต้น ซึ่งการตรวจวัดไมโครนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์เป็นวิธีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถดำเนินการได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง ดังนั้นวิธีนี้จึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อประเมินผลของรังสีที่มีต่อความเสียหายของโครโมโซมในกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้รับรังสี เช่น การรักษาโรคมะเร็งด้วยรังสี³ มะเร็งต่อมไทรอยด์⁴ การปฏิบัติงานรังสี⁵ การรับรังสีจากสิ่งแวดล้อม⁶ และจากอุบัติเหตุนิวเคลียร์⁷ เป็นต้น

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจวัดผลของรังสีแกมมาที่มีต่อโครโมโซมในเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ของผู้ปฏิบัติงานรังสี ด้วยวิธี Cytokinesis-blocked micronucleus (CBMN) โดยได้ศึกษาปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ได้แก่ เพศ อายุ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ และการดื่มชาและ/หรือกาแฟ ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานรังสีแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการพิจารณานำ Biological dosimeters มาใช้ควบคู่กับ Physical dosimeters เพื่อวัดปริมาณรังสีและประเมินความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานตามสถานปฏิบัติการทางรังสีต่างๆ ของประเทศไทยต่อไปในอนาคต

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 กลุ่มตัวอย่าง

ทำการรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยใช้แจ้งรายละเอียดของโครงการ ด้วยการนำเสนอโครงการวิจัยพร้อมแจกเอกสารชี้แจงแก่ผู้สนใจซึ่งปฏิบัติงาน ณ สถานปฏิบัติงานทางรังสีแห่งหนึ่ง จากนั้นให้อาสาสมัครลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และกรอกข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการดำรงชีพ ลงในแบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ได้แก่ เพศ อายุ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ การดื่มชา และ/หรือกาแฟ ประวัติการปรากฏโรค และปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมจากการปฏิบัติงานในระยะเวลา 5 ปี

อาสาสมัครจำนวนทั้งสิ้น 55 คน เป็นผู้ปฏิบัติงานรังสีจำนวน 31 คน ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมทั่วร่างกายจากการปฏิบัติงานในระยะเวลา 5 ปี เท่ากับ 4.8 ± 5.5 mSv พิสัย 0.2-29.6 mSv และมีอายุเฉลี่ย 41.9 ± 9.1 ปี พิสัย 26-58 ปี ซึ่งประกอบด้วยเพศชาย จำนวน 20 คน และเพศหญิงจำนวน 11 คน ส่วนอาสาสมัครที่ไม่ได้เป็นผู้ปฏิบัติงานรังสีหรือกลุ่มควบคุม จำนวน 24 คน เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงานเดียวกันกับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี มีอายุเฉลี่ย 36.4 ± 9.0 ปี พิสัย 25-59 ปี ประกอบด้วยเพศชายจำนวน 7 คน และเพศหญิงจำนวน 17 คน ซึ่งข้อมูลลักษณะของกลุ่มตัวอย่างประชากรศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

2.2 ตัวอย่างเลือด

ทำการเจาะเลือดจากอาสาสมัครแต่ละบุคคล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงปลอดเชื้อ ที่บรรจุ heparin (LEO) เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด

ตารางที่ 1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างประชากรศึกษา

ปัจจัย	ขนาดประชากร (คน)	กลุ่มควบคุม	กลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี
		24	31
อายุ (ปี)			
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		36.4 $\pm$ 9.0	41.9 $\pm$ 9.1
พิสัย		25-59	26-58
เพศ			
ชาย (ร้อยละ)		7 (29.2)	20 (64.5)
หญิง (ร้อยละ)		17 (70.8)	11 (35.5)
การดื่มแอลกอฮอล์			
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)		17 (70.8)	19 (61.3)
ดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)		7 (29.2)	12 (38.7)
การดื่มชา/กาแฟ			
ไม่ดื่มชา/กาแฟ (ร้อยละ)		9 (37.5)	6 (19.4)
ดื่มชา/กาแฟ (ร้อยละ)		15 (62.5)	25 (80.6)
ปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมทั่วร่างกาย (mSv)			
ในระยะเวลา 5 ปี			
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		-	4.8 $\pm$ 5.5
พิสัย		-	0.2-29.6
ระยะเวลาที่ได้รับรังสี (ปี)			
ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		-	14.5 $\pm$ 9.8
พิสัย		-	0.8-32

หมายเหตุ ค่าร้อยละที่แสดงใน 3 ปัจจัย (เพศ การดื่มแอลกอฮอล์ และการดื่มชา/กาแฟ) ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง คำนวณจากจำนวนประชากรทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ทั้งนี้ได้แสดงข้อมูลอุปนิสัยการสูบบุหรี่ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง เนื่องจากขนาดของประชากรผู้สูบบุหรี่ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสีมีขนาดเล็กเพียง 1 และ 2 คน ตามลำดับ

2.3 การเพาะเลี้ยงเลือด และตรวจนับจำนวนไมโครนิวเคลียส^{2,8}

แบ่งเลือด 0.5 มิลลิลิตร มาเพาะเลี้ยงในอาหาร RPMI 1640 (Gibco) ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ที่ผสมด้วย 10% FBS (Gibco), 3% PHA (Gibco), 1% antibiotics (Gibco) (100 UI/ml penicillin และ 100 μ g/ml streptomycin) และ 2% ของ 0.2 M L-glutamine (Gibco) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C

เป็นเวลา 44 ชั่วโมง ก่อนเติม 4.5 $\mu\text{g/ml}$ Cytochalasin-B (Sigma) แล้วเลี้ยงเซลล์ที่สภาวะเดิมต่อจนครบ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำเซลล์มาปั่นแยกด้วยแรงเหวี่ยง $800\times g$ เป็นเวลา 5 นาที เติม 0.075 M KCl ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในเซลล์ที่แยกได้ นำไปปั่นแยก แล้วเติมน้ำยาคงสภาพเซลล์ (methanol : acetic acid อัตราส่วน 3:1) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยทำซ้ำ 2-3 ครั้ง จนกระทั่งได้ตะกอนสีขาวที่ก้นหลอดสะอาดดี ก่อนนำมาหยดลงบนสไลด์ แล้วย้อมสีด้วย 3% Giemsa (ChemEx) เป็นเวลา 10 นาที ตรวจนับจำนวนไมโครนิวเคลียสด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยนับจำนวนไมโครนิวเคลียส (MN) ที่เกิดขึ้นต่อจำนวน 1,000 Binucleate (BN) lymphocytes

2.4 การวิเคราะห์ผล

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี กับกลุ่มควบคุม และศึกษาผลของอายุที่มีต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส โดยเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มอายุ ได้แก่ 21-30 ปี 31-40 ปี 41-50 ปี และ 51-60 ปี ด้วย ANOVA ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมกับความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสโดยใช้ correlation-regression analysis และศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ เพศ การดื่มแอลกอฮอล์ และการดื่มชา และ/หรือกาแฟ ที่มีต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ด้วย *t-test*

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของอาสาสมัครในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสีส่วนใหญ่ มีค่าสูงกว่าของอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี (60.6 ± 12.0 MN/1000 BN) (ตารางที่ 2) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$) จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม (39.1 ± 3.7 MN/1000 BN) เมื่อจำแนกค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี ตามช่วงปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมทั่วร่างกายในระยะเวลาการปฏิบัติงาน 5 ปี พบว่า มีค่าเท่ากับ 60.9 ± 12.3 , 61.6 ± 13.0 และ 62.6 ± 11.8 MN/1000 BN สำหรับช่วงปริมาณรังสีสะสม 0.01-3.00, 3.01-6.00 และ 6.01-9.00 mSv ตามลำดับ (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมกับความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส พบว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่สมบูรณ์ทางบวก ($R = 0.310$) กล่าวคือ ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมแบบเชิงเส้นกำลังสอง ($R^2 = 0.4754$) ตามสมการ $y = -0.8256x^2 + 8.9649x + 42.074$ เมื่อ $y =$ ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส และ $x =$ ปริมาณรังสีสะสม (รูปที่ 1) จะเห็นว่า ค่าความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสมีค่าเพิ่มขึ้นตามช่วงปริมาณรังสีสะสมที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ดังนั้นการได้รับรังสีจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการเกิดไมโครนิวเคลียส โดยปริมาณรังสีเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้การเกิดไมโครนิวเคลียสมีจำนวนเพิ่มขึ้น

การศึกษาผลของอายุที่มีต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ภายในกลุ่มควบคุมและกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี โดยเปรียบเทียบความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของแต่ละกลุ่มอายุ ได้แก่ 21-30 ปี 31-40 ปี 41-50 ปี และ 51-60 ปี พบว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของแต่ละกลุ่มอายุภายในกลุ่มตัวอย่างควบคุม มีค่าใกล้เคียงกัน ทำนองเดียวกันกับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี (ตารางที่ 4) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของแต่ละกลุ่มอายุภายในกลุ่มตัวอย่างควบคุม ($p = 0.696$) และกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับรังสีจากการปฏิบัติงาน ($p = 0.532$) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Fenech and Morley⁹, Sari-Minodier *et al.*¹⁰ และ Maluf and Erdtmann¹¹ ในขณะที่งานวิจัยของ Thierens *et al.*¹², Maluf *et al.*¹³ และ Touil *et al.*⁵ พบว่าความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสขึ้นกับปัจจัยเนื่องจากอายุ โดยมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของกลุ่มควบคุมและกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี

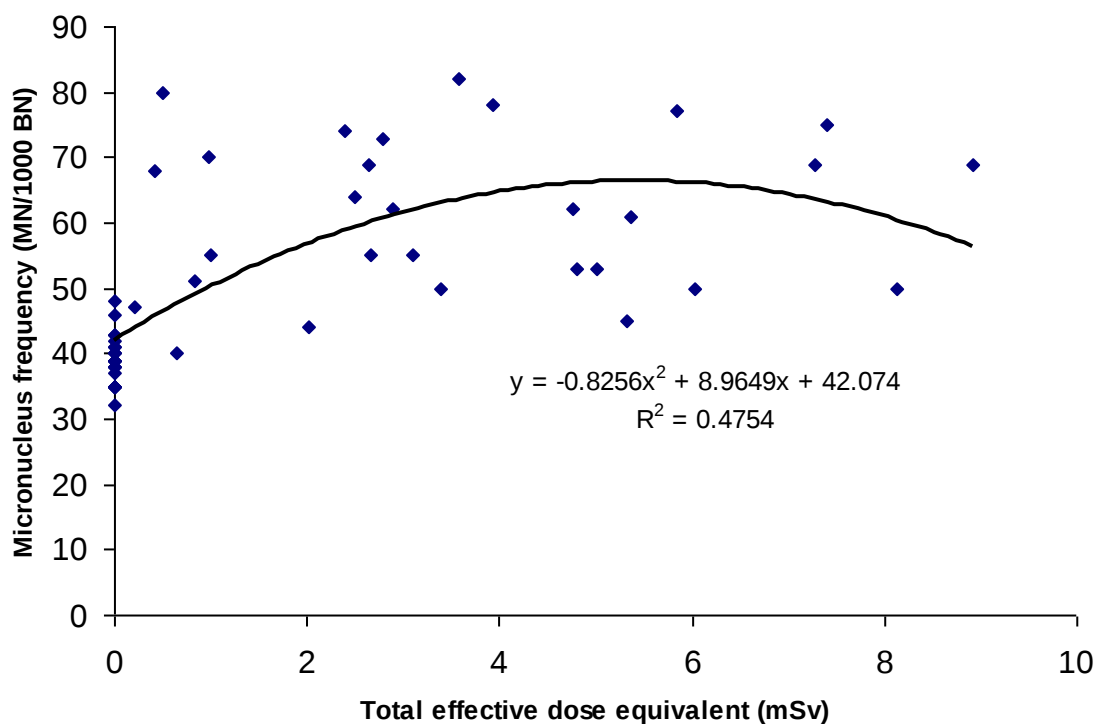
กลุ่มตัวอย่าง	ขนาดประชากร (คน)	MN/1000 BN
		(ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
กลุ่มควบคุม	24	39.1 $\pm$ 3.7
กลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี	31	60.6 $\pm$ 12.0

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี จำแนกตามช่วงปริมาณรังสีที่ได้รับในระยะเวลา 5 ปี

ช่วงปริมาณรังสีในระยะเวลา 5 ปี (mSv)	ขนาดประชากร (คน)	MN/1000 BN (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
0.01-3.00	14	60.9 $\pm$ 12.3
3.01-6.00	12	61.6 $\pm$ 13.0
6.01-9.00	5	62.6 $\pm$ 11.8

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสจำแนกตามกลุ่มอายุ

ช่วงอายุ (ปี)	ขนาดประชากร (คน)	MN/1000 BN (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
กลุ่มควบคุม		
21-30	9	40.1 $\pm$ 4.7
31-40	9	38.0 $\pm$ 3.4
41-50	3	39.7 $\pm$ 1.2
51-60	3	38.7 $\pm$ 3.5
กลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี		
21-30	3	69.3 $\pm$ 14.8
31-40	10	59.7 $\pm$ 10.0
41-50	11	58.0 $\pm$ 12.9
51-60	7	62.4 $\pm$ 12.9



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ได้รับสะสมกับความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส

จากการวิเคราะห์ผลของปัจจัยเนื่องจากเพศ การดื่มแอลกอฮอล์ และการดื่มชาและ/หรือกาแฟ ที่มีต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสภายในกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี โดยใช้ *t-test* แสดงผลในตารางที่ 5 พบว่า ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสภายในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองไม่ขึ้นกับปัจจัยเนื่องจากเพศ โดยค่า *t-test* และค่า sig. (2-tailed) มีค่าเท่ากับ 0.286 และ 0.778 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มควบคุม และมีค่าเท่ากับ 0.936 และ 0.357 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Hagelström *et al.*¹⁴ และ Joseph *et al.*¹⁵ แต่ขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ Fenech *et al.*¹⁶, Chang *et al.*¹⁷ และ Fenech¹⁸ ที่พบว่าปัจจัยเนื่องจากเพศมีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส โดยเพศหญิงมีความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสมากกว่าเพศชาย สำหรับผลงานวิจัยนี้ ได้ผลที่แตกต่างจากผลงานวิจัยที่รายงานเป็นส่วนใหญ่ กล่าวคือ เพศชายมีความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสมากกว่าเพศหญิง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทั้งนี้สัมพันธ์กับการรายงานของ Bonassi *et al.*¹⁹ ที่ทำการศึกษาในหน่วยปฏิบัติงานวิจัย 9 แห่ง พบว่า เพศชายมีความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสมากกว่าเพศหญิง ซึ่งความแตกต่างนี้มีหน่วยปฏิบัติงานวิจัยเพียง 2 แห่งเท่านั้น ที่ได้ผลว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

ปัจจัยเนื่องจากการดื่มแอลกอฮอล์ ไม่มีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของกลุ่มควบคุม และกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี โดยค่า *t-test* และค่า sig. (2-tailed) มีค่าเท่ากับ -0.793 และ 0.437 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มควบคุม และมีค่าเท่ากับ 0.622 และ 0.539 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Maluf and Erdtmann¹¹ และ Chung *et al.*²⁰ แต่ขณะเดียวกัน Cruz *et al.*²¹ ได้รายงานไว้ว่า ความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสเพิ่มขึ้นในกลุ่มผู้ดื่มแอลกอฮอล์

ปัจจัยเนื่องจากการดื่มชาและ/หรือกาแฟ มีอิทธิพลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียสของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสีเท่านั้น โดยค่า *t-test* กับค่า sig. (2-tailed) มีค่าเท่ากับ -1.357 กับ 0.189 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มควบคุม และมีค่าเท่ากับ -2.018 กับ 0.030 ตามลำดับ สำหรับกลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี ซึ่งผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cruz *et al.*²¹

ค่าเฉลี่ยพื้นหลังของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส มีค่า 39.1 ± 3.7 MN/1000 BN ซึ่งพบว่ามีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่นๆ เช่น งานวิจัยของ Streffer *et al.*¹ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ย 18 ± 11 MN/1000 BN และ Angelini *et al.*²² ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเพียง 6.9 ± 2.7 MN/1000 BN ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัยร่วมอื่น ๆ หลายปัจจัยที่มีผลต่อความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ได้แก่ สภาพการเพาะเลี้ยงเซลล์ เทคนิคการเก็บเกี่ยวเซลล์และเตรียมสไลด์ และวิธีการตรวจนับจำนวนไมโครนิวเคลียส¹⁹ เป็นต้น รวมทั้งปัจจัยภายในกาย เช่น พฤติกรรมการดำรงชีวิต เชื้อชาติ และพันธุกรรม^{23, 24} เป็นต้น

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของค่าเฉลี่ยของความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส

กลุ่ม	ขนาดประชากร (คน)	MN/1000 BN (ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน)	<i>t-test</i>	sig. (2- tailed)
กลุ่มควบคุม	24	39.1 $\pm$ 3.7		
<u>เพศ</u>				
ชาย	7	39.4 $\pm$ 4.4	0.286	0.778
หญิง	17	38.9 $\pm$ 3.5		
<u>แอลกอฮอล์</u>				
ไม่ดื่ม	17	38.6 $\pm$ 3.6	-0.793	0.437
ดื่ม	7	40.0 $\pm$ 4.2		
<u>ชา/กาแฟ</u>				
ไม่ดื่ม	9	37.8 $\pm$ 3.7	-1.357	0.189
ดื่ม	15	39.9 $\pm$ 3.6		
กลุ่มผู้ปฏิบัติงานรังสี	31	60.6 $\pm$ 12.0		
<u>เพศ</u>				
ชาย	20	62.2 $\pm$ 12.6	0.936	0.357
หญิง	11	57.9 $\pm$ 10.9		
<u>แอลกอฮอล์</u>				
ไม่ดื่ม	19	62.5 $\pm$ 12.3	0.622	0.539
ดื่ม	12	59.7 $\pm$ 11.4		
<u>ชา/กาแฟ</u>				
ไม่ดื่ม	6	52.7* $\pm$ 8.4	-2.018	0.030
ดื่ม	25	63.2* $\pm$ 12.1		

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. สรุป

การได้รับรังสีก่อไอออนปริมาณต่ำสะสมจากการประกอบอาชีพ แม้เพียงระดับรังสีต่ำกว่าขีดจำกัดการรับนิวไคลด์กัมมันตรังสีรอบปี (ALI) ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 20 mSv ก็ตาม ก็สามารถเพิ่มความถี่การเกิดไมโครนิวเคลียส ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของความเสียหายของโครโมโซม ซึ่งหากผล

ความเสียหายดังกล่าวรุนแรงจนเกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม อาจนำไปสู่สถานะเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง และโรคทางพันธุกรรมอื่น ๆ ได้ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยและสวัสดิภาพของผู้ปฏิบัติงานรังสีในหน่วยงานต่าง ๆ ของประเทศ ผู้ปฏิบัติงานทุกคนควรปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง และกำหนดแนวทางป้องกันหรือลดอันตรายจากรังสีที่อาจเกิดขึ้นได้จากการปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับรังสีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเซลล์ ขอขอบคุณคุณวรัศนี พันธุ์ ศรีวิเศษ พยาบาลวิชาชีพ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเจาะเลือด และขอขอบคุณอาสาสมัครบริจาคเลือดเพื่อการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

6. เอกสารอ้างอิง

1. Streffer, C., Müller, W.-U., Kryscio, A., Böcker, W., 1998. Micronuclei-biological indicator for retrospective dosimetry after exposure to ionizing radiation. *Mutat. Res.* 404, 101-105.
2. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2001. Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment: A Manual. Technical Reports Series No. 405, IAEA, Vienna.
3. Gutiérrez, S., Charbonell, E., Galofré, P., Creus, A., Marcos, R., 1997. Micronuclei induction by ^{131}I exposure: Study hyperthyroidism patients. *Mutat. Res.* 373, 39-45.
4. Popova, L., Hadjidekova, V., Hadjieva, T., Agova, S., Vasilev, I., 2005. Cytokinesis-blocked micronucleus test in patients undergoing radioiodine therapy for differentiated thyroid carcinoma. *Hell. J. Nucl. Med.* 8, 54-57.
5. Touil, N., Aka, P.V., Buchet, J.-P., Thierens, H., Kirsch-Volders, M., 2002. Assessment of genotoxic effects related to chronic low level exposure to ionizing radiation using biomarkers for DNA damage and repair. *Mutagenesis.* 17 (3), 223-232.
6. Heepchantree, H., Paratasilpin, T., Kangwanpong, D., 2005. A comparative biomonitoring study of populations residing in regions with low and high risk of lung cancer using the chromosome aberration and the micronucleus tests. *Mutat. Res.* 578, 134-139.

7. Fenech, M., Perepetskaya, G., Mikhalevich, L., 1997. A more comprehensive application of the micronucleus technique for biomonitoring of genetic damage rates in human populations—experiences from the Chernobyl catastrophe. *Environ. Mol. Mutagen.* 30, 112-118.
8. Fenech, M., 2000. The in vitro micronucleus technique. *Mutat. Res.* 455, 81-95.
9. Fenech, M., Morley, A., 1987. Aging in vivo dose not influence micronucleus induction in human lymphocytes by X-irradiation. *Mech. Ageing Dev.* 39, 113-119.
10. Sari-Minodier, I., Orsière, T., Bellon, L., Pompili, J., Sapin, C., Botta, A., 2002. Cytogenetic monitoring of industrial radiographers using the micronucleus assay. *Mutat. Res.* 521, 37-46.
11. Maluf, S.W., Erdtmann, B., 2000. Evaluation of occupational genotoxic risk in a Brazilian hospital. *Genet. Mol. Biol.* 23, 485-488
12. Thierens, H., Vral, A., Barbé, M., Aousalah, B., Ridder, L.D., 1999. Cytogenetic study of nuclear power plant workers using the micronucleus-centromere assay. *Mutat. Res.* 445, 105-111.
13. Maluf, S.W., Passos, D.F., Bacelar, A., Speit, G., Erdtmann, B., 2001. Assessment of DNA damage in lymphocytes of workers exposed to X-radiation using the micronucleus test and the comet assay. *Environ. Mol. Mutagen.* 38 (4), 311-315.
14. Hagelström, A.H., Gorla, N.B., Larripa, I.B., 1995. Chromosomal damage in workers occupationally exposed to chronic low level ionizing radiation. *Toxicol. Lett.* 76, 113-117.
15. Joseph, L.J., Patwardhan, U.N., Samuel, A.M., 2004. Frequency of micronuclei in peripheral blood lymphocytes from subjects occupationally exposed to low levels of ionizing radiation. *Mutat. Res.* 564, 83-88.
16. Fenech, M., Neville, S., Rinaldi, J., 1994. Sex is an important variable affecting spontaneous micronucleus frequency in cytokinesis-blocked lymphocytes. *Mutat. Res.* 313 (2-3), 203-207.
17. Chang, W.P., Hwang, B.-F., Wang, D., Wang, J.D., 1997. Cytogenetic effect of chronic low-dose, low-dose-rate γ -radiation in residents of irradiated buildings. *Lancet.* 350, 330-333.
18. Fenech, M., 1998. Important variables that influence base-line micronucleus frequency in cytokinesis-blocked lymphocytes—a biomarker for DNA damage in human populations. *Mutat. Res.* 404, 155-165.
19. Bonassi, S., Fenech, M., Lando, C., Lin, Y-P., Ceppi, M., Chang, W.P., Holland, N., Kirsch-Volder, M., Zeiger, E. *et al.*, 2001. Human micronucleus project: International database comparison for results with the cytokinesis-blocked micronucleus assay in human lymphocytes:

- I. Effect of laboratory protocol, scoring criteria, and host factors on the frequency of micronuclei. *Environ. Mol. Mutagen.* 37, 31-45.
20. Chung, H.W., Ryu., E.K., Kim, Y.J., Ha, S.W., 1996. Chromosome aberrations in worker of nuclear-power plants. *Mutat. Res.* 350, 307-314.
21. Cruz, A.D., McArthur., A.G., Silva., C.C., Curado, M.P., Glickman, B.W., 1994. Human micronucleus counts are correlated with age, smoking, and cesium-137 dose in the Goiânia (Brazil) radiological accident. *Mutat. Res.* 313, 57-68.
22. Angelini, S., Kumar, R., Carbone, F., Maffei, F., Forti, G.C., Violante, F.S., Lodi, V., Curti, S., Hemminki, K., Hrelia, P., 2005. Micronuclei in humans induced by exposure to low level of ionizing radiation: influence of polymorphisms in DNA repair genes. *Mutat. Res.* 570, 105-117.
23. Mill, A.J., Wells, J., Hall, S.C., Butler, A., 1996. Micronucleus induction in human lymphocytes: comparative effects of X-rays, alpha particles, beta particles and neutrons and implications for biological dosimetry. *Radiat. Res.* 145 (5), 575-585.
24. Kirsch-Volders, M., Sofuni., T., Aardema., M., Albertini., S., et al., 2003. Report from the in vitro micronucleus assay working group. *Mutat. Res.* 540, 153-163.