ผลร่วมของการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

EFFECTS OF COMBINED EXPOSURE TO LEAD, CADMIUM AND NICKEL ON BIOCHEMICAL MARKERS AND NEUROCOGNITIVE BEHAVIORS AMONG ELECTRONIC WASTES SORTING WORKERS, IN UBON RATCHATHANI, PROVINCE

กรวิกา หาระสาร

มหาวิทยาลัยบูรพา

2566

ผลร่วมของการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

กรวิกา หาระสาร

ดุษฎีนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2565
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

EFFECTS OF COMBINED EXPOSURE TO LEAD, CADMIUM AND NICKEL ON BIOCHEMICAL MARKERS AND NEUROCOGNITIVE BEHAVIORS AMONG ELECTRONIC WASTES SORTING WORKERS, IN UBON RATCHATHANI, PROVINCE

KORNWIKA HARASARN

A DISSERTATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR DOCTOR DEGREE OF PHILOSOPHY
IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY
2022

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์และคณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ได้พิจารณาดุษฎีนิพนธ์ของ กรวิกา หาระสาร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนามัย เทศกะทึก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. นันทพร ภัทรพุทธ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรัชญา แก้วแก่น)

คณะกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรวรรณ แก้วบุญชู)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนามัย เทศกะทึก)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นันทพร ภัทรพุทธ)

..... กรรมการ
(ดร. ปรัชญา แก้วแก่น)

..... กรรมการ
(ดร. วัลลภ ใจดี)

คณะสาธารณสุขศาสตร์อนุมัติให้รับดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี รอดจากภัย)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

60810055: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; ปร.ด. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

คำสำคัญ: ตะกั่ว/ แคดเมียม/ นิกเกิลในเลือดและพื้นที่ทำงาน/ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์/ Monoamine Oxidase (MAO)/ อุบลราชธานี

กรวิกา หาระสาร : ผลร่วมของการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี. (EFFECTS OF COMBINED EXPOSURE TO LEAD, CADMIUM AND NICKEL ON BIOCHEMICAL MARKERS AND NEUROCOGNITIVE BEHAVIORS AMONG ELECTRONIC WASTES SORTING WORKERS, IN UBON RATCHATHANI, PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมดุษฎีนิพนธ์: อนามัย เทศกะทึก, นันทพร ภัทรพุทธ, ปรัชญา แก้วแก่น, Ph.D. ปี พ.ศ. 2566.

การศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลร่วมการรับสัมผัสตะกั่ว (Lead; Pb) แคดเมียม (Cadmium; Cd) และนิกเกิล (Nickel; Ni) จากพื้นที่การปฏิบัติงานและในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี โดย มีวัตถุประสงค์ ประกอบด้วย 1) เพื่อศึกษาผลกระทบสุขภาพของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี 2) เพื่อศึกษาปัจจัยส่งผลต่อ Pb, Cd, Ni ในเลือด และปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ความสมบูรณ์ของเลือด การทำงานของตับ และการทำงานของไต และ 3) เพื่อเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัส Pb, Cd, Ni ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี เก็บข้อมูลในกลุ่มรับสัมผัส คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มไม่รับสัมผัส คือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตามวัตถุประสงค์จำแนกเป็น 2 ช่วง ประกอบด้วย 1) กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 151 คน และ 76 คน และ 2) กลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวน 72 คน และ 49 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์และการประเมินปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน การเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อประเมินระดับปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ตามลำดับ

ผลการศึกษา 1) กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 151 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวน 72 คน พบว่า แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 78 คน (51.70%) อายุเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 45.50 (11.99) ปี ผลประเมินปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นที่การทำงานในกลุ่มรับสัมผัสมีค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 46.6 (150.18), 0.19 (0.51) และ 23.211 (58.34) µg/100 cm^2 และกลุ่มไม่รับสัมผัส มีค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 0.22 (0.557), 0.11 (0.966) และ 0.17(0.301) µg/100 cm^2 พบว่า 1.1) โรคประจำตัว ยารักษาโรค การสูบบุหรี่ ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม.) ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางจิตสรีระ 1.2) โรคประจำตัว และปริมาณความเข้มข้นของสาร Ni ในฝุ่นที่พื้นผิว

บริเวณปฏิบัติงานส่งผลต่อกลุ่มอาการทางอารมณ์ 1.3) การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อกลุ่มความจำและสมาธิ 1.4) ดัชนีมวลกาย ไม่สวมใส่หน้ากาก และปริมาณฝุ่นตะกั่วในพื้นผิวปฏิบัติงานส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) แบบนับตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) และ 1.5) ไม่สวมใส่หน้ากากส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) แบบนับตัวเลขย้อนกลับ (Digit span backward test) 2) กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 76 คน และ กลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวน 49 คน ผลการศึกษา พบว่ากลุ่มรับสัมผัสส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 42 คน (55.3%) อายุเฉลี่ย (SD) 48.00 (±12.64) ปี รายได้เฉลี่ยต่อเดือน (SD) 5,500 (±3,098.188) บาท ปัจจัยส่งผลต่อ Pb, Cd, Ni ในเลือด ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า 2.1) รายได้ต่อเดือน ส่งผลต่อระดับ Pb ในเลือด 2.2) การสูบบุหรี่ ส่งผลต่อระดับ Cd ในเลือด 2.3) อายุ ส่งผลต่อระดับ Ni ในเลือด และ 2.3) ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม) ไม่สวมใส่ถุงมือ และไม่สวมใส่รองเท้าหุ้มส้น ส่งผลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

ส่วนผลการศึกษาการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดและในพื้นผิวปฏิบัติงานกับระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน ในกลุ่มรับสัมผัส พบค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 245.042 (±613.910), 0.375 (±0.662), 46.115 (±75.740) $\mu g/100cm^2$ และกลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าเฉลี่ย (SD) 0.609 (±0.934), 0.167 (±1.171), 1.020 (±0.142) $\mu g/100cm^2$ ระดับปริมาณสาร Pb, Cd และ Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัส พบค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 6.411 (±1.492) µg/dL 0.9480 (±0.350) µg/L 2.568 (±0.468) µg/L และกลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 6.411 (±1.620) µg/dL 0.909 (±0.277) µg/L 2.527 (±0.457) µg/L ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ในกลุ่มรับสัมผัสพบค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 1.496 (±0.502) U/L กลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 369.771 (±86.752) U/L ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบของระดับความเข้มข้นของสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดกับระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO พบว่า ระดับ Ni ในเลือด กับระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส อย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-}value < 0.05$)

ทั้งนี้ ควรให้ความสำคัญในการดูแลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างตามปัจจัยเสี่ยง เช่น ควรงดการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ งดสูบบุหรี่ ไม่ควรรับประทานอาหารในพื้นที่ทำงาน ทำความสะอาดบริเวณที่ทำงานเพื่อควบคุมและลดปริมาณสาร Pb Cd และ Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงานและในเลือดและมีการตรวจสุขภาพประจำปีเกี่ยวกับระบบประสาท เพื่อเฝ้าระวังทางสุขภาพต่อไป

60810055: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; Ph.D. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)
KEYWORDS: LEAD/ CADMIUM AND NICKEL IN BLOOD AND IN WORK AREA/ E-WASTE SORTING WORKERS (EWSW)/ MONOAMINE OXIDASE (MAO)/ UBON RATCHATHANI

KORNWIKA HARASARN : EFFECTS OF COMBINED EXPOSURE TO LEAD, CADMIUM AND NICKEL ON BIOCHEMICAL MARKERS AND NEUROCOGNITIVE BEHAVIORS AMONG ELECTRONIC WASTES SORTING WORKERS, IN UBON RATCHATHANI, PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: ANAMAI THETKATHUEK, Ph.D., NANTAPORN PHATRABUDDSA, Ph.D. PRATCHAYA KEAWKAEN, Ph.D. 2023.

This study investigated the combined exposure to lead (Pb), cadmium (Cd), and nickel (Ni) on biochemical markers and neurocognitive behaviors among electronic wastes workers (EWSW) in Ubon Ratchathani Province. Objectives consisted of 1) to study health effect among EWSW in Ubon Ratchathani Province. 2) to study the factors affecting Pb, Cd, and Ni in blood and factors affecting monoamine oxidase (MAO) enzyme levels and complete blood count, CBC; Liver function test and Renal function test 3) to compare exposure to Pb, Cd, and Ni on biochemical markers and neurocognitive behaviors among EWSW in Ubon Ratchathani Province. Data were collected in the exposure groups (e-waste sorting workers) and non-contact groups (Village Public Health Volunteers). According to the objectives the samples were divided into two phrases: 1) the exposed groups of 151 and 76 people, and 2) the non-exposed groups of 72 and 49 people. Data were collected by interviewing, collecting data on Pb, Cd, and Ni concentration on the worksite surface, and blood sampling to assess serum Pb, Cd, Ni, and MAO enzyme levels, respectively.

The results 1) the exposed groups of 151 and non-exposed 72 people, showed that most of the e-waste sorting workers were males, 78 (51.70%), the mean age (SD) was 45.50 (11.99) years. The Pb, Cd, and Ni content assessment results in the working area showed that the exposure group had the means (SD) of 46.6 (150.18), 0.19 (0.51), and 23.211 (58.34) µg/100 cm^2, and the unexposed group had

the mean (SD) of 0.22 (0.557), 0.11 (0.966), and 0.17(0.301) µg/100 cm^2. With the results of the study of factors affecting neurological symptoms and neural behavioral mechanisms in neuropsychological impairments from the digit span test, from exposure to Pb, Cd, and Ni in the work area of among EWSW in Ubon Ratchathani Province, it was found that: 1) chronic diseases, medication, smoking, working area size (m^2) affected psychophysiological symptoms; 2) chronic diseases and nickel concentrations in worksite surface dust affected emotional syndrome; 3) drinking alcoholic beverages affected memory and concentration. 4) body mass index, not wearing a mask and Pb on the work surface affected neurological symptoms and neural behavioral mechanisms in neuropsychological impairments from the digit span forward test and 5) not wearing a mask affected neurological symptoms and neural behavioral mechanisms in neuropsychological impairments from the digit span backward test. 2) the exposed groups of 76 and non-exposed 49 people, it was found that 42 of the exposure groups were males (55.3%), mean age (SD) 48.00 (±12.64) years, mean monthly income (SD) 5,500 (±3,098.188) baht. With the results of the study of factors affecting to Pb, Cd and Ni in the blood it was found that: 2.1) income affected Pb in the blood 2.2) smoking affected Cd in blood 2.3) age affected Ni in the blood and working area size (m^2) affected not wearing a mask and safety shoes affected MAO enzyme levels.

As for the comparison of concentrations of Pb, Cd, and Ni in the blood and work surfaces with MAO enzyme levels, the mean Pb, Cd, and Ni contents in the work surfaces in the exposure group were 245.042 (±613.910), 0.375 (±0.662), 46.115 (±75.740) µg/100 cm^2. In the non-exposed group, the mean (SD) was 0.609 (±0.934), 0.167 (±1.171), 1.020 (±0.142) µg/100 cm^2. Mean (SD) levels of Pb, Cd, and Ni in the blood of the exposed group were 6.411 (±1.492) µg/dL, 0.9480 (±0.350) µg/L, 2.568 (±0.468) µg/L, and the no group. The average exposure (SD) was 6.411 (±1.620) µg/dL 0.909 (±0.277) µg/L 2.527 (±0.457) µg/L. The mean (SD) activity of MAO enzymes in the exposure group was 1.496 (±0.502) U/L. The mean (SD) of the non-exposed group was 369.771 (±86.752) U/L, respectively. A comparison of Pb, Cd, and Ni in the blood concentrations with MAO enzyme levels showed that the level of Ni in blood and MAO enzyme levels upper than in the non-exposed group was statistically

significantly (p-value < 0.05).

Research findings suggest that the health care of the sample groups should be prioritized according to the risk factors. For example, workers should refrain from drinking alcoholic beverages, refrain from smoking, should not eat in the work area, clean the work area to control and reduce the amount of Pb, Cd, and Ni in work surfaces and in the blood, and an annual health checkup on the nervous system for further health surveillance.

กิตติกรรมประกาศ

ดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างสูง จาก รองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย เทศกะทึก อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร.นันทพร ภัทรพุทธ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรัชญา แก้วแก่น อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ รวมทั้งสนับสนุนและให้กำลังใจผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการทำดุษฎีนิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีนั้น

ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ แก้วบุญชู และ ดร.วัลลภ ใจดี ประธาน และกรรมการสอบดุษฎีนิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งสนับสนุนและให้กำลังใจผู้วิจัยเป็นอย่างดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่านที่เสียสละและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สว.รส.) ที่ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนในการศึกษาการวิจัย

อีกทั้งขอขอบคุณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอก โรงพยาบาลเขื่องใน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ผู้บริหาร สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี ที่กรุณาอนุเคราะห์พื้นที่ในการทำวิจัย และช่วยเหลือให้งานวิจัยดำเนินการจนสำเร็จและลุล่วงด้วยดี

สุดท้าย กราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ผู้ให้ชีวิต และให้ความสำคัญในการเรียนรู้ของบุตรเสมอมา ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้กำลังใจเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฌาน ปัทมะพลยง เพื่อนที่ให้คำปรึกษาผู้วิจัยได้ทุกเวลา พี่และน้องนิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีส่วนช่วยเหลือผู้วิจัย คุณประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัยนี้ ขอมอบให้แด่ครอบครัว คณาจารย์ ผู้ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และผู้ให้ข้อมูลทุกท่าน

กรวิกา หาระสาร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฌ

สารบัญ ..... ญ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ถ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

สมมติฐานของการวิจัย 7

กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 10

นิยามศัพท์เฉพาะ 11

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 16

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ 16

ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ 17

สถานการณ์และเส้นทางการได้มาของขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย 17

ปริมาณการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ 18

แรงงานนอกระบบที่มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ 20

กิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ 20

คุณสมบัติของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 22
กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 25
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 31
ผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย 32
ผลกระทบของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในร่างกาย 33
การตรวจวัดและประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล และค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง 46
การตรวจวัดและประเมินทางชีวภาพที่ตัวบุคคล หรือ การประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด 48
การตรวจคัดกรองผลกระทบต่อระบบประสาท 51
ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อระบบประสาทจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 54
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 62
รูปแบบการวิจัย 62
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 62
ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 64
เทคนิคการคัดเลือกตัวอย่าง 64
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล 66
การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 69
การเก็บรวบรวมข้อมูล 70
การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ 77
การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 94
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 95
บทที่ 4 ผลการวิจัย 97
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป 99

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างจำแนกตามผลเลือดตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี..... 112
ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อกับระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด. 138
ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลต่อระบบประสาท ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี..... 192
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 211
สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย 211
ข้อเสนอแนะ..... 220
บรรณานุกรม..... 223
ภาคผนวก..... 243
ภาคผนวก ก 244
ภาคผนวก ข 247
ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 284

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การคาดการณ์ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ 19

ตารางที่ 2 สิ่งคุกคามจากการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ 21

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ในองค์ประกอบของชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ 24

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวของในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในสภาพแวดล้อมในการทำงาน 47

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในร่างกาย 49

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเลือด การทำหน้าที่ของตับ และไต 50

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์การทำงานของ ICP 83

ตารางที่ 8 ปริมาณการเตรียมสารเคมีเพื่อวิเคราะห์ทดสอบ 92

ตารางที่ 9 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ และการทำหน้าที่ของไต 93

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เป็นข้อมูลทั่วไป ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 99

ตารางที่ 11 จำนวนและร้อยละของปัจจัยปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 101

ตารางที่ 12 จำนวนและร้อยละของปัจจัยลักษณะการทำงานระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 102

ตารางที่ 13 จำนวนและร้อยละระดับสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/ 100cm^2) ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 104

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามภาวะสุขภาพระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 106

ตารางที่ 15 จำนวนและร้อยละของคะแนน ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มรับสัมผัส 112

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เป็นข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 114

ตารางที่ 17 จำนวน ร้อยละของปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงานระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 118

ตารางที่ 18 จำนวน ร้อยละของปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 120

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมีในเลือด การทำงานหน้าที่ของเม็ดเลือด ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 126

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของไต ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 135

ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของตับ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 137

ตารางที่ 22 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 138

ตารางที่ 23 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 141

ตารางที่ 24 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับแคดเมียมในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 142

ตารางที่ 25 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับแคดเมียมในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 144

ตารางที่ 26 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 144

ตารางที่ 27 ปัจจัยที่ที่ส่งผลต่อระดับนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะ อิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 147

ตารางที่ 28 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานีระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส..... 148

ตารางที่ 29 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี..... 150

ตารางที่ 30 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการจิตสรีระกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 151

ตารางที่ 31 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 154

ตารางที่ 32 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอารมณ์ ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 155

ตารางที่ 33 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 157

ตารางที่ 34 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 157

ตารางที่ 35 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อกลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส..... 160

ตารางที่ 36 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 160

ตารางที่ 37 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 163

ตารางที่ 38 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 163

ตารางที่ 39 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 165

ตารางที่ 40 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 166

ตารางที่ 41 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 169

ตารางที่ 42 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 169

ตารางที่ 43 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางจิตสรีระวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 172

ตารางที่ 44 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 173

ตารางที่ 45 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 175

ตารางที่ 46 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 176

ตารางที่ 47 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 178

ตารางที่ 48 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 179

ตารางที่ 49 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 182

ตารางที่ 50 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบไปข้างหน้าของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 185

ตารางที่ 51 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำแบบย้อนกลับ ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะ อิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 187

ตารางที่ 52 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO 190

ตารางที่ 53 เปรียบเทียบระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (μg/100cm^2)..... 193

ตารางที่ 54 จำนวน ร้อยละของปริมาณความเข้มข้นของ Pb, Cd, Ni ในเลือด และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส..... 194

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนัก ในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 196

ตารางที่ 56 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางจิตสรีระ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด..... 197

ตารางที่ 57 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางอารมณ์ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 198

ตารางที่ 58 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มความจำและสมาธิ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือด..... 199

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 200

ตารางที่ 60 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มการนอนไม่หลับ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 201

ตารางที่ 61 เปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 202

ตารางที่ 62 เปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องด้าน ประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด..... 203

ตารางที่ 63 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Monocyte จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 204

ตารางที่ 64 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Eosinophil จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 205

ตารางที่ 65 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ Basophil จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส..... 206

ตารางที่ 66 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ MVC (fl) จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส 207

ตารางที่ 67 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGPT จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นของสาร ได้แก่ Pb Cd และ Ni ในเลือด 208

ตารางที่ 68 เปรียบเทียบร้อยละของระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน และปริมาณโลหะหนักในเลือด 209

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 9

ภาพที่ 2 กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลที่มีผลกระทบต่อสารชีวเคมีในร่างกาย 29

ภาพที่ 3 เภสัชจลศาสตร์ (Pharmacokinetic) ของกลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อร่างกาย 30

ภาพที่ 4 สมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) 36

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวอย่าง 65

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic waste) เป็นขยะจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่หมดอายุการใช้งาน ปัจจุบันพบว่า เป็นขยะที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก (Balde et al., 2015; Andrade, 2019; ประทีป เลิศชัยประเสริฐ, 2556) ปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลก ประมาณ 50 ล้านตันต่อปี (Qingbin et al., 2015) แถบภูมิภาคเอเชียประมาณ 18.2 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นแหล่งสร้างและกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ใหญ่ที่สุดในโลก (Balde et al., 2017) โดยสาธารณรัฐประชาชนจีนได้นำเข้าและย้ายขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปยังกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (Grant et al., 2013) รวมถึงประเทศไทยที่มีการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ภายใต้อนุสัญญาบาเซล จำนวน 54,400 ตันใน 6 เดือนแรกของปี 2561 เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปริมาณทั้งหมดที่นำเข้าในปี พ.ศ. 2560 (กรมศุลกากร, 2561) และพบขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแหล่งชุมชนต่าง ๆ ทั่วประเทศ จำนวน 414,600 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดบุรีรัมย์ และอำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ที่ประกอบอาชีพคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่สะสมขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในบริเวณบ้าน เพื่อรอการคัดแยกและส่งออกเพื่อจำหน่ายไปยังโรงงานอุตสาหกรรมกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป (สายใจ วิทยาอนุมาส, 2560) จะเห็นได้ว่าปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์มีปริมาณเพิ่มขึ้นมาก

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ถือว่าเป็นกลุ่มแรงงานนอกระบบ มีขั้นตอนในการทำงาน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกคือ คัดแยก ขั้นตอนที่สองคือ ถอดและเผาชิ้นส่วน และขั้นตอนที่สาม คือ การเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรอจำหน่ายภายในบริเวณบ้านของตนเอง ตามลำดับ (ดาริกา รูปงาม และคณะ, 2560) ในขณะการปฏิบัติงานนี้ แรงงานนอกระบบมีโอกาสรับสัมผัสสิ่งคุกคามจากการทำงานในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Balde et al., 2015; Amankwaa et al., 2017) และการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ การถอดชิ้นส่วน ได้แก่ จอภาพผลึกเหลว แบตเตอรี่ หลอดรังสีแคโทด รวมถึง สายไฟ สายแบตเตอรี่ แผงวงจร เป็นต้น ซึ่งขณะที่แรงงานทำการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ก่อให้เกิดมลภาวะและมีสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการจัดการทางสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม (Kiddee et al., 2013) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม การสะสมสารอันตรายในดิน น้ำ และอากาศ (Ohajinwa et al., 2018) ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากห่วงโซ่สิ่งแวดล้อมสู่อาหาร

(Frazzoli et al., 2010) ในบริเวณปฏิบัติงานจากการถอดชิ้นส่วนคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ (Langeland et al., 2018; Amankwaa et al., 2017)

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการคัดแยกและถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้รับสิ่งคุกคามทางเคมี บริเวณที่ทำงานมีการปนเปื้อนของฝุ่นจากโลหะหนักที่เกิดจากการถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Adaramodu et al., 2012) และบริเวณพื้นบ้าน (Mmereki et al., 2014) สารเคมีที่พบในขยะอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ปรอท สารหนู แมงกานีส (Ohajinwa et al., 2018; Amankwaa et al., 2017; Wittsiepe et al., 2017; Olafisoye et al., 2013; Robinson, 2009; Zeng et al., 2016) เคยมีการศึกษาระบุว่า พบสารเหล่านี้ในระหว่างการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Frazzoli et al., 2010; Singh et al., 2018; พีรนาฏ คิดดี และคณะ, 2559) ประเภทแบตเตอรี่ จานแผ่นซีดี จอโทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ (Julander et al., 2017) และขั้นตอนการเผาสายไฟโดยการใช้ความร้อนสูงเพื่อคัดแยกสกัดโลหะมีค่า เช่น เงิน ทองแดง หรือทองคำ (จำนงค์ ธนะภพ และคณะ, 2558) ดังนั้น การปฏิบัติงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสรับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้

การปฏิบัติงานของแรงงานที่มีการดูแลสุขลักษณะที่ไม่เหมาะสม มีโอกาสรับสัมผัสสารเคมีหลายชนิด โดยเฉพาะตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล จากคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เข้าสู่ร่างกายในทางต่าง ๆ ได้แก่ ทางการหายใจ ทางปาก และทางผิวหนัง (Marianti et al., 2015; Amankwaa et al., 2017; Grant et al., 2013) ส่วนการรับสัมผัสในทางเดินหายใจมักได้รับสัมผัสสารเคมีกลุ่มโลหะหนักในรูปของฝุ่นและฟูม ที่มีอยู่ในขยะอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด (Asante et al., 2012; Brigden et al., 2008) โดยสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลจับกับเม็ดเลือดแดง (Barbara et al., 2017; อนามัย เทศกะทึก, 2554) กระจายไปทั่วร่างกาย ทำให้มีผลกระทบต่ออวัยวะเป้าหมายต่าง ๆ คือ สมอง และสะสมที่กระดูก (Neal & Guilarte, 2012) ได้ ถึงแม้ระดับการรับสัมผัสอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแรงงานที่รับสัมผัสตะกั่วในเลือดไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แคดเมียมในเลือดไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และนิกเกิลในเลือดยังไม่กำหนดค่ามาตรฐาน (ACGIH BEI., 2022) ดังนั้นการรับสัมผัสโลหะหนักความเข้มข้นต่ำ ๆก็อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้

การรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลทำให้มีผลกระทบต่อสุขภาพ (Health effect) ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่ ปริมาณของสารเคมี ระยะเวลาและความถี่การรับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย (Caravanos et al., 2016) เมื่อได้รับปริมาณสูงมาก ๆ ทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสุขภาพ รวมถึงแบบเฉียบพลัน ได้แก่ ตะกั่ว พบอาการ มีไข้ไอโลหะ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ อาเจียน นอนไม่หลับ ชัก และเสียชีวิตได้ แคดเมียม พบอาการ ไอ แน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ไข้ หนาวสั่น (Abdelouahab et al., 2010) และนิกเกิล

พบอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องเสียการกิน (Nickel carbonyl) อาจทำให้มีอาการไอ หายใจไม่อิ่ม และเวียนศีรษะ (Fenga et al., 2016; Karri et al., 2016) ตามลำดับ และแบบเรื้อรัง เมื่อรับสัมผัสสารทั้ง 3 ชนิดนี้อย่างต่อเนื่องในปริมาณต่ำ สามารถทำให้เกิดอาการเรื้อรังได้ เช่น ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Wong et al., 2014) รบกวนสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) จนมีผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจ (Anita et al., 2012) เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ (Onalaja, 2008) และอื่น ๆ เช่น รับสัมผัสตะกั่วอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดอาการ เบื่ออาหาร (ณิชชา บูรณสิงห์, 2559) สั่น กล้ามเนื้อบางส่วนอ่อนแรง ปวดท้องรุนแรงเป็นพัก ๆ (Mason et al., 2014) แคดเมียม ทำให้เกิดถุงลมโป่งพอง และรับสัมผัสนิกเกิล ทำให้เกิดการเสื่อมของสมรรถภาพปอด (Zhicheng et al., 1986) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม นิเกิลจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพหลายระบบด้วยกัน

ผลกระทบจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี (Biochemistry markers) ในร่างกาย พบว่า ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างเม็ดเลือดแดง โดยรบกวนจำนวนความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count, CBC) ในระบบโลหิต อาจทำให้โลหิตจาง เนื่องจากตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล จะไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินและเม็ดเลือด (Nariya et al., 2017) สามารถสะสมที่ตับ เมื่อตับถูกทำลาย จะมีการหลั่งเอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบมากในตับออกสู่กระแสเลือดสูง เรียกว่า SGPT (Serum Glutamate Pyruvate Transaminase) และ SGOT (Serum Glutamate-Oxaloacetic Transaminase) (Jaishankar et al., 2014) และยังก่อให้เกิดการทำลายของไต เมื่อรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ในระดับต่ำเป็นระยะเวลานาน ทำให้การทำงานของไตลดลง ทำให้ปริมาณยูเรีย (Blood Urea Nitrogen: BUN) และ ค่าครีอะตินีน (Creatinine: Cr) สูงได้ เนื่องจากตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ทำให้เยื่อบุท่อไตทำงานผิดปกติหรือไตอักเสบ (จิตบรรจง ตั้งปอง, 2556; Harari et al., 2018; Ahmad et al., 2008) จะเห็นได้ว่าการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลส่งผลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี

ผลกระทบจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลต่อสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ทำให้มีอาการผิดปกติได้ เคยมีการศึกษาทั้งในสัตว์ทดลองของสารตะกั่ว (Anita et al., 2012) แคดเมียม (Shaban et al., 2003) และ นิกเกิล (Senatori et al., 2008) และการศึกษาในมนุษย์ โดยมีการศึกษา ระบุว่า ตะกั่ว (Marianti et al., 2016; Wang et al., 2011) แคดเมียม (Abdelouahab et al., 2010) และนิกเกิล (Zhicheng et al., 1986) สามารถเข้าไปในเลือดและสมอง ไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ กลุ่มโมโนเอมีน ชนิด A (Monoamine Neurotransmitter Type A; MAO-A) รวมถึง ซีโรโตนิน (Serotonin: 5-Hydroxytryptamine, 5 - HT) ก่อให้เกิดการสูญเสียของระบบประสาท

ส่วนกลาง โดยตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล เข้าไปขัดขวางกลไกการทำงานการส่งสัญญาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) (Karri et al., 2016) เข้าสู่เซลล์ประสาทราฟีนิวคลีไอ (Raphe nuclei) เพื่อสร้างสารสื่อประสาทซีโรโตนินที่สมองบริเวณฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) (Marchetti, 2003) และหลั่งออกมาจากบริเวณก้านสมอง (Raphe Nuclei) โดยสารสื่อประสารทซีโรโตนิน มีหน้าที่ในการควบคุมเกี่ยวกับระบบการรู้คิด (Cognitive) ช่วยในการเรียนรู้ (Learning) และความจำ (Memory) (Shvachiy et al., 2018; Berger et al., 2009; Coccaro, 2011)

การรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิลทั้ง 3 ชนิดนี้ในเลือดเพิ่มขึ้น อาจทำให้เข้าไปกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ MAO-A เพิ่มมากขึ้น (Sidhu & Nehru, 2003) โดย MAO-A จะเข้าไปควบคุมการทำงานของเมแทบอลิซึมและเร่งปฏิกิริยาออกซิไดซ์ เข้าไปเผาผลาญสารสื่อประสาทกลุ่มโมโนเอมีน ได้แก่ โดปามีน (Dopamine) นอร์อิพิเนพริน (Norepinephrine) เอพริเนพริน (Epinephrine) และ ซีโรโตนิน (Serotonin) (Devi et al., 2015; Wu et al., 2017) โดย Jaya Prasanthi et al. (2010) พบความเสียหายของเนื้อเยื่อเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ผลิตซีโรโตนินในหนูลดลง ดังนั้น MAO-A อาจมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของสารสื่อประสาทหลายชนิด รวมถึงซีโรโตนิน อีกด้วย

ผลกระทบของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลต่อเอนไซม์ MAO จะทำให้เกิดการสูญเสียของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลายในส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับรู้ ความเข้าใจ และความจำได้ ผลจากการศึกษาของ Chuang et al. (2005) พบว่า ระดับตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในเลือดของพนักงานในโรงงานเคลือบตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ประสาทในการทำงานในของการรับรู้ การทำงานของหน่วยความจำโดยใช้วิธีการทดสอบความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) (Fenga et al., 2016) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบช่วงความจำ จะทำให้ทราบว่าตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล มีผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจ (Anita et al., 2012) เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรู้คิด (Onalaja, 2008) จะเห็นได้ว่าการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลระยะเวลายาวนานสามารถส่งผลกระทบต่อเอนไซม์ MAO จนทำให้เกิดการสูญเสียหน้าที่ในการรับรู้ ความเข้าใจ และความจำได้

ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการประเมินตัวชี้วัดทางชีวภาพ และผลกระทบต่อสุขภาพแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือดมีปัจจัยเสี่ยงหลายประการด้วยกัน เช่น ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยลักษณะงาน พฤติกรรมการดูแลตนเอง และอื่น ๆ โดยปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ต่อเดือน และดัชนีมวลกาย (Amankwaa et al., 2017) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ สูบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน (Srigboh et al., 2016) จำนวนชั่วโมงทำงาน (Akormedi et al., 2013) ขนาดพื้นที่ในการ

ทำงาน (Thanapop et al., 2007) และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิวปฏิบัติงาน (Surface wipe) (Thanapop et al., 2009) ซึ่งพบสูงในช่วงฤดูหนาว (Anna et al., 2008; Ohajinwa et al., 2017) มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลฝน เนื่องจากตะกั่วสามารถดูดซับเข้าสู่ฝุ่นละอองได้ (กรมควบคุมโรค, 2559; พรชัย สิทธิศรัณย์กุล, 2555; Neal & Guilarte, 2012) ส่วนปัจจัยด้านพฤติกรรมการดูแลตนเอง ได้แก่ ไม่ล้างมือ ไม่เปลี่ยนเสื้อผ้าทันที ชำระร่างกายทันทีเมื่อกลับถึงบ้าน (Srigboh et al., 2016) การไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (พีรนาฏ คิดดี และคณะ, 2559) ดังนั้นควรตระหนัก และป้องกันเพื่อลดการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิเกิลเข้าสู่ร่างกาย

การดูแลสุขภาพของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในบทบาทของนักอาชีวอนามัย สามารถทำได้โดยการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมและทางสุขภาพ ซึ่งการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมทำได้ด้วยการเก็บตัวอย่างฝุ่นเพื่อหาสารเหล่านี้ ที่ปนเปื้อนในอากาศ (Neitzel et al., 2018) และ ในพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Lead in surface wipe) (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2559; Adaramo et al., 2012) เคยมีการศึกษาในพื้นที่กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ได้มีการเฝ้าระวังทางสุขภาพ ได้แก่ การคัดกรองสุขภาพเบื้องต้น เช่น การตรวจหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด (Amankwaa et al., 2017) เคยมีการศึกษาตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด พบระดับตะกั่วค่าสูงสุดเท่ากับ 10.74 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ดาริกา รูปงาม และคณะ, 2560) ประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาท และการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) (Fenga et al., 2016) ผลวิเคราะห์การทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ตับและไต (Nariya et al., 2017; Jaishankar et al., 2014; Ahmed et al., 2008) และสารสื่อประสาท (Marianti et al., 2016; Barth et al., 2012) จึงควรเฝ้าระวังการเฝ้าระวังสารเคมีในสิ่งแวดล้อมในการทำงานและทางสุขภาพกลุ่มเสี่ยงอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาที่ผ่านมาจากการทบทวนวรรณกรรมพบช่องว่างของความรู้ (Gap of knowledge) ในประเด็นการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ถึงแม้ทราบกันดีแล้วว่า สาร 3 ชนิดนี้มีผลต่อระบบประสาท เคยมีผลการศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของหนูทดลองในประเทศอินเดีย พบว่า ระดับตะกั่วในระดับต่ำไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในสารสื่อประสาท กลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine; MAO) (Anita et al., 2012) ยังไม่มีผลการศึกษาที่ชัดเจนในมนุษย์ (Marianti et al., 2016) อีกทั้งขาดข้อมูลเกี่ยวกับการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิลในพื้นที่ทำงาน และในเลือด รวมทั้งผลกระทบต่อระบบประสาทในแรงงานคัดแยกยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย แม้เคยมีการศึกษาของ Wittsiep et al. (2017) ศึกษาตะกั่วในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศกานา พบว่า ผลกระทบจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด มีผลต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท แบบเฉียบพลันและเรื้อรัง (Karri et al., 2017) เคย

พบการศึกษาในพนักงานเก็บแบตเตอรี่ พบระดับตะกั่วในเลือดระดับต่ำ มีความสัมพันธ์กับคะแนนทดสอบความบกพร่องทางจิตประสาท (Digit span test) (Hanninen et al., 1998) รวมทั้งยังมีข้อจำกัดของผลการศึกษาระดับตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด (วีระเดช พิศประเสริฐ, 2551; Ahmad et al., 2014) ในจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในระดับต่ำ (Kasperczyk et al., 2013)

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงต้องการผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ประกอบด้วย อาการของระบบประสาท ความบกพร่องทางจิตประสาท และ ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เป็นแนวทางในการคัดกรองสุขภาพกลุ่มเสี่ยง และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อให้มีสุขภาพที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลกระทบสุขภาพของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่

1.1 อาการผิดปกติของระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

1.2 ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

1.3 ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบการระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) รวมทั้งตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีอื่น ๆ เพื่อประเมินการทำหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ เช่น ระบบเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Cr ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

2. เพื่อศึกษาปัจจัยส่งผลต่อ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) และการทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ตับ ไต

2.1 ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรม สุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ที่ส่งผลต่อระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

2.2 ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) และระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดที่ส่งผลต่อการทำงานของระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

3. เพื่อเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่

3.1 เปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่ออาการผิดปกติของระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

3.2 เปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

3.3 เปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด เพื่อตรวจสอบระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

สมมติฐานของการวิจัย

1. ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ส่งผลต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท

2. ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test)

3. ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) มีผลต่อ ระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด

4. ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรม สุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO)

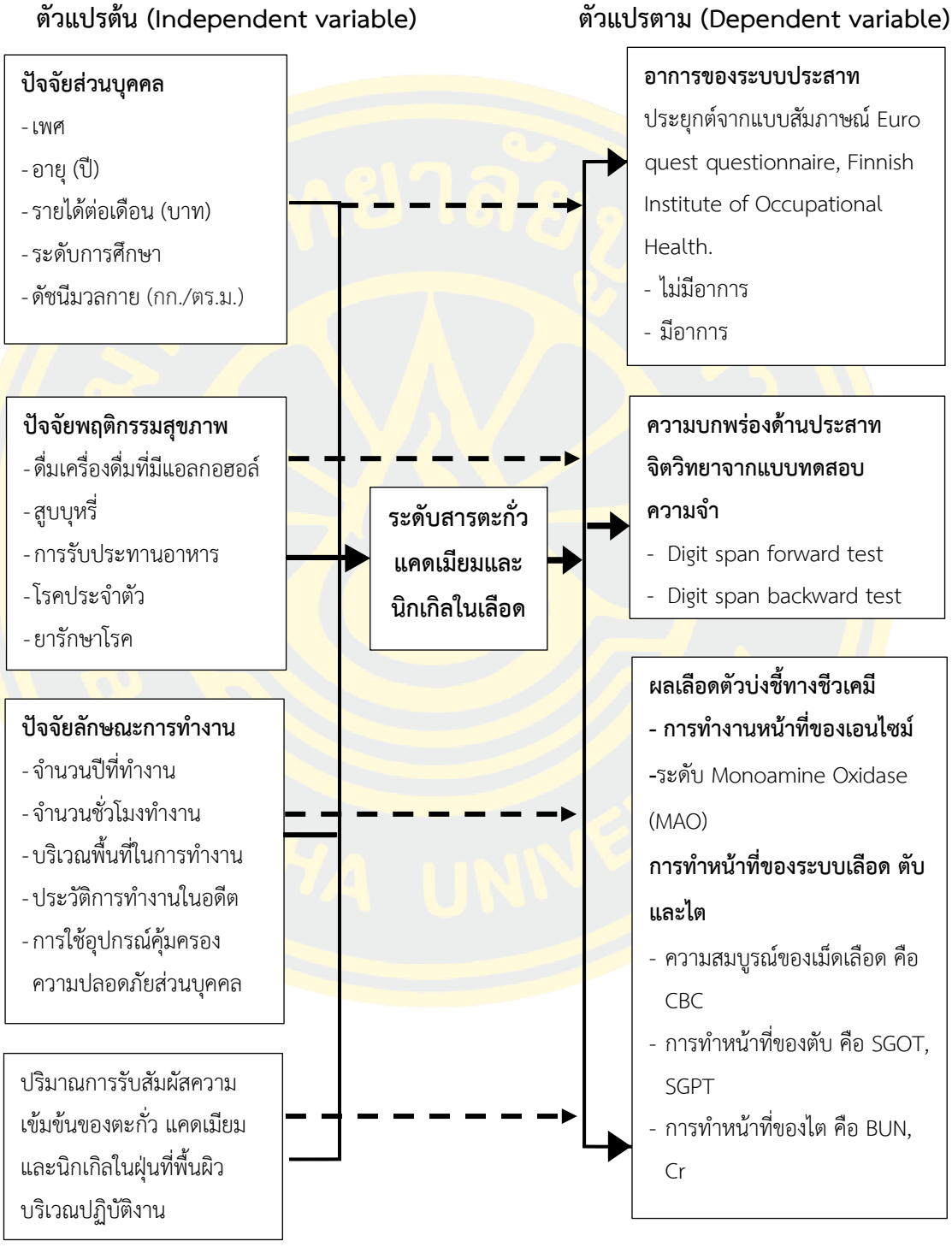
5. ผลร่วมของระดับสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดสามารถลดระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ได้มากกว่าที่ไม่มีผลร่วมกัน

6. ผลร่วมของระดับสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ทำให้มีอาการทางระบบประสาท ได้มากกว่าที่ไม่มีผลร่วมกัน

7. ผลร่วมของระดับสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ทำให้มีความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ (Digit span test) ได้มากกว่าที่ไม่มีผลร่วมกัน

8. ผลร่วมของระดับสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ทำให้ส่งผลต่อระบบเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Cr ได้มากกว่าที่ไม่มีผลร่วมกัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ด้านวิชาการ

ทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การใช้ อปกรณคุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (Personal protective equipment; PPE) และขนาดพื้นที่ในการทำงาน และทราบปัจจัยผลร่วมของการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิลต่อระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

2. ด้านนโยบาย

ใช้ข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูล อาการผิดปกติของระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) ข้อมูลระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) เพื่อเป็นการผลักดันนโยบาย ในการควบคุมการเฝ้าติดตาม สุขภาพแรงงานนอกระบบ ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จากหน่วยงานของรัฐ และการดูแลอื่น ๆ เช่น กำหนดให้ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล หรือ การจัดสวัสดิการแก่แรงงานนอกระบบที่ชัดเจนมากขึ้น

3. ด้านเศรษฐกิจ

ข้อมูลการคัดกรองสุขภาพเบื้องต้น จะนำไปสู่แนวทางในการ้จัดหาแนวทางในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพ อีกทั้งเป็นการกระตุ้นให้กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานีดูแลตนเองมากขึ้น อีกทั้ง ถือเป็นการลดค่าใช้จ่ายของหน่วยงานด้านสุขภาพในการคัดกรองสุขภาพจากภาวะปัจจัยเสี่ยง เนื่องจากสามารถใช้แบบสอบถามในการคัดกรองความเสี่ยงทางระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานีได้

4. ด้านสังคมและชุมชน

ลดการสูญเสียจากการเจ็บป่วยด้วยโรคทางระบบประสาทของแรงงานกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ต่อสังคมและชุชมชน

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยจำแนกตามประชากร กลุ่มตัวอย่าง เนื้อหา และพื้นที่ โดยการวิจัยในครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะในแรงงานนอกระบบของกลุ่มของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีหน้าที่คัดแยก ถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในบริเวณบ้านของตนเอง เขตพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย กลุ่มทียินยอมตอบเฉพาะแบบสัมภาษณ์จำนวน 151 คน และกลุ่มที่ยิมยอมให้ผลเลือดทางชีวเคมี จำนวน 76 คน ผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติเกณฑ์กลุ่มตัวอย่างเพื่อการคัดเข้า (Inclusion criteria) และเกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) กลุ่มที่ยินยอมตอบเฉพาะแบบสัมภาษณ์ โดยมี กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 151 คน กลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวน 72 คน ศึกษาปัจจัยเสี่ยง ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่วในแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ ได้แก่ Digit span forward และ Digit span backward 2) กลุ่มตัวอย่างที่ยินยอมให้ตรวจเลือด โดยมีกลุ่มศึกษา จำนวน 76 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 49 คน เพื่อดู ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) การทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ได้แก่ การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Cr ตามลำดับ และ เพื่อเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนักต่อระบบประสาทจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี เก็บข้อมูลระหว่างเดือน มีนาคม ถึงเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ปัจจัยส่วนบุคคล หมายถึง เพศ อายุ (นับจำนวนปีเต็ม) รายได้ต่อเดือน ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี รายละเอียดดังนี้

1.1 เพศ หมายถึง เพศชาย และเพศหญิง ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี

1.2 อายุ หมายถึง นับจำนวนปีเต็มของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี ที่มีอายุ 18 ปีบริบูรณ์ ขึ้นไป

1.3 รายได้ต่อเดือน หมายถึง รายได้ที่ได้รับจากการขายขยะอิเล็กทรอนิกส์ต่อเดือน

1.4 ระดับการศึกษา หมายถึง ระดับการศึกษาของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย อนุปริญญา ปริญญาตรี

1.5 ดัชนีมวลกาย หมายถึง ปริมาณสัดส่วนน้ำหนักตัวบุคคลเมื่อเทียบกับส่วนสูง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร ใช้สูตร น้ำหนัก (กิโลกรัม)/ส่วนสูง (เมตร)^2 (World Health Organization: WHO, 2019) แปลผลบ่งบอกลักษณะรูปร่างได้ ดังนี้

ผอม	มีค่าดัชนีมวลกายน้อยกว่า 18.5
ปกติ	มีค่าดัชนีมวลกาย ระหว่าง 18.5 – 22.99
น้ำหนักเกิน	มีค่าดัชนีมวลกาย ระหว่าง 23.0 – 24.99
อ้วน	มีค่าดัชนีมวลกาย มากกว่า 25

1.6 แรงงานนอกระบบ หมายถึง แรงงานที่ทำหน้าที่คัดแยก เผาเพื่อถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อที่ เพื่อนำส่วนที่มีมูลค่า ได้แก่ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม ไปจำหน่าย

1.7 โรคประจำตัว หมายถึง แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทีมีโรคประจำตัว ที่วินิจฉัยโดยแพทย์ ในกลุ่มโรคเรื้อรัง ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง

1.8 ยารักษาโรค หมายถึง แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เคยมีประวัติการใช้ยาลดเบาหวาน ความดันโลหิตสูง

2. ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ หมายถึง ดื่มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี รายละเอียดดังนี้

2.1 ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ หมายถึง สภาวะการดื่มแอลกอฮอล์ ได้แก่ ดื่มแอลกอฮอล์ และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ และความถี่ในการดื่มตามเดือน สัปดาห์ หรือวัน

2.2 สูบบุหรี่ หมายถึง สภาวะการสูบบุหรี่ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ สูบบุหรี่ และไม่สูบบุหรี่ และจำนวนมวนในการสูบ ตามเดือน สัปดาห์ หรือวัน

2.3 การรับประทานอาหาร หมายถึง สภาวะการรับประทานอาหารและน้ำดื่มในพื้นที่ปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะ อิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี

3. ปัจจัยลักษณะการทำงาน หมายถึง จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี รายละเอียดดังนี้

3.1 จำนวนปีที่ทำงาน หมายถึง จำนวนปีของแรงงานที่เริ่มทำงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี

3.2 จำนวนชั่วโมงทำงาน หมายถึง จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวันของผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี

3.3 ขนาดพื้นที่ในการทำงาน หมายถึง ขนาดพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ที่ใช้ในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

3.4 ประวัติการทำงานในอดีต หมายถึง การทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ใน อดีตก่อนย้ายเข้ามาทำงานเป็นแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

3.5 การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล หมายถึง การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ได้แก่ หน้ากากป้องกัน ฝุ่น ฟูม จากโลหะหนัก ถุงมือ ปลอกแขน และรองเท้าหุ้มส้น เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุและการบาดเจ็บจากการทำงานการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

4. ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล หมายถึง ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ คือ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล

4.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล บนพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน หมายถึง ปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่เกิดจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่อยู่บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (µg/100 cm^2) โดยวิธีของ OSHA Tech manual method

4.1.1 ปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว บนพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน หมายถึง ปริมาณสารตะกั่ว บนพื้นผิวปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (µg/100 cm^2) โดยแรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 500 µg/100 cm^2)

4.1.2 ปริมาณความเข้มข้นของสารแคดเมียม บนพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน หมายถึง ปริมาณสารตะกั่ว บนพื้นผิวปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (µg/100 cm^2) โดยแรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 50 µg/100 cm^2)

4.1.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารนิกเกิล บนพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน หมายถึง ปริมาณสารตะกั่ว บนพื้นผิวปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตร (µg/100 cm^2) ยังไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

4.2 ปริมาณความเข้มข้นของระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

4.2.1 ปริมาณความเข้มข้นของระดับตะกั่วในเลือด หมายถึง ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว ในเลือดของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (µg/dL) โดยแรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ACGIH BEI., 2022)

4.2.2 ปริมาณความเข้มข้นแคดเมียมในเลือด หมายถึง ระดับความเข้มข้นของแคดเมียม ในเลือดของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลิตร (µg/L) โดยแรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร (ACGIH BEI., 2022)

4.2.3 ปริมาณความเข้มข้นนิกเกิลในเลือด หมายถึง ระดับความเข้มข้นของนิกเกิลในเลือดของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลิตร (µg/L) โดยแรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร (ACGIH BEI., 2022)

5. อาการผิดปกติของระบบประสาท ประยุกต์จากแบบสัมภาษณ์ Euro quest questionnaire, Finnish Institute of Occupational Health หมายถึง อาการที่เกิดจากความเป็นพิษจากตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล แบ่งออกเป็น

5.1 อาการแบบเฉียบพลัน ที่มีผลต่อระบบประสาท ได้แก่ ตะกั่ว พบอาการ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ อาเจียน นอนไม่หลับ ชัก และเสียชีวิตได้ แคดเมียม พบอาการปวดศีรษะ วิงเวียน และนิกเกิล พบอาการ เวียนศีรษะ

5.2 อาการแบบเรื้อรัง มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง รบกวนสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) จนมีผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจ เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ และอื่น ๆ แบ่งออกเป็น 6 กลุ่มอาการที่ได้แก่ อาการทางจิตใจ อาการทางอารมณ์ ความจำ ความเมื่อยล้า การรบกวนการนอนหลับ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ คือ ปกติหรือไม่มีอาการ คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน ไม่ปกติหรือมีอาการ คะแนน เท่ากับ 1 คะแนน

6. ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา (Neuropsychology) จากแบบทดสอบความจำ หมายถึง แบบทดสอบความจำขณะปฏิบัติงาน (Working memory) โดยใช้แบบทดสอบ Digit span forward test และ Digit span backward test เพื่อประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา ที่เป็นระบบหรือกระบวนการของสมองที่ใช้ในการจดจำและประมวลผลของ การกระทำ ข้อความ รูปภาพ ในระยะเวลาอันสั้น ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ตามจำนวนตัวเลขสูงสุดในชุดตัวเลขที่ผู้ถูกทดสอบเลือกได้ถูกต้องมีค่า 2 ถึง 28 คะแนน

7. ผลเลือดทางชีวเคมีในการทำงานหน้าที่ของระบบประสาท การทำหน้าที่ของระบบเลือด ตับ และไต

7.1 ผลกระทบต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) หมายถึง เมื่อรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล อย่างต่อเนื่อง มีผลกระทบต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) เพิ่มขึ้นและ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดค่ามาตรฐาน MAO ที่ <650 U/L. (Gressner et al., 1982)

7.2 ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC) เพื่อดูความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด 3 กลุ่ม ได้แก่ เม็ดเลือดแดง (Red Blood Cell; RBC) เม็ดเลือดขาว (White Blood Cell; WBC) และเกล็ดเลือด (Platelet; PLT) ดังมีการแปลผลตามมาตรฐานของสมาคมโลหิตวิทยา ของประเทศไทย (ประสาร เปรมะสกุล, 2554)

7.3 การทำหน้าที่ของไต คือ BUN, Cr

7.3.1 BUN (Blood urea nitrogen) หมายถึง ระดับของ ในเลือดบ่งบอกการทำหน้าที่ ค่าปกติ 10-20 mg/dL

7.3.2 Cr (Creatinine) หมายถึง ค่าการทำงานของไตที่มีผลต่อการกำจัดครีอะตินิน (Creatinine: Cr) ในเลือด ระดับของ Cr สามารถบ่งชี้การทำงานของไตได้ ค่าปกติ 0.6 - 1.2 mg/dL

7.4 การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGPT, SGOT

7.4.1 ALT (Alanine transaminase) หรือ Alanine aminotransferase แต่เดิมการแพทย์จะใช้คำว่า SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase)

ค่าปกติ ของเพศชาย 10-40 U/L เพศหญิง 7-35 U/L

7.4.2 AST (Aspartate transaminase) หรือ Aspartate aminotransferase แต่เดิมการแพทย์จะใช้คำว่า SGOT (Serum glutamic oxaloacetic transaminase)

ค่าปกติ ของ เพศชาย คือ 8 - 46 U/L เพศหญิง คือ 7 - 34 U/L

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทบทวนวรรณกรรมจากเอกสารที่เป็นแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งจากแหล่งข้อมูลภายในประเทศและต่างประเทศ ครอบคลุมตามประเด็นต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์การวิจัย และกรอบแนวคิด ประกอบด้วย ขยะอิเล็กทรอนิกส์ กิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ การรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ผลกระทบของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ และผลต่อระบบประสาท การประเมินการรับสัมผัสทางสภาพแวดล้อมในการทำงาน อาการผิดปกติของระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา และระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) และเพื่อเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนักต่อระบบประสาท ได้แก่ อาการผิดปกติของระบบประสาท ความบกพร่องทานด้านประสาทจิตวิทยา จากแบบทดสอบจิตวิทยา (Digit span test) และ ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อระบบประสาทจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขยะอิเล็กทรอนิกส์

ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics waste; E-waste) เป็นของเสียที่มาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสีย หรือไม่มีคนต้องการแล้ว ปัจจุบันเป็นประเด็นที่ทำให้นักวิชาการห่วงกังวลถึงผลกระทบของสารเคมีต่าง ๆ ต่อสุขภาพ เนื่องจากชิ้นส่วนหลายชิ้นในอุปกรณ์เหล่านั้น ถือว่ามีความเป็นพิษ นอกจากนี้ขยะอิเล็กทรอนิกส์จัดเป็นวัตถุอันตรายเนื่องจากชิ้นส่วนต่าง ๆ มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบและไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ ซึ่งหากได้รับการจัดการไม่เหมาะสมและเกิดการรั่วไหลปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่และระบบนิเวศน์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เนื่องจากสารเคมีที่มีพิษจะตกค้างในสิ่งแวดล้อมยาวนาน และสะสมในสิ่งมีชีวิต คือ แรงงานอีกด้วย อันเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุข ทางด้านอาชีวอนามัยเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพกลุ่มเสี่ยง อีกทั้งการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องจัดการอย่างเป็นระบบและถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยการจัดการขยะฯ ประกอบไปด้วย ประเภทขยะอิเล็กทรอนิกส์ สถานการณ์และเส้นทางการได้มาของขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้

ประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์

การแยกประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ตามความหมายของ WEEE (Waste from Electronic and Electronic Equipment) อ้างถึงใน ณิชชา บูรณสิงห์ (2559) และชัญญาภัค จันทดวง (2561) ได้จำแนกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็น 10 ประเภท ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดเล็ก อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology: IT) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค อุปกรณ์ให้แสงสว่าง ระบบอุปกรณ์เครื่องมือการแพทย์ เครื่องมือวัดหรือตรวจสอบต่าง ๆ ของเล่น เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ เครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน คอมพิวเตอร์ หลอดรังสีแคโทด จอภาพผลึกเหลว (Julander et al., 2017)

สถานการณ์และเส้นทางการได้มาของขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย

สถานการณ์ของขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยนั้น เกิดขึ้นมาจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เพราะความต้องการของมนุษย์ เพื่อการสื่อสารข้อมูล (Information Communication Technology: ICT) ทำให้มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางส่วนที่ล้าสมัย และยังไม่ถูกใช้งาน ทำให้เสื่อมสภาพไปอย่างรวดเร็ว และกลายเป็นของเสียที่ในที่สุด เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้ามีองค์ประกอบและส่วนประกอบ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดเป็นขยะมูลฝอยที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก จากการคาดการณ์ของสหภาพยุโรป พบว่า ประชากรทั่วโลกจะผลิตขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าภายใน ปี พ.ศ.2573 หรือเฉลี่ยวันละ 1.2 กิโลกรัม จากรายงานเรื่องปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกเมื่อปี พ.ศ.2557 หน่วยงานด้านการวิจัยและการศึกษาสหประชาชาติ (United Nation, UN) พบว่า ปริมาณการทิ้งขยะอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุดอยู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว อยู่ที่ 28.4 กิโลกรัมต่อคนต่อปี เกิดจากการเปลี่ยนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือซื้อใหม่ ทำให้เกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น เช่น ประเทศนอร์เวย์ สวิตซ์เซอร์แลนด์ อังกฤษ เป็นต้น (Hoornweg & Bhada-Tata., 2012)

การเคลื่อนย้ายของขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่เกิดขึ้นมาจากการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อิเล็กทรอ นิกส์ให้ทันสมัยตามประเทศที่พัฒนาแล้วนั้น ดังนั้นมักพบว่า ขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ใหม่ประมาณร้อยละ 80 ได้ถูกเคลื่อนย้ายข้ามพรมแดนไปสู่ประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งเป็นประเทศที่ได้นำขยะอิเล็กทรอนิกส์มาคัดแยกชิ้นส่วนเพื่อนำมาใช้เองหรือไปขายต่อเพื่อเพิ่มรายได้ เช่น สาธารณรัฐประชาชนจีน ไนจีเรีย กานา บราซิล เม็กซิโก อินเดีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์และไทย (Balde et al., 2017; Grant et al., 2013) ซึ่งแหล่งคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยเฉพาะเมืองกุ้ยวี่ (Guiyu) จังหวัดกวางตุ้ง ถือเป็นแหล่งคัดแยกและเป็นแหล่งทิ้งขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก มีแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์กว่า 150,000 คน

ซึ่งส่วนใหญ่ใช้วิธีที่ไม่ถูกต้องและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในเมืองเป็นอย่างมาก และเมื่อปี พ.ศ. 2558 รัฐบาลจีนสั่งยุติการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์สู่เมืองกุ้ยวี่ โดยนโยบายดังกล่าวส่งผลให้เกิดการย้ายอุตสาหกรรมคัดแยกขยะสกปรกไปยังเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งประเทศไทยคือหนึ่งในพื้นที่ของการเคลื่อนย้ายขยะอิเล็กทรอนิกส์ข้ามพรมแดนมาจนถึงปัจจุบัน

สำหรับประเทศไทยที่เป็นพื้นที่หนึ่งของการรับขยะอิเล็กทรอนิกส์ข้ามพรมแดน จากรายงานการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ปี พ.ศ. 2561 เฉพาะช่วง 5 เดือนแรก ไทยนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์กว่า 54,400 ตัน ขณะที่ช่วงปี พ.ศ. 2560 ทั้งปี มีจำนวน 64,000 ตัน รวม 1 ปีกับ 5 เดือน ไทยนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์แล้วกว่า 108,800 ตัน ซึ่งยังไม่นับรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นเองในประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง จากการรายงานเฝ้าระวังขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกประจำปี พ.ศ. 2560 พบว่า ประชากรในประเทศไทย 1 คน ผลิตขยะอิเล็กทรอนิกส์เฉลี่ย 7.4 กิโลกรัมต่อปี และมีขยะอันตรายจากซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 414,000 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ส่วนที่เหลือตกค้างอยู่ในระบบนิเวศ (พัชนิต เนาวพันธ์ และอนุสรา ชาวดร, 2563) จากการประเมินของกระทรวงสาธารณสุขคาดว่าไทยมีแหล่งชุมชนคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์กระจายอยู่เกือบ 100 แห่ง ทั้งในจังหวัดกาฬสินธุ์ กระบี่ ชลบุรี เชียงราย เชียงใหม่ นครปฐม นนทบุรี บุรีรัมย์ ปทุมธานี ปราจีนบุรี พระนครศรีอยุธยา ราชบุรี ลำพูน สมุทรปราการ สมุทรสาคร อำนาจเจริญ และชุมชนบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี (กรมศุลกากร, 2561)

สรุปได้ว่า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มาพร้อมกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่ล้ำสมัยขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง จนทำให้เกิดเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีหลากหลายประเภทและเป็นของเสียที่ซับซ้อนที่สุด พบว่า ส่วนใหญ่แล้วขยะอิเล็กทรอนิกส์จะมาจากกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วส่งไปสู่ประเทศกำลังพัฒนา และพบการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแหล่งชุมชน ซึ่งพบว่า แหล่งคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก คือ สาธารณรัฐประชาชนจีน และกระจายไปยังกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา รวมถึงประเทศไทย ซึ่งหนึ่งในพื้นที่ในแหล่งคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มากที่สุดในประเทศ คือ จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้

ปริมาณการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์

ปริมาณการนำเข้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันยังไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ ประกอบกับอายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แต่ละชนิด และพฤติกรรมของผู้บริโภคของประชาชนมีความแตกต่างกัน จึงทำให้ยังไม่มีข้อมูลเพียงพอในการประเมินปริมาณของซากอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทที่เกิดขึ้นในประเทศไทย อย่างไรก็ตามมีหลายหน่วยงานพยายามศึกษาหาข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน เพื่อนำไปสู่การวางแผนการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศต่อไป จากผลการศึกษา

ของโครงการเร่งรัดทำมาตรการเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2559-2564 ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้นจาก 947,881 พันชิ้น ใน ปี พ.ศ. 2559 เป็น 1,067,767 พันชิ้น (พีรนาฏ คิดดี และสุทธิพร บุญมาก, 2559)

ในปี พ.ศ. 2564 มีการจำแนกเป็นชนิดของขยะอิเล็กทรอนิกส์ และการคาดการณ์ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีปริมาณเพิ่มขึ้นสูงสุดในปี พ.ศ.2564 คือ แบตเตอรี่ มีจำนวนสูงถึง 718,000 พันชิ้น รองลงมาคือ หลอดฟลูออเรสเซนส์ จำนวน 317,012 พันชิ้น และโทรศัพท์มือถือหรือโทรศัพท์บ้าน จำนวน 13,419 พันชิ้น ตามลำดับ และเมื่อคำนวณอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์พิจารณาตามชนิด พบว่า ไมโครเวฟมีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์สูงสุดที่ ร้อยละ 9.03 ต่อปี รองลงมาคือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่ ร้อยละ 8.01 ต่อปี โดยลำดับสุดท้าย คือ เครื่องพิมพ์หรือโทรสารที่ร้อยละ 0.33 ต่อปี ซึ่งแสดงผลการคาดการณ์ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ปี 2559-2564 (พีรนาฏ คิดดี และ สุทธิพร บุญมาก, 2559) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การคาดการณ์ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์

	ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ (พันชิ้น)/ ปี พ.ศ.					
ขยะอิเล็กทรอนิกส์	**2559**	**2560**	**2561**	**2562**	**2563**	**2564**
อุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่	2,342	2,457	2,577	2,696	2,816	2,935
ตู้เย็น	1,023	1,074	1,125	1,174	1,223	1,271
เครื่องปรับอากาศ	796	832	871	911	949	983
เครื่องซักผ้า	523	551	581	611	644	681
อุปกรณ์สารสนเทศ	15,079	15,836	16,562	17,253	17,911	18,531
โทรศัพท์มือถือ/บ้าน	10,907	11,456	11,983	12,486	12,966	13,419
คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	2,630	2,834	3,032	3,222	3,402	3,572
เครื่องพิมพ์/โทรสาร	1,542	1,546	1,547	1,545	1,543	1540
โทรทัศน์ (CRT/ LCD)	2,790	2,889	2,986	3,081	3,174	3,264
หลอดฟลูออเรสเซนต์	281,579	290,027	298,728	304,702	310,796	317,012
แบตเตอรี่	639,000	664,000	677,000	690,000	704,000	718,000
รวม (เว้นแบตเตอรี่)	308,881	318,445	328,213	335,281	342,477	349,767
รวมทั้งหมด	947,881	982,445	1,005,213	1,025,281	1,046,477	1,067,767

หมายเหตุ: พีรนาฏ คิดดี และสุทธิพร บุญมาก (2559)

แรงงานนอกระบบที่มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

แรงงานนอกระบบ หมายถึง แรงงานที่อยู่ในการจ้างงานที่ไม่เป็นทางการ (Informal sector) ซึ่งมีลักษณะเป็นกิจการขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นธุรกิจครัวเรือน มักใช้วัตถุดิบ และมีการดัดแปลงเทคโนโลยีง่าย ๆ มาใช้ โดยเป็นแรงงานที่ทำกิจกรรมเพื่อความอยู่รอด รวมทั้งแรงงานที่ไม่ขึ้นทะเบียน ซึ่งเป็นลูกจ้าง หรือผู้ประกอบอาชีพอิสระ หรือสมาชิกในครอบครัวที่มีอายุ 15 ปี ขึ้นไป แต่ไม่ได้รับความคุ้มครองตามกฎหมายและไม่มีหลักประกันทางสังคมจากการทำงาน (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) ในประเทศไทย พบว่า มีแรงงานนอกระบบ จำนวน 19.6 ล้านคน ซึ่งประสบปัญหาจากการทำงาน สภาพแวดล้อมจากการทำงานที่ไม่ปลอดภัย ร้อยละ 31.8 โดยแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี จัดอยู่ในกลุ่มแรงงานนอกระบบ (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ, 2559) เมื่อได้รับอันตรายจากการรับสัมผัสสิ่งคุกคามจากกิจกรรมในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จนทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อเวลาเจ็บป่วยแรงงาน ฯ กลุ่มนี้จะไม่ได้รับการคุ้มครองทางด้านสุขภาพ หรือสวัสดิการของรัฐ หรือไม่ได้รับการคุ้มครองทางประกันสังคม ซึ่งเมื่อเกิดการเจ็บป่วยมักซื้อทานเองโดยไม่ไปพบแพทย์ เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการรักษา จากการเจ็บป่วยที่เกิดจากการทำงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

กิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

ปริมาณขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกเคลื่อนย้ายมาจากกลุ่มประเทศพัฒนาและที่เกิดขึ้นจากชุมชน ซึ่งขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้กระจายไปยังชุมชนต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งที่ประกอบอาชีพคัดแยกขยะอิเล็กทรอ นิกส์ โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี และเป็นแหล่งชุมชนที่มีความเสี่ยงทางสุขภาพสูง (กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค, 2558) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพคัดแยก ถอดชิ้นส่วน และสะสมขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Amankwaa et al., 2017; Balde et al., 2015) เพื่อรอจำหน่าย ภายในบริเวณบ้านของตนเอง หรือเรียกว่า กลุ่มแรงงานนอกระบบ (ดาริกา รูปงาม และคณะ, 2560) การปฏิบัติงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีขั้นตอนในการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ลงจากรถบรรทุก ที่รับจากพ่อค้าคนกลาง และเคลื่อนย้ายมายังบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานในบริเวณบ้านของตนเอง เพื่อนำมาคัดแยกประเภทของขยะอิเล็กทรอนิกส์ และนำมาจัดเรียงแบ่งเป็นหมวดหมู่ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน ได้แก่ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น (Burns et al., 2016)

2. ถอดและเผา เพื่อแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

หลังจากที่ได้คัดแยกประเภทขยะอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือ ถอดและแยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สายไฟ หน้าจอโทรทัศน์ หรือเผาเอาเครื่องอัดแก๊สสารทำความเย็น (Gas compressor) ในเครื่องปรับอากาศออก ที่ทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นในตู้เย็น โดยการใช้มือเปล่าถอดชิ้นส่วน และขยะอิเล็กทรอนิกส์บางประเภทต้องเผา โดยใช้ความร้อนสูงเพื่อคัดแยก สายไฟ สายแบตเตอรี่ และสกัดโลหะมีค่า เช่น เงิน ทองแดง หรือทองคำ (Singh et al., 2018) ทำให้เกิดมีการปนเปื้อนของฝุ่นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่เกิดจากการถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ในรูปของฝุ่น และฟูม (Amankwaa et al., 2017; Ohajinwa et al., 2018)

3. การเก็บรวบรวมเพื่อรอจำหน่าย

การเก็บรวบรวมเพื่อรอจำหน่าย เป็นขั้นตอนหลังจากแรงงาน ฯ ได้คัดแยกและถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์เรียบร้อยแล้ว แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เคลื่อนย้ายโดยการยกชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ เก็บรวบรวมเพื่อรอจำหน่ายภายในบริเวณบ้านของตนเอง ในขณะการปฏิบัติงานนี้ แรงงาน ฯ มีโอกาสในการรับสัมผัสจากขั้นตอนการทำงาน ในการปฏิบัติงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบสิ่งคุกคามจากการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สิ่งคุกคามจากการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

สิ่งคุกคามจากการทำงาน	อันตรายจากการทำงาน
1. ด้านกายภาพ	1. เสียงดังขณะทำการถอดชิ้นส่วน จากการคัดแยกและจากการจัดเรียงหรือวางขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Burns et al., 2016) 2. ความร้อนจากการเผาสายไฟโดยการใช้ความร้อนสูงเพื่อคัดแยก สกัดโลหะมีค่า เช่น เงิน ทองแดง หรือทองคำ (Singh et al., 2018)
2. ด้านเคมี	การปนเปื้อนของฝุ่นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในรูปของฝุ่น และฟูม ที่เกิดจากการถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ และเคยพบเกิดการปนเปื้อนตะกั่วใน ดิน และน้ำ ในบริเวณเขตที่พักอาศัย (Amankwaa et al., 2017; Ohajinwa et al., 2018)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สิ่งคุกคามจากการทำงาน	อันตรายจากการทำงาน
3. ด้านชีวภาพ	การติดเชื้อทางเดินหายใจ จากกการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Asampong et al., 2015)
4. ด้านการยศาสตร์	1) การเกิดความล้าของกล้ามกล้ามเนื้อแขน 2) มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บบริเวณหลัง เนื่องจากลักษณะงานต้องนั่งทำงานเพื่อคัดแยก ถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างต่อเนื่องการปวดหลังยกของหนักจากการเคลื่อนย้ายซากอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขนาดและน้ำหนักเยอะ เช่น ตู้เย็น โทรทัศน์ (Burns et al., 2016) เป็นต้น
5. จิตสังคม	ความเครียดจากการทำงาน (Burns et al., 2016)
6. อุบัติเหตุจากการทำงาน	เกิดการบาดเจ็บจากขั้นตอนการทำงาน (Asampong et al., 2015)

กล่าวโดยสรุป กิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีการปนเปื้อนของสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล มากที่สุด ขณะที่ทำการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ก่อให้เกิดมลภาวะและมีสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่มีการจัดการทางสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม การสะสมสารอันตรายในดิน น้ำ และอากาศ ทำให้เกิดการปนเปื้อนจากห่วงโซ่สิ่งแวดล้อมสู่อาหาร ในบริเวณปฏิบัติงานจากการถอดชิ้นส่วนคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้แรงงาน ฯ มีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในบรรยากาศได้สูงในบริเวณการคัดแยะขยะอิเล็กทรอนิกส์สูง และเกิดความเสี่ยงต่ออาการผิดปกติของระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้ ในการศึกษานี้ผู้วิจัยจะศึกษาในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในขั้นตอนการคัดแยก ถอดชิ้นส่วนรถยนต์ และการเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้บริเวณรอบบ้าน ซึ่งแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสในการรับสัมผัสขยะอิเล็กทรอนิกส์ตลอดเวลาการทำงาน

คุณสมบัติของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล

1. ตะกั่ว (Lead: Pb)

ตะกั่ว เป็นธาตุทรานสิชันตัวที่ 5 ของหมู่ IV A ในตารางธาตุ มีสัญลักษณ์ คือ Pb พบกระจายทั่วไปตามธรรมชาติมีหลายไอโซโทป เช่น Pb_{204} Pb_{207} Pb_{206} และ Pb_{208} แต่ที่ปรากฏเป็นไอโซโทปที่เสถียรมีเพียงชนิดเดียว คือ Pb เป็นโลหะที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมักพบในสถานะ

ออกซิเดชัน +2 ตะกั่วเป็นโลหะอ่อนที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในเปลือกโลก และพบประมาณ 15-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Kshirsagar et al., 2015) ที่พบในอเมริกาเหนือ ระดับเหล่านี้สูงมากและเป็นข้อมูลอ้างอิงระดับประเทศมาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อม สำหรับตะกั่วอยู่ที่ 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) ในการหายใจ (ATSDR., 2014)

ตะกั่ว มีคุณสมบัติพิเศษ โดยสามารถรีดหรือตีขึ้นรูปได้ง่าย ขยายตัวได้มาก เมื่อได้รับความร้อน มีความหล่อลื่นในตัวเอง ทนทานต่อการกัดกร่อน สามารถผสมกับโลหะต่าง ๆ เป็นโลหะผสม (Alloys) ได้หลายชนิด สารประกอบของตะกั่วส่วนมากไม่ละลายน้ำ หรือละลายในน้ำได้เล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริก และกรดกำมะถันที่ร้อน โดยทั่วไปมีสีขาวหรือไม่มีสี แต่ออกไซด์ของตะกั่วจะมีสีเหลืองหรือสีส้ม ส่วนไดออกไซด์มีสีเทาหรือดำ นำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน โดยเฉพาะการผลิตแบตเตอร์รี่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งตะกั่วที่นำมาใช้กันอย่างมากในการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่พบเป็นส่วนใหญ่ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) ตะกั่วอนินทรีย์ (Inorganic lead compound) เช่น ออกไซต์ของตะกั่ว (Pb_3O_4) เลดออกไซด์ (PbO) พบใน แบตเตอร์รี และ 2) ตะกั่วอินทรีย์ ได้แก่ ตะกั่วเตตระเมทิล ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ คุณสมบัติของตะกั่ว ตะกั่วมีน้ำหนักมาก สีเทาและแข็งนุ่ม ตะกั่วเป็นสารประกอบของการบัดกรีร่วมกับดีบุกในแผงวงจรพิมพ์ และในหลอดภาพรังสีแคโทด (CRT Tube) (พรทิวา ถาวงค์กลาง และพรนภา ศุกรเวทย์ศิริ, 2564) เป็นต้น (Tena et al., 2019; Pourmand et al., (2012)

2. แคดเมียม (Cadmium: Cd)

แคดเมียมเป็นธาตุโทหะทรานซิชัน ที่มีหมายเลขอะตอมที่ 48 มีสัญลักษณ์ คือ Cd แคดเมียมเป็นโลหะสีขาว แวววาวเป็นสีน้ำเงินจาง ๆ ไม่มีกลิ่น มีน้ำหนักโมเลกุล 112.4 ความถ่วงจำเพาะ 8.65 จุดหลอมเหลว 610 องศาฟาเรนไฮต์ จุดเดือดที่ 1409 องศาฟาเรนไฮต์ สามารถทำปฏิกิริยาเคมีอย่างรุนแรงกว่าสารที่ให้ออกซิเจน ได้แก่ กำมะถัน ซีลีเนียม และเทลลูเรียม ในทางอุตสาหกรรม เนื่องจากแคดเมียมทนทานต่อการสึกกร่อนได้เป็นอย่างดี จึงนำไปฉาบผิวโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก เหล็กกล้า ทองแดง โดยทั่วไปมักนำไปชุบโลหะ นอกจากนี้ยังใช้ผสมกับทองแดง นิกเกิล ทองคำ บิสมัท และอะลูมิเนียม เพื่อให้ได้สารประกอบที่หลอมตัวง่าย โลหะผสมเหล่านี้อาจใช้สารฉาบผิวบนวัสดุอื่น เป็นส่วนประกอบของแผงวงจรพิมพ์ ตัวต้านทานหลอดภาพรังสีแคโทด และแบตเตอรีบางประเภท หรือบนลวดเชื่อม บนโลหะบัดกรี เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้เป็นขั้วไฟฟ้าในแบตเตอรีชนิดที่เติมประจุใหม่ได้ (นันทวรรณ อุ่นจางวาง, 2557)

3. นิกเกิล (Nickel: Ni)

นิกเกิลเป็น เป็นธาตุทรานซิชัน ตัวที่ 28 มีสัญลักษณ์ คือ Ni นิกเกิลเป็นโลหะที่มีความมันวาว สีขาวเงิน อยู่กลุ่มเดียวกับเหล็ก มีความแข็งแต่ตีเป็นแผ่นได้ ในธรรมชาติจะทำปฏิกิริยาเคมีกับ

กำมะถันเกิดเป็นแร่มิลเลอร์ไรต์ (Millerite) ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารหนู (Arsenic) จะเกิดเป็นแร่นิกกอไลต์ (Niccolite) แต่ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับทั้งสารหนูและกำมะถันจะเป็นก้อนนิกเกิล กล๊านซ (Nickel glance) สเตนเลสสตีล และอัลลอยด์กันสนิมชนิดต่าง ๆ กว่าร้อยละ 65 ของการใช้นิกเกิลในโลกตะวันตกนั้นเป็นการใช้ทำสเตนเลสสตีล ร้อยละ 13 ใช้ในการทำซูเปอร์อัลลอยด์ และอีกร้อยละ 24 เป็นการใช้ทำโลหะอัลลอยด์ และใช้ประโยชน์อื่น เช่น ถ่านชาร์จ เช่น ถ่านนิกเกิลเมตัลไฮดราย (Nickel metal hydride) และ ถ่านแบบนิกเกิลแคดเมียม (Nickel cadmium) เคลือบโลหะ (Electroplating) เพื่อป้องกันสนิม มากกว่ากึ่งหนึ่ง ของโลหะนิกเกิลที่ผลิตได้ทั้งหมดใช้ในอุตสาหกรรมโลหะเจือ (Alloy) ทั้งนี้การปนเปื้อนของนิกเกิล ส่วนใหญ่อาจติดมากับการใช้ Iron oxide ซึ่งให้สีน้ำตาลและสีดำ การใช้ประโยชน์อื่น ๆ ของนิกเกิล เช่น แบตเตอรี่สะสมแบบอัลคาไลน์ (Alkaline storage battery) นิกเกิลมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 100 วินาที เมื่อถูกความร้อนจากการเผาขยะอิเล็กทรอนิกส์จะถูกปล่อยออกมาได้ง่าย สารนิกเกิลเป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี ดูดซึมเข้าผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย และนิกเกิลเป็นเป็นโลหะที่มีความเป็นพิษสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าครึ่งชีวิตที่ค่อนข้างสั้น ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันได้ง่าย (Senatori et al., 2008; Slotkin et al., 2007)

ในช่วงที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ แรงงานฯ มีการรับสัมผัสที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก สารโลหะหนักที่อยู่ในชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบความสัมพันธ์ในองค์ประกอบของชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ในองค์ประกอบของชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์

โลหะหนัก	**ความสัมพันธ์ในองค์ประกอบของชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์**
ตะกั่ว (lead, Pb)	แบตเตอรี่ จอ LCD จอ CRT แผงวงจร (Printed circuit board) โรเตอร์ หรือ ตัวหมุนมอเตอร์
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	แบตเตอรี่ แผงวงจร ชิ้นส่วนในคอมพิวเตอร์
นิกเกิล (Nickel, Ni)	แบตเตอรี่

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2560)

การคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแรงงานนอกระบบที่ไม่มีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมในการทำงานอย่างเหมาะสม ยังปล่อยสารอันตรายจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ก่อให้เกิดมลภาวะ เช่น สารตะกั่วตกค้างในสิ่งแวดล้อมในการทำงาน แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นกลุ่มที่มีโอกาสในการรับสัมผัสตะกั่วขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะได้รับสัมผัสสารเคมีแต่ละชนิดหรือช่องทางการการรับสัมผัส ทำให้เกิดความเป็นพิษและตอบสนองต่อร่างกายต่อสารพิษที่

แตกต่างกัน โดยลักษณะการตอบสนองของร่างกายต่อการเกิดพิษจากสารพิษหลายชนิดพร้อม ๆ กัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่สำคัญ คือ ชนิดของสารพิษที่ได้รับ ขนาดหรือปริมาณของสาร และความถี่ของสารที่เข้าสู่ร่างกาย (Barkhordari et al., 2022) สารเคมีที่มีพิษในขยะอิเล็กทรอนิกส์และเป็นอันตรายต่อสุขภาพและความปลอดภัยในกลุ่มคนที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

สรุป ในการศึกษานี้ผู้วิจัยจะศึกษาพิษและผลร่วมของตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ที่เกิดจากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากในขณะที่มีการทำกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้นพบว่า มีการตกค้างของสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลมากที่สุดและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล

การปฏิบัติงานที่ต้องรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ทำให้เกิดพิษต่อสุขภาพได้ ถือได้ว่าเป็นโรคที่เกิดจากการประกอบอาชีพที่โดดเด่นที่สุด สารดังกล่าว หากเข้าสู่ร่างกายที่สามารถส่งผ่านไปยังหัวใจ กระดูก ลำไส้ ไต ระบบสืบพันธุ์และระบบประสาทจนเกิดผลเสียต่อเนื้อเยื่อเฉพาะส่วน (Wani et al., 2015; Liu et al., 2013) ในส่วนนี้จะกล่าวถึงกลไกการเกิดพิษหลังจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เริ่มจาก การดูดซึม การกระจาย การย่อยสลาย และการขับออกจากร่างกาย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การดูดซึมตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เข้าสู่ร่างกาย (Absorption)

การดูดซึมตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เข้าสู่ร่างกายของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ สามารถรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางการกลืนกิน และทางผิวหนัง

1.1 ทางการหายใจ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เข้าสู่ทางเดินหายใจ เอาฝุ่นละอองไอระเหย หรือขึ้นอยู่กับรูปร่าง การละลายน้ำของอนุภาคตะกั่ว โดยทั่วไปตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายของแรงงานโดยการดูดซึมผ่านทางเดินหายใจ หรือทางปากผ่านทางเดินอาหาร (Barkhordari et al., 2022; Thanapop et al., 2007) เมื่อแรงงานหายใจเอาฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลเข้าไป ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลสามารถดูดซึมผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respiratory tract) ผ่านถุงลมปอดเข้าสู่กระแสเลือดได้ ระดับการดูดซึมทางการหายใจขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาค ความสามารถในการละลาย (Solubility) และปริมาตรอากาศที่หายใจเข้า ไป (Respiratory volume)

ฝุ่นขนาดใหญ่ส่วนใหญ่มีแนวโน้มสะสมอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนต้น (Upper airway) ซึ่งอาจดูดซึมโดยอ้อมจากการกลืนกินและดูดซึมผ่านในกระเพาะอาหารส่วนฝุ่นขนาดเล็กจะไปสะสมบริเวณหลอดลมปอด โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะสะสมในถุงลมปอดได้ (Singh et al., 2018) โดยอนุภาคของสารตะกั่วที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ร่างกาย

โดยการดูดซึมผ่านทางเดินหายใจได้โดยตรงและมีความสัมพันธ์ต่อระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด

1.2 ทางปาก แรงงานสามารถรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิลเข้าสู่ร่างกายโดยการกลืนกิน ซึ่งมาจากสารปนเปื้อนในอาหาร บุหรี่ หรือจากสิ่งอื่น ๆ เช่น ภาชนะอาหาร น้ำดื่ม อัตราการดูดซึมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่นภาวะขาดแคลเซียม เหล็ก เป็นต้น การดูดซึมตะกั่วในทางเดินอาหาร อัตราการดูดซึมจะมีประมาณ ร้อยละ 10-15 จากอาหารที่รับประทานส่วนใหญ่เกิดจากการปนเปื้อนสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ในอาหาร น้ำดื่ม หรือภาชนะที่ใช้ ในกลุ่มแรงงานมักเกิดจากการสูบบุหรี่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในบรรยากาศเข้าไป (พีรนาฏ คิดดี และคณะ, 2559)

1.3 ทางผิวหนัง ความเสี่ยงจากการดูดซึมของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลทางผิวหนังส่วนใหญ่จะพบ ในกรณีที่ผิวหนังมีบาดแผลแล้วไปสัมผัสกับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล จากการทำหน้าที่บรรจุ คัดแยก เนื่องจากตะกั่วเตตระเอทิล แคดเมียม และนิกเกิล สามารถละลายในไขมันได้ดี เมื่อซึมผ่านผิวหนังแล้วก็จะเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต เคยมีการศึกษาของ Julander et al. (2017) ระบุว่าพนักงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในโรงงานรีไซเคิลขยะ ในประเทศสวีเดน ที่ทำหน้าที่คัดแยกขยะที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด 32 µg/dL และการศึกษาของ Kshirsagar et al. (2015) ในพนักงาน ที่อยู่ในกระบวนการคัดแยกแบตเตอรี่เก่า พบว่า ในกระบวนการผลิตมักจะทำด้วยมือและเกี่ยวข้องกับการปล่อยอนุภาคตะกั่วและตะกั่วออกไซด์ซึ่งอาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและพิษตะกั่วรุนแรง สุขอนามัยที่ไม่ดีและการป้องกันที่ไม่เหมาะสมอาจเป็นสาเหตุของระดับตะกั่วในเลือดที่เพิ่มขึ้นในผู้ผลิตแบตเตอรี่ อาจเป็นสาเหตุของระดับตะกั่วในเลือดที่เพิ่มขึ้นในผู้ผลิตแบตเตอรี่

ดังนั้น ตะกั่วออกไซด์อาจเข้าสู่ร่างกายผ่านทางเดินหายใจส่วนต้น และการกลืนกินซึ่งจะดูดซึมผ่านกระเพาะอาหาร โดยทั่วไปร่างกายสามารถดูดซึมตะกั่วทางการหายใจสู่กระแสโลหิต ประมาณร้อยละ 30 – 40 ในขณะที่สามารถดูดซึมตะกั่วจากอาหารปกติได้ประมาณร้อยละ 10 – 15 สำหรับการดูดซึมทางผิวหนังของตะกั่วอนินทรีย์เกิดขึ้นได้น้อยมาก ยกเว้นตะกั่วอินทรีย์เท่านั้น

2. การกระจายของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในร่างกาย (Distribution)

การกระจายของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล หลังจากการรับสัมผัสทางการหายใจ ปาก และผิวหนัง ได้ดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด และกระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยใช้เวลาประมาณ 14 วินาที ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายระยะแรกจะอยู่ในสภาวะเลดไดฟอสเฟต (Lead diphosphate) กระจายไปสะสมอยู่ตามเส้นผมและตามเนื้อเยื่ออ่อนต่าง ๆ (Soft tissues) ได้แก่ ตับ ปอด ไต สมองและม้าม จากนั้นบางส่วนถูกส่งไปสะสมในกระดูก (Neal et al., 2012) ในสภาวะไตรฟอสเฟต โดยร้อยละ 30 ของตะกั่วในร่างกายที่เก็บไว้ในเนื้อเยื่ออ่อน และร้อยละ 70 เก็บไว้ที่

กระดูกระดับตะกั่วในกระดูกมีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่ แต่หากร่างกายผิดปกติ จะทำให้ปริมาณในแคลเซียมในเลือดลดลง ตะกั่วจะออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดไปยังเนื้อเยื่อดังกล่าวมากขึ้นทำให้เกิดอาการโรคพิษตะกั่วเฉียบพลันได้

3. กระบวนการย่อยสลาย (Metabolism)

กระบวนการย่อยสลาย เกิดขึ้นเมื่อ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ได้ดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ตะกั่วจะรวมตัวกับเม็ดเลือดแดงมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือจะอยู่ในน้ำเลือด และกระจายไปยังอวัยวะต่าง ๆ ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดประมาณ 35 วัน หรือ 1 เดือน และพบตะกั่วในเนื้อเยื่ออ่อนที่สำคัญ ได้แก่ ตับ ไต มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 40 วัน พบตะกั่วสะสมในกระดูกประมาณร้อยละ 90 และมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 20-30 ปี เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตในกระดูกและส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย มีระยะเวลาที่ยาวนาน (Wyparło-Wszelaki et al., 2021; Tena et al., 2019; Wani et al., 2015)

ดังนั้นหากแรงงานต้องทำงานและรับสัมผัสกับสารตะกั่วในระยะที่ยาวนาน เมื่อมีการหยุดรับสัมผัสหรือออกจากพื้นที่ที่สัมผัสสารตะกั่วหรือเปลี่ยนงาน แต่ก็ยังต้องใช้ระยะเวลานานกว่าที่จะทำให้ระดับตะกั่วในเลือดเข้าสู่ภาวะปกติ จากที่รับสัมผัสตะกั่วในระดับต่ำและเกิดการสะสมของตะกั่วเป็นระยะเวลานาน ทำให้ตะกั่วไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างเม็ดเลือดแดงในระบบไหลเวียนโลหิต อาจทำให้เกิดโลหิตจาง เนื่องจากตะกั่วจะไปขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบินและเม็ดเลือด (Nariya et al., 2017) กระตุ้นการทำงานของสารสื่อประสาท กลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine neurotransmitter) ทำให้การรับรู้ความจำ (Cognitive) การเรียนรู้ (Learning) และการจดจำ (Memory) ลดลงได้ (Wang et al., 2011, Fenga et al., 2016, Anita et al., 2012)

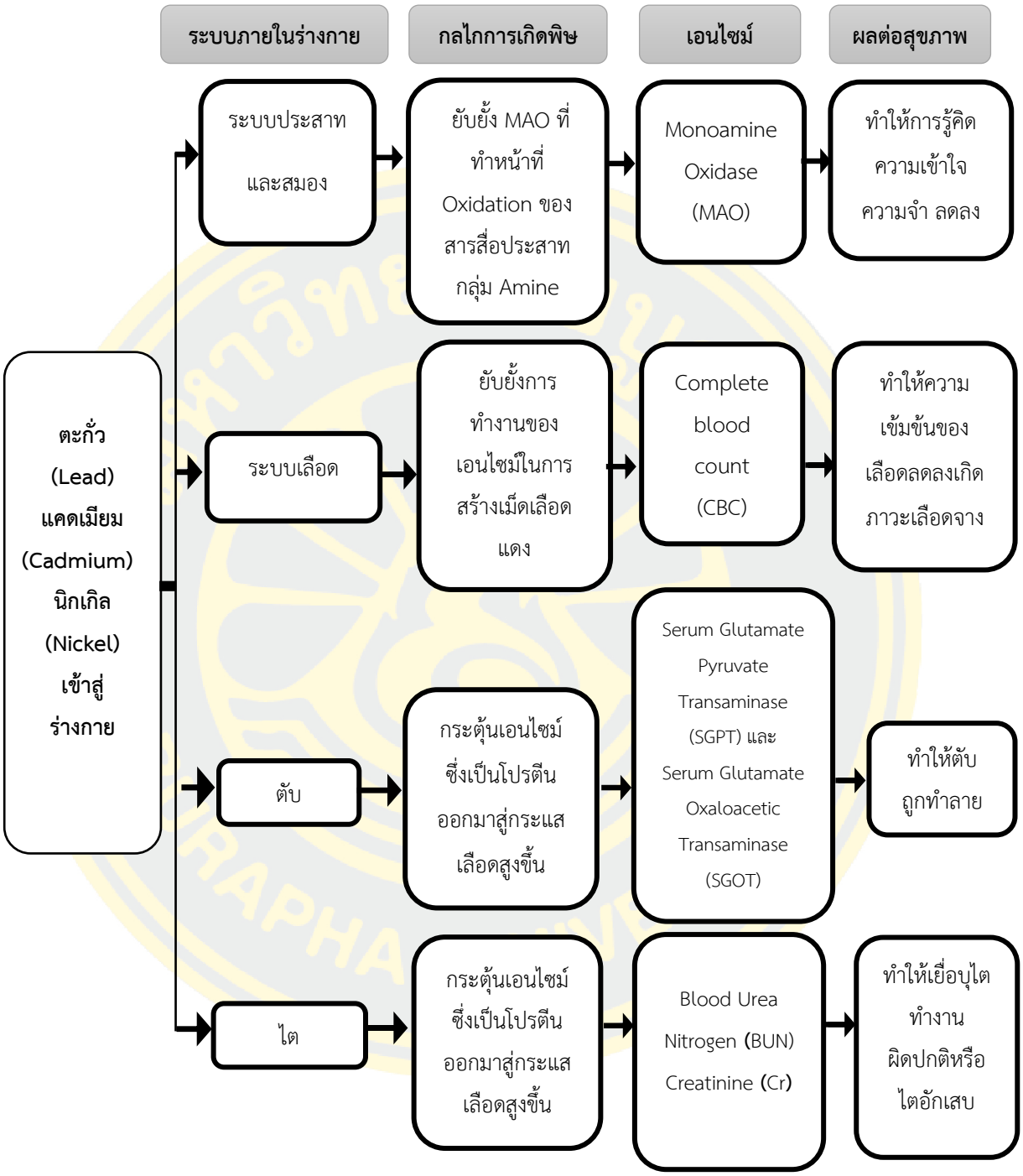
การสะสมของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล หลังจากการรับสัมผัสทางการกลืนกิน หายใจ และ ทางผิวหนัง เมื่อสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เข้าสู่ร่างกายแล้วจะเข้าไปขัดขวางการสร้างเม็ดเลือด และไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในการสร้างเม็ดเลือดแดงในระบบเลือด และกระจายไปยังอวัยวะเป้าหมายของสารแต่ละตัว ประกอบด้วย อวัยวะเป้าหมายของตะกั่วที่ไปสะสม คือ สมอง ส่วนแคดเมียมเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะจับกับเม็ดเลือดและอัลบูมิน (Albumin) มีส่วนน้อยที่จะกลายเป็นเมทัลโลไธโอนีน (Metallothionein; MT) ซึ่งเป็นพิษ ครึ่งหนึ่งจะเก็บไว้ที่ไตและตับ และอวัยวะเป้าของนิกเกิล ที่ไปสะสม คือ ไต (Zeng et al., 2018; Satarug, Vesey, & Gobe, 2017)

4. การขับถ่ายตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ออกจากร่างกาย (Excretion)

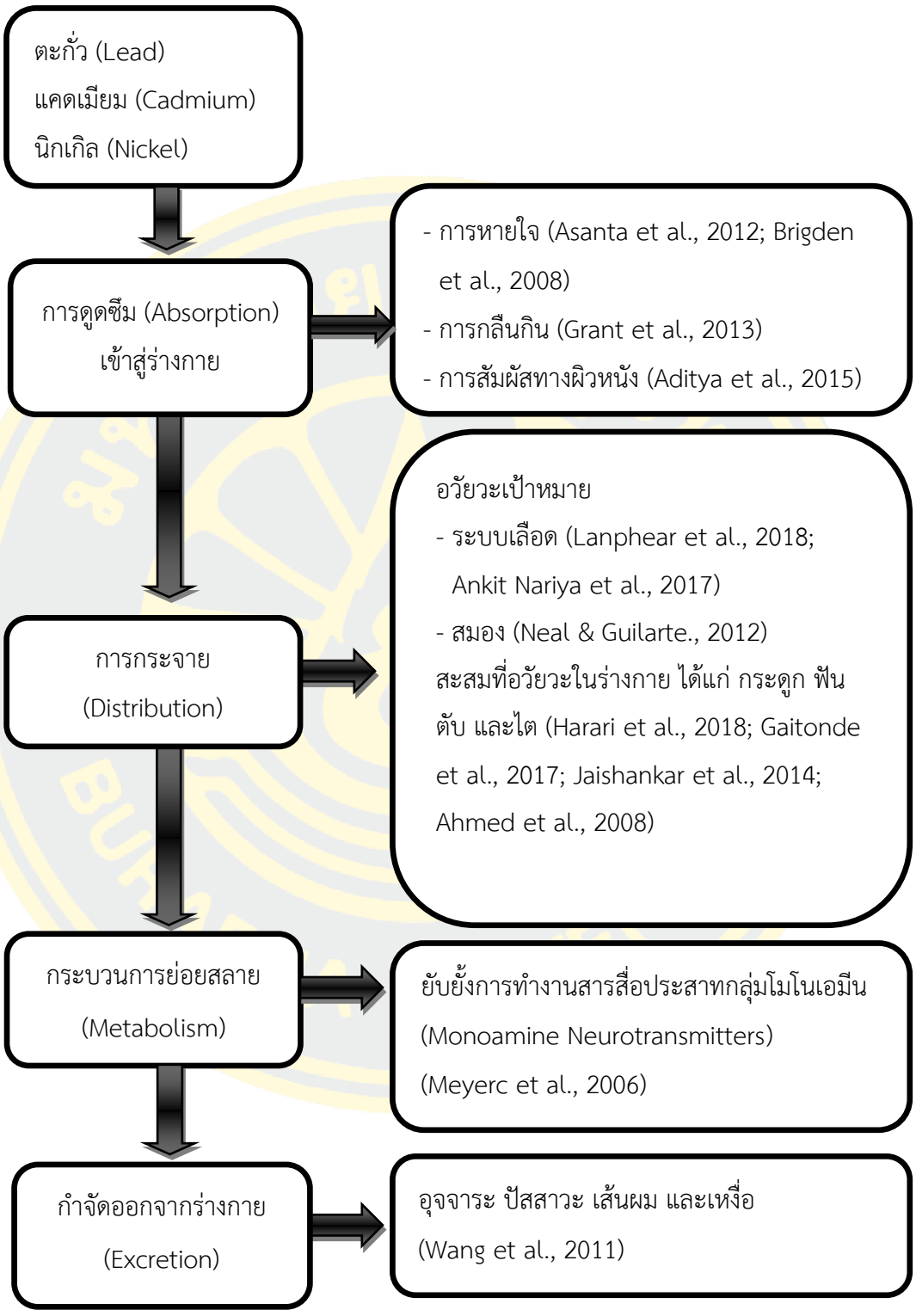
สารเคมีในร่างกาย สามารถขับถ่ายออกจากร่างกายได้ การขับถ่ายตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ออกจากร่างกาย สามารถขับถ่ายออกจากร่างกายในช่องทางต่าง ๆ ได้แก่ อุจจาระ ปัสสาวะ น้ำดี น้ำนม รวมทั้งทางเหงื่อ เส้นผมและเล็บ แต่พบว่า ร่างกายขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระมากที่สุด พบว่า ร้อยละ 75-80 ขับออกทางปัสสาวะ ผ่านกระบวนการกรองของไต และประมาณร้อยละ 15 ขับออกทางเหงื่อ (Wang et al., 2011) น้ำดี น้ำนม และทางอุจจาระ เนื่องจากการขับตะกั่วออก

จากร่างกายจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จึงทำให้ตะกั่วสามารถสะสมในร่างกายของมนุษย์เราได้ง่าย สาร แคดเมียมจะถูกขับออกมาในรูปของปัสสาวะได้ อย่างไรก็ตามอัตราการขับออกทางปัสสาวะค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแคดเมียมมีค่ากึ่งชีวิต 15 – 30 ปี แคดเมียมจำนวนน้อยถูกขับออกทางน้ำดี น้ำลาย เส้นผมและเล็บ ส่วนของการขับสารนิกเกิล จะขับออกได้ทางปัสสาวะประมาณ ร้อยละ 1- 5

จากภาพที่ 2 และ 3 กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เกิดขึ้นเมื่อแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์รับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล จากการทำงานและสภาพแวดล้อมในบริเวณที่ปฏิบัติงาน โดยตะกั่วถูกดูดซึมเข้าร่างกายผ่านทางเดินหายใจ ทางปาก การกลืนกิน เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจะเข้าไปจับกับเม็ดเลือดเพื่อไปยับยั้งการสร้างเม็ดเลือด แล้วกระจายไป สะสมที่ตับ ไต กระดูก เส้นผมและฟัน และอวัยวะเป้าหมาย คือ สมอง จากการสะสมของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล อย่างต่อเนื่อง ทำให้ส่งผลกระทบต่อการทำงานของสมอง ซึ่งตะกั่วเข้าไป กระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายของสารสื่อประสาท ทำให้ การรู้คิด (Cognitive) ช่วยในการเรียนรู้ (Learning) และการจดจำ (Memory) ลดลง และตะกั่วสามารกำจัดออกจากร่างกายได้ทั้ง ทางอุจจาระ ปัสสาวะ เส้นผม และ เหงื่อ เป็นต้น (Wang et al., 2011)



ภาพที่ 2 กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลที่มีผลกระทบต่อสารชีวเคมีในร่างกาย



ภาพที่ 3 เภสัชจลศาสตร์ (Pharmacokinetic) ของกลไกการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อร่างกาย

สรุปได้ว่า เมื่อมีการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดผลกระทบต่ออวัยวะเป้าหมาย คือ สมองและยับยั้งการทำงานสารสื่อประสาทกลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine Neurotransmitters) ที่มีผลต่อการการรับรู้ความจำ การเรียนรู้ การจดจำ ลดลง ซึ่งใน ผู้วิจัยจะศึกษาความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่มีผลต่อระบบประสาท โดยเฉพาะสารสื่อประสาท กลุ่มเอมีน (Meyer et al.,2006) จนทำให้ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) เปลี่ยนแปลงไป

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล

ผลกระทบจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ สามารถรับสัมผัส แคดเมียม และนิกเกิล ผ่านทางการหายใจ การกลืนกิน หรือทางผิวหนัง แต่เนื่องจากการดูดซึมของตะกั่วที่มีผลกระทบต่อร่างกายมากที่สุด คือ การดูดซึมทางการหายใจและมีผลกระต่อร่างกายมากที่สุด เมื่อรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลโดยการหายใจเอาฝุ่นหรือฟูม ตะกั่วจะจับกับเม็ดเลือดแดง (อนามัย เทศกะทึก, 2554) กระจายไปทั่วร่างกายและอวัยวะเป้าหมาย คือ สมอง และสะสมที่กระดูก ความเป็นพิษจากตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารพิษที่ปัจจัยหลายประการด้วยกัน ได้แก่ ขนาดหรือปริมาณของสาร และความถี่ของสารที่เข้าสู่ร่างกาย (ศิรศักดิ์ สุนทรไชย, 2551) พิษตะกั่วอาจส่งผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกายโดยวิธีใดก็ตาม หากมีการสะสมจนถึงระดับอันตรายจะแสดงอาการออกมาโดยเฉพาะในเด็ก จะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของสมองและระบบประสาท พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับตะกั่วในเลือดและผลกระทบต่อสุขภาพในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

ในสภาพแวดล้อมการทำงานที่มีปริมาณสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลเกินระดับมาตรฐาน ทำให้ผู้ประกอบอาชีพมีโอกาสสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล หากได้รับในปริมาณสูงมาก ๆ อาจก่อให้เกิดโรคพิษตะกั่วทั้งแบบเฉียบพลัน ได้แก่ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ อาเจียน ชัก และเสียชีวิตได้ (Fenga et al., 2016; Karri et al., 2016) และเมื่อมีการรับสัมผัสตะกั่วแคดเมียม และนิกเกิล ในระดับต่ำอย่างต่อเนื่อง อาจก่อให้เกิดอาการผิดปกติทางสุขภาพแบบเรื้อรังอาการที่แสดงอาจเริ่มจาก อาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง ปวดตามกล้ามเนื้อ และข้อต่อต่าง ๆ ของร่างกายและอาจส่งผลต่อระบบประสาทส่วนปลายและสมองได้ การเป็นพิษจากตะกั่วแคดเมียม และนิกเกิล ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่รับสัมผัส (Exposure time) ชนิดของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล และปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลที่เข้าสู่ร่างกาย (Dose) มีผลทำให้มีอาการผิดปกติของระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา และระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

การรับสัมผัสฝุ่นหรือฟูมของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบต่างๆ สามารถแบ่งระดับอาการได้อาการเฉียบพลัน และเรื้อรัง ดังต่อไปนี้

1. อาการเฉียบพลัน อาการที่พบสำคัญ เมื่อได้รับตะกั่ว ปริมาณมากในระยะเวลาอันสั้น จะแสดงอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง อย่างรุนแรง (Ganz et al., 2018) และอาการของเนื้อสมองเฉียบพลัน มักเกิดเมื่อระดับของตะกั่วในเลือดมากกว่า 120 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แต่มักจะพบในเด็กอายุต่ำกว่า 3 ปี อาการอาจเริ่มต้นด้วยมีอาการชัก และหมดสติ อาการที่เกิดพิษเฉียบพลันจะพบได้ค่อนข้างน้อย แต่จะพบได้ในกลุ่มที่รับสัมผัสในปริมาณมาก หรือกลืนกินตะกั่วเข้าไป จะมีอาการอาเจียน ปากมีรสโลหะ กระหายน้ำและคอแห้ง (McNeilly et al., 2022) บางครั้งถ่ายอุจจาระบ่อย อาการเฉียบพลันจากการรับสัมผัสแคดเมียมเข้าไปในร่างกาย อาการที่พบคืออาการคล้ายโรคไข้หวัดใหญ่และอาการของโรคไข้ควันโลหะ ได้แก่ อาการไอ แน่นหน้าอก หายใจไม่สะดวก ไข้ หนาวสั่น ปวดเมื่อยตามร่างกาย หากอาการรุนแรงมากขึ้นอาจพบภาวะปอดอักเสบและปอดบวมน้ำ และอาการเฉียบพลันเมื่อรับสัมผัสนิกเกิล อาการที่พบคือ คลื่นไส้อาเจียน แน่นหน้าอก นอนไม่หลับและหงุดหงิด (Xu, 2021; Liu et al., 2017)

2. อาการเรื้อรัง อาการที่พบสำคัญ คือ หลังการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในปริมาณต่ำ เป็นระยะเวลาต่อเนื่องเป็นเวลานานกว่า 3 เดือน ทำให้มีผลกระทบต่อระบบต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ระบบประสาทส่วนกลางและประสาทสมอง โดยจะแสดงอาการซึม คิดช้า ปวดศีรษะ มึนศีรษะ เวียนศีรษะ หงุดหงิด และถ้ามีอาการรุนแรงขึ้นอาจมีอาการสั่นเวลาเคลื่อนไหว ซึม หลับและชัก หมดสติ Ahmad et al (2014) ได้ศึกษาระดับการรับสัมผัสตะกั่วของกลุ่มพนักงานในโรงงานแบตเตอรี่ ในประเทศบังคลาเทศ พบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดอยู่ที่ระดับต่ำ น้อยกว่า 20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในแรงงานที่รับสัมผัสเรื้อรังยังคงอยู่มีความเป็นไปได้ที่จะเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ เช่น ความบกพร่องทางสติปัญญา พบการศึกษาประเมินความสัมพันธ์ระหว่างตะกั่วในเลือดที่น้อยกว่า 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ที่มากเกินในการรับสัมผัสตะกั่วในเด็ก 4,583 คน ในฐานข้อมูลของ เอ็นเอชเอเอ็นอีเอส ทรี (NHANES III) ค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดเท่ากับ 1.9 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ความสัมพันธ์แบบแปรผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เกิดขึ้นในระหว่างระดับตะกั่วในเลือดกับคะแนนทดสอบการอ่าน และทดสอบคณิตศาสตร์ และผลสอบโดยรวม ต่าง ๆ ความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดขึ้นตั้งแต่ ระดับตะกั่วเลือดต่ำเพียง 2.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แต่จะลดลงถ้าตะกั่วในเลือดมากกว่า 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (Lanphear et al., 2000)

2.2 ระบบประสาทส่วนปลายและกล้ามเนื้อ มีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้บ่อย ๆ เช่น กล้ามเนื้อที่ใช้เหยียดข้อมือ อ่อนแรงทำให้ข้อมือตก (Wrist drop) อาจเป็นข้างเดียวหรือสองข้าง

อาการของระบบประสาทส่วนปลาย ปรากฏออกมาในรูปอาการชา ปลายประสาทอักเสบ (Peripheral neuritis) (Koszewicz et al, 2021; Rubens et al., 2001)

2.3 ระบบเลือด การรับสัมผัสตะกั่วเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด (Lanphear et al., 2018) จะทำให้มีอาการซีด หรือภาวะเลือดจาง มีลักษณะแบบโรคซีดจากการขาดเลือด เนื่องจากเอนไซม์ถูกทำลาย (ณิชชา บูรณสิงห์, 2559; Lisa et al., 2014)

2.4 ระบบทางเดินอาหาร พบว่า มีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องแบบ Colic's คือ ปวดเป็นพัก ๆ อาจมีอาการท้องผูก หรือท้องเดิน ส่วนใหญ่น้ำหนักลด (Ahmad et al., 2014, Karri et al., 2016; Fenga et al., 2016)

2.5 ระบบทางเดินปัสสาวะ หลังได้รับตะกั่วเป็นเวลานาน ๆ อาจเกิดสภาวะไตวายเรื้อรัง (Gaitonde et al., 2017) ไตอักเสบ กรดยูริกในปัสสาวะสูง (Ahmed et al., 2008; Harari et al., 2018)

2.6 ลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ พบเส้นสีเงินเทาเข้มที่เหงือก (Lead line) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนซัลไฟด์ของแบคทีเรีย อาจพบได้ถึงร้อยละ 80 ของผู้ที่ได้รับตะกั่วสะสมเป็นเวลานาน ๆ (Jain et al., 2019)

ผลกระทบของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในร่างกาย

การรับสัมผัสสารตะกั่วจากสภาพแวดล้อมในการทำงาน ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้รับสัมผัส ที่ ทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง โดยการเกิดพิษตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลมีผลต่อหลายระบบในร่างกาย ได้แก่ ต่อระบบประสาท ระบบเลือด การทำงานของตับ การทำงานของไต ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลกระทบต่อระบบประสาท

ผลกระทบจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อระบบประสาท (Wright et al., 2006) โดยสารดังกล่าวอาจจะมีผลกระทบต่อระบบประสาท ซึ่งการทำงานของระบบประสาทมีสารสื่อประสาท ทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine) กลุ่มอะมิโนเอมีน (Amino amine) กลุ่มอะซิติลโคลีน (Acetyl choline) กลุ่มเปปไทด์ (Peptide) และกลุ่มเพียวรีน (Purine) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์ โมโนเอมีน (Monoamine) หรือ MAO เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ยับยั้ง โดยทำหน้าที่ Oxidation ของสารสื่อประสาทกลุ่มเอมีน (Monoamine neurotransmitter) ซึ่งกลุ่มเอมีน ได้แก่ Dopamine serotonin, norepinephrine โดยสารสื่อประสาท Monoamine neurotransmitter ที่มีหน้าที่ควบคุม การเคลื่อนไหว อารมณ์ของบุคคล ช่วยให้มีความกระฉับกระเฉง สภาวะอารมณ์ การรับรู้ ความคิด ความจำ ดังนั้น การประเมินระดับ

การทำงานเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ช่วยในการประเมินการทำหน้าที่การเรียนรู้ ความจำ รู้คิดได้

ผลกระทบจากการเกิดพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการยับยั้งเอนไซม์โมโนเอมีนจนทำให้เกิดการคั่งของสารสื่อประสาทกลุ่มโมโนเอมีนได้ โดยระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในระดับต่ำไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ กลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine) ที่มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงาน ในการรู้คิด ความเข้าใจ และความจำ แม้ว่าระดับการรับสัมผัสอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่าค่ามาตรฐานความปลอดของตะกั่วในเลือดที่กำหนดให้แรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และระดับแคดเมียมในเลือดที่กำหนดให้แรงงานรับสัมผัสได้ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลิตร แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการทำหนดค่าระดับนิกเกิลในเลือด (ACGIH, 2022) แต่อย่างไรก็ตาม หากรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม แลนิกเกลอย่างต่อเนื่องในปริมาณต่ำ ทำให้เกิดอาการเรื้อรัง มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ในส่วนของสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ได้ โดยทำให้มีผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจ (Anita et al., 2012) เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ การทำงานทางปัญญาและความรู้ความเข้าใจ ลดลง (Onalaja, 2008)

ผลจากการทบทวนวรรณกรรมจากบทความจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่าความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ว่าสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานทางประสาทวิทยา เช่น หน่วยความจำ (Mason et al., 2014) การเกิดผลกระทบต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีการศึกษา จาก Wang et al. (2011) ระบุว่า ตะกั่ว สามารถเข้าไปในเลือดและสมองไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ กลุ่มโมโนเอมีน ชนิด A (Monoamine Neurotransmitter; MAO-A) ก่อให้เกิดการสูญเสียของระบบประสาทส่วนกลาง (เทวิน เทนคำเนาว์, 2557) โดยตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล เข้าไปขัดขวางกลไกการทำงานการส่งสัญญาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) (Karri et al., 2016) เข้าสู่เซลล์ประสาทราฟีนิวคลีไอ (Raphe nuclei) เพื่อสร้างสารสื่อประสาทซีโรโตนิน (Serotonin) ที่สมองบริเวณฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) (Marchetti, 2003) และหลั่งออกมาจากบริเวณก้านสมอง (Raphe Nuclei) โดยสารสื่อประสารทซีโรโตนิน มีหน้าที่ในการควบคุมเกี่ยวกับระบบการรับรู้ความจำ (Cognitive) ช่วยในการเรียนรู้ (Learning) และการจดจำ (Memory) (Anita et al., 2012) มีการศึกษาของ Ravibabu et al. (2014) ในกลุ่มผู้ทำงานรับสัมผัสตะกั่ว ในโรงงานแบตเตอรี่ ในประเทศอินเดีย พบว่า ระดับตะกั่วในเลือดที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO-A ทำให้การตอบสนองช้าลง มีความเข้าใจ การรู้คิด ลดลง

ดังนั้น เมื่อมีการรับสัมผัสตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้น ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล จะเข้าไปยับยั้งระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO โดยจะเข้าไปควบคุมการทำงานของแมทาบอลิซึมและเร่งปฏิกิริยาออกซิไดซ์ (Oxidation) สารสื่อประสาทกลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine Neurotransmitte) (Wu et al., 2017) จนทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท จาก

การศึกษาของ Prasanthi et al. (2010) พบความเสียหายของเนื้อเยื่อเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ผลิตสารสื่อประสาท Serotonin ที่อยู่ในกลุ่มโมโนเอมีนในหนูลดลง ดังนั้นระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO อาจมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของสารสื่อประสาทหลายชนิด (Meyer et al., 2006) ทำให้ มีผลต่อความจำ มีผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจเกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ลดลง ทั้งนี้ตะกั่วสามารถขับออกทางอุจจาระ ปัสสาวะ เส้นผม และเหงื่อ (Wittsiepe et al., 2017)

2. ผลกระทบต่อความจำ

สมองทำหน้าที่รับข้อมูล จัดระบบเรียบเรียงและส่งสาร เพื่อชี้นำให้เกิดพฤติกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ สมองยังทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่สำคัญ ๆ ไว้ เพื่อการนำออกมาใช้ในอนาคต เมื่ออายุมากขึ้น มนุษย์ส่วนใหญ่มักประสบกับปัญหาทางสมอง ทำให้มีอาการหลงลืม สมองไม่ฉับไวต่อการรับรู้ข้อมูลข่าวสารใหม่ ๆ ปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสมองชั้นนอก และสมองส่วนที่เรียกว่า ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) สมองชั้นนอก (Cerebral Cortex) รับผิดชอบเกี่ยวกับความจำภาษา และความคิดเชิงนามธรรม สมองส่วนฮิปโปแคมปัส ทำหน้าที่ในการประสานการรับประสาท สัมผัสจากสมองชั้นนอกแล้วรวบรวมไปเก็บไว้ในศูนย์ความจำ ดังจะกล่าวรายละเอียดของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับความจำและกลไก ดังต่อไปนี้

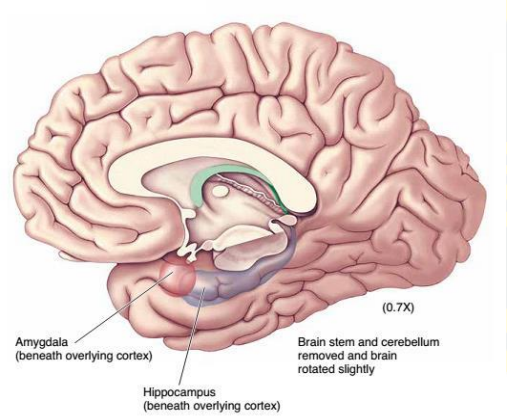
สมองและระบบประสาท ที่เกี่ยวข้องกับความจำ การเรียนรู้

1) ส่วนประกอบของสมอง และระบบประสาท

1.1) สมองชั้นนอก (Cerebral cortex) สมองชั้นนอก คือ เซลล์จำนวนมากที่รวมกันเป็นแผ่นบางแล้วห่อหุ้มส่วนต่าง ที่สำคัญของสมองคล้าย ๆ กับเปลือกของส้มโอ มีพื้นที่หน้าผิวกว้าง ประกอบไปด้วยเซลล์ประสาทจำนวนนับไม่ถ้วน ถึงแม้เปลือกสมองจะดูคล้ายเป็นแผ่นเดียวกัน แต่ความเป็นจริงแล้วมีอยู่หลายส่วน หลายเขต ซึ่งทำหน้าที่ต่างกัน บางส่วนมีขนาดเล็ก บางส่วนมีขนาดใหญ่แตกต่างกันไป ข้อมูลที่สมองรับเข้ามา ผ่านทางประสาทสัมผัสแต่ละชนิดจะมีพื้นที่เป็นเขตของตนเอง เช่น การมองเห็นจะมีพื้นที่อย่างน้อย 30 พื้นที่ เขตพื้นที่บางเขตในสมองจะมีความเชี่ยวชาญในด้านการประสานข้อมูลจากประสาทสัมผัสที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น เมื่อได้ยินเสียงใดเสียงหนึ่งโดยเฉพาะก็จะรู้ได้เลยว่าต้นกำเนิดของเสียงนั้น คืออะไร เป็นต้น ในสมองมีเส้นใยบาง ๆ คล้ายเส้นลวด เรียกว่า แอกซอน (Axon) ทำหน้าที่เชื่อมเขตต่าง ๆ จำนวนมากนี้เข้าไว้ด้วยกันและเป็นตัวส่งข้อมูล ส่งสัญญาณประสาท (Neural signaling) แอกซอนบางเส้นเชื่อมเขตที่ มีหน้าที่รับสารประเภทเดียวกัน แต่มีแอกซอนบางเส้นที่ทำหน้าที่ในการ เชื่อมเขตที่มีหน้าที่รับสารต่างกัน เช่น เชื่อมต่อเขตการรับกลิ่นเข้ากับเขตรับการสัมผัส โดยโครงข่ายวิถีประสาท (Neural pathway) จะมีความจำเพาะต่อการส่งสัญญาณประสาท กระแสทางเดินของกระแสประสาทที่เชื่อมระหว่างเขตต่าง ๆ เหล่านี้ จะเป็นตัวที่ช่วยให้สมองชั้นนอก สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสได้ ภาพถ่ายสมองส่วนใหญ่แสดง

ให้เห็นส่วนของสมองชั้นนอกที่มีลักษณะ การขดซ้อนกันและมีรอยหยักลึก (Bui et al., 2020) แสดงดังภาพที่ 4

1.2) สมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) สมองในส่วนฮิปโปแคมปัส ซึ่งเป็นโครงสร้างสมองที่ซับซ้อนฝังลึกในกลีบขมับ (Temporal lobe) มีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้และความทรงจำกรองสารที่ได้รับมาจากสมองชั้นนอก (Anand et al., 2012) โดยเลือกเก็บสารที่สำคัญและปล่อยสารที่ไม่สำคัญทิ้งไป เปรียบเสมือนเป็นศูนย์การจัดการข้อมูล ด้วยการเลือกเก็บเฉพาะข้อมูลที่ควรเก็บ จากนั้นเอาไปเก็บไว้ ในความทรงจำระยะยาวเพื่อเอาไว้ดึงออกมาใช้เมื่อยามที่ต้องการจะใช้ในอนาคต ปัจจัยที่ส่งผลต่อ ต่อการเก็บข้อมูลของฮิปโปแคมปัส คือ ข้อมูลที่มีนัยสำคัญเกี่ยวกับอารมณ์และความรู้สึกกับข้อมูล ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านใดด้านหนึ่งกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในสมอง ฮิปโปแคมปัส ยังมีส่วนสำคัญในการสร้างแผนที่ในสมอง ทำให้มนุษย์สามารถจดจำตำแหน่งที่ตั้งต่าง ๆ ได้ดี เช่น ตำแหน่งของที่จอดรถ หรือเส้นทางจากบ้านไปที่ทำงาน เป็นต้น ฮิปโปแคมปัสมีความสำคัญต่อการทำงานขององค์ความรู้ขั้นสูงโดยเฉพาะการเรียนรู้และความจำ (Anacker & Hen., 2017, Gao et al., 2018) ซึ่ง กระดูกสันหลัง Dendritic สมองส่วนฮิปโปแคมปัส เป็นพื้นฐานโครงสร้างสำหรับการเรียนรู้ และความจำ (Bear et al., 2016) มีลักษณะดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Hippocampus)
(Bear et al., 2016)

2) กลไกของสมองและระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับความทรงจำ

กลไกของสมองและระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับความทรงจำ การรับรู้ ความเข้าใจ สมองในส่วนฮิปโปแคมปัสจะทำหน้าที่กรองสารที่ได้รับมาจากสมองชั้นนอก Anand and Dhikav (2012) โดยเลือกเก็บสารที่สำคัญและปล่อยสารที่ไม่สำคัญทิ้งไป เปรียบเสมือนเป็นศูนย์การจัดการข้อมูล ด้วยการเลือกเก็บเฉพาะข้อมูลที่ควรเก็บ จากนั้นเอาไปเก็บไว้ในความทรงจำระยะยาวเพื่อเอาไว้ดึงออกมา

ใช้เมื่อยามที่ต้องการจะใช้ในอนาคต ปัจจัยที่ส่งผลต่อต่อการเก็บข้อมูลของฮิปโปแคมปัส คือ ข้อมูลที่มีนัยสำคัญเกี่ยวกับอารมณ์และความรู้สึกกับข้อมูล (Bourne & Harris, 2008) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านใดด้านหนึ่งกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ในสมอง ฮิปโปแคมปัส ยังมีส่วนสำคัญในการสร้างแผนที่ในสมองมีความสำคัญต่อการรับรู้เกี่ยวกับความรู้อย่างมีสติ (Morgado-Bernal, 2011) ทำให้มนุษย์สามารถจดจำตำแหน่งที่ตั้งต่าง ๆ ได้ดี เช่น ตำแหน่งของที่จอดรถ หรือเส้นทางจากบ้านไปที่ทำงาน เป็นต้น สมองส่วนฮิปโปแคมปัส มีลักษณะดังภาพที่ 4

3) ความจำ

ความจำของมนุษย์เราเกิดจากระบบประสาทได้มีการทำงานประสานกันในหลายส่วน จากประสาทสัมผัสทั้ง 5 ส่วน คือ ตา หู จมูก ลิ้น และสัมผัส รวมทั้งบุคคลมีความตั้งใจ (Attention) และสนใจที่จะรับรู้ด้วย เมื่อข้อมูลได้รับการทบทวนแบบซ้ำ ๆ ข้อมูล ก็จะเข้าสู่ระบบลิมบิค (Limbic system) เกิดเป็นความจำระยะสั้น (Short-term memory) และเมื่อข้อมูลที่ได้รับมานั้นไม่ได้รับความสนใจหรือไม่มี การทบทวน ข้อมูลก็จะถูกลืมได้ หากได้รับข้อมูลซ้ำบ่อย ๆ ข้อมูลนั้น ก็จะถูกเก็บไว้ในสมองส่วนขมับ (Temporal lobe) กลายเป็นความทรงจำระยะยาว (Long-term memory) ตลอดชีวิต (Fukuda et al., 2017)

ความจำของมนุษย์เราเกิดจากกระบวนการที่สมองรับข้อมูลเข้ามา แล้วถอดรหัส จากนั้นบันทึกเก็บไว้ และจะดึงออกมาเมื่อต้องการนำไปใช้ ความทรงจำเกิดจากการทำงานประสานกันของเซลล์ประสาท จำนวนมากในสมองหลายส่วน โดยที่เมื่อได้รับข้อมูลใหม่เข้ามาเซลล์สมองส่วนต่าง ๆ จะถูกกระตุ้นและทำงานเชื่อมโยงประสานกัน รวมทั้งประสาทสัมผัสทั้งหมด คือ การมองเห็น (Vision) การได้ยิน (Hearing) การได้กลิ่น (Smell) การรับรู้รสชาติ (Taste) และการรับสัมผัส (Touch) ดังนั้น การจำ จึงเป็นการทำงานของสมองที่กระจายอยู่ทั่วทั้งก้อนของสมอง ไม่ได้จำเพาะเจาะจงที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง ของสมองโดยตรง (สุขพัชรา ชิ้มเจริญ, 2556)

3.1) ประเภทของความจำ

มนุษย์ได้รับข้อมูลใหม่ ๆ เข้ามา จากประสาทสัมผัสทั้งหมดทำให้เซลล์สมองถูกกระตุ้นทำให้สมองทำงานเชื่อมโยง เพื่อประมวลผลและนำไปใช้ ซึ่งเกิดจากการลำดับขั้นตอนของสมองแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความจำของสมอง ความจำสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ประกอบด้วย ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1) ความจำระยะสั้น (Short-term Memory: STM) หรือความจำในขณะกำลังทำงาน (Working Memory) มีประโยชน์สำหรับการใช้งานเฉพาะหน้า ความจำระยะสั้นมีความจุจำกัด คือ สามารถจำได้เพียงไม่กี่เรื่องในแต่ละครั้ง มีผลให้ความจำระยะสั้นคงอยู่ได้ คือ ความสนใจ การใส่ใจ การทบทวน การทำซ้ำ ๆ อยู่เสมอ หากมีการรบกวนหรือแทรกแซงการไม่ใส่ใจ ความจำระยะสั้นซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 15-30 วินาที ก็จะหายไป เว้นแต่จะได้รับการทบทวน (นาถนภา

นกดี, 2563) ระบบความจำระยะสั้นเป็นความจำ หลังจากการรับรู้จากสิ่งเร้าที่ได้รับการตีความจนเกิดการรับรู้แล้วก็จะอยู่ในความจำระยะสั้น ใช้ความจำระยะสั้นสำหรับการจำแบบชั่วคราวเพื่อใช้เป็นประโยชน์ในขณะที่จำอยู่เท่านั้น เช่นการจำหมายเลขโทรศัพท์จากสมุดโทรศัพท์ เมื่ออ่านหมายเลขโทรศัพท์แล้วหมายเลขนั้นก็จะเข้าไปในความจำระยะสั้น เพื่อให้หันมาที่เครื่องโทรศัพท์และกดตัวเลขเหล่านั้น พอกดตัวเลขเสร็จเราก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องจำหมายเลขนั้นอีกต่อไป ชั่วเวลาเพียงไม่กี่วินาที อาจจำไม่ได้อีกเลยว่าหมายเลขที่เพิ่งกดโทรไปนั้นคืออะไร (อรรจน์มน ธรรมไชย และคณะ, 2560)

ข้อจำกัดของ ความจำระยะสั้น เนื่องจากเป็นความจำชั่วคราวต้องเอาใจใส่จดจ่ออยู่ตลอดเวลา ฉะนั้นสิ่งที่อยู่ในความจำระยะสั้น ก็จะสูญหายไป เนื่องจากความสามารถในการเอาใจไปจดจ่ออยู่กับสิ่งต่าง ๆ ของคนเรามีจำกัดในขณะหนึ่ง ๆ หากมีสิ่งที่ไม่ได้รับการใส่ใจนี้ก็จะเลือนหายไปอย่างรวดเร็ว ความจำระยะสั้น จึงมี ความจำกัดในจำนวนหน่วย ของสิ่งของที่จะเก็บรักษาไว้ ขีดจำกัด ของความจำระยะสั้น สามารถวัด โดยการหาจำนวนหน่วยของสิ่งเร้าจำนวนมากที่สุดที่สามารถบรรจุใน ความจำระยะสั้น ในเวลาหนึ่ง ๆ จำนวน หน่วยที่จำได้นี้เรียกว่า ช่วงความจำ (Memory span) (Doherty et al., 2016)

การประเมิน โดยใช้แบบทดสอบช่วงความจำ หรือ Digi span test ซึ่งเป็นการประเมินหน่วยความจำระยะสั้นแบบธรรมดาอย่างง่ายจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงงานที่รับสัมผัสตะกั่วกับความบกพร่องทางปัญญา โดยใช้การทดสอบ Digit span test (Fenga et al., 2016) วิธีการหาช่วงความจำ สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การลองเขียนตัวเลข หมายเลขโทรศัพท์ หรือ หมายเลขบัญชี โดยทำการเรียงกันตัวเลขเป็นชุด ๆ โดยชุดของตัวเลขมีความยาวเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการทดสอบ ซึ่งการทดสอบอยู่บนพื้นฐานความถูกต้อง เช่น ตั้งแต่ชุดละ 2 ตัว ไปจนถึงชุดละ 8 ตัว เช่น 3-6, 5-3 -8, 7-4-3-9, 1-3-6-2-8, 4-8-2-3-9-6,และ 8 – 3 – 4 – 6 – 7 – 3 – 2 - 5 เมื่อได้ตัวเลขมาแล้ว ให้อ่านตัวเลขในแต่ละชุด ทีละตัวในอัตราเร็ว แต่ละตัว ห่างกัน 1 วินาที ให้ผู้รับการทดลองฟังทีละชุด เมื่อฟังจบแต่ละชุดให้ผู้รับการทดลองว่าตามทันที ว่าตัวเลขที่ได้ยินไปนั้นมีอะไรบ้าง โดยเริ่มต้นจากชุด 2 ตัว

กรณีทดสอบตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) ให้เลือกตัวเลขเรียงตามลำดับ กรณีทดสอบแบบย้อนหลัง (Digit span backward test) ให้เลือกตัวเลขจากตัวหลังมาตัวแรก (คีรีมาส อะเต็นต้า และคณะ, 2563) หากตอบได้ถูกหมดก็ทำชุดที่มีจำนวนตัวเลขมากขึ้นไปอีกจนถึงชุดที่ไม่สามารถตอบถูกได้หมด เช่น ชุดเลข 8 ตัว อาจให้แก้ ตัวอีกครั้งโดยอ่านตัวเลข 8 ตัว ชุดใหม่ให้ฟังแล้วให้ว่าตามอีก หากยังไม่ได้อีก ก็แสดงว่าช่วงความจำ ของผู้รับการทดลองผู้นี้เท่ากับ 8 ขีดจำกัดของความจำระยะสั้น ของบุคคลนี้จึงมีค่าเท่ากับ 8 หน่วยตัวเลขช่วง ความจำของคนแตกต่างกัน บางคนก็ยาว บางคนก็สั้น แต่โดยเฉลี่ยแล้วจะได้ยาวประมาณ 7 หน่วย บางคนอาจจำได้มากกว่า

นี้ บางคนได้น้อยกว่านี้ แต่ก็จะหนีไม่พ้นช่วง 7 + 2 หน่วย ซึ่งไม่ว่าสิ่งเร้าที่ใช้ นั้นจะเป็นตัวเลข พยัญชนะ พยางค์ ไร้ความหมายหรือ คำมีความหมายก็ตาม อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาผลกระทบของสารตัวทำละลายต่อระบบประสาท ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้

การสับสนเรื่องของเสียงในความจำระยะสั้น การจำในความจำระยะสั้น มีลักษณะเป็นการพูดทบทวน ในใจ เช่น ขณะที่กำลังกรอกตัวเลขลงบัญชี ใจต้องจดจ่ออยู่กับจำนวนตัวเลขที่จำอยู่ใน ความจำระยะสั้น การจดจ่อนี้ มักอยู่ในรูปการพูดทบทวนในใจ เช่น “ศูนย์ สี่ ห้าเจ็ด จุด ห้า เก้า” จึงอาจกล่าวได้ว่าสิ่งที่จำอยู่ในความจำระยะสั้น นั้นมีลักษณะเป็นเสียงพูดในใจ ดังนั้น การสับสนเสียง (Acoustic confusion) (Scott et al., 2013) ใน ความจำระยะสั้น จึงเป็น เรื่องที่เกิดขึ้นเสมอ ๆ ในภาษาไทยการจำเสียง “ม” และ “น” เสียง “บ” “ป” และ “พ” และเสียง “ค” “ด” และ “ท” ที่มีความสับสนกันพอสมควร เนื่องจากมีเสียงที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นการหลีกเลี่ยงเสียงที่คล้ายคลึงกัน ในงานที่ต้องใช้ความจำระยะสั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่นในการอ่านหมายเลขโทรศัพท์ เสียงของคำว่า “สอง” “สาม” และ “ศูนย์” ใกล้เคียงกันมาก การเปลี่ยนจาก “สอง” เป็น “โท” จึงช่วยลดความสับสนนี้ลงได้บ้าง

3.1.2) ความจำระยะยาว (Long-term Memory: LTM) เป็นระบบความจำที่คงทนกว่าความจำระยะสั้น บุคคลจะไม่รู้สึกว่ามีความจำระยะยาวอยู่เลย จนมีบางสิ่งที่มากระตุ้นให้เกิดการจำ เหตุการณ์บางอย่างได้ เช่น เหตุการณ์ต่าง ๆ ในอดีต หรือความรู้และประสบการณ์ที่เคยได้รับตั้งแต่จำความได้จะอยู่ในความจำระยะยาวทั้งสิ้น หน่วยความจำของมนุษย์เป็นความคิดที่ประกอบด้วยการจัดเก็บข้อมูลระยะยาวและกลไกการจัดเก็บข้อมูลระยะสั้นที่เรียกว่าหน่วยความจำการทำงาน แม้ว่าจะมีการสันนิษฐานมานานแล้วว่าข้อมูลที่ดึงมาจากหน่วยความจำระยะยาวนั้นแสดงอยู่ในหน่วยความจำในการทำงาน แต่ยังไม่มีหลักฐานทางประสาทสำหรับเรื่องนี้และต้องการมาตรการทางประสาทที่ช่วยดึงข้อมูลนี้ลงในหน่วยความจำการทำงาน มนุษย์สามารถใช้ในการติดตามข้อมูลเมื่อมันถูกนำกลับเข้าไปในหน่วยความจำในการทำงานในระหว่างการดึงจากหน่วยความจำระยะยาว โดยเฉพาะเราพบว่า การดึงข้อมูลจากหน่วยความจำระยะยาวนั้นจำกัดอยู่เพียงแค่ข้อมูลวัตถุเพียงไม่กี่อย่างในเวลาเดียวกัน (Fukuda et al., 2017) ประเภทของความจำระยะยาว ประกอบด้วย

1) ความจำด้านทักษะ (Procedural memory) เป็นความทรงจำที่ฝังอยู่ภายในและเป็นความจำที่ไม่ได้อยู่ใต้อำนาจจิตใจเช่นทักษะต่าง ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ทักษะในการขับรถยนต์ สมองสามารถจดจำการเคลื่อนไหวร่างกายที่เป็นทักษะที่มีการฝึกฝนจนเกิดการทำงานอย่างอัตโนมัติ ความจำด้านทักษะเป็นความจำระยะยาวชนิดหนึ่งที่เกิดจากกาทำงานนั้นแบบซ้ำ ๆ หรือการฝึกฝนโดยการใช้ร่างกายให้มีการเคลื่อนไหวอย่างเป็นระบบ มีแบบแผนควบคู่ไปกับการทำงานแบบอัตโนมัติของสมอง โดยเป็นการทำงานประสานกันของสมองในส่วนซีรีเบลลัม (Cerebellum) และเดนเตท

นิวเคลียส (Dentate nucleus) จึงไม่ได้เป็นความจำที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างเดียว แต่ต้องมีการทำงานของสมองในระบบประสาทอัตโนมัติร่วมด้วย

2) ความจำแจ้งประกาศ (Declarative) แยกได้ 2 ประเภท คือ

2.1) ความจำเหตุการณ์ (Episodic memory) เป็นความจำที่จะบันทึกข้อมูล ที่สังเกตได้ เอาไว้เชื่อมต่อกับเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยเกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึก เป็นตัวกระตุ้นจิตใต้สำนึกให้เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้นได้โดยอัตโนมัติขึ้นอยู่กับอารมณ์ เช่น สุขสมหวัง เศร้า การจดจำเหตุการณ์นี้สมอง จะจัดหมวดหมู่และแยกจำเหตุการณ์ตามลักษณะเฉพาะของสภาพแวดล้อมสถานที่ บรรยากาศ หรือพฤติกรรมของแต่ละบุคคล โดยสมองที่เกี่ยวข้อง คือ สมองส่วนฮิปโปแคมปัสทาลามัส อมิกดาลา และคอร์ปัสคัลโลซัม รวมเรียกว่า ระบบลิมบิก (Limbic System) สมองส่วนฮิปโปแคมปัส มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการจำ โดยเปลี่ยนความจำระยะสั้น ให้เป็นความจำระยะยาวด้วยการจำสิ่งนั้น บ่อย ๆ เป็นการตอกย้ำ ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำงานของสมองหลาย ๆ ส่วน และหากสมองส่วน ฮิปโปแคมปัสได้รับความเสียหายจะส่งผลให้สูญเสีย ความสามารถในการจดจำข้อมูลใหม่ ๆ สูญเสีย ความทรงจำในด้านการใช้ชีวิตประจำวัน คำพูด ใบหน้าคนหรือแม้แต่คนใกล้ชิด (Moscovitch et al., 2017)

2.2) ความจำอาศัยความหมาย (Semantic memory) เป็นความจำที่บันทึกความรู้ ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นจริง จากประสบการณ์ส่วนตัว ที่ ตัวอย่างเช่น เขตภูมิภาคภาษา และบทเรียนในโรงเรียนเช่นคำศัพท์เฉพาะทางต่าง ๆ การอ่าน และการเขียน เป็นต้น

องค์ประกอบของความจำข้อมูลนี้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับกระบวนการทางปัญญาของบุคคลนั้น ประกอบด้วย การใส่ใจ (Attention) หากบุคคลมีความใส่ใจในข้อมูลที่ได้รับเข้ามาทางประสาทสัมผัส (Sensory memory) (Zhou et al., 2019) ข้อมูลนั้นก็จะถูกนำไปสู่ความจำระยะสั้นต่อไป และหากไม่ได้รับการใส่ใจข้อมูลนั้นก็จะเลือนหายไปอย่างรวดเร็ว การทำซ้ำ (Rehearsal) หากบุคคลมีกระบวนการรักษาข้อมูลโดยทำการทบทวนซ้ำแล้วซ้ำอีก ข้อมูลนั้นก็จะยังคงถูกเก็บรักษาไว้ในความจำขณะทำงาน การเข้ารหัส (Encoding) (Rooney et al., 2018) หากบุคคลมีกระบวนการจัดการเพื่อสร้างตัวแทนทางความคิดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลนั้น โดยการนำข้อมูลนั้นเข้าสู่ความจำระยะยาวและเชื่อมโยงเข้ากับสิ่งที่ มีอยู่แล้วในความจำระยะยาว การเรียนรู้อย่างมีความหมายก็จะเกิดขึ้น การเรียกคืน (Retrieval) การเรียกคืนข้อมูลที่ได้จำไว้ในความจำระยะยาวเพื่อนำออกมาใช้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเข้ารหัส ถ้าหากการเข้ารหัสทำให้เกิดการเก็บความจำทำได้ดีและมีประสิทธิภาพ การเรียกคืนก็จะมีประสิทธิภาพไปด้วย (Frankland et al., 2019)

ระบบความจำระยะยาว เป็นความจำที่มีความคงทนถาวรกว่า STM (Short-term memory) (Wang et al., 2018) เราจะไม่รู้สึกถึงสิ่งที่จำอยู่ใน LTM (Long-term memory) (Tena

et al., 2019) แต่เมื่อต้องการใช้ข้อมูล หรือมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดมาสะกิดใจก็สามารถจะรื้อฟื้นขึ้นมาได้ ตัวอย่างการจำในระบบความจำระยะยาว ได้แก่ การจดจำเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้นเมื่อหลายชั่วโมงก่อน หลายวัน หรือหลายปีก่อน ตลอดจนความรู้ต่าง ๆ ที่เรียนประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เคยได้รับตั้งแต่จำความได้ล้วนอยู่ใน ระบบความจำระยะยาว ทั้งสิ้น

3.2) บทบาทของสมองที่เกี่ยวข้องกับความทรงจำ

บทบาทของสมองที่เกี่ยวข้องกับความทรงจำ เป็นสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Moscovitch et al., 2017) และอมิกดาลาทำหน้าที่ในการจัดเก็บความทรงจำที่แตกต่างกัน โดยถ้าผ่าตัดเอาสมองในส่วนของฮิบโปแคมปัสทิ้งออกไป จะพบว่า ทำให้เกิดการสูญเสียความสามารถในการเก็บ วจนภาษาและคำที่เป็นสัญลักษณ์ของความทรงจำถาวร ไม่สามารถจดจำเรื่องราวต่าง ๆ ได้ (Anterograde Amnesia) ส่วนอมิกดาลาที่ได้รับข้อมูลจากระบบประสาทสัมผัสทั้งหมดโดยเฉพาะการได้รับกลิ่นเป็นทางตรงที่สุด กลิ่นจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญของอมิกดาลา โดยเป็นตัวที่ช่วยในการสร้าง Cross - modal association (Vincis & Fontanini, 2016) ซึ่งการได้กลิ่นจะทำให้เกิดการจิตนาการทางการมองเห็น และก่อเกิดการเชื่อมโยงกับสภาพทางอารมณ์

ความสามารถของการจำจะมีเพิ่มขึ้นในช่วงวัยเด็ก แต่จะลดลงในช่วงผู้สูงอายุ เนื่องจากเมื่อมีอายุมากขึ้น จำนวนของเดนไดรท์ (Dendrites) และเดนไดรท์ติกสไปน์ (Dendritic Spines) อาจจะลดลง ทำให้สูญเสียจุดเชื่อมต่อสัญญาณประสาท (Synapses) จึงทำให้การส่งต่อสัญญาณประสาทให้เซลล์ประสาทตัวอื่นๆ เกิดการล้มเหลว (Timiras, 2007) นอกจากนี้ปริมาณของโดปามีน (Dopamine) เซโรโทนิน (Serotonin) และกลูตาเมท (Glutamate) ในสมองยังลดลง (Mattson, 2002) อีกทั้งประสิทธิภาพการทำงานของสมองและความเร็วในการส่งสัญญาณประสาทลดลงความเร็วในการนำกระแสประสาทรับความรู้สึกต่าง ๆ เข้าสู่สมองช้าลงร้อยละ 15 เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ และพบว่า เกิดความจำบกพร่องมากกว่าร้อยละ 50 ในผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ดังนั้นจึงทำให้ความจำระยะสั้นมีช่วงที่สั้นลงและความสามารถในการคิด การให้เหตุผล การแก้ปัญหา การเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ลดลงอีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น (Reaction time) เพิ่มขึ้น (O'Shea et al., 2017) และปัจจัยที่ทำให้ความจำล้า คือ สมองไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับความต้องการใช้งานในปัจจุบันได้ (สุขพัชรา ซิ้มเจริญ, 2556)

ผลร่วมการรับสัมผัสโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ซึ่งเป็นสารเคมีที่พบจากการปนเปื้นในสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากกิจกรรม การคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีการศึกษา Zhou et al. (2019) ที่ได้ศึกษา ความเป็นพิษของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในเลือดระดับต่ำ ที่ส่งผลต่อ หัวใจ ตับ และไต ในหนูทดลองที่ตั้งครรภ์ พบว่า ระดับความเข้มข้นของ แคดเมียม และปรอท ในเลือดระดับต่ำ มีความคล้ายคลึงกับเลือดของมนุษย์ทั่วไป ซึ่งพบว่า ผลร่วมของ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ในเลือด และสมองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งขึ้นกับ

ขนาดยาและการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท จากการทดสอบ พฤติกรรมทางระบบประสาท (Neurobehavioral) พบว่า การได้รับผลร่วมของตะกั่ว แคดเมียม และปรอท ทำให้เกิดความบกพร่องในการเรียนรู้ และหน่วยความจำ รวมถึงการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของหนู เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาในสมอง โดยทำให้เกิด ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เสตรท (Oxidations stress) โดย ทำให้ Ca2+ ถูกทำลาย (Liu et al., 2012)

3. ผลกระทบการทำงานของระบบเลือด

ระบบเลือด เป็นระบบที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากตะกั่ว การรับสัมผัสตะกั่วเข้าสู่ร่างกายส่งผลกระทบต่อระบบเลือด กลไกการเกิดพิษของตะกั่ว เข้าไปทำหน้าที่ยับยั้งการสร้างฮีม (Heme) ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มข้นของฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ในเลือดต่ำลง เกิดภาวะโลหิตจาง (Anemia) (Nariya et al., 2017) ผลของตะกั่วต่อการสร้างเม็ดเลือดนี้เกิดได้แม้พบระดับตะกั่วในเลือดเพียง 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (วีระเดช พิศประเสริฐ, 2551; Ahmad et al., 2014) หลังจากนำไปสู่การดูดซึมเข้าสู่เลือด ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดในปัจจุบันนั้นเป็นดัชนีที่น่าเชื่อถือที่สุดในการได้รับสารตะกั่ว มากกว่าร้อยละ 95 ในเม็ดเลือดแดง (Dai et al., 2017; Cavalleri et al., 1978) เมื่อถูกดูดซึมจะถูกกระจายไปยังตับและไตโดยเฉพาะแล้วจะถูกเก็บไว้ในกระดูกและทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะรวมถึงตับไตหัวใจและอวัยวะสืบพันธุ์ของผู้ชายรวมทั้งทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบภูมิคุ้มกัน (ATSDR., 2005)

การศึกษาที่ผ่านมามีผลการวิจัยเชิงทดลองหลายฉบับ โดยเป็นการศึกษาในกลุ่มประชากรที่แสดงให้เห็นว่าการรับสัมผัสตะกั่วสัมพันธ์กับโรคหลอดเลือดหัวใจ (Sokas, Simmens, & Sophar, 1997) มี หลักฐานพบว่า การรับสัมผัสตะกั่วระดับต่ำเป็นเวลานานทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) ทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์ ความเสี่ยงนี้ รวมทั้งอัตราการตายจะเพิ่มขึ้นในกลุ่มแอฟริกันอเมริกันเมื่อเทียบกับคนผิวขาว และพบว่า ระดับความดันโลหิตที่เพิ่มขึ้นมากกว่าในกลุ่มแอฟริกันอเมริกันเช่นเดียวกัน นอกจากนี้กลุ่มแอฟริกันอเมริกันยังมีโอกาสเกิดโรคความดันโลหิตสูงจากตะกั่วและมี อัตราตายสูงกว่าที่ระดับตะกั่วในเลือดต่ำ มีรายงานอย่างละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วและความดันโลหิตสูงรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วได้จัดเก็บไว้โดย Agency for Toxic Substances and Disease Registry: ATSDR (ATSDR, 2005)

การศึกษาหลัก ๆ กล่าวถึงโดยสรุปข้อมูล ความดันโลหิตสูงและความสัมพันธ์กับการสัมผัสตะกั่วมีความชัดเจนในเอกสารทางการแพทย์ ศึกษาแบบ Meta-analysis จำนวน 3 ฉบับ ที่รวบรวมจาก 61 งานวิจัย พบความสัมพันธ์ทางบวกของการเพิ่มขึ้นของตะกั่วในเลือดและการเพิ่มของความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิก (Kim et al., 2020; Hsieh et al., 2017) แม้ว่างานวิจัยเหล่านี้แสดงการเพิ่มความดันโลหิตเพียงเล็กน้อย (1.0-1.25 มิลลิเมตรปรอท และ 0.6 มิลลิเมตรปรอท ทุก ๆ การ

เพิ่มขึ้น 2 เท่าของตะกั่วในเลือด) แต่นี้เป็นการค้นพบที่สำคัญเนื่องจากในประชากรทั่วไปมีความดันไดแอสโตลิกต่ำ หรือที่เรียดว่าภาวะความดันโลหิตต่ำ

ระดับตะกั่วในเลือดเป็นตัวบ่งชี้หลักของการรับสัมผัสตะกั่วในระยะเวลาสั้น ๆ แต่ไม่ได้มีระดับปริมาณตะกั่วในร่างกายทั้งหมด การตรวจเลือดจากสไลด์อาจจะพบเม็ดเลือดแดงมีลักษณะเป็นเม็ดกลม ๆ อาจเล็กหรือใหญ่ติดสีฟ้าเทาอยู่ภายในเม็ดเลือดแดง (Basophilic stippling) (Chen et al., 2021; Zhao et al., 2018) ซึ่งพบได้ ในสภาวการณ์อื่น ๆ เช่น โลหิตจางจากการขาดวิตามินบี 12 และโฟเลต (Folate) นอกจากนี้อาจจะพบเม็ดเลือดขนาดเล็ก (Microcyte) และสีจาง (Hypochromasia) (Mukisa et al., 2020) ซึ่งสามารถพบได้ในโลหิตจางจากการขาดธาตุ เหล็ก การรับสัมผัสตะกั่วสามารถประเมินได้อีกวิธี โดยการวัดอิริโทรไซด์โปรตพอร์ไฟริน (Erythrocyte Protoporphyrin: EP) ในเลือด EP คือ ส่วนของเม็ดเลือดแดงที่ จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณตะกั่วสูงขึ้น ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ (Wyparło-Wszelaki et al., 2021)

ดังนั้นระดับ EP ร่วมกับระดับตะกั่วในเลือดสามารถบอกระยะเวลาของการรับสัมผัสได้ ถ้าระดับตะกั่วในเลือดสูงแต่ EP ปกติ แสดงว่าการสัมผัสเกิดในระยะเวลาสั้น ๆ อย่างไรก็ตามระดับ EP สูงเพียงอย่างเดียวไม่มีความไวพอที่จะบ่งบอกการเพิ่มขึ้นของตะกั่วในเลือดที่ระดับต่ำกว่า 35 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร เนื่องจากระดับ EP สามารถเพิ่มขึ้นได้ในโลหิตจางจากการขาดธาตุ เหล็ก จึงทำให้มี การใช้ค่า EP ในการวินิจฉัยโรคพิษตะกั่วระดับต่ำ สำหรับตะกั่วในกระดูกสามารถวัดได้โดยการตรวจเอกซเรย์ ซึ่งวัดปริมาณตะกั่วที่ได้สัมผัสทั้งหมดในร่างกาย อย่างไรก็ตามวิธี การนี้ไม่มีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่นิยมใช้ในการวิจัยโรคมากกว่า ผลกระทบของตะกั่วต่อการทำงานของระบบการทำงานของตับ (Liver function test) ซึ่งตับจะควบคุมความสมดุลของธาตุเหล็กในร่างกาย (Wang & Babitt, 2019) โดยการหลั่งฮอร์โมนเหล็ก (Iron hormone) กระตุ้นการเสื่อมของเฟอร์โรพอร์ต (Ferro port) ซึ่งมีหน้าที่ส่งออกเหล็กเพื่อไปควบคุมเหล็กเข้าสู่กระแสเลือดจากแหล่งอาหาร โดยหากพบอาการจากการขาดธาตุเหล็ก ร่างกายขับเม็ดเลือดแดงเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุเหล็กเมื่อจำเป็นเพื่อรองรับการผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดง (Wang & Babitt, 2018)

4. ผลกระทบต่อการทำงานของตับ

ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลมีผลต่อการทำงานของตับ ตับเป็นอวัยวะที่ใหญ่ที่สุดในช่องท้อง โดยตับจะมีน้ำหนักประมาณ 1.5 กิโลกรัมของร่างกายมนุษย์ เนื้อตับจะมีสีแดงปนน้ำตาลเข้ม การทำหน้าที่ของตับ สามารถดูได้จากการตรวจเอมไซม์ที่เซลล์ตับ เช่น Aspartate Aminotransferase (AST) หรือ Serum glutamic-oxaloacetic transaminase (SGOT) และ Alanine aminotransferase (ALT) หรือ Serum glutamate pyruvate transaminase (SGPT) ในภาวะที่ตับทำงานปกติจะมี AST, ALT และ ALP ในระดับต่ำมาก ถ้าตับทำงานผิดปกติ จะทำให้

AST, ALT และ ALP ในเลือดสูงขึ้น แรงงานที่มีภาวะพร่องที่ตับเพราะตับไม่สามารถทำลายและกำจัดออกเอนไซม์ดังกล่าวไปได้ (Zhang et al., 2022; อนามัย ธีรวิโรจน์ เทศกะทึก, 2554)

เอนไซม์ตับ (Liver function test) เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ เพื่อประเมินหน้าที่ในการทำหน้าที่ของตับ การประเมินระดับอะมิโนทรานสเฟอเรส (Aminotransferases) นิยมใช้เป็นดัชนีเพื่อบ่งชี้ความผิดปกติของเซลล์ตับ (Hepatocellular necrosis) ดังนั้น ALT จึงเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ที่ดีของการบาดเจ็บของตับ หรือ ก่อนที่ตับจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงจนไม่สามารถกลับเข้าสู่ภาวปกติได้ (Kim, 2008) จากการศึกษาของกลุ่มพนักงานในโรงงานแบตเตอรี่เป็นระยะเวลานาน พบว่า ระดับตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของซีรั่ม SGOT, SGPT ตะกั่วทำให้เกิดความเป็นพิษต่อตับ (Can et al., 2008; Jaishankar et al., 2014) ทั้งนี้ จากการทดสอบโดย Bonferroni method พบว่า การสูบบุหรี่มีผลต่อการทำงานของตับ ทำให้ไวรัสตับอักเสบเสื่อมลงและเป็นปัจจัยเสี่ยงสำหรับไขมันในตับ ถึงแม้ไม่ได้ดื่มแอลกอฮอล์ ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของตับ จะพบว่า อายุ ดัชนีมวลกาย ระยะเวลาการทำงาน การสูบบุหรี่ ปริมาณแอลกอฮอล์ (Chang et al., 2013)

5. ผลกระทบต่อระบบการทำงานของไต

ผลกระทบของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีผลต่อการทำงานของไต เมื่อตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง อาการแสดงเมื่อรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ที่มีผลต่อการทำงานของไต ดังนี้

5.1 ผลกระทบของตะกั่วต่อการทำงานของระบบการทำงานของไต

ผลกระทบของตะกั่วของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จะทำให้ท่อไตส่วนต้น (Proximal tube) ผิดปกติ หรือที่เรียกว่า เกิดภาวะ Fanconi’s syndrome (วีระเดช พิศประเสริฐ, 2551) จากการศึกษาของ จิตรบรรจง ตั้งปอง และคณะ (2556) ได้ศึกษาผลกระทบของตะกั่วต่อการทำงานของไตในคนงานอู่ต่อเรือที่รับสัมผัสตะกั่ว พบว่า ตะกั่วไปที่สะสมที่ไตทำเกิดความผิดปกติของเซลล์เนื้อเยื่อบุท่อไต การทำงานของไตในการดูดกลับสารชีวเคมี และถ้ามีระดับตะกั่วในเลือดสูงมากจะก่อให้เกิดมะเร็งที่ไต หรือไตวาย (Renal failure) ได้

การตรวจวัดปริมาณไมโครโปรตีนในปัสสาวะ สามารถใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของไตได้ แต่ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับระดับโปรตีนในปัสสาวะจากการสัมผัสสารตะกั่วในคนงานอู่ต่อเรือ ซึ่งผลจากการศึกษา ผลกระทบทางชีวเคมีของการสัมผัสตะกั่วและความเป็นพิษต่อแบตเตอรี่ แรงงานการผลิตแบตเตอรี่ในประเทศอินเดีย เกี่ยวกับการทดสอบการทำงานของไต พบว่าหลักจากที่แรงงานรับสัมผัสตะกั่วในระดับต่ำและเรื้อรังส่งผลทำให้การทำงานของไตลดลงและภาวะไตวาย (Kshirsagar et al., 2015) ภาวะบกพร่องของไตจากตะกั่ว โดยพบในแรงงานที่ได้รับสัมผัสตะกั่วจากการทำงาน พบว่า มีอาการของการทำลายท่อไตส่วนต้น การเสื่อมของโกลเมอรูลัส

(Glomerular sclerosis) และพังผืดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของไต อาการแสดง ได้แก่ โปรตีนในปัสสาวะ กระบวนการขนส่งกลูโคสและสารประกอบประจุ ลบอื่นบกพร่อง และลดอัตราการกรองของไต

ส่วนภาวะไตวายจะพบในภาวะพิษตะกั่วเฉียบพลัน มักพบร่วมกับ อาการปวดท้อง การรับรู้บกพร่อง เส้นประสาทส่วนปลายบกพร่อง ปวดข้อ โลหิตจางร่วมกับการพบเบโซฟิลิก สตริบปลิ้ง (Basophillic strippling) และพบภาวะเส้นดำที่เหงือก (Lead line) ที่รอยต่อของเหงือกและฟัน และตะกั่วในเลือดมากกว่า 80 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตาม มีหลักฐานที่มีนัยสำคัญแสดงว่าการทำลายของไตเกิดจากการสัมผัสตะกั่วต่ำกว่านี้มาก มีหลายงานวิจัยชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างตะกั่วในเลือดและการลดลงของการทำงานของไต ตามอายุ ในการศึกษาประชากรที่ไม่ได้สัมผัสตะกั่วจากการทำงาน พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างตะกั่วในเลือดน้อยกว่า 10 ไมโกรัมต่อเดซิลิตร และการเพิ่มของซีรัมครีอะตินิน (Serum creatinine) จะพบการเพิ่มขึ้นของซีรัมครีอะตินิน 0.14 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรสำหรับทุก 10 เท่า ของการเพิ่มขึ้นของตะกั่วในเลือด การศึกษานี้มีข้อจำกัดเนื่องจากไม่ได้กำจัดปัจจัยรบกวน เช่น โรคความดันโลหิตสูง การใช้ยาแองจิโอเทนซินคอนเวิร์ททิงเอนไซม์ (ACEI) หรือการขับโปรตีนออกทางปัสสาวะ (Ahmed et al., 2008; Harari et al., 2018)

มีการศึกษาแบบไปข้างหน้าในผู้ใหญ่ 448 คน (Tsaih, Korrick, & Schwartz, 2004) พบว่า ระดับตะกั่วในร่างกายที่ต่ำ เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของความเสี่ยงในการลดลงของการทำงานของไต ซึ่งคงเป็นจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการลดลงของการทำงานของไตอยู่แล้ว มีสิ่งที่สำคัญคือ ค่าเฉลี่ยพื้นฐานของตะกั่วในเลือดและการติดตามตะกั่วในเลือด 6 ปี ในประชากรกลุ่มนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 6.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 4.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในประชากรกลุ่มย่อยที่ เป็นเบาหวานทั้งตะกั่วในเลือดและในกระดูกเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญของซีรัมครีอะตินิน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่เป็นเบาหวาน ในควอไทล์ที่สูงที่สุดของตะกั่วในกระดูกมี ซีรัมครีอะตินินเพิ่มขึ้น 17.6 เท่า ส่วนในคลอไทล์ที่สูงสุดของตะกั่วในเลือด มีซีรัมครีอะตินินเพิ่มขึ้น 12.8 เท่า

ผลจากการทดลองแบบไปข้างหน้า การทำอีดีทีเอโมบิลไลเซชั่น (EDTA Mobilization) (Pollock & Ibels., 1988) แสดงให้เห็นว่าการสัมผัสตะกั่วในระดับต่ำแต่เรื้อรังเกี่ยวข้องกับการดำเนินโรคที่มากขึ้นของภาวะไตวาย การทดลองแสดงว่าความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างตะกั่วในเลือด ตะกั่วทั้งหมดในร่างกายจากการวัด และอัตราการกรองของไต การเพิ่มขึ้นของตะกั่วในเลือดหมายถึง 600 ไมโครกรัมของตะกั่วในปัสสาวะ ที่เก็บ 72 ชั่วโมงหลังจากได้ แคลเซียมอีดีทีเอ 1 กรัมทางหลอดเลือดดำใน 121 คนที่ มีไตวายเรื้อรัง ตะกั่วในร่างกายทั้งหมดและตะกั่วในเลือดเป็นตัวทำนายที่มีนัยสำคัญในการดำเนินโรคของโรคไต ตามด้วยเพศชาย และการมีไตอักเสบเรื้อรังผู้ป่วย 17

คน มีโรคกำเริบขึ้นโดยดู จากซีรัมครีอะตินินที่เพิ่มขึ้น 2 เท่า และ 15 คนในนั้นมี ค่าตะกั่วในร่างกายในระดับปกติ และระดับตะกั่วในเลือดปกติ 4.9±2.6 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

5.2 ผลกระทบของแคดเมียมต่อการทำงานของระบบการทำงานของไต

ผลกระทบของแคดเมียมของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่รับแคดเมียมเป็นระยะเวลานาน อาการพิษที่เด่นที่สุด คือ อันตรายต่อไต โดยเฉพาะ ท่อไต ส่วนต้น (Proximal tube) ซึ่งจะพบว่า จะเกิดขึ้นเมื่อปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นถึง 200 ไมโครกรัม ผลที่ตามมาคือ เซลล์ท่อไต ไม่สามารถดูดซึมกลับโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น β_2 microglobulin โรคที่เกิดจากพิษแคดเมียมเรียกว่า โรคพิษแคดเมียม หรือโรคอิไตอิไต (Itai-itai) (Nordberg, 2009) แคดเมียมอาจปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้จากการหลอมโลหะบางชนิด เช่น จากอุตสาหกรรมอื่น จากไอโลหะ เกลือแคดเมียม ในน้ำทิ้งซึ่งกระจายสู่แหล่งน้ำสาธารณะ และทะเล ทำให้ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งทำให้เกิดความผิดปกติของไต จนทำให้เกิด อาการเฉียบพลัน อาการระคายเคืองผิวหนัง และเยื่อบุอ่อน มีอาการคล้ายกับโรคไข้หวัดใหญ่และโรคไข้ไอโลหะ อาจเกิดอาการปวดอักเสบและปวดบวมน้ำ (Abdelouahab et al., 2010, Nordberg, 2009)

5.3 ผลกระทบของนิกเกิลต่อการทำงานของระบบการทำงานของไต

ผลกระทบของนิกเกิลของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่รับนิกเกิลเข้าสู่ร่างกาย พบว่า มนุษย์ ได้รับนิกเกิลจากการเผาไหมเชื้อเพลิง เพื่อ นำมาถอดชิ้นส่วนอเล็กทรอนิกส์ ออกได้ง่าย โดยพบว่า การเผาไหม้นิกเกิลทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ตกค้างในดินและน้ำ รวมถึงอาหาร (Nigra et al., 2016) มีการขับออกทางปัสสาวะอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าครึ่งชีวิต 20-34 ชั่วโมงในพลาสมา (Klein & Costa, 2007) และ 3.6-3.8 ชั่วโมง จากการรับสัมผัสนิกเกิลทางหลอดเลือดดำ (ATSDR., 2016) และมีการขับออกทางน้ำลายและเหงื่อ Nigra et al. (2016) ได้กล่าวว่า Biomarker ของสารนิกเกิลยังไม่ได้รับการตรวจสอบอย่างแน่ชัด แต่ก็มีการวัดค่านิกเกิลในเลือด พลาสมา และปัสสาวะ (Klein & Costa, 2007) ซึ่งการขับออกของนิกเกิลถูกขับออกทางปัสสาวะอย่างรวดเร็วเนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของนิกเกิล อยู่ที่ 20-27 ชั่วโมง

การตรวจวัดและประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล และค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การประเมินการรับสัมผัสเป็นสิ่งสำคัญในทางอาชีวอนามัยและความปลอดภัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับกฎหมาย ค่ามาตรฐาน หรือคำแนะนำต่าง ๆ และนำมาใช้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพแรงงาน (อนามัย เทศกะทึก, 2552) มีวิธีการประเมินการรับสัมผัส ประกอบด้วย การประเมินการรับสัมผัสทางสิ่งแวดล้อม และการตรวจวัดทางชีวภาพที่ตัวบุคคล ดังนี้

1. การตรวจวัดและประเมินการรับสัมผัสทางสิ่งแวดล้อม

การติดตามการรับสัมผัสทางสิ่งแวดล้อมทำได้โดย การตรวจวัดฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล บริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน (Lead in surface wipe) เป็นการเก็บตัวอย่างฝุ่นในพื้นผิว หรือบริเวณที่คาดว่าจะมีการปนเปื้อนจากฝุ่นตะกั่ว เพื่อ นำไปวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH method 9100 การประเมินการสัมผัสทางสิ่งแวดล้อมโดยกำหนดค่าขีดจำกัดสูงสุด ในการสัมผัส (Threshold Limit Values; TLVs) ในที่ทำงาน (Time Weight Average; TWA) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ในเวลา 1 เดือน (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2559; Neitzel et al., 2018)

หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานปริมาณสารตะกั่วบริเวณพื้นที่ทำงานของกระทรวงแรงงานประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดไว้ ไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ พบว่า ส่วนใหญ่ปริมาณสารตะกั่วในอากาศไม่เกิน มาตรฐาน หากเปรียบเทียบมาตรฐานของสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Conference of Governmental Industrial Hygienists: ACGIH) (ACGIH, 2022) และองค์กรบริหารสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) ซึ่งได้กำหนดปริมาณสารตะกั่วในพื้นที่การทำงานในระยะเวลาทำ งาน 8 ชั่วโมง ไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ (จำนงค์ ธนะภพ, 2554) ซึ่งค่ามาตรฐานที่เกี่ยวของในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในสภาพแวดล้อมในการทำงานทั้งต่างประเทศและในประเทศ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวของในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในสภาพแวดล้อมในการทำงาน

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	สารเคมี	ค่ามาตรฐาน	คำอธิบาย
ACGIH (2022)	ตะกั่ว	0.05 mg/m^3	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตลอด ระยะเวลาการทำงานปกติ (Time Weight Average; TWA)
	แคดเมียม	0.01 mg/m^3 (Total dust)	
		0.002 mg/m^3 (Respiratory dust)	
	นิกเกิล	0.05 ppm (Ceiling limit)	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	สารเคมี	ค่ามาตรฐาน	คำอธิบาย
NIOSH	ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล	0.1 mg/m^3 Ceiling limit 0.01 ppm Ca: Potential occupational carcinogens	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตลอด ระยะเวลาการทำงานปกติ (TWA)
OSHA OSHA Tech Manual Method	ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล	500.00 µg/100cm^2 50.0 µg/100cm^2 ยังไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด	ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตลอด ระยะเวลาการทำงานปกติ (TWA)
ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย 2560	ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล	0.05 mg/m^3 0.005 mg/m^3 1 mg/m^3	ความเข้มข้นในบรรยากาศของการทำงาน เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ

การตรวจวัดและประเมินทางชีวภาพที่ตัวบุคคล หรือ การประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด

การตรวจวัดและประเมินทางชีวภาพที่ตัวบุคคล เป็นการตรวจวัดเพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากร่างกายของผู้รับสัมผัสโดยตรง ประกอบด้วย

1. ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการรับสัมผัส (Biomarker of exposure)

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการรับสัมผัส คือ การตรวจหาสารในร่างกาย หรือสารในกระบวนการสร้างและสลายของสารนั้นหรือเรียกว่า เมแทบอไลต์ (Metabolite) มีข้อดี คือ ทราบระดับสารเคมีในร่างกายของแรงงานเป็นตัวเลขที่ชัดเจน แต่ต้องมีการตรวจที่ถูกต้องแม่นยำ จึงจะทำให้ผลการตรวจที่น่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลมาประเมินผลสุขภาพคนทำงานได้ ประเภทของตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการรับสัมผัสตะกั่ว การตรวจหาปริมาณการรับสัมผัสตะกั่วในเลือดเท่านั้น โดยสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐแห่งสหรัฐอเมริกา (American Conference of the Governmental Industrial Hygienists: ACGIH) ที่กำหนดการตรวจตะกั่วในเลือด ถือว่าเป็นกระประเมินการรับ

สัมผัสตะกั่วในระยาว (Long-term exposure) เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดจะอยู่ที่ประมาณ 35 วัน และ ไปสะสมที่กระดูก (Neal et al., 2012)

ส่วนการตรวจตะกั่วในปัสสาวะนั้น ACGIH ไม่แนะนำ (ACGIH, 2022) เนื่องจากเป็นการประเมินการรับสัมผัสในระยะสั้น (Recent exposure) เมื่อรับสัมผัสตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย ตะกั่วจะถูกขับออกมาในรูปแบบของปัสสาวะได้อย่างรวดเร็ว จึงไม่มีประโยชน์มากนักในการประเมินการรับสัมผัสทางด้านอาชีวอนามัย ทั้งนี้ตะกั่วในปัสสาวะมีระดับที่ไม่สัมพันธ์กับเลือด และมีความแปรปรวนมากในแต่ละบุคคล ทั้งนี้ยังมีโอกาสปนเปื้อนในระหว่างการเก็บตัวอย่างได้ง่าย (วิวัฒน์ เอกบูรณะ, 2561) ซึ่งค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในร่างกาย พบว่า มีการแบ่งตามเกณฑ์ทั้งต่างประเทศและในประเทศ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเฝ้าระวังการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในร่างกาย

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	สารเคมี	ค่ามาตรฐาน	คำอธิบาย
ACGIH (2020)	ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล	20 µg/dL 5 µg/L ปัจจุบันยังไม่มีค่ามาตรฐานการตรวจวัด	ระดับสารตะกั่วในเลือดแรงงาน ระดับสารแคดเมียมในเลือดแรงงาน ระดับสารนิกเกิลในเลือดแรงงาน
ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4409 พ.ศ.2555	ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล	0.3 µg/ml 5 µg/L ปัจจุบันยังไม่มีค่ามาตรฐานการตรวจวัด	ระดับสารตะกั่วในเลือดผู้แรงงาน ระดับสารแคดเมียมในเลือดแรงงาน ระดับสารนิกเกิลในเลือดแรงงาน

2. ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของผลกระทบ (Biomarker of effect)

พิษจากตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ที่เข้าสู่ร่างกาย ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและปรากฏอาการ หรืออาการแสดงที่ตรวจพบได้นี้ เรียกว่า ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของผลกระทบจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ที่เกี่ยวกับระบบประสาทแบบเฉียบพลัน ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง และอาการของเนื้อสมองเฉียบพลัน ผลกระทบต่อสารชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเลือด การทำหน้าที่ของตับ และไต และผลกระทบต่อระบบประสาทจากการสัมผัสเรื้อรัง

จะมีความผิดปกติเกี่ยวกับการเรียนรู้ ความจำและพบความผิดปกติด้านระบบประสาทวิทยา ซึ่งค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเลือด การทำหน้าที่ของตับและไต แยกชนิดและปริมาณตามเกณฑ์ของสมาคมโลหิตวิทยา ของประเทศไทยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับสารชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเลือด การทำหน้าที่ของตับ และไต

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด	เกณฑ์ค่าปกติ	
		เพศชาย	เพศหญิง
แยกชนิดและปริมาณตามเกณฑ์ของสมาคมโลหิตวิทยาของประเทศไทย	ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC)	13-18 mg/dL	12-16 mg/dL
	ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ได้แก่		
	ฮีโมโกบิล (Hemoglobin)	13-17 g/dL	12-15 g/dL
	ฮีมาโตรคลิป (Hematocrit) (%)	36-45	38-50
	เกล็ดเลือด (Platelet)	150,000-450,000 ไมโครลิตร	
	ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดขาว	4,000-10,000 เซลล์ต่อไมโครลิตร	
	นิวโตรฟิว (Neutrophil) (%)	40-80	
	ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) (%)	20-40	
	โมโนไซต์ (Monocyte) (%)	1-6	
	อิโอซิโนฟิลด์ (Eosinophil) (%)	0-2	
	เบโซฟิล (Basophil) (%)	0-2	
	การทำหน้าที่ของตับ		
	SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase)	10-40 U/L	7-35 U/L
	SGOT (Serum glutamic oxaloacetic transaminase)	8 - 46 U/L	7 - 34 U/L
	การทำหน้าที่ของไต		
	BUN (Blood urea nitrogen)	10-20 mg/dL	
	Cr (Creatinine)	0.6-1.2 mg/dL	

การตรวจคัดกรองผลกระทบต่อระบบประสาท

การตรวจคัดกรองผลกระทบต่อระบบประสาทจัดเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของผลกระทบ วิธีการคัดกรอง ประกอบด้วย การประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาทด้วยแบบสอบถามการประเมินทางประสาทจิตวิทยาและการตรวจร่างกายทางระบบประสาท โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาทจากแบบสอบถาม

การประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาทจากแบบสอบถามนิยมใช้กัน อย่างแพร่หลายในงานวิจัย โดยการใช้แบบสอบถามอาการผิดปกติทางระบบประสาท เนื่องจากมีความสะดวกในการนำไปใช้ ถึงแม้ผลที่ได้จะค่อนข้างขึ้นอยู่กับความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนั้นแบบสอบถามที่นำมาใช้ควรเป็นแบบสอบถามที่ออกแบบโดยเฉพาะสำหรับการประเมินการรับสัมผัสสารตะกั่ว จากแบบสอบถามมาตรฐาน Euroquest questionnaire (EQ), Finnish Institute of Occupational Health (Kaukiainen et al., 2009) จำแนกตาม 6 กลุ่ม อาการทางประสาทวิทยา (Neurological symptoms) อาการทางจิตสรีระ (Psychosomatic symptoms) อาการทางอารมณ์ (Mood symptoms) ความจำและสมาธิ (Memory and concentrating) อาการอ่อนเพลีย (Fatigue) การนอนไม่หลับ (Sleep disturbances) อาการที่เกิดจากความเป็นพิษเฉียบพลัน ได้แก่ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ อาเจียน ชัก และเสียชีวิต

2. การประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา

2.1 การประเมินความจำ

การประเมินความจำ มีหลายรูปแบบแตกต่างกันไป วิธีที่นิยม คือ การใช้แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ ปัญญาผู้ใหญ่ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (The Wechsler Intelligence ScaleRevised - III) (Kaplan, Saccuzzo, & Dennis, 2009) โดยที่แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญาผู้ใหญ่ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 นี้ ได้หาค่าความเที่ยงโดยวิธี Split-half พบว่า มีค่าความเที่ยง เฉลี่ยในทุกระดับอายุ ในด้านภาษามีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.97 ด้านการปฏิบัติมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.94 ด้านรวมเชาว์ปัญญามีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.98 แบบทดสอบความสามารถทางเชาว์ปัญญาผู้ใหญ่ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3 (The Wechsler Intelligence Scale-Revised - III) สามารถนำมาใช้วินิจฉัยอาการผิดปกติทางสมองได้ จากแบบวัดความสามารถด้านภาษา (Verbal Ability: V) แบบวัดความสามารถด้านการปฏิบัติ (Performance Ability: P) โรคการเปลี่ยนแปลงทางระบบของสมอง อาการผิดปกติทางจิต ความผิดปกติด้านอารมณ์และความผิดปกติด้านความจำ ในการทดสอบด้านความจำ ส่วนใหญ่ใช้ในส่วนของแบบทดสอบย่อย (Sub - test) ด้านช่วงตัวเลข (Digit span) ซึ่งเหมาะสมสำหรับวัดความจำระยะสั้น (สุขพัชรา ชิ้มเจริญ, 2556) รายละเอียด ดังนี้

2.1.1 ด้านช่วงตัวเลข (Digit span) ทดสอบความจำระยะสั้น โดยการใช้คะแนนการจำด้านช่วงตัวเลขในแบบทดสอบแบ่งการวัดออกเป็น 2 ส่วน คือ การขยายตัวเลขไปข้างหน้า (Digits forward) และการขยายตัวเลขย้อนกลับ (Digits backward)

2.1.2 การขยายตัวเลขไปข้างหน้า (Digits Forward) ทดสอบโดยวิจัยอ่านชุดตัวเลข ตัวละ 1 วินาที แล้วให้เข้าร่วมวิจัยพูดตามซ้ำตามชุดตัวเลขที่ผู้ดำเนินการ ทดสอบอ่าน โดยมีชุดตัวเลขทั้งหมด 7 ชุด แต่ละชุดมีตัวเลขชุดย่อยอีก 2 ชุด ดังนี้

ชุดตัวเลขที่ 1 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 3 ตัว คือ 3-7
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 3 ตัว คือ 6-4

ชุดตัวเลขที่ 2 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 4 ตัว คือ 5-3-5
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 4 ตัว คือ 6-3-9

ชุดตัวเลขที่ 3 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 5 ตัว คือ 5-4-8-2
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 5 ตัว คือ 4-6-9-3

ชุดตัวเลขที่ 4 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 6 ตัว คือ 5-3-8-5-6
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 6 ตัว คือ 4-8-3-4-9

ชุดตัวเลขที่ 5 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 7 ตัว คือ 4-8-2-8-5-3
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 7 ตัว คือ 5-2-8-7-4-9

ชุดตัวเลขที่ 6 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 8 ตัว คือ 4-9-2-8-3-5-3
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 8 ตัว คือ 5-3-2-8-65-1-8

ชุดตัวเลขที่ 7 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 9 ตัว คือ 2-9-6-8-5-2-7-8
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 9 ตัว คือ 8-1-3-7-6-2-4-2

เกณฑ์การทดสอบ คือ ผู้เข้าร่วมวิจัย เริ่มต้นทดสอบพูดตามซ้ำได้ถูกต้องทั้ง 2 ชุดตัวเลขย่อย ผู้ดำเนินการทดสอบเปลี่ยนชุดตัวเลขใหม่ เพิ่มจำนวนตัวเลขตามชุดตัวเลขถัดไป แต่ถ้าพูดตามในชุดที่ผู้ดำเนินการทดสอบอ่านไม่ได้ ผู้ดำเนินการทดสอบจะอ่านชุดตัวเลขเดิมซ้ำอีกครั้งถ้า

ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถพูดตามซ้ำได้อีก จะต้องหยุดการทดสอบทันทีแล้วให้คะแนนตามชุดตัวเลข ที่ทดสอบไปก่อนหน้าชุดที่ผู้ร่วมวิจัยไม่สามารถพูดตามซ้ำได้

2.1.3 การขยายตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits backward) ทดสอบโดยผู้ดำเนินการทดสอบ อ่านชุดตัวเลข ตัวละ 1 วินาที แล้วให้เข้าร่วมวิจัยพูดตามซ้ำตาม แบบทวนซ้ำโดยให้เรียงลำดับ ตัวเลขสุดท้ายที่ได้ยินมาก่อน เช่น “6-2-1-4-8-3-5” ผู้เข้าร่วมวิจัย ต้องพูดทวนซ้ำว่า “5-3-8-4-1-2-6” ชุด ตัวเลขที่ผู้ดำเนินการทดสอบอ่าน มีจำนวนตัวเลขสูงสุด 8 ตัว มีชุดตัวเลขทั้งหมด 7 ชุด แต่ละชุด มีตัวเลขชุดย่อยอีก 2 ชุด ดังนี้

ชุดตัวเลขที่ 1 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 2 ตัว คือ 3-6
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 2 ตัว คือ 4-9

ชุดตัวเลขที่ 2 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 3 ตัว คือ 5-3-8
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 3 ตัว คือ 3-1-6

ชุดตัวเลขที่ 3 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 4 ตัว คือ 3-4-8-9
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 4 ตัว คือ 9-5-7-8

ชุดตัวเลขที่ 4 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 5 ตัว คือ 1-4-2-7-6
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 5 ตัว คือ 5-1-7-4-2

ชุดตัวเลขที่ 5 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 6 ตัว คือ 4-3-8-4-2-9
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 6 ตัว คือ 8-2-5-8-4-7

ชุดตัวเลขที่ 6 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 7 ตัว คือ 9-1-2-8-4-6-7
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 7 ตัว คือ 3-7-4-8-1-2-9

ชุดตัวเลขที่ 7 ชุดตัวเลขย่อย 2 ชุด
ชุดย่อยชุดที่ 1 มีตัวเลข 8 ตัว คือ 8-3-4-6-7-2-5-9
ชุดย่อยชุดที่ 2 มีตัวเลข 8 ตัว คือ 7-2-9-1-8-6-5-4

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการจำตัวเลขที่ได้ยิน โดยให้เข้าร่วมวิจัยเริ่มตอบทางวาจาทันที คะแนนแต่ละชุดตัวเลข มีคะแนนชุดละ 2 คะแนน คะแนนเต็มของแบบวัดความจำด้านช่วงตัวเลข (Digits span) คือ 28 คะแนน

3. การประเมินระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase; MAO) และค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

การประเมินระดับการทำงานของเอนไซม์ โมโนเอมีนออกซิเดส (Monoamine Oxidase ; MAO) ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่รับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ซึ่งกำหนดโดย Method ID 125G: Metal and metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (ICP Analysis). Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดค่ามาตรฐานระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ที่ <650 U/L.

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อระบบประสาทจากการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล

การรับสัมผัสตะกั่วทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาท จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ผลกระทบดังกล่าว มีความสัมพันธ์กับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง ดังนั้น ข้อมูลที่ควรสอบถามในการศึกษา เรื่อง ระดับตะกั่วในเลือด สารสื่อประสาท และปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบประสาทในแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ อย่างน้อยประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ต่อเดือน ดัชนีมวลกาย สูบบุหรี่ ดื่มแอลกอฮอล์ มีรายได้ต่อเดือน การรับประทานอาหาร จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน และ พฤติกรรมการดูแลตนเอง ได้แก่ ไม่ล้างมือ ไม่เปลี่ยนเสื้อผ้าทันทีชำระร่างกายทันทีเมื่อกลับถึงบ้าน ไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณการรับสัมผัส มีรายละเอียดดังนี้

1. เพศ

เพศ เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด จากการรับสัมผัสตะกั่วจากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จากการศึกษาของ Huo et al. (2007) ในกุ้ยหยู สาธารณรัฐประชาชนจีนซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ชายที่มีอายุมากกว่ามีแนวโน้มที่จะมี ระดับตะกั่วในเลือด สูงขึ้นกว่าวัยอื่น ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Decharat S. (2016) ที่พบว่า คนงานในร้านรับซื้อของเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนมากเป็นเพศชาย ร้อยละ 59.5

2. อายุ

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่พบในพื้นที่ตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี มีอายุเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 41 - 60 ปี (เจริญชัย คำแฝง, 2561) จากการศึกษา ของ Amankwaa (2017) พบความสัมพันธ์ของ ผู้ที่มีอายุมากกว่า มักจะมีระดับตะกั่วในเลือดสูงกว่าผู้ที่อายุน้อยกว่า อาจเป็นผลมาจากการได้รับสารตะกั่ว ควบคู่กับอัตราการขับถ่ายที่ต่ำลง ตะกั่วจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะหากได้รับสัมผัสสารตะกั่วเป็นเวลาต่อเนื่อง ทำให้เกิดความเสียหายของไตได้ (Lanphear et al., 2005) อายุมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด สอดคล้องกับการศึกษาของ

โสมศิริ เดชารัตน์ (2560) ที่พบว่า คนงานในร้านรับซื้อของเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช อายุ เฉลี่ย 45.50 (±11.9971) ปี พบว่า สอดคล้องกับการศึกษาของปฐมีน ตันติเสาวภาพ, นพนันท์ นานคงแนบ, คนึงนิตย์ นาคไธสง, พรพิมล กองทิพย์ และสุคนธา ศิริ (2564) พบว่า อายุเฉลี่ยของกลุ่มผู้ประกอบอาชีพรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ 48.07 ± 13.19 ปี แต่ทั้งนี้การศึกษาของ พรทิวา ถาวงค์กลาง และคณะ (2564) พบว่า อายุของกลุ่มผู้ประกอบอาชีพคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในพื้นที่ตำบลโคกสะอาด อำเภอฆ้องชัยจังหวัดกาฬสินธุ์ มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยอายุเฉลี่ย 46.52 (±12.56) ปี

3. ระดับการศึกษา

ระดับการศึกษาเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อผลกระทบของสารเคมีต่อสุขภาพได้โดย การศึกษาของ Kuntawee et al. (2020) ที่พบว่า กลุ่มแรงงานรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศไทย ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา

4. รายได้ต่อเดือน

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีรายได้จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในกานา พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อวัน อยู่ที่ประมาณ 6.96 – 18.10 สหดอลลาร์สหรัฐอเมริกา หรือประมาณ วันละ 200- 500 บาท หรือคิดเป็นเดือนละ 6,000 - 16,000 บาท จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีผลต่อระดับตะกั่วในเลือด (Amankwaa et al., 2017) และพบว่า แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ใน ในจังหวัดกาฬสินธุ์ ประเทศไทย มีรายได้ ระหว่าง 15,001-20,000 บาท เฉลี่ยเดือนละ 14,121 (±5,942.01) บาท (พรทิวา ถาวงค์กลาง และคณะ, 2564)

5. ดัชนีมวลกาย

ปัจจัยดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) หากเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (World Health organization; WHO) เกณฑ์ปกติ อยู่ระหว่าง 18.5 – 22.99 แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีดัชนีมวลกายสูง พบความสัมพันธ์กับระดับการรับสัมผัสโลหะหนักเพิ่มขึ้น จากการสูดดมโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิลเข้าไปโดย พบค่าอ้างอิงในมนุษย์ที่มีน้ำหนัก 70 กิโลกรัม ประกอบด้วยนิกเกิล 10 มิลลิกรัมให้ความเข้มข้นของร่างกายโดยเฉลี่ย 0.1 ppm (ATSDR, 2005) และสอดคล้องกับหลายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการสะสมของไขมันในร่างกายมาก จะส่งผลให้มีความสามารถในการควบคุมการทรงตัวลดลง (Hoffman et al., 2015) เกิดความเสี่ยงในการล้มไปทางด้านหน้าได้มากขึ้น (Chaiut et al., 2017)

6. โรคประจำตัว

การรับสัมผัสตะกั่วมีความสัมพันธ์กับโรคหลอดเลือดหัวใจ (Sokas, Simmens, & Sophar, 1997) มีหลักฐานว่าการสัมผัสตะกั่วระดับต่ำเป็นเวลานานทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงทั้งในสัตว์ทดลองและมนุษย์ ความเสี่ยงนี้ รวมทั้งอัตราตายจะเพิ่มขึ้นในกลุ่มแอฟริกันอเมริกันเมื่อเทียบ

กับคนผิวขาว และความดันที่เพิ่มขึ้นมากกว่าในกลุ่มแอฟริกันอเมริกันเช่นเดียวกัน นอกจากนี้กลุ่มแอฟริกันอเมริกันยังมีโอกาสเกิดโรคความดันโลหิตสูงจากตะกั่วและมี อัตราตายสูงกว่าที่ระดับตะกั่วในเลือดต่ำ มีรายงานอย่างละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วและความดันโลหิตสูงรวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับโรคพิษตะกั่วได้จัดเก็บไว้โดย Agency for Toxic Substances and Disease Registry: ATSDR (2005) การป่วยเป็นเบาหวานจะรบกวนการทำงานเกี่ยวกับการเรียนรู้และความจำ มีการศึกษาของ วิชชุดา เจริญกิจการ และ สายพิณ เกษมกิจวัฒนา (2554) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้ จดจำหลัก 3 ด้าน ได้แก่ สมาธิ กระบวนการจำ และการเรียนรู้และการจำ โดยใช้แบบทดสอบ Digit span test ได้แก่ Digit span forward test และ Digit span backward test พบว่า กลุ่มศึกษาส่วนใหญ่ มีภาวะเบาหวาน จึงทำให้มีปัญหาของหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งภาวะเบาหวาน ทำให้มีผลต่อการไหลของเลือด และทำให้เกิดการเผาผลาญในร่างกายผิดปกติ และพบความบกพร่องในการทำงานของอินซูลิน เมื่อ อินซูลินไม่สามารถทำหน้าที่หรือมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถนำกลูโคสเข้าสู่เซลล์ได้ ทำให้สมองม่สามารถรับพลังงานจากกลูโคสได้ จึงทำให้เซลล์บางสาวนถูกทำลาย โดยเฉพาะตำแหน่งของ ฮิบโปแคมปัส (Hippocampus) ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับการเรียนรู้และความจำ และสอดคล้องกับ Zoe et al. (2006) ที่ศึกษาพบว่า กลุ่มที่มีภาวะเบาหวาน ชนิดที่ 2 สามารถทำนายการเกิดความบกพร่องด้านการเรียนรู้จดจำ

7. ยารักษาโรค

การใช้ยารักษาโรค ที่ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท จากการศึกษาของ Greene et al. (2008) ได้ศึกษาการใช้ยาแอมเฟตามีน ยานอนหลับ ซึ่ง ไปกระตุ้นการทำงานของ Serotonin ส่งผลให้การทำงานของสารสื่อประสาทเพิ่มปริมาณสูงขึ้น ซึ่งหากมีการใช้สารแอมเฟตามีนในระยะยาว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง โดยทำให้สมองทำงานลดลง โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การทรงตัว รวมทั้งเกี่ยวกับอารมณ์และความจำ และมีการศึกษาของ Johnson et al. (1987) พบว่า ประวัติสุขภาพ ได้แก่ ประวัติโรคทางจิตเวท และการใช้ยาเป็นประจำ ได้แก่ ยาลดเบาหวาน ยาลดความดันโลหิตสูง ลมชัก โรคไตเรื้อรัง หรือข้ออักเสบ อาจทำให้ภาวะพุทธิปัญญาเสื่อมลง การทานยาบางชนิดเป็นประจำ เช่น ยารักษาทางจิตเวช ที่อาจทำให้ง่วง หรือ คิดช้าลง (Groth-Marnet, 2000)

8. การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์

การดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มตะกั่วในเลือดและการดื่มแอลกอฮอล์เอธานอลบริสุทธิ์ 13.5 มิลลิกรัมต่อวัน อาจมีผลทำให้ระดับตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้น 0.5 - 1.0 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร การศึกษาของ Hoffman et al. (2015) พบว่า การดื่มแอลกอฮอล์อย่างยาวนานส่งผลเสียต่อการเรียนรู้และความจำระยะสั้น ระบบประสาทด้านการรู้คิด (Neurocognitive) บกพร่องและเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความจำเสื่อม มีการศึกษา การสัมผัสตะกั่ว

ที่มีผลต่อสารสื่อประสาทในสมองทุกชนิด โดยการศึกษาในหนูทดลอง พบว่า ความบกพร่องทางการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการทดลอง พบว่า มีหนูที่มีสุขภาพดีได้ ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ โดยร้อยละ 15 หลีกเลี่ยงที่จะดื่มเครื่องที่มีแอลกอฮอล์ แต่เมื่อหนูมีระดับตะกั่วในเลือดสูงถึง 61 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร การรับแอลกอฮอล์ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทั้งหลุ่มที่หนูสามารถเลือกระหว่างน้ำเปล่าและแอลกฮอล์ และกลุ่มที่ได้รับแอลกอฮอล์อย่าง เชื่อว่าแอลกอฮอล์ออกฤทธิ์เป็นยานอนหลับสำหรับแก้อาการกระสับกระส่ายจากการรับสัมผัสตะกั่ว (อ้างถึงใน หทัยรัตน์ เมธนาวิน, 2558)

9. การสูบบุหรี่

การสูบบุหรี่ หรือการสูดเอาควันบุหรี่ จะทำให้ได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย พบว่า มีสารตะกั่วอยู่ 0.8 ไมโครกรัม ถ้าสูบบุหรี่วันละ 20 มวน จะได้รับสารตะกั่ว 16 ไมโครกรัม โดยร่างกายจะดูดซับไว้ 6.4 ไมโครกรัม หรือ ประมาณร้อยละ 40 บุหรี่ และมวนบุหรี่ มีตะกั่วอยู่ประมาณ 2.5 – 12.2 ไมโครกรัม และถ้าสูบบุหรี่ จำนวน 20 มวนต่อวัน ร่างกายจะได้ รับตะกั่วประมาณ 1-5 ไมโครกรัม และพบว่า การสูบบุหรี่ หรือ มี ความสัมพันธ์ กับระดับตะกั่วในเลือด โดยกลุ่มที่สูบบุหรี่มีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่ คนที่สูบบุหรี่ส่วนใหญ่พบอาการ เหงื่อออกง่าย ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากในบุหรี่มีสารนิโคตินซึ่งไปกระตุ้นการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตมากกว่าไม่สูบบุหรี่ การสูบบุหรี่ส่งผลต่อความสามารถทางการรู้คิด และเป็นพฤติกรรมที่พบร่วมกันของกลุ่มแรงงาน (Britton et al., 2021) ประกอบกับการสัมผัสกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นการรับสารพิษหลายชนิดที่เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ จนอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพหลายประการ เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของปริมาณสารโลหะหนัก อาจทำให้เสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นได้

10. การรับประทานอาหารในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน

การรับประทานอาหารกลางวันที่บ้านของผู้ที่ประกอบอาชีพที่รับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลทำให้เพิ่มโอกาสและปริมาณการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณที่พักอาศัยมากขึ้น (จำนงค์ ธนะภพ, 2554)

11. จำนวนปีที่ทำงาน

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ที่สัมผัสกับชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ มาอย่างต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดการศึกษาของ Srigboh et al. (2016) พบว่า จำนวนปีในการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศกานา พบว่า ค่าเฉลี่ยการทำงานเป็นเวลา 10 ปีขึ้นไป พบความสัมพันธ์การทำงานเฉลี่ยที่สูงที่สุดคือ 8.7 กับระดับตะกั่วในเลือดต่ำที่สุด อยู่ที่ 2.8 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (μg/ dL) ในขณะที่เครื่องเผาที่มีอายุการทำงานต่ำสุดที่ 5.8 ปี พบระดับตะกั่ว

ในเลือด ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.9 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (μg/ dL) จำนวนปีที่ทำงานมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด

12. จำนวนชั่วโมงทำงาน

จำนวนชั่วโมงทำงานจะมีผลต่อการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลได้ พบการศึกษาของ Akormedi et al. (2013) ได้ศึกษาพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของวันทำงานสำหรับคนงานขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 ชั่วโมง ต่อวัน ระดับความเสี่ยงในการประกอบอาชีพจึงแตกต่างกัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชั่วโมงทำงานกับระดับตะกั่วในเลือด ดังนั้นเวลาทำงานที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีแนวโน้มที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงในระดับตะกั่วในเลือด จากการศึกษาของ Amankwaa et al. (2017) พบว่า ชั่วโมงการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 36 ถึง 70 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หรือ 5-10 ชั่วโมงต่อวัน มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด และพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของวันทำงานสำหรับคนงานขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 ชั่วโมง ซึ่งโดยปกติการทำงานตามกฎหมายคุ้มครองแรงงานกำหนดให้ลูกจ้างทำงานวันละไม่เกิน 8 หรือ 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เนื่องจากต้องการให้ลูกจ้างได้พักผ่อนอย่างเพียงพอ (กระทรวงแรงงาน, 2541) แต่การปฏิบัติงานของแรงงานนอกระบบมักปฏิบัติงานตามความสะดวกเป็นหลัก และอาจเนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อาจทำงานเสริมเพิ่มเติมหลังเลิกงานและทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอในช่วงกลางคืนจนทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทได้

13. บริเวณพื้นที่ในการทำงาน

การรับสัมผัสตะกั่วในระดับต่ำทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอาการผิดปกติทางระบบประสาท เมื่อรับสัมผัสอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดความจำ การเรียน ความเข้าใจ ลดลง ซึ่งในการปฏิบัติงานที่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นตะกั่ว ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารตะกั่วทั่วบริเวณพื้นที่ทำงาน จากการตรวจวัดระดับสารตะกั่วในพื้นที่การทำงานทั่วไป โดยการวัดปริมาณฝุ่นในพื้นที่ปฏิบัติงาน (Lead in surface wipe) พบว่า มีปริมาณสารตะกั่วในอากาศอยู่ในช่วง 0.28 ถึง 8.17 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ ปริมาณสารตะกั่วในบรรยากาศการทำงานขึ้นอยู่กับจำนวนเรือที่ขึ้นซ่อม สำหรับปริมาณสารตะกั่วในอากาศที่ตัวคนงาน พบว่า ในช่างหมัน ขณะตอกหมันเรือและคลุกเสน มีค่าเฉลี่ย 36.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ ช่างไม้ มีค่าเฉลี่ย 8.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ

หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานปริมาณสารตะกั่วบริเวณพื้นที่ทำงานของกระทรวงแรงงานประเทศไทย ซึ่งได้กำหนดไว้ ไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ พบว่า ส่วนใหญ่ปริมาณสารตะกั่วในอากาศไม่เกินมาตรฐาน หากเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมภาครัฐของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Conference of Governmental

Industrial Hygienists: ACGIH) และองค์กรบริหารสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (Occupational Safety and Health Administration: OSHA) ซึ่งได้กำหนดปริมาณสารตะกั่วในพื้นที่ การทำงานในระยะเวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ไม่ควรเกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรของอากาศ พบว่า ในขั้นตอนคลุกด้ายดิบด้วยเสน มีปริมาณสารตะกั่วในอากาศเกินค่ามาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (Thanapop et al., 2007)

สำหรับในบ้านพักของคนงานในอู่ต่อเรือที่นำสารประกอบตะกั่วออกไซด์ (Pb_3O_4) มาใช้ในการตอกหมันเรือ และใช้เป็นส่วนผสมในการยาแนว ทำให้มีการตกค้างของสารตะกั่วในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน จากการเก็บตัวอย่างตะกั่วตามจุดต่าง ๆ บริเวณพื้นบ้าน ได้แก่ ด้านนอกและด้าน ในของประตูทางเข้าบ้าน บริเวณห้องโถงหรือห้องพักผ่อนและห้องนอน พบว่า มีค่ามัธยฐานของปริมาณตะกั่วเท่ากับ 9.5, 21.5, 9.8 และ 15.6 µg/ft ^{2} ในขณะที่บ้านควบคุมซึ่งไม่มีอาชีพทำงานเกี่ยวกับสารตะกั่ว พบว่า ทุกจุดมีค่ามัธยฐานน้อยกว่า 0.2 µg/ft^2 โดยพบว่า ร้อยละ 61 ของบ้านพักอาศัยของคนงานในอู่ต่อเรือ มีปริมาณสารตะกั่วเกินค่ามาตรฐานขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: PA) และกระทรวงการเคหะและพัฒนาเขตเมือง (Department of Housing and Urban Development: HUD) ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้ กำหนดปริมาณสารตะกั่วบริเวณพื้นบ้าน ไม่ควรเกิน 40 µg/ft^2 โดยพบว่า บ้านพักอาศัยที่อยู่ใกล้กับอู่ต่อเรือในรัศมี 1 กิโลเมตร ระยะเวลาของการทำงานเป็นคนงานในอู่ต่อเรือ ที่ยาวนาน จะส่งผลต่อปริมาณสารตะกั่วในบ้านพักอาศัย

นอกจากนี้ ยังพบว่า หากภายในบ้านไม่มีเด็กเล็กในครัวเรือน อาจทำให้มีการสะสมฝุ่นตะกั่วภายในบ้านมากขึ้น เนื่องจากไม่ได้ทำความสะอาดพื้นบ้าน นอกจากนี้ ฝุ่นตะกั่วจากอู่ต่อเรือยังฟุ้งกระจายไปยังบ้านพักอาศัยของประชาชนรอบ ๆ อู่ต่อเรือเนื่องจากอู่ต่อเรือทุกอู่ตั้งอยู่ ในชุมชนและติดแหล่งน้ำภายในรัศมี 1 กิโลเมตร จึงอาจทำให้สารตะกั่วเกิดการปนเปื้อนสู่ชุมชนและแหล่งน้ำสาธารณะได้โดยพบว่า ในรัศมี 2 กิโลเมตรจากอู่ มีปริมาณสารตะกั่วต่อน้ำหนักฝุ่นผงภายในบ้านพักอาศัยอยู่ในช่วง 1 - 7,700 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักฝุ่น 1 กิโลกรัมและปริมาณสารตะกั่วที่ สะสมอยู่ ในดินบริเวณรอบ ๆ ที่ อยู่อาศัย มีปริมาณเฉลี่ย 10 - 3,075 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักดิน 1 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามปริมาณสารตะกั่วในผงฝุ่นภายในบ้านจะลดลงร้อยละ 7 - 14 เมื่อตำแหน่งที่ตั้งของบ้านเรือนห่างจากอู่ต่อเรือทุก ๆ 100 เมตร (Thanapop et al., 2009)

14. การสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

การสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลสามารถป้องกันการรับสัมผัสสารเคมีเข้าสู่ร่างกายได้ โดย พรทิวา ถาวงค์กลาง และคณะ (2564) ได้ศึกษาปัจจัยความสัมพันธ์กับการสัมผัสตะกั่วของผู้ประกอบอาชีพคัดแยกซากขยะผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในพื้นที่ตำบล

โคกสะอาด อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่า การไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองอันตรายส่วนบุคคลตลอดระยะเวลาการทำงาน มากกว่า 8 ปี มีความสัมพันธ์กับค่าระดับตะกั่วในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกลุ่มผู้ประกอบอาชีพนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่วมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้สัมผัสตะกั่วโดยตรง

15. ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน

การรับสัมผัสตะกั่วจากการทำกิจกรรมคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในระดับต่ำทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในระบบประสาทและสมอง โดยเฉพาะเรื่อง ความจำ การเรียนรู้ ความเข้าใจ ลดลง ในการปฏิบัติงานในกิจกรรมคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์นั้น ทำให้เกิดการกระจายของฝุ่นตะกั่วทั้งในพื้นที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และในพื้นที่บริเวณใกล้เคียง เช่นในที่พักอาศัย โดยมีการศึกษาปริมาณฝุ่น จากการวิธีการวัดฝุ่นบริเวณปฏิบัติงาน (Lead in surface wipe) จากการศึกษาของ จำนงค์ ธนะภพ และคณะ (2558) พบว่า ในกลุ่มช่างหมันที่รับสัมผัสสารตะกั่วในอู่ต่อเรือ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบปริมาณสารตะกั่ว บริเวณบ้านพักอาศัย ได้แก่ บริเวณขอบหน้าต่าง มีค่ามัธยฐาน 257.8 μg/m^2 พื้นด้านนอกและด้านในบริเวณประตูทางเข้า ห้องโถงหรือห้องพักผ่อน และ ห้องนอน มีค่ามัธยฐาน 267.2, 272.2, 277.5 และ 290.4 μg/m^2 หากปรียบเทียบปริมาณสารตะกั่วบริเวณพื้นตามค่ามาตรฐานขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม [Environmental Protection Agency (EPA)] และกระทรวงการเคหะและพัฒนาเขตเมือง [Department of Housingand Urban Department HUD)] ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดปริมาณตะกั่วบริเวณขอบหน้าต่างด้านในและพื้นบ้าน ไม่ควรเกิน 2690 μg/m^2 (250 μg/ft2) และ 430.4 μg/m^2 (40 μg/ft) พบว่า บริเวณขอบหน้าต่างด้านในมีปริมาณตะกั่วเกินค่ามาตรฐานดังกล่าว

การรับสัมผัสตะกั่วจะส่งผลต่อระบบประสาท โยทำให้เกิดอาการนอนไม่หลับ เช่น Jaishankar et al. (2014) พบว่า หากรับสัมผัสสาร Pb อาจทำให้เกิดอาการนอนไม่หลับและปวดศีรษะ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fenga et al. (2016) ที่ศึกษาในแรงงานที่รับสัมผัสกับสารโลหะหนัก ในแบตเตอรี่ พบว่า มีความบกพร่องทางสติปัญญา ความจำระยะสั้นและอารมณ์ ตะกั่วสามารถทดแทนแคลเซียมได้แม้ในความเข้มข้นแบบพิโคโมลาร์ที่ส่งผลต่อโปรตีนไคเนส (Protein kinase) ซึ่งควบคุมการกระตุ้นระบบประสาทและการจัดเก็บหน่วยความจำ (Fenga et al., 2016) กลุ่มรับสัมผัสที่รับสัมผัสกับสาร Cd ที่ปนเปื้อนอยู่บนพื้นผิวปฏิบัติงาน พบอาการผิดปกติ คือ มีปัญหาในการทรงตัวมากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาของ Karri et al. (2016) ที่ศึกษาปัจจัยเสี่ยงจากการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ สาร Cd มีผลต่อการทำงานของสมองและสติปัญญา นอกจากนี้ผลกระทบของโลหะหนักที่ทำให้เกิดพิษต่อระบบประสาท อาจเกิดจากกลไกความผิดปกติของไมโตคอนเดรีย การเสียสมดุลแคลเซียมไอออนในเซลล์ประสาทและการสะสมของโมเลกุลที่เสียหายจึงทำให้เกิดผลกระทบทางชีวภาพดังกล่าว และแสดง

ออกมาเป็นความผิดปกติทางคลินิกและพฤติกรรมตามมาได้

จากการรายงานกองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค รายงานผู้ป่วยด้วยโรคพิษโลหะหนักระหว่างปี พ.ศ. 2551-2560 พบว่า มีแนวโน้มไม่แน่นอน และข้อมูลปี พ.ศ.2560 จากรายงาน 506, 506/2 และข้อมูล 43 แฟ้ม รวม 131 ราย พบอัตราป่วย 0.2 ต่อประชากรแสนคน และไม่มีรายงานผู้เสียชีวิต และพบว่า เขตอุตสาหกรรมที่ใช้ ตะกั่วเป็นวัตถุดิบจะมีความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศมากกว่าในเขตเมืองมาก โดยพบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศที่สูงขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้ระดับตะกั่วในเลือดเพิ่มสูงขึ้น 1.5-3.0 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งตรวจพบชนิดของโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สังกะสี ปรอท ดีบุก เป็นต้น จากการรายงานพบอัตราป่วยสูงในเพศชาย กลุ่มอายุ 25-34 ปี รองลงมา คือ 35-44 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มแรงงาน ทั้งยังพบอัตราป่วยสูงสุดในภาคเหนือ รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรณีภาคใต้ โรคพิษตะกั่วจากอู่ต่อเรือเป็นต้น (กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค, 2561; กองโรคจากการประกอบ อาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค, 2563)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เทคนิคการคัดเลือกตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล การพิทักษ์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าวง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยจะอธิบายตามลำดับดังนี้

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical study) โดยการศึกษาเชิงภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ประกอบด้วย กลุ่มรับสัมผัส (Exposure group) คือ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposure group) คือ กลุ่มอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในกลุ่มรับสัมผัสหากพบการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ระบุระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่รับสัมผัส

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ตามการศึกษาของ Kuntawee et al. (2020) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับโลหะหนักจากการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มแรงงานนอกระบบในประเทศไทย โดยใช้สูตรในการคำนวณ กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ของ Dupont and Plummer (1998) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2}\,\boldsymbol{\sigma}^2}{e^2}$$

โดยกำหนดค่าดังนี้

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

e = 0.05

Z_{α} = กำหนดค่าระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 1.96

$\boldsymbol{\sigma}$ = ค่าความแปรปรวนได้จากการทบทวนวรรณกรรมของ Kuntawee et al. (2020) = 0.307

คำนวณตามสูตร

$$n = \frac{1.96^2\ 0.307^2}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{3.81(0.09425)}{0.0025}$$

$$n = \frac{0.35908}{0.0025}$$

$$n = 143.63$$

ดังสรุปสามารถคำนวณ n = 143.63 คน

ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 144 คน จึงจะประมาณค่าร้อยละโดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 151 คน ซึ่งถือได้ว่าผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไขกำหนด ในการศึกษานี้ได้กลุ่มศึกษา คือกลุ่มรับสัมผัส (Exposed) คือ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 151 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed) คือ กลุ่มอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของกลุ่มรับสัมผัส คือ จำนวน 72 คน

จากผลการศึกษาของ Kshirsagar et al. (2015) ได้ศึกษาผลกระทบต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีจากการการรับสัมผัสตะกั่วและความเป็นพิษจากการรับสัมผัสแบตเตอรี่ในพนักงานโรงงานผลิตแบตเตอรี่ จากประเทศอินเดีย โดยใช้สูตรในการคำนวณ กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ของ Dupont and Plummer (1998) ดังนี้

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2}\,\boldsymbol{\sigma}^2}{e^2}$$

โดยกำหนดค่าดังนี้

n = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$Z_{\boldsymbol{\alpha}}$ = กำหนดค่าอำนาจของการทดสอบเท่ากับร้อยละ 80 เท่ากับ 1.96

ค่า e = 0.05

$\boldsymbol{\sigma}$ = ค่าความแปรปรวนได้จากการทบทวนวรรณกรรมของ Kshirsagar et al. (2015) = 0.22

คำนวณตามสูตร

$$n = \frac{(1.96)^2\,(0.22)^2}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{3.81(0.0484)}{0.0025}$$

$$n = \frac{0.1844}{0.0025}$$

$$n = 73.761$$

ดังสรุปสามารถคำนวณ n = 73.761 คน

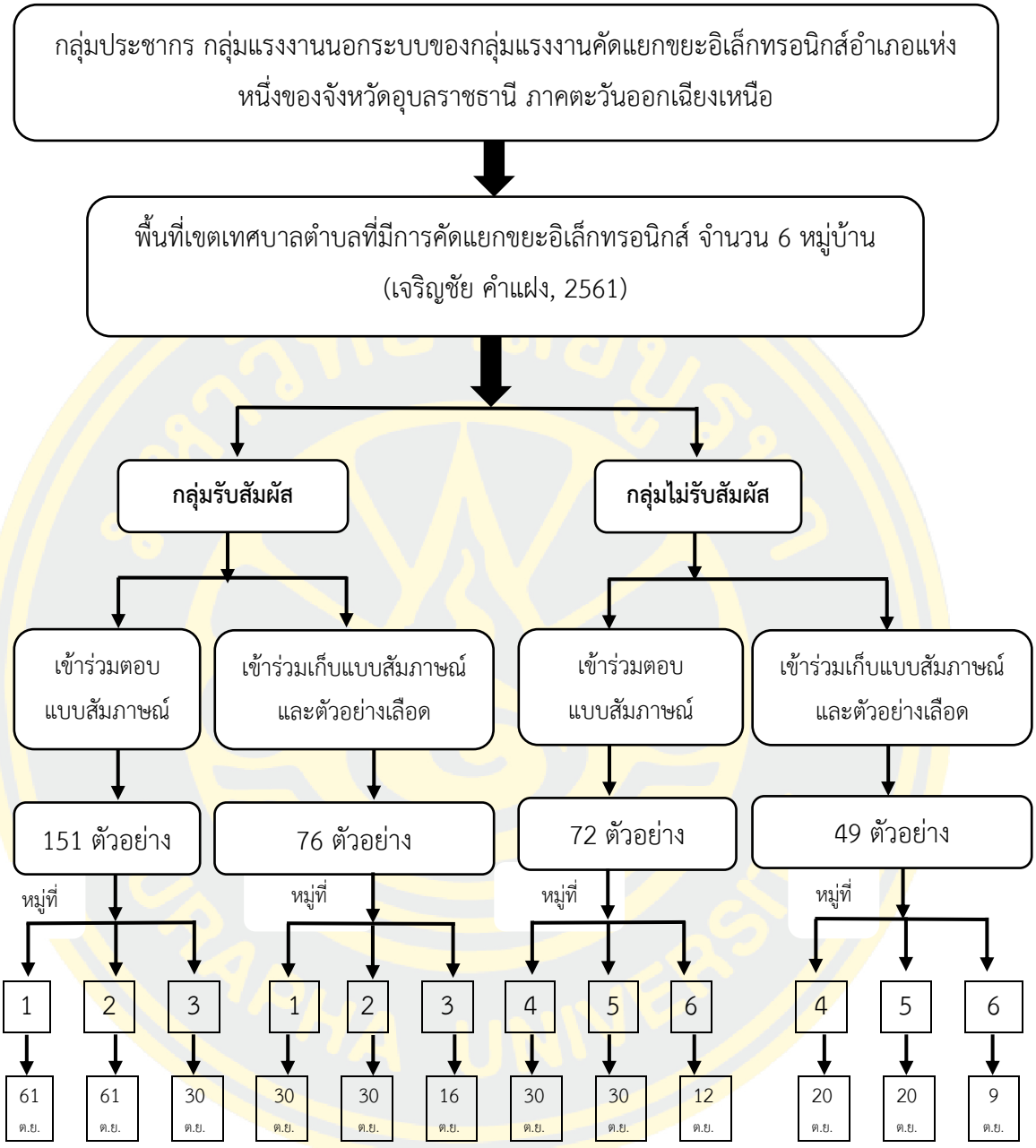
ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 73 คน จึงจะประมาณค่าร้อยละโดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 76 คน ซึ่งถือได้ว่าผ่านเกณฑ์ตามเงื่อนไขกำหนด ในการศึกษานี้ได้กลุ่มศึกษา คือกลุ่มรับสัมผัส (Exposed) คือ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 76 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed) คือ กลุ่มอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของกลุ่มรับสัมผัส คือ จำนวน 49 คน

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ประชากรที่ศึกษา คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในอำเภอแห่งหนึ่งของจังหวัดอุบลราชธานี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการศึกษา ในพื้นที่เทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ของเจริญชัย คำแฝง (2561) พบว่ามีแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และมีของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นในชุมชน ปริมาณ 5,206.5 ถึง 6,721.3 ตัน ส่วนใหญ่เป็นซากผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และจากการศึกษาของดาริกา รูปงาม (2560) ได้ศึกษาการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบระดับตะกั่วในเลือด ร้อยละ 70.33 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.74 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยมีเทคนิคในการคัดเลือกตัวอย่าง ดังนี้

เทคนิคการคัดเลือกตัวอย่าง

1. การเลือกเก็บตัวอย่างตามสะดวก (Convenience sampling) โดยผู้วิจัยสนใจ ศึกษาระดับการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ตังบ่งชี้ทางชีวเคมี และผลกระทบต่อระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้เป็นแนวทางในกลุ่มแรงงานนอกระบบของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี ดังนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการคัดเลือกตัวอย่าง

เมื่อผู้วิจัยเก็บตัวอย่างแบบสัมภาษณ์และตัวอย่างเลือดได้ครบตามจำนวน ผู้วิจัยได้หยุดการเก็บตัวอย่างทันที โดยในการเก็บตัวอย่าง ผู้วิจัยได้มี เกณฑ์การคัดเข้า และคัดออกดังนี้

2. เกณฑ์การคัดเข้า

2.1 กลุ่มรับสัมผัส

2.1.1 เป็นแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์คนไทย อายุ 18 ปี ขึ้นไป

2.1.2 เป็นแรงงานนอกระบบ ในเขตเทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี

2.1.3 เป็นผู้ที่ทำงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และ เผาขยะอิเล็กทรอนิกส์เพื่อนำสายไฟเพื่อรอจำหน่าย ตลอดเวลาการทำงานที่บ้านพักอาศัยของตนเอง

2.1.4 มีที่พักอาศัยที่บ้านพักอยู่ในพื้นที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มานานกว่า 6 เดือน

2.2 กลุ่มไม่รับสัมผัส คือ กลุ่มอาสาสมัครประจำหมู่บ้าน (อสม.) ที่ไม่มีการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลจากการทำงานและที่บ้าน

2.2.1 ยินยอมตอบแบบสัมภาษณ์

2.2.2 สมัครใจให้เก็บตัวอย่างเลือด

2.3 เกณฑ์การคัดออก ทั้งสองกลุ่ม ได้แก่

2.3.1 มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทที่ถูกวินิจฉัยโดยแพทย์

2.3.2 ถอนตัวออกระหว่างการเก็บตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบประเมินอาการทางระบบประสาท แบบประเมินความบกพร่องทางด้านประสาทจิตวิทยา จากแบบทดสอบความจำ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจหาปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในสิ่งแวดล้อม การเจาะเลือด เพื่อหาระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ประกอบด้วยความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ไต และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO มีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์ เนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน แบบประเมินอาการทางระบบประสาท มีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา และ น้ำหนักและส่วนสูง เพื่อหาค่าดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ให้คะแนนโดยการเลือกตอบ และเติมคำ

ส่วนที่ 2 ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร โรคประจำตัว ยารักาโรค ให้คะแนนโดยการเลือกตอบ

ส่วนที่ 3 ปัจจัยลักษณะงาน จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วน

บุคคล ให้คะแนนโดยการเลือกตอบและเติมคำ

ส่วนที่ 4 แบบประเมินอาการทางระบบประสาท เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ดัดแปลงมาจากแบบสอบถามมาตรฐาน Euro quest questionnaire (EQ), Finnish Institute of Occupational Health (Hyvarinen et al., 2009) ซึ่งมีจำนวน 81 ข้อ ในแบบสอบถามฉบับมาตรฐาน ผลจากการปรับปรุงเพื่อให้แบบสัมภาษณ์มีคุณภาพได้แบ่งเป็นคำถาม 2 ส่วน ดังนี้

4.1 อาการที่เกิดจากความเป็นพิษเรื้อรัง จำนวน 51 ข้อ จำแนกได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 - 6 ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา (Neurological symptoms; NS) ข้อที่ NS1 - NS11 กลุ่มที่ 2 กลุ่มอาการทางจิตสรีระ (Psychosomatic symptoms; PS) ข้อที่ PS1 - 12 กลุ่มที่ 3 อาการทางอารมณ์ (Mood symptoms; MS) ข้อที่ MS1 - MS8 กลุ่มที่ 4 ความจำและสมาธิ (Memory and concentrating; MC) ข้อที่ MC1 – MC11 กลุ่มที่ 5 อาการอ่อนเพลีย (Fatigue; FT) ข้อที่ FT1 – FT6 กลุ่มที่ 6 การนอนไม่หลับ (Sleep disturbances; SD) ข้อที่ SD1 – SD3

4.2 กลุ่มอาการเฉียบพลัน คำถามรวม 31 ข้อ จำแนกได้ 6 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 7 – 12 ดังนี้ กลุ่มที่ 7 อาการผิดปกติที่ตับ ข้อที่ O1 – O3 กลุ่มที่ 8 อาการผิดปกติเกี่ยวกับระบบปัสสาวะ ข้อที่ P1 – P6 กลุ่มที่ 9 กลุ่มอาการที่เกี่ยวข้องกับภาวะโลหิตจาง ข้องที่ Q1 – Q4 กลุ่มที่ 10 กลุ่มอาการจากความผิดปกติจากการรับสัมผัสตะกั่ว ข้อที่ R1 - R9 กลุ่มที่ 11 กลุ่มอาการจากความผิดปกติจากการรับสัมผัสแคดเมียม ข้อที่ S1 – S5 กลุ่มที่ 12 กลุ่มอาการจากความผิดปกติจากการรับสัมผัสนิกเกิล ข้อที่ T1 – T4 (Karri et al., 2016; Fenga et al., 2016)

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ คือ 1) ไม่มีอาการ ประกอบด้วย มีอาการนานๆ ครั้ง หรือ ไม่เคยมีอาการ หรือมีอาการบางครั้ง คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน และ 2) มีอาการประกอบด้วย มีอาการบ่อยครั้ง หรือมีอาการบ่อยครั้งมาก คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

2. การประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ (Digit span test)

การประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบประเมินความบกพร่องประสาทจิตวิทยาที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัย อาการความบกพร่องด้านความจำ โดยใช้แบบทดสอบความจำ แบบอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward) และ แบบอ่านตัวเลขย้อนกลับ (Digit span backward) ด้วยการบันทึกลงในแบบทดสอบ (Fenga et al., 2016) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 Digit span forward ผู้ถูกทดสอบดูชุดตัวเลข เริ่มจากชุดแรกที่มีจำนวนตัวเลข 3 ตัวเลข ให้ผู้ถูกทดสอบเลือกตัวเลขเรียงตามลำดับ ตรงตามตัวเลขที่เห็นจากชุดตัวเลขนั้น ๆ ในกรณีที่ผู้ถูกทดสอบเลือกตัวเลขถูกต้อง ให้ทดสอบชุดตัวเลขถัดไปที่มีจำนวนตัวเลขเพิ่มขึ้น จนกระทั่งผู้ถูก

ทดสอบไม่สามารถเลือกตัวเลขได้ถูกต้อง คะแนนที่ได้จากการทดสอบ คือ จำนวนตัวเลขในชุดตัวเลขที่ผู้ถูกทดสอบสามารถเลือกได้ถูกต้องในชุดสุดท้าย จำนวนตัวเลขสูงสุด คือ 10

2.2 Digit span backward ถูกทดสอบดูชุดตัวเลข เริ่มจากชุดแรกที่มีจำนวนตัวเลข 3 ตัวเลข ให้ผู้ถูกทดสอบเลือกตัวเลขย้อนกลับจากหลังมาหน้า จากตัวเลขที่เห็นจากชุดตัวเลขนั้น ๆ ในกรณีที่ผู้ถูกทดสอบเลือกตัวเลขถูกต้อง ให้ทดสอบชุดตัวเลขถัดไปที่มีจำนวนตัวเลขเพิ่มขึ้น จนกระทั่งผู้ถูกทดสอบไม่สามารถเลือกตัวเลขได้ถูกต้อง คะแนนที่ได้จากการทดสอบ คือ จำนวนตัวเลขในชุดตัวเลขที่ผู้ถูกทดสอบสามารถเลือกได้ถูกต้องในชุดสุดท้าย จำนวนตัวเลขสูงสุด คือ 10

Digit span test เป็นเครื่องมือสำหรับทดสอบความจำและสมาธิระยะสั้น จะทำการทดสอบโดยการให้ผู้ทดสอบทวน ตัวเลขที่ได้จากการฟังทีละชุด เช่น 2 6 4 ถ้าหากผู้ทดสอบสามารถทวนตัวเลขได้ก็จะเพิ่มจำนวนของตัวเลขในชุด ทดสอบไปเรื่อย ๆ เช่น 4 9 1 7 ... โดยจำนวนตัวเลขที่ผู้ทดสอบจำได้สูงสุดจะเรียกว่า Digit span

ใช้แนวคิดของสมาธิในการฟังและการพูดมาช่วยในการจำประกอบด้วยตัวเลข 20 แถว ประเมินจากความถูกต้องในการจำเลขในแต่ละแถว แถวละหนึ่งคะแนน เกณฑ์การประเมิน กลุ่มที่มีคะแนนเฉลี่ยมากจะมีสมาธิมากกว่ากลุ่มที่คะแนนเฉลี่ยน้อย

กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ตามจำนวนตัวเลขสูงสุดในชุดตัวเลขที่ผู้ถูกทดสอบเลือกได้ถูกต้องมีค่า 2 ถึง 28

3. อุปกรณ์เครื่องมือ การตรวจวัดสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในสิ่งแวดล้อมการทำงานและในเลือด

3.1 อุปกรณ์เครื่องมือ การตรวจวัดสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยวิธี Surface wipe

3.1.1 กระดาษเก็บตัวอย่างฝุ่นตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล (Wipe dust wipe)

3.1.2 หลอดเก็บตัวอย่าง

3.1.3 กรอบกระดาษ (Template) ขนาด 10 cm x 10 cm

3.1.4 ถุงมือยางชนิดไม่มีฝุ่นแป้ง

3.1.5 กระดาษติดป้ายชื่อ

3.1.6 ปากกาสีแบบคงทน (Permanent pen)

3.1.7 ถุงพลาสติก

3.1.8 เทปกาว

3.1.9 ถุงครอบรองเท้า

3.1.10 กล่องเก็บอุปกรณ์

3.1.11 แบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง wipe

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือ การเจาะเลือด

อุปกรณ์และน้ำยาที่ใช้

3.2.1 ใบส่งตัวอย่างทางชีวภาพ

3.2.2 แอลกอฮอล์ 70 %

3.2.3 ผ้าก๊อซ หรือสำลีก้อนที่สะอาดปราศจากเชื้อ

3.2.4 กระปุกใส่สำลี

3.2.5 ถุงมือ

3.2.6 สายยางรัดแขน (Tourniquet)

3.2.7 หมอนรองแขน

3.2.8 อุปกรณ์เจาะเลือด ได้แก่ ปลอกไซริงค์ (Holder) และเข็มสองปลายที่ใช้คู่กับหลอดสุญญากาศ หรือเข็มเบอร์ 20 หรือ 21 สำหรับผู้ใหญ่และไซริงค์ หรือ Sterile Blood Lancet (กรณีเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว)

3.2.9 หลอดเก็บเลือด หรือหลอดสุญญากาศ (Vacationer tube) ชนิดพลาสติก กรณีเก็บตัวอย่างเลือด (Whole blood) ใช้หลอดสุญญากาศชนิดฝาจุกสีเขียว (ภายในบรรจุ Heparin เป็นสารกันเลือดแข็งตัว) หรือฝาจุกสีม่วง (ภายในบรรจุ EDTA เป็นสารกันเลือดแข็งตัว)

3.2.10 Sterile Blood Lancet (กรณีเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว)

3.2.11 Capillary tube (กรณีเจาะเลือดที่บริเวณปลายนิ้ว)

3.2.12 พลาสเตอร์สำหรับปิดแผล

3.2.13 กระป๋องใส่หัวเข็ม

3.2.14 ตะแกรงใส่หลอดเก็บเลือด (Rack)

3.2.15 กระติกน้ำแข็ง

3.2.16 น้ำแข็ง หรือ Ice pack

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบสัมภาษณ์ การตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้าง ความตรง (Validity) เชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยของแบบสัมภาษณ์ ส่วนที่ 4 แบบประเมินอาการทางระบบประสาท ผู้วิจัยได้นำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่านพิจารณา ประกอบด้วย นายแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาชีวเวชศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน นายแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านอายุรแพทย์ระบบประสาท 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย จำนวน 1 ท่าน หาค่าสัมประสิทธิ์ของความสอดคล้อง (Index of congruence: IOC) ด้วยสูตรต่อไปนี้ IOC = ∑R/N

ถ้าค่า IOC โดยพิจารณาตามเกณฑ์มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีความตรงตามเนื้อหา ถ้าค่า IOC น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามนั้นไม่มีความตรง จะต้องตัดออกไปหรือปรับปรุงคำถามข้อนั้นใหม่ ซึ่งค่า IOC ของแบบสัมภาษณ์ในงานศึกษาครั้งนี้เท่ากับ 0.726

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขออนุญาตสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี พร้อมทั้งประสานกับสำนักงานเทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และขอความอนุเคราะห์ทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอก เพื่อขอความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อเป็นแหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และขออนุเคราะห์บุคลากรทางการแพทย์ เป็นผู้เก็บตัวอย่างเลือด ผู้วิจัยแบ่งการเก็บรวบรวมข้อมูล ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การเก็บรวบรวมแบบสัมภาษณ์ การเก็บตัวอย่างเลือด และการเก็บตัวอย่างฝุ่นตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในพื้นที่ปฏิบัติงาน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์

ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมโครงการวิจัยประโยชน์รายละเอียด ขั้นตอนของการทำวิจัยให้กับแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ฟังอย่างเข้าใจเป็นรายบุคคลก่อนเริ่มการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างตามคำถามในแบบสัมภาษณ์ ในแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เข้าร่วมโครงการโดยสมัครใจเท่านั้น โดยในแบบสัมภาษณ์มีทั้งหมด 11 หน้า ประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล มีทั้งหมด 8 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ (ปี) รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

ส่วนที่ 2 ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ มีทั้งหมด 3 ข้อ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร

ส่วนที่ 3 ปัจจัยลักษณะการทำงาน มีทั้งหมด 5 ข้อ ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน บริเวณพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

ส่วนที่ 4 แบบประเมินอาการทางระบบประสาท กลุ่มอาการเรื้อรัง ได้แก่ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มความจำและสมาธิ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย กลุ่มการนอนไม่หลับ และกลุ่มอาการเฉียบพลัน ได้แก่ กลุ่มอาการมีความผิดปกติที่ตับ กลุ่มอาการเกี่ยวกับระบบปัสสาวะ กลุ่มอาการเกี่ยวกับภาวะโลหิตจาง กลุ่มอาการจากความผิดปกติจากการรับสัมผัสตะกั่ว กลุ่มอาการมีความผิดปกติจากการรับสัมผัสแคดเมียม กลุ่มอาการมีความผิดปกติจากการรับสัมผัสนิกเกิล

2. การประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา เพื่อประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา โดยใช้แบบทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) และ อ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

2.1 อ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) มีวิธีการทดสอบ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ให้ผู้วิจัยอ่านชุดตัวเลข ตัวละ 1 วินาที โดยให้ผู้วิจัยอ่านตัวเลขไปข้างหน้า

2.1.2 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพูดตามซ้ำตามชุดตัวเลขที่ผู้วิจัยทดสอบอ่าน ตามลำดับไปข้างหน้า โดยให้อ่านจากตัวเลขที่ 1 ถึง 8 โดยเริ่มจากชุดตัวเลขที่น้อยที่สุด ไปหามากที่สุด

ผู้วิจัยอ่านว่า "1-> 2 -> 3 -> 4 -> 5"
ผู้เข้าร่วมวิจัย <u>ต้องพูดทวนซ้ำไปข้างหน้า</u>ว่า "1-> 2 -> 3 -> 4 -> 5"

2.1.3 หากทำที่หลักใดไม่ได้ ให้ทำซ้ำหากทำได้ให้ผ่านไปยังหลักที่สูงขึ้น หากทำไม่ได้ในรอบที่สอง ให้คะแนนผู้ร่วมวิจัยในหลักที่ต่ำกว่า เช่น เสียที่ 5 หลัก 2 ครั้งคนนี้ทำได้เพียง 4 หลัก ชุดตัวเลขที่ผู้ดำเนินการทดสอบอ่าน มีจำนวนตัวเลขสูงสุด 8 ตัว มีชุดตัวเลขทั้งหมด 7 ชุด แต่ละชุด มีตัวเลขชุดย่อยอีก 2 ชุด คะแนนรวม 14 คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

อ่านตัวเลขครบในแต่ละแถว ให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

อ่านตัวเลขไม่ครบในแต่ละแถว ให้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

ตัวเลขชุดที่	**ชุดย่อยที่ 1**	**คะแนนที่ได้**	**ชุดย่อยที่ 2**	**คะแนนที่ได้**
1	1 – 7	1	6 – 4	1
2	3 – 9 – 5		8 – 6 – 9	
3	5 – 1 – 7 - 0		2 – 9 – 1 – 4	
4	7 – 3 – 9 -1 - 4		0 – 5 – 2 – 8 - 1	
5	9 – 5 – 1 – 3 – 0 - 6		4 – 2 – 6 – 8 – 5 - 7	
6	7 – 3 – 5 – 2 – 4 - 9 - 1		1 – 8 - 3 - 4 – 2 – 5 - 9	
7	4 – 9 – 5 – 7 – 0 – 3 – 9 - 8		8 – 3 – 7 – 8 – 6 – 2 – 9 - 4	
	รวมคะแนน		**รวมคะแนน**	

2.2 การอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) มีวิธีการทดสอบดังต่อไปนี้

2.2.1 ให้ผู้วิจัยอ่านชุดตัวเลข ตัวละ 1 วินาที โดยให้ผู้วิจัยอ่านตัวเลขไปข้างหน้า

2.2.2 แล้วให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพูดตามแบบทวนซ้ำแบบย้อนกลับโดยให้เรียงลำดับตัวเลขสุดท้ายที่ได้ยินมาก่อน โดยเริ่มจากชุดตัวเลขที่น้อยที่สุด ไปหาหามากที่สุด ตัวอย่างเช่น

ผู้วิจัยอ่านว่า “1-> 2 -> 3 -> 4 -> 5”
ผู้เข้าร่วมวิจัย <u>ต้องพูดทวนซ้ำแบบย้อนกลับกลับ</u>ว่า “5-> 4 -> 3 -> 2 -> 1”

2.2.3 หากทำที่หลักใดไม่ได้ให้ทำซ้ำ หากทำได้ให้ผ่านไปยังหลักที่สูงขึ้น หากทำไม่ได้ในรอบที่สอง ให้คะแนนผู้ร่วมวิจัยในหลักที่ต่ำกว่า เช่น เสียที่ 5 หลัก 2 ครั้งคนนี้ทำได้เพียง 4 หลัก ชุดตัวเลขที่ผู้ดำเนินการทดสอบอ่าน มีจำนวนตัวเลขสูงสุด 8 ตัว มีชุดตัวเลขทั้งหมด 7 ชุด แต่ละชุด มีตัวเลขชุดย่อยอีก 2 ชุด คะแนนรวม 14 คะแนน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

อ่านตัวเลขครบในแต่ละแถว ให้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

อ่านตัวเลขไม่ครบในแต่ละแถว ให้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

ตัวเลข ชุดที่	**ชุดย่อยที่ 1**	**คะแนนที่ได้**	**ชุดย่อยที่ 2**	**คะแนนที่ได้**
1	3 – 6		5 – 9	
2	5 – 3 – 8		2 – 1 – 6	
3	7 – 4 – 3 - 9		9 – 5 – 7 – 4	
4	1 – 3 – 6 - 2 - 8		5 – 1 – 7 – 4 - 2	
5	4 – 8 – 2 – 3 – 9 - 6		8 – 2 – 5 – 4 – 5 - 7	
6	9 – 1 – 5 – 2 – 6 - 4 - 7		3 – 7 - 4 - 8 – 1 – 2 - 9	
7	8 – 3 – 4 – 6 – 7 – 3 – 2 - 5		7 – 2 – 9 – 1 – 8 – 5 – 3 - 4	
	รวมคะแนน		**รวมคะแนน**	

ผู้วิจัยขออนุเคราะห์ทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอก เพื่อเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลแบบสัมภาษณ์ โดยช่วงเวลาในการสัมภาษณ์จะใช้เวลาหลังจากที่กลุ่มตัวอย่างสะดวก

และไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ใช้เวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 10-15 นาที บันทึกผลการสัมภาษณ์ในแบบสัมภาษณ์ทันทีขณะสัมภาษณ์

โดยเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบความจำของคนแตกต่างกัน บางคนก็ยาว บางคนก็สั้นแต่โดยเฉลี่ยแล้วจะได้ยาวประมาณ 7 หน่วย บางคนอาจจำได้มากกว่านี้ บางคนได้น้อยกว่านี้ แต่ก็จะอยู่ในช่วง 7 (+/-) 2 หน่วย (Magic number of seven)

3. การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

การเก็บตัวอย่างเลือด โดยผู้วิจัยได้ประสานกับทางบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อนัดหมายให้กลุ่มตัวอย่าง เข้ารับการเจาะเลือด และผู้วิจัยได้ชี้แจงเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและผลกระทบที่กลุ่มตัวอย่างจะได้รับที่อาจเป็นไปได้ โดยผู้วิจัยจะนำหนังสือให้กลุ่มตัวอย่างเซ็นใบอนุญาตยินยอมให้เก็บตัวอย่างเพื่อเป็นหลักฐาน ก่อนการเก็บตัวอย่างเลือด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้เลือดปริมาณ 10 มิลลิลิตร โดยให้ นักเทคนิคการแพทย์ เป็นผู้เจาะเลือดจากกลุ่มตัวอย่าง ที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนการเก็บตัวอย่างเลือดดังต่อไปนี้

3.1 วิธีเตรียมผู้ถูกเจาะเลือดก่อนเจาะเลือด

3.1.1 ให้ผู้ถูกเจาะเลือดล้างแขนและมือทั้งสองข้างด้วยสบู่ ล้างด้วยน้ำให้สะอาด

3.1.2 ปล่อยแขนและมือให้แห้งเองระวังไม่ให้มีการปนเปื้อน

3.2 วิธีการเจาะเลือด

3.2.1 การเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ บริเวณข้อพับของข้อศอกให้ผู้ถูกเจาะเลือดวางแขนที่จะเจาะบนโต๊ะโดยใช้หมอนรองแขนหนุนตรงใต้ข้อศอกใช้สายยางรัดเหนือตำแหน่งที่จะเจาะหลาย ๆ นิ้ว เช็ดทำความสะอาดบริเวณที่จะเจาะเลือดด้วยแอลกอฮอล์ 70% และปล่อยให้แห้ง

3.2.2 เจาะเลือด

3.2.2.1 กรณีใช้เข็มสองปลาย ต่อเข็มเข้ากับปลอกไซริงค์ (Holder) (เป็นพลาสติกคล้ายไซริงค์ที่ดึงเอา Plunger ออก) โดยหมุนเกลียวเข็มให้เข้ากับปลอกไซริงค์ จากนั้นแทงเข็มเข้าเส้นเลือดดำแล้วจึงใส่หลอดสุญญากาศเข้าไปในปลอกไซริงค์ที่มีปลายเข็มอีกด้านหนึ่ง กดที่ก้นหลอดสุญญากาศให้ปลายเข็มอีกด้านหนึ่งในปลอก ไซริงค์แทงทะลุหลอดสุญญากาศ จะเห็นเลือดพุ่งเข้าสู่หลอดสุญญากาศ รอจนหมดสุญญากาศเลือดจะหยุดพุ่ง จากนั้นจึงดึงเอาหลอดสุญญากาศออกจากปลอกไซริงค์พร้อมถอดเข็มออกจากแขน

3.2.2.2 กรณีใช้เข็มและไซริงค์ ต่อเข็มเข้ากับไซริงค์ ใช้มือข้างที่ถนัดจับตัวไซริงค์ ดันลูกสูบลงไปให้สุด เพื่อป้องกันไม่ให้มีอากาศหลงเหลืออยู่ภายใน จากนั้นแทงเข็มเข้าเส้น

เลือดดำ จะสังเกตพบมีเลือดไหลสู่โคนเข็มให้เห็นจำนวนเล็กน้อย ใช้มืออีกข้างค่อย ๆ ดึงลูกสูบออกช้า ๆ ให้ได้เลือดตามปริมาณที่ต้องการ

3.2.2.3 เมื่อได้เลือดพอแล้วปลดสายยางรัดออก และให้ผู้ถูกเจาะคลายมือ

3.2.2.4 ใช้สำลีปราศจากเชื้อแห้งปิดด้านบนที่จะดึงเข็มออก และดึงเข็มออกอย่างรวดเร็วและเบามือ

3.2.2.5 ให้ผู้ถูกเจาะกดสำลีลงบริเวณที่ถูกเจาะเบาๆจนเลือดหยุดไหล (ประมาณ 3-5 นาที) ห้ามไม่ให้พับแขนเพราะอาจจะทำให้เกิดการบวม (เป็นก้อนสีม่วง) บริเวณที่ถูกเจาะได้ง่าย

3.2.2.6 กรณีที่ใช้ไซริงค์และหลอดเก็บเลือดสุญญากาศ ให้แทงเข็มลงที่ฝาของหลอดสุญญากาศเลือดจะไหลเข้าไปเอง ปลดหัวเข็มออกจากไซริงค์หรือปลอกไซริงค์ ใส่ในกระป๋องใส่หัวเข็ม

3.2.2.7 เมื่อใส่เลือดลงหลอดเก็บเลือดแล้ว

1) ถ้าใช้ Vacuum tube ฝาจุกสีเขียว หรือฝาจุกสีม่วงให้พลิกหลอดเลือดกลับไป-มา เบา ๆ อย่างน้อย 10 ครั้ง เพื่อให้เลือดผสมกับสารกันเลือดแข็งได้ดีที่สุดและเลือดไม่แข็งตัว

2) ถ้าใช้ Vacuum tube ฝาจุกสีแดงให้นำหลอดเก็บเลือด วางตั้งทิ้งไว้ในตระแกรง (Rack) เพื่อให้น้ำเหลืองแยกชั้นออกจากเม็ดเลือดแดง

3.2.2.8 ตรวจสอบหมายเลข ชื่อ-นามสกุล ของผู้ถูกเจาะเลือดที่ติดบนหลอดเก็บเลือดและ ใบส่งตัวอย่างทางชีวภาพต้องตรงกันพร้อมบันทึกรายละเอียดลงในใบส่งตัวอย่างทางชีวภาพ

3.3 การเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการ

หลังจากเจาะเลือดแล้ว ผู้วิจัยได้เรียงหลอดเก็บเลือดในตะแกรงตามลำดับหมายเลขที่บันทึกในใบส่งตัวอย่างทางชีวภาพ โดยในระหว่างขนส่งจากสถานที่เก็บตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการวิเคราะห์นั้น เลือดจะถูกเก็บไว้ในกล่องเก็บความเย็น ที่ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเลือดแต่ละหลอดบรรจุในหลอดกันเลือดแข็งชนิด Hiparin แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1.1 ตัวอย่างเลือดที่บรรจุในหลอดที่มี EDTA ปริมาณ 2 มิลลิลิตร เพื่อตรวจหาความสมบูรณ์ของเลือด การทำงานของตับและไต โดยเก็บหลอดตัวอย่างไว้ในกล่องเก็บความเย็น ที่ 4 องศาเซลเซียส นำส่งที่ห้องปฏิบัติการทางโลหิตวิทยา โรงพยาบาลเขื่องใน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี ภายใน 24 ชั่วโมง

3.1.2 ตัวอย่างเลือดที่บรรจุในหลอดที่มี EDTA ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด (จำนงค์ ธนะภพ และคณะ, 2558) ถูกเก็บไว้ในกล่องเก็บ

ความเย็น ที่ 4 องศาเซลเซียส พร้อม Ice pack นำส่งที่ ห้องปฏิบัติการ บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด จังหวัดชลบุรี ภายใน 24 ชั่วโมง

3.1.3 ตัวอย่างเลือดที่บรรจุในหลอดที่ไม่มี EDTA ปริมาณ 3 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) (Marianti et al., 2016) ถูกเก็บไว้ในกล่องเก็บความเย็น ที่ 4 องศาเซลเซียส พร้อม ice pack นำส่งที่ห้องปฏิบัติการ บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด จังหวัดชลบุรี ภายใน 24 ชั่วโมง

3.4 การเก็บรักษาตัวอย่างเลือด

3.4.1 เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4–8 องศาเซลเซียส ได้ 30 วัน

3.4.2 เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า -20 ถึง -70 องศาเซลเซียส (ช่องน้ำแข็ง) ได้มากกว่า 1 เดือน

4. การเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณฝุ่นโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน

ผู้วิจัยได้ประสานตัวแทนอาสาสมัครประจำหมู่บ้านเพื่อประสานกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อขออนุญาตเข้าไปเก็บตัวอย่างฝุ่นโลหะหนัก เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในพื้นที่การทำงาน ในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณฝุ่นโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ในสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยใช้วิธีการตรวจวัดปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิว (Surface Wipe Samples) การเก็บตัวอย่างฝุ่นตะกั่วจะใช้ วิธีมาตรฐานของ NIOSH method 9100 NIOSH Method 9105, NIOSH Method 7048, NIOSH Method 9102 ตามลำดับ การวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง โดยวิธี Inductively Coupled Plasma (ICP) Spectrometric Method โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 สำรวจพื้นที่เป้าหมายที่จะดำเนินการเก็บตัวอย่างเพื่อกำหนดบริเวณที่จะทำการเก็บตัวอย่าง

4.1.2 ก่อนการเก็บตัวอย่างควรสวมถุงมือยางเพื่อป้องกันการปนเปื้อนฝุ่นโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล แล้วใช้กรอบ กระดาษที่มีขนาด 10 cm x 10 cm วางบนพื้นพร้อมติดเทปกาวในบริเวณที่กำหนด

4.1.3 ตัดหรือฉีกซองเก็บตัวอย่าง Wipe ด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการฉีกขาด เพื่อนำมาใช้ ในการเก็บตัวอย่าง

4.1.4 นำกระดาษเก็บตัวอย่างเช็ดบนพื้นที่เป้าหมายโดยเป็นลักษณะรูปตัว S ในแนวนอนจากซ้ายไปขวาแล้วพับกระดาษลดครึ่งหนึ่งโดยพับด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างไว้ด้านใน

4.1.5 นำกระดาษเก็บตัวอย่างเช็ดบนพื้นที่เป้าหมาย โดยเป็นลักษณะรูปตัว S ในแนวตั้งจากบนลง ล่างแล้วพับกระดาษลดครึ่งหนึ่ง โดยพับด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างไว้ด้านใน

4.1.6 นำกระดาษเก็บตัวอย่างเช็ดบนพื้นที่เป้าหมาย โดยเป็นลักษณะรูปตัว S จากซ้ายไปขวาและ บริเวณขอบของกรอบกระดาษ (Template) แล้วพับกระดาษลดครึ่งหนึ่ง โดยพับด้านที่ใช้เก็บ ตัวอย่างไว้ด้านใน

4.1.7 นำกระดาษเก็บตัวอย่างม้วนใส่ในหลอดเก็บตัวอย่าง ติดฉลากกำกับ นำส่งตัวอย่างมาวิเคราะห์ไปยังห้องปฏิบัติการ บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด MET CO.,LTD. จังหวัดนนทบุรี หมายเหตุ: ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง จะต้องเตรียมตัวอย่างสำหรับการควบคุมคุณภาพ (Field Blank)ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้ง โดยควรมีการเตรียม Field Blank อย่างน้อยร้อยละ 10 แต่ไม่ต่ำกว่า 2 ตัวอย่าง โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับการเก็บตัวอย่างปกติทุกประการ

4.2 ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ (Acceptable Surface Level) โดย OSHA Tech Manual ได้กำหนดค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ (Time Weight Average; TWA) ดังนี้

4.2.1 ปริมาณฝุ่นตะกั่วบนพื้นผิวปฏิบัติงาน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 500 $\mu g/m^3$

4.2.2 ปริมาณฝุ่นแคดเมียมบนพื้นผิวปฏิบัติงาน น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 $\mu g/m^3$

4.2.3 ปริมาณฝุ่นนิกเกิลบนพื้นผิวปฏิบัติงานไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด

4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

4.3.1 กระดาษเก็บตัวอย่างฝุ่นโลหะหนักได้แก่ Pb, Cd, Ni (Ghost wipes)

4.3.2 หลอดเก็บตัวอย่าง

4.3.3 กรอบกระดาษ (Template) ขนาด 10x10 cm

4.3.4 ถุงมือยางชนิดไม่มีฝุ่นแป้ง

4.3.5 กระดาษติดป้ายชื่อ

4.3.6 ปากกาสีแบบคงทน (Permanent pen)

4.3.7 ถุงพลาสติก

4.3.8 เทปกาว กรรไกร

4.3.9 ถุงครอบรองเท้า

4.3.10 กล่องเก็บอุปกรณ์

4.3.11 แบบฟอร์มการส่งตัวอย่าง Ghost wipes เพื่อส่งไปยังห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างเลือดและฝุ่น ไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์หาระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นที่การทำงาน ในเลือด ผลเลือดทางชีวเคมี ได้แก่ การทำงานหน้าที่ของเม็ดเลือด ตับ และไต และ Monoamine Oxidase โดยในการวิเคราะห์ดังกล่าวมีขั้นตอนและค่ามาตรฐานดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในพื้นที่การทำงาน

การตรวจวัดตะกั่วในสิ่งแวดล้อม การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นตะกั่วแคดเมียม และนิกเกิล ในอากาศ เฉพาะที่บริเวณทำงาน ในครั้งนี้ผู้วิจัย อ้างอิง OSHA Method ID-125G Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres การวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง โดยวิธี Inductively Coupled Plasma Spectrometric (ICP) Method วิเคราะห์โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ที่ห้องปฏิบัติการ บริษัท เอ็ม อี ที จำกัด (MET CO., LTD.) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ข้อควรระวังเพื่อความปลอดภัย

1.1.1 เตรียม 1: 1 H_2SO_4 ใน DI H_2O อย่างระมัดระวัง

1.1.2 ใช้ขวดที่ทนความร้อนได้ 1 หรือ 2 ลิตร

1.1.3 สวมถุงมือยางแบบหนา ผ้ากันเปื้อนพลาสติก เสื้อปฏิบัติการสำหรับห้องปฏิบัติการ และกระบังหน้า

1.1.4 เติม DI H_2O 500 มล. ลงในขวด

1.1.5 วางขวดบนท่อระบายน้ำในอ่างที่มีช่องระบายอากาศเพื่อให้ระบายอากาศเริ่มเปิดน้ำประปาเย็นที่ด้านข้างของขวด ระวังอย่าให้ก๊อกน้ำโดนน้ำ น้ำในขวด ให้ระดับน้ำขึ้นในอ่างเพื่อให้ความเย็นของขวด

1.1.6 ค่อย ๆ เริ่มเติม H_2SO_4 เข้มข้น 500 มล. ลงใน DI H_2O อย่างระมัดระวังและช้า ๆ เติมปริมาณเล็กน้อย หมุนคลุกเคล้า และปล่อยให้เนื้อหาเย็นลง อย่าให้เดือดสารละลายภายในภาชนะ

1.1.7 หลังจากเติมกรดแล้ว ให้ปิดฝาขวดให้หลวมแล้วปล่อยให้อยู่ในอ่างด้วยน้ำไหลอย่างน้อย 15 นาที ปล่อยให้สารละลายเย็นลงถึงห้องอุณหภูมิ.

1.1.8 บีกเกอร์ผนังหนา แท่งกวนเคลือบเทฟลอน กวนอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องระบายอากาศเครื่องดูดควันยังสามารถใช้เพื่อเตรียม 1: 1 H_2SO_4 หากใช้ข้อควรระวังเพื่อป้องกันความร้อนสูงเกินไปและการกระเซ็นของสารละลา

1.1.9 ย่อยตัวอย่างทั้งหมดภายในเครื่องดูดควันที่เหมาะสม

1.1.10 เพื่อป้องกันการกระเซ็น ให้เติม H_2O_2 (30%) ลงในบีกเกอร์ในกลุ่มหยด 2 ถึง 3 กลุ่ม

1.1.11 กรดเปอร์คลอริกที่เติมลงในสารอินทรีย์สามารถทำให้เกิดไฟไหม้และหรือระเบิดได้ หากสารละลาย $HClO_4$ มีสีเข้มขึ้นในขณะที่ให้ความร้อน ให้นำบีกเกอร์ออกจากเตาทันทีและเติม HNO_3 จำนวนเล็กน้อยอย่างระมัดระวัง ใช้ $HClO_4$ ในท่อดูดอากาศที่ออกแบบและสงวนไว้เท่านั้น สำหรับการใช้งาน $HClO_4$

1.2 อุปกรณ์

1.2.1 อาร์กอนพลาสมาคู่ต่อแบบเหนี่ยวนำ หรือสเปกโตรมิเตอร์อ่านตรงแบบปล่อยอะตอมมิก หน่วยทำความเย็นสำหรับการประกอบคบเพลิง คอมพิวเตอร์และเครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ

1.2.2 เครื่องพ่นยา

1.2.3 เครื่องสุ่มตัวอย่างอัตโนมัติ

1.2.4 ปั๊มรีดท่อ (อุปกรณ์เสริม) ใช้ปั๊มหนึ่งตัวเพื่อล้างตัวอย่างอัตโนมัติ ใช้ปั๊มอีกตัวเพื่อป้อนตัวอย่างเข้าไปในเครื่องพ่นฝอยละออง

1.2.5 Mass flow controller (อุปกรณ์เสริม) ใช้ตัวควบคุมเพื่อควบคุมการไหลของอาร์กอนของ nebulizer และอัตราการดูดตัวอย่าง

1.2.6 บีกเกอร์ทรงกรวยแก้วบอโรซิลิเกต 125 และ 250 มล.

1.2.7 ขวดปริมาตรแก้ว Borosilicate, 25-, 50-, 100-, 250-mL และ 1- หรือ 2-L ใช้ขวดขนาดใหญ่กว่าสำหรับการเตรียมมาตรฐาน

1.2.8 ขวดหนา 1 หรือ 2 ลิตรทนความร้อนและแตกได้

1.2.9 ตัวกรองผสมเซลลูโลสเอสเทอร์ (ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร) และอุปกรณ์กรอง ใช้ระบบนี้เพื่อขจัดอนุภาคที่ละลายน้ำได้ออกจากสารละลายตัวอย่าง

1.2.10 Hot plate สามารถเข้าถึง 300 EC

1.2.11 ปิเปตปริมาตร แก้วขนาดต่าง ๆ

1.2.12 เครื่องชั่งวิเคราะห์ (0.01 มก.)

1.3 รีเอเจนต์

1.3.1 DI H_2O

1.3.2 สิ่งเจือปนเข้มข้น (H_2SO_4) กรดที่เป็นส่วนประกอบ (HCl) ไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก (HClO4)

1.3.3 เตรียมโซลูชัน 1: 1 H_2SO_4 (V/ V)

1.3.4 สารละลายเจือจางตัวอย่างหรือรีเอเจนต์เปล่า (8% HCl/ 4% H_2SO_4): ในท่อไอเสีย ค่อยๆ เติม H_2SO_4 เข้มข้น 40 มล. ลงใน DI H2O ประมาณ 500 มล. ที่บรรจุในขวดที่มีผนังหนา ทนความร้อน ปล่อยให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง ช้า ๆ และระมัดระวัง เติม HCl เข้มข้น 80 มล. ปล่อยให้เย็น และเจือจางเป็น 1 ลิตรด้วย DI H_2O

1.3.5 สารละลายสต็อค 1,000 µg/ mL สำหรับการเตรียมองค์ประกอบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน

1.3.6 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2), 30%

1.3.7 Argon คุณภาพตามที่ผู้ผลิต ICP กำหนด

หมายเหตุ: ผู้ผลิตบางรายใช้สารประกอบออร์กาโนตินเพื่อทำให้ H_2O_2 เสถียร เนื่องจาก Sn เป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่คัดกรอง ให้ใช้ H_2O_2 ที่ไม่มีสารทำให้คงตัวประเภทนี้

1.4 Standard preparation เตรียม Prepare multielement calibration standards (STD) และ continuing calibration verification (CCV) โดยใช้สารละลายสต็อก 1,000 หรือ 10,000 ไมโครกรัม/ มล. มาตรฐานการตรวจสอบการสอบเทียบอิสระ (ICV) คือส่วนผสมขององค์ประกอบที่มีความเข้มข้น ภายในช่วงเชิงเส้นเชิงวิเคราะห์ตามลำดับและใช้เพื่อตรวจสอบมาตรฐานการสอบเทียบ เมื่อใดก็ตามที่เป็นไปได้ ให้เตรียมมาตรฐาน independent calibration verification (ICV) จากสารละลายสต็อคที่แตกต่างจากที่ใช้สำหรับมาตรฐานการสอบเทียบ มาตรฐาน ICV ควรมีองค์ประกอบและความเข้มข้นที่สะท้อนถึงสิ่งที่คาดหวังในส่วนใหญ่ของ ตัวอย่างหรือองค์ประกอบของปัญหา ความเข้มข้นของกรดสุดท้ายของมาตรฐาน STD, CCV และ ICV คือ 8% HCl/ 4% H_2SO_4 มาตรฐานเหล่านี้ควรมีเสถียรภาพเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือน

1.5 Sample preparation ความเข้มข้นของกรดสุดท้ายสำหรับเมทริกซ์ ตัวอย่างที่แตกต่างกันควรเป็น 8% HCl/ 4% H2SO4 องค์ประกอบทั้งหมดที่ตรวจสอบความถูกต้องสามารถละลายได้เมื่อใช้ขั้นตอนการย่อยกรดต่อไปนี้ ควรประเมินองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่รวมอยู่ในรายการองค์ประกอบที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว เพื่อความสามารถในการละลายและความเสถียรก่อนใช้ขั้นตอนเหล่านี้

หมายเหตุ: คำขอให้วิเคราะห์สารประกอบที่มี PEL ที่ระบุเฉพาะส่วนที่ละลายได้ (เช่น Fe, Ni, Mo เป็นต้น) จะได้รับการวิเคราะห์โดยใช้วิธี OSHA หมายเลข ID-121 ไม่ใช่ด้วยวิธีนี้

1.5.1 Mixed-cellulose ester (MCE) membrane filters

1.5.1.1 ถ้าบีกเกอร์ที่ใช้สำหรับการย่อยอาหารไม่ได้รับการทำความสะอาดโดยใช้ระบบอัตโนมัติที่เหมาะสม ให้ทำความสะอาดด้านในของบีกเกอร์ทรงกรวยขนาด 125 มล. โดยรีฟลักซ์ 1: 1 HNO3 โดยใช้จานร้อนในเครื่องดูดควันที่มีอากาศถ่ายเท ค่อยๆ เท 1: ใช้ 1: 1 HNO_3 ลงใน

ภาชนะที่ติดฉลากอย่างเหมาะสม ปล่อยให้บีกเกอร์เย็นลง จากนั้นล้างด้วย DI H_2O หลายๆ ครั้ง แล้วปล่อยให้แห้ง

1.5.1.2 ถ่ายฝุ่นที่หลุดออกจากตลับอย่างระมัดระวังไปยังบีกเกอร์ที่ติดฉลากการใช้คีมย้ายตัวกรองตัวอย่างไปยังบีกเกอร์สำหรับย่อยอาหารเดียวกัน หากแผ่นสำรองสกปรก ให้รวมไว้กับตัวกรองตัวอย่าง หากมีฝุ่นผง ให้ล้างส่วนบนของตลับ ด้วย DI H_2O จำนวนเล็กน้อย แล้วเทน้ำลงในบีกเกอร์ด้วยตัวกรองตัวอย่าง เช็ดส่วนบนของตลับ (และวงแหวน ถ้ามี) ออกด้วยพื้นผิวภายในด้วย Smear Tab ที่สะอาด (หรือ 1 × 2) ส่วนนิ้วของ Ghost Wipe) ที่ชุบ DI H_2O แล้ววางลงในบีกเกอร์ย่อยเดียวกันกับการล้างและตัวกรองตัวอย่าง ในทำนองเดียวกัน ให้เช็ดพื้นผิวด้านล่างของ Cassette ออกหาก Cassette มีฝุ่นหลวมหรือหากแผ่นสำรองปนเปื้อน ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างเปล่าโดยใช้วัสดุและขั้นตอนเดียวกันกับที่ใช้สำหรับตัวอย่างอากาศ

1.5.1.3 สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาตรอากาศ >200 ลิตร: เติม H_2SO_4 ปริมาณ 4 มิลลิลิตรของ 1:1 H_2SO_4 ตามด้วย HNO_3 เข้มข้น 2 มล. ลงในบีกเกอร์แต่ละอันที่มีตัวอย่างตัวกรอง สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาตรอากาศ 200 ลิตร: เติม 2 มล. เป็น 1: 1 H_2SO_4 ตามด้วย HNO_3 เข้มข้น 2 มล.

1.5.1.4 ปล่อยให้ตัวกรองนั่งอย่างน้อยหนึ่งชั่วโมงใน 1: 1 H_2SO_4 เติม H_2O_2 (30%) หลายหยดลงในบีกเกอร์แต่ละอันก่อนวางลงบนจานร้อนอุ่นบีกเกอร์บนจานร้อนประมาณ 10 นาที สารละลายควรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

1.5.1.5 เติม H_2O_2 อย่างระมัดระวังในกลุ่ม 2- ถึง 3 หยด จนกว่าสารละลายแต่ละชนิดจะใส ไม่มีสี หรือเหลืองเล็กน้อย (สีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของสารวิเคราะห์ที่มีอยู่)

1.5.1.6 ให้ความร้อนต่ออีกหลาย ๆ นาทีจนควันสีขาวของ SO_3 ที่หนาแน่นปรากฏขึ้น นำบีกเกอร์ออกจากเตาและปล่อยให้เย็น

1.5.1.7 ค่อย ๆ เติม HCl เข้มข้นตามจำนวนต่อไปนี้อย่างระมัดระวัง (ข้อควรระวัง: การกระเด็นอาจเกิดขึ้นหาก HCl ถูกเพิ่มอย่างรวดเร็วเกินไป หรือสาร H_2SO_4 ยังร้อนอยู่):

Acid addition data

Acid volume	Air volume
4 mL	>/200 L
3 mL	>200 L

1.5.1.8 ล้างด้านข้างของบีกเกอร์ด้วย DI H_2O และนำบีกเกอร์กลับไปที่เตาอุ่นบีกเกอร์จนใกล้เดือดเพื่อส่งเสริมการละลายขององค์ประกอบทั้งหมด นำบีกเกอร์ออกจากเตาและปล่อยให้เย็น

1.5.1.9 ถ่ายเทสารละลายลงในขวดปริมาตรโดยใช้ DI H_2O ในเชิงปริมาณ สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาตรอากาศ > 200 ลิตร ให้เจือจางเป็น 50 มล. ปริมาตร 200 ลิตร ให้เจือจางเป็น 25 มล. หากตัวกรองมีวัสดุจำนวนมาก ให้เจือจางเป็น 50 มล.

หมายเหตุ การปนเปื้อนของแผ่นรองสำรองอาจเกิดจากการรั่วของอากาศรอบ ๆ แผ่นกรองระหว่างการสุ่มตัวอย่าง

1.6 Wipe or Polyvinyl Chloride (PVC) Filter Sample

ตัวกรองโพลีไวนิลคลอไรด์สามารถใช้สำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ตัวอย่างโดย ICP นักวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการอาจสุ่มตัวอย่างสำหรับการวัดปริมาณฝุ่นทั้งหมดหรือควันจากการเชื่อมทั้งหมดโดยใช้ตัวกรอง PVC และส่งตัวอย่างเหล่านี้เพื่อการวิเคราะห์ ICP หากจำเป็นต้องใช้น้ำหนักตัวอย่าง

1.6.1 ถ้าบีกเกอร์ที่ใช้สำหรับการย่อยอาหารยังไม่ได้รับการทำความสะอาดโดยใช้ระบบอัตโนมัติที่เหมาะสม ให้ล้างกรดไหลย้อน 1: 1 HNO_3 ใน 250 มล. (สำหรับทิชชู่เปียก) หรือ 125 มล. (สำหรับตัวกรองพีวีซี) บีกเกอร์ทรงกรวย และปล่อยให้เย็น ล้างบีกเกอร์หลาย ๆ ครั้งด้วย DI H2O แล้วปล่อยให้แห้ง

1.6.2 วางตัวกรองแต่ละตัวหรือเช็ดในบีกเกอร์ที่ล้างแยกต่างหาก

1.6.3 เพิ่มจำนวนที่เหมาะสมของ 1: 1 H_2SO_4 ตามรายการด้านล่าง

1.6.4 เติม HNO_3 เข้มข้น 10 มล. ลงในบีกเกอร์แต่ละอัน วางบีกเกอร์บนจานร้อน

1.6.5 เพิ่ม H_2O_2 ในกลุ่ม 2- ถึง 3 หยด ตัวกรองและผ้าเช็ดทำความสะอาด PVC ต้องการ H_2O_2 มากขึ้นสำหรับการย่อยอาหารกว่าตัวกรอง MCE

1.6.6 หากปฏิบัติตามข้อควรระวังในการย่อย $HClO_4$ (ข้อ 4) $HClO_4$ สามารถ 1-2 มล. ตัวกรอง PVC จะไม่ย่อยอย่างสมบูรณ์หากไม่เติม $HClO_4$ ดังนั้น ให้ล้างสิ่งตกค้างของตัวกรองอย่างทั่วถึงด้วย DI H_2O ระหว่างการถ่ายโอนสารละลายตัวอย่างในเชิงปริมาณ

1.6.7 ปล่อยให้ตัวอย่างที่ย่อยแล้วเย็นลงและค่อยๆ เติม HCl เข้มข้นในปริมาตรเดียวกันกับ H_2SO_4 1: 1 ที่ใช้ในหัวข้อ 3 ขั้นตอนที่ 3 ข้างต้น

1.6.8 ล้างด้านข้างของบีกเกอร์ด้วย DI H_2O แล้วตั้งไฟจนเดือด

1.6.9 หลังจากที่บีกเกอร์เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง สารละลายเจือจางที่ย่อยแล้วเจือจางเป็น 100 มล.เจือจางสารละลายตัวกรองพีวีซีจนถึงปริมาตรสุดท้ายตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 1.6.1

1.7 Ghost Wipes

1.7.1 หากบีกเกอร์ที่ใช้สำหรับการย่อยอาหารไม่ได้รับการทำความสะอาดโดยใช้ระบบอัตโนมัติที่เหมาะสม ให้นำ HNO_3 ไหลย้อน 1: 1 ในบีกเกอร์ทรงกรวย 125 มล. ล้างและปล่อยให้เย็น ล้างบีกเกอร์ หลาย ๆ ครั้งด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วปล่อยให้แห้ง

1.7.2 วาง Ghost Wipe แต่ละรายการในบีกเกอร์ล้างแยกต่างหาก

1.7.3 เพิ่ม 4 มล. ของ 1:1 H_2SO_4 ลงในบีกเกอร์แต่ละอัน ปล่อยไว้5 นาที

1.7.4 เติมน้ำปราศจากไอออน 2 มล. ตามด้วย HNO_3 เข้มข้น 2 มล. ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ ให้หลังจากผ่านไป 15 นาที สามารถเพิ่ม HNO_3 เข้มข้นขึ้นได้มากถึง 8 มล. เพื่ออำนวยความสะดวกในการย่อยอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าตัวอย่างมีปริมาณมาก วางบีกเกอร์บนจานร้อน

1.7.5 เมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำอย่างระมัดระวัง ให้เติม H_2O_2 ในกลุ่ม 2 ถึง 3 หยด จนกว่าสารละลายแต่ละชนิดจะใส ไม่มีสี หรือเหลืองเล็กน้อย (สีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของสารที่วิเคราะห์) Ghost Wipes อาจต้องใช้มากกว่า ถึง 10 มล. H_2O_2 ก่อนที่สารละลายจะใส

1.7.6 การแก้ปัญหาความร้อนอีกหลายนาทีจนกระทั่ง SO_3 ควันขาว ปรากฏขึ้น นำบีกเกอร์ออกจากเตาให้ความร้อนและปล่อยให้เย็น

1.7.7 หลังจากที่ตัวอย่างเย็นลงอย่างระมัดระวัง ให้เติม HCl เข้มข้น 4 มล. ลงในบีกเกอร์แต่ละอัน

1.7.8 ล้างด้านข้างของบีกเกอร์ด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นให้ความร้อนอีกครั้งบนจานร้อนจนตัวอย่างใกล้เดือด

1.7.9 หลังจากที่บีกเกอร์เย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง ให้เจือจางสารละลาย Ghost Wipes ที่ย่อยแล้วเจือจางเป็น 50 มล.

1.8 Bulks

1.8.1 ตรวจทานเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของวัสดุที่มีอยู่เพื่อกำหนดการจัดการปริมาณมากอย่างปลอดภัย นอกจากนี้ ข้อมูลด้านความปลอดภัยอาจให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณส่วนย่อยที่จำเป็นสำหรับการตรวจจับองค์ประกอบที่น่าสนใจอย่างเพียงพอ

1.8.2 วัดโดยปริมาตรหรือน้ำหนักของส่วนลงตัวที่เหมาะสมของตัวอย่างที่เป็นของเหลวใด ๆ ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เป็นของแข็งในปริมาณที่เหมาะสม ชั่งน้ำหนักส่วนต่าง ๆ ของปริมาณสีใด ๆ โดยวางจำนวนเล็กน้อยบนตัวกรอง MCE ปล่อยให้อากาศแห้งแล้วจึงนำ น้ำหนักแห้ง **หมายเหตุ:** ปริมาณ Aliquot จะขึ้นอยู่กับความไวในการวิเคราะห์ ขีดจำกัดการตรวจจับ และความสามารถในการละลายของวัสดุที่ใช้ หากไม่แน่นอน คุณสามารถใช้ส่วนอะลิควอทของวัสดุที่เป็นของแข็ง 20 ถึง 50 มก. เป็นจุดเริ่มต้นได้ หากจำเป็น ให้ใช้ครกและสาก บดตัวอย่างอนุภาคที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันในท่อไอเสีย หลังการวัด ให้ย้ายส่วนหารไปยัง 250 มล. ที่ทำความสะอาดหรือล้างด้วยกรดก่อนหน้านี้บีกเกอร์ทรงกรวย

1.8.3 เพิ่ม 20 มล.ของ 1:1 H_2SO_4 และย่อยบนเตาให้ความร้อนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (หยด) และสามารถเติม HNO_3 สองสามมิลลิลิตรอย่างระมัดระวังเพื่อแยกเมทริกซ์ออก

ข้อควรระวัง: ห้ามเติม HNO_3 ลงในวัสดุเทกองแบบเปียกที่มีตัวทำละลายอินทรีย์ อาจเกิดปฏิกิริยาที่มีนัยสำคัญ

1.8.4 นำบีกเกอร์ออกจากเตาและปล่อยให้เย็น ค่อยๆ เติม HCl เข้มข้น 20 มล. แล้วอุ่นสารละลายจนเกือบเดือด

1.8.5 ปล่อยให้เย็นและถ่ายโอนในเชิงปริมาณไปยังขวดปริมาตร 250 มล. เจือจางเป็นปริมาตรด้วย DI H_2O

หากมีอนุภาคในสารละลายตัวอย่างใดๆ ให้กรองสารละลายนี้ผ่านตัวกรอง MCE (ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร) แล้วย่อยอนุภาคและตัวกรองอีกครั้ง บันทึกอนุภาคเพื่อการวิเคราะห์

1.9 การเริ่มต้นและการปรับเทียบเครื่องมือ

ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตในการเริ่มต้นและสอบเทียบเครื่องมือ ตัวอย่างของพารามิเตอร์การทำงานของ ICP แสดงอยู่ด้านล่าง การตั้งค่าเหล่านี้จะแตกต่างกันไปตามเครื่องมือ:

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์การทำงานของ ICP

Parameter setting procedures	**Sample substance**	**Times**
Gas used	Argon	
Gas flow	Plasma	12 - 16 L/min
(Rotameter settings)	Nebulizer	*
	Auxiliary Plasma	0.14 - 0.18 L/min
RF power	Incident	1.1 kW
	Reflected	<5 W
Observation height	Plasma	15 mm above work coil 3 to 10 s
Number Of exposures	Standards & Samples Solution	2 to 10
Nebulizer*	uptake rate Pressure	0.8 - 1.6 mL/min -30 psig
Mass flow controller	Flow rate range	Varies*
Integration time	Peak signal	60 s
Wash time	Automatic sampler (AS) without AS	10 s

* This flow will vary depending on the type of nebulizer in use.

1.9.1 ปฏิบัติตาม Standard Operating Procedure (SOP)

1.9.2 ได้กราฟการปรับเทียบแบบสองจุดโดยการพ่นสารมาตรฐานการทำงานเข้าไปในพลาสมาและการวัดความเข้มของการปล่อยอะตอม สำหรับเครื่องมือส่วนใหญ่ จะคำนวณความพอดีเชิงเส้นอันดับแรกของข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์และได้ค่าสัมประสิทธิ์ความชันและการสกัดกั้นมาตรฐานและตัวอย่างที่เหมาะสมระหว่างการวิเคราะห์

1.10 ขั้นตอนการวิเคราะห์

สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการวิเคราะห์ Standard Operating Procedure (SOP) หากจำเป็น ให้กำหนดขีดจำกัดการตรวจจับโดยใช้ซอฟต์แวร์ของผู้ผลิต (ถ้ามี) โดยปกติแล้ว ขีดจำกัดเหล่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาสั้น ๆ กฎทั่วไปคือให้คำนวณขีดจำกัดการตรวจจับใหม่เมื่อมีส่วนประกอบที่ครบถ้วน (Nebulizer, torch, mass flow controller) ของ ICP ถูกแทนที่หรือปรับแล้ว การคำนวณทั่วไปของขีดจำกัดการตรวจจับ (DL) จะปรากฏขึ้น:

$$DL = \frac{(K \times SDI \times C) \times S}{(I - I_0)}$$

S คือ ปริมาตรของสารละลายในหน่วย mL

K คือ ระดับความเชื่อมั่น (ค่าซิกมา) *

* ในกรณีส่วนใหญ่ K = 2 หรือ 3 สำหรับเชิงคุณภาพและ K = 10 สำหรับการกำหนดเชิงปริมาณขีดจำกัดการรายงานอาจเท่ากับหรือมากกว่าขีดจำกัดการตรวจจับที่คำนวณได้ ขีดจำกัดการรายงานควรได้รับการตรวจสอบทุกปีสำหรับแต่ละเมทริกซ์

SDI คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มของรีเอเจนต์ว่าง (Io)

C คือ ความเข้มข้นของมาตรฐานการสอบเทียบในหน่วย μg/ mL

I คือ ความเข้มข้นทั้งหมดของสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้น C

I_0 คือ ความเข้มของพื้นหลัง

1.10.1 การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอัตโนมัติอธิบายไว้ด้านล่าง:

1.10.1.1 เติมขวดตัวอย่างอัตโนมัติจนถึงปริมาณตัวอย่างขั้นต่ำสำหรับการวิเคราะห์หนึ่งครั้งและเรียกใช้ซ้ำอีกครั้ง

1.10.1.2 โหลดเครื่องเก็บตัวอย่างอัตโนมัติที่มีฉลากมาตรฐานและขวดบรรจุตัวอย่าง ควรมีการวิเคราะห์มาตรฐานการทำงานหลายองค์ประกอบหลังจากทุก 5 ถึง 6 ตัวอย่าง ควรมีการวิเคราะห์มาตรฐานการควบคุมเป็นครั้งคราวเพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือทำงานได้อย่างเหมาะสม หากองค์ประกอบหรือองค์ประกอบอยู่ในมาตรฐานควบคุม ไม่อยู่ในข้อกำหนด (กฎทั่วไป คือ การใช้

ค่าที่น้อยกว่า ± 10 ถึง 15% ของความเข้มข้นที่ทราบ) นักวิเคราะห์ควรปรับเทียบใหม่ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ต่อไป

1.10.1.3 ดูดตัวอย่างหรือสารมาตรฐานแต่ละรายการเป็นเวลาประมาณ 1 นาที ก่อนเริ่มรอบการเปิดรับแสง วิธีนี้ช่วยรับประกันความสมดุลในพลาสมาและลดผลกระทบจากการขนย้าย

1.10.1.4 เจือจางและวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีองค์ประกอบ (ทั้งที่ผ่านการคัดกรองและตรวจสอบแล้ว) อีกครั้ง ซึ่งเกินช่วงการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สังเกตขีดจำกัดบนที่ลดลง (8 ไมโครกรัม/ มล.) สำหรับตะกั่ว การแก้ไขระหว่างองค์ประกอบอาจไม่ถูกต้องเหนือการทำงาน ช่วงเตรียมการเจือจางเจือจางด้วย 8% HCl/ 4% H_2SO_4

1.10.1.5 ตามกราฟการสอบเทียบที่ได้รับในขั้นต้น ให้แปลงความเข้มของตัวอย่างเป็นความเข้มข้น จากนั้น ใช้ปริมาตรอากาศ ปริมาตรของสารละลาย ปัจจัยการเจือจาง และน้ำหนักตัวอย่าง คำนวณความเข้มข้นของแต่ละองค์ประกอบที่วิเคราะห์เป็น mg/ m^3 (ตัวอย่างอากาศ) ไมโครกรัมทั้งหมด (ผ้าเช็ดทำความสะอาด) หรือเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม (จำนวนมาก) โดยใช้สมการที่แสดงด้านล่าง

1.10.2 การคำนวณ (Calculations)

1.10.2.1 ปริมาณการวิเคราะห์ทั้งหมดในตัวอย่าง ตามสูตรดังนี้

$\mu g\ A = (\mu g/mL\ A) \times (mL\ S) \times (DF)$

$\mu g\ A$ คือ ผลรวมของการวิเคราะห์ในตัวอย่าง

$\mu g/\ mL\ A$ คือ ความเข้มข้นที่วัดได้ของการวิเคราะห์ในสารละลายตัวอย่าง (ได้มาจากกราฟการปรับเทียบ)

$mL\ S$ คือ ปริมาตรรวมของสารละลายที่วิเคราะห์

DF คือ ปริมาณของการเจือจางที่ใช้กับส่วนลงตัวของสารละลายเดิม (อัตราส่วนของปริมาตรสุดท้ายหารด้วยปริมาตรของส่วนลงตัว)

1.10.2.2 หาไม่แสดงค่าจะถูกลบออกจากแต่ละตัวอย่าง ตามสูตรดังนี้

$\mu g_C\ A = \mu g\ A - \mu g_b\ A$

$\mu g_C\ A$ คือ μg ของการวิเคราะห์ ช่องว่างที่ถูกแก้ไข

$\mu g_b\ A$ คือ μg ของการวิเคราะห์

สำหรับตัวอย่างอากาศ ความเข้มข้นของนักวิเคราะห์ในตัวอย่างจะแสดงเป็นมิลลิกรัมที่วิเคราะห์ต่อลูกบาศก์เมตรสำหรับแต่ละองค์ประกอบหรือสารประกอบที่วิเคราะห์: GF เป็นปัจจัยกราวิเมตริกสำหรับองค์ประกอบเหล่านั้นที่มี PEL ที่ระบุว่าเป็นออกไซด์ ปัจจัยกราวิเมตริก

สำหรับองค์ประกอบที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง คือ: 1.4298 for Fe_2O_3 1.2447 for ZnO 1.7852 for V_2O_5

แปลงนักวิเคราะห์ตัวอย่างจำนวนมากเป็น % องค์ประกอบโดยใช้: μgc A คือ ปริมาณการวิเคราะห์ (μg). ตัวอย่าง wt คือ aliquot (เป็นมิลลิกรัม) ของปริมาณมากในหัวข้อ 6.5.4

1.10.3 การรายงานผล

1.10.3.1 รายงานผลตัวอย่างอากาศเป็น mg/m^3 ผลลัพธ์สำหรับการวิเคราะห์ที่มี PEL เป็นออกไซด์จะรายงานเป็น mg/m^3 ของออกไซด์

1.10.3.2 ความเข้มข้นของตัวอย่าง Wipe จะคำนวณและรายงานเป็นไมโครกรัมรวมสำหรับแต่ละองค์ประกอบ

1.10.3.3 ผลลัพธ์ของตัวอย่างแบบกลุ่มจะคำนวณและรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของธาตุโดยน้ำหนัก (หรือปริมาตร หากใช้ส่วนลงตัวของของเหลว) เนื่องจากเมทริกซ์ตัวอย่างระหว่างกลุ่มและมาตรฐานมีความแตกต่างกัน ถูกรายงาน) สำหรับการวิเคราะห์จำนวนมากทั้งหมด อย่าใช้ปัจจัยกราวิเมตริก)

1.10.3.4 การกำหนดองค์ประกอบหรือสารประกอบที่คัดกรองจะไม่ถูกรายงานอย่างต่อเนื่อง การแก้ไขการรบกวนสเปกตรัมสำหรับการวิเคราะห์เหล่านี้ไม่ได้รวมอยู่และไม่ได้ดำเนินการตรวจสอบ หากตัวอย่างมีการวิเคราะห์ที่คัดกรองผ่าน PEL นักวิเคราะห์ ควรทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมของตัวอย่างเดิมเพื่อประเมินศักยภาพของการวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์หาระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และค่ามาตรฐาน

การวิเคราะห์ระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ Ortho Clinical Diagnostic, Vitros โดยวิธี Enzymatic, Drychem (Gressner,1982) โดยวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ บริษัท ออกซิแคร์ เมดิคอล เซ็นเตอร์ จำกัด จังหวัดชลบุรี (Occicare Medical Center) ค่ามาตรฐานระดับตะกั่วในเลือด อยู่ที่ 0 – 10 ug/Lแคดเมียมในเลือด อยู่ที่ 0 – 5 μg/L และนิกเกิลในเลือด 0 – 20 μg/dL (ACGIH,2020)

1. อุปกรณ์ที่ใช้

1.1 Partition graphite tube หรือ Plateau graphite tube

1.2 Hollow cathode lamp สำหรับตรวจสารตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล

1.3 สภาวะเครื่องมือ: โดยใช้สภาวะ (Method) ที่สร้างขึ้นในเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด

1.4 Vortex mixer หรือ Rotator

1.5 เครื่องชั่ง

1.6 Auto pipette ขนาด 5 - 1000 µL และ tip

1.7 Beaker ขนาด 50, 100 ml

1.8 Volumetric flask ขนาด 5, 10, 50 ml

1.9 Sample cup

1.10 Micro centrifuge tube ขนาด 1.5 ml

1.11 Ultrasonic bath

2. สารเคมี (สารเคมีที่ใช้ทั้งหมดต้องเป็น Analytical grade)

2.1 Triton x-100

2.2 Diammonium hydrogen phosphate

2.3 Lead standard Cadmium standard and Nickel standard

2.4 Ultra-pure (18 Ω) หรือน้ำที่ ผ่าน Reverse Osmosis หรือน้ำกลั่น 3 ครั้ง หรือน้ำที่ ไม่มีการรบกวนของสารตะกั่ว

2.5 ก๊าซที่ ใช้ Argon (Quality control sample, commercial blood)

3. วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

3.1 วิธีการเตรียม Modifier diluent solution เตรียมจากสาร ละลาย 0.1% (W/V) ของ Triron x- 100 และ 0.2 % (W/V) Diammonium hydrogen phosphate (NH_2) HPO

3.2 ชั่งสาร Triton –x 100 1 g ลงใน Volumetric flask ขนาด 1000 ml เติมน้ำ ประมาณ 20 ml นำไปอุ่นใน Water bath อุณหภูมิประมาณ 40 ° C จากนั้นชั่ง Diammonium hydrogen phosphate 2 g แล้วนำไปละลายน้ำจนกระทั่งละลายหมด แล้วเทผสมใน Volumetric flask ที่มีสาร Triton –x 100 อยู่ แล้ว จากนั้นปรับปริมาตรให้ ครบ 1000 ml

3.3 วิธีเตรียมสารมาตรฐาน (Standard preparation) ใช้ วิธีเตรียม Standard addition method

3.4 การเตรียม Standard ตะกั่วใน 2% HNO (เตรียมใน Volumetric flask ขนาด 10 ml)

การคำนวณ ใช้สูตร $N_1V_1 = N_2V_2$

4. วิธีการคือ

4.1 เตรียม STD จาก Stock Pb 1000 mg/l เตรียมให้ เป็น 10 mg/l เช่น นำ STD 1000 mg/l มา 0.1 ml เติมลงใน Volumetric flask ขนาด 10 ml จากนั้นเติม 2% HNO ลง ไปรับ ปริมาตรให้ ครบ 10 ml จะได้ STD 10 mg/l

4.2 การเตรียม STD ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ความเข้มข้น 10 mg/l ให้มีความ เข้มข้น 10, 20, 40, 60 µg/dl เตรียมโดย นำ STD ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ความเข้มข้น

10 mg/l ที่อยู่ ใน 2 % HNO มา เตรียม STD ใน 2% HNO อีกครั้งโดยทำให้อยู่ในระดับความเข้มข้น 10, 20, 40, 60 µg/dl ดังนี้

1) นำ STD ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 10 mg/dl มา 10 µl เติม 2% HNO_3 990 µl จะได้ ความเข้มข้น 10 µg/dl

2) นำ STD ตะกั่วแคดเมียม และนิกเกิล 10 mg/dl มา 20 µl เติม 2% HNO_3 980 µl จะได้ ความเข้มข้น 20 µg/dl

3) นำ STD ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 10 mg/dl มา 40 µl เติม 2% HNO_3 960 µl จะได้ ความเข้มข้น 40 µg/dl

4) นำ STD ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล 10 mg/dl มา 60 µl เติม 2% HNO_3 940 µl จะได้ ความเข้มข้น 60 µg/dl

4.3 การเตรียม Standard calibration curve

4.3.1 ปิเปตสารละลาย Modifier diluent 9 ส่วน (900 µl) ลงใน Micro centrifuge tube และ Standard ตะกั่ว

4.3.2 ของแต่ละความเข้มข้นที่ เตรียมไว้ 1 ส่วน (100 µl) ตามลำดับนำไปผสมให้ เข้ากันด้วย Vortex mixer แล้วเทสารละลายลง ใน Sample cup

4.4 วิธีการเตรียมตัวอย่างเลือด (Procedure)

4.4.1 นำตัวอย่างเลือดจากตู้ เย็นมาแช่ ใน Water bath อุณหภูมิ 30 -35°C นาน 15 นาที จากนั้น Sonicate ใน Ultrasonic bath นาน 15 นาที แล้วนำไปปั่นด้วย Vortex Mixer เพื่อทำตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกัน

4.4.2 ปิเปตสารละลาย Modifier diluent 9 ส่วน (900µl) ลงใน Microcentrifuge Tube จากนั้นเติมตัวอย่างเลือด 1 ส่วน (100µl) ลงไปแล้วนำไปเขย่าเข้ากันด้วย Vortex mixer แล้วเทใส่ลงใน Sample cup

4.4.3 นำไปวิเคราะห์หาระดับสารตะกั่วด้วยเครื่อง Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer โดยเรียงลำดับการวัดค่าดังนี้

1) วัด Reagent blank (Modified diluent solution)
2) ตรวจสอบ Sensitivity and repeatability
3) วัด Standard 4 ความเข้มข้น 10,20,40,60 µg/dl
4) วัด QC Sample
5) วัดตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง
6) วัด QC Sample (ทุก ๆ 10 ตัวอย่างคั่นด้วย QC Sample และทำ Duplicate ทุก ๆ ตัวอย่างที่ 10)

4.4.4 การคำนวณ Plot standard curve ระหว่างค่าความเข้มข้นและ peak height คำนวณปริมาณสารตะกั่วโดยใช้ Linear regression equation (y = ax+b) ตอบผลหน่วยเป็น µg/dl (เครื่องจะคำนวณให้)

4.5 การควบคุมคุณภาพ (Quality control)

4.5.1 ใช้ Lyophilized Human Blood เป็น QC Sample ซึ่งทางห้องปฏิบัติการสามารถจัดเตรียมได้ หรือใช้ SRM ของ Bio-Rad หรือ Seronorm นำไปวิเคราะห์ควบคู่กับตัวอย่างคั่นทุก ๆ 10 ตัวอย่าง ซึ่งผลการวิเคราะห์อยู่ในช่วง ±2 SD กรณี ใช้ QC sample ที่ไม่ ได้ระบุ SD กำหนดให้ ผลการวิ เคราะห์ อยู่ในช่วงไม่เกิน 95-105% ของค่า QC sample ที่ระบุ หากไม่ได้ ตามเกณฑ์ จะต้องปรับเครื่องทำ Standard curve ใหม่ จนได้ผลการวิเคราะห์ตามที่กำหนด

4.5.2 นำผล QC sample plot ลงใน Control chart เพื่อดูการเปลี่ยน แปลง

4.5.3 ทำ Duplicate ทุกตัวอย่างที่ 10 และค่า RPD ที่ได้ จาก Duplicate ต้องเท่ากับร้อยละ 10

4.5.4 เครื่องมือ เครื่องแก้ว เช่น Volumetric flask และ Auto pipett ต้องผ่านการสอบเทียบตามแผนการสอบเทียบ

4.5.5 ก่อนนำเครื่องแก้วและภาชนะพลาสติกมาใช้จะต้องผ่านการล้างแช่กรดไนตริก

4.5.6 ค่า Relation coefficient (R) ของ Calibration curve ที่ได้ต้องไม่น้อยกว่า 0.995

3. การวิเคราะห์ผลเลือดทางชีวเคมี ได้แก่ ระดับการทำงานของเอนไซม์ โมโนเอมีนออกซิเดส (Monoamine Oxidase; MAO) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การทำงานหน้าที่ของตับ การทำงานหน้าที่ของไต และค่ามาตรฐาน

3.1 การวิเคราะห์หาระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธี Enzymatic drychem เครื่อง Ortho clinical diagnostic, Vitros ค่ามาตรฐานระดับโมโนเอมีนออกซิเดส ต่ำกว่า 650 U/L (A.M. Gressner,1982) ซึ่งเป็นตระกูลของ Mitochondrial enzymes ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการปนเปื้อนออกซิเดชั่นของ Monoamines ความผิดปกติของ MAO นั้นคิดว่าเป็นสาเหตุของความผิดปกติของระบบประสาท ซึ่งหากพบว่า สารสื่อประสาท กลุ่มโมโนเอมีน ในระดับสูงจะมีผลต่อระบบการรู้คิด ความจำ การเรียนรู้ ในการทดสอบ MAO ทำปฏิกิริยากับ P-tyramine ซึ่งเป็นสารตั้งต้นสำหรับทั้ง MAO-A และ MAO-B ทำให้เกิดการก่อตัวของ H_2O_2 ซึ่งถูกกำหนดโดยวิธี Fluorimetric (**λ** ex = 530/ **λ** em = 585 nm)

นิยามหน่วย: MAO หนึ่งหน่วยเร่งการก่อตัวของ 1 1mole ของ H_2O_2 ต่อนาที ภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ

1) ขั้นตอนในการทดสอบ มีส่วนประกอบในการทดสอบ ดังต่อไปนี้

1.1) ชุดทดสอบนี้เพียงพอสำหรับการทดสอบ 100 ชุดในแผ่นหลุม 96 หลุม

Assay Buffer, pH 7.4	12 mL
Pargyline, 20 mM	50 µL
Clorgyline, 20 mM	50 µL
Hydrogen Peroxide, 3% H_2O_2	100 µL
p-Tyramine	120 µL
HRP Enzyme	120 µL
Dye Reagent	120 µL

1.2) อุปกรณ์ที่ต้องเตรียม ในการทดสอบหาระดับเอนไซม์โมโนเอมีนออกซิเดส (Monoamine oxidase)

1.2.1) แผ่นก้นเรียบ 96 จุดขอแนะนำให้ใช้แผ่นสีดำที่มีพื้นผิวที่ชัดเจนสำหรับการตรวจวัดการเรืองแสง

1.2.2) จานหลุม จำนวน 96 หลุม

1.2.3) แนะนำให้ใช้แผ่นดำที่มีพื้นผิวที่ชัดเจนสำหรับการตรวจวัดการเรืองแสง

1.2.4) เครื่องอ่านแผ่นฟลูออเรสเซนต์แบบหลายช่อง

ข้อควรระวังและข้อจำกัดความรับผิดชอบ ผลิตภัณฑ์นี้ใช้สำหรับการวิจัยและพัฒนาเท่านั้นไม่ใช่สำหรับยาเสพติดครัวเรือนหรือการใช้งานอื่น ๆ โปรดดูเอกสารข้อมูลความปลอดภัยเพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับอันตรายและการปฏิบัติที่ปลอดภัย

1.3) คำแนะนำการเตรียมการ

1.3.1) ใช้น้ำบริสุทธิ์พิเศษสำหรับการเตรียมน้ำยาทดสอบ

1.3.2) ปรับส่วนประกอบทั้งหมดให้เท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนใช้งาน

1.3.3) แกว่งขวดก่อนเปิด

1.3.4) เก็บหลอดละลายในน้ำแข็งในระหว่างการทดสอบ

1.4) การจัดเก็บข้อมูล/ ความเสถียร

1.4.1) ชุดนี้จัดวางบนน้ำแข็งแห้ง

1.4.2) หากต้องการให้เก็บ Assay Buffer และ Hydrogen Peroxide ที่อุณหภูมิ 2 ถึง 8 °C และส่วนประกอบอื่น ๆ ที่อุณหภูมิ –20 ° C

หมายเหตุ: Thiols (β-mercaptoethanol, dithioerythritol) > 10 µM จะรบกวนการทดสอบนี้และควรหลีกเลี่ยงในการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างควรปราศจากอนุภาคหรือตะกอน

1.5) ขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO)

MAO สามารถสกัดได้จากเนื้อเยื่อโดยการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันและการปั่นแยกแบบแยกส่วนเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ -80 ° C ก่อนที่จะทำการทดสอบความเข้มข้นของโปรตีนตัวยับยั้งสารตั้งต้นและเวลาในการฟักตัวอาจต้องมีการสร้างขึ้นสำหรับตัวอย่างที่กำหนด

1.5.1) การเตรียมสารยับยั้ง เพิ่ม 5 µL 20 mM สารยับยั้งลงไปในน้ำ 10 mL เพื่อสร้างโซลูชั่น 10 µM ซึ่งมี Clorgyline เป็นตัวยับยั้ง MAO-A และ pargyline เป็นตัวยับยั้ง MAO-B

1.5.2) การจัดเตรียมตัวอย่าง

1.5.2.1) เจือจางตัวอย่างตามที่ต้องการใน Assay buffer แบ่งส่วนตัวอย่าง
45 µL ออกเป็นสองหลุมแยกกันหนึ่งหลุมจะทำหน้าที่เป็นหลุมตัวอย่างและอีกหนึ่งหลุมจะทำหน้าที่เป็นตัวอย่างควบคุมบ่อ

1.5.2.2) เพิ่ม 5 µL น้ำในหลุมตัวอย่างและเพิ่ม 5 µL ของ 10 10M สารยับยั้งในการควบคุมดี ใช้ Clorgyline เมื่อทำการทดสอบกับ MAO-A และใช้ Pargyline เมื่อทำการทดสอบกับ MAO-B

1.5.2.3) ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นในแนวนอนหรือปิเปตแล้วบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

1.5.3) การเตรียมมาตรฐานไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1.5.3.1) เพิ่ม 5 µL ของ 3% H_2O_2 1,375 µL ของน้ำ

1.5.3.2) เจือจางอีก 5 µL ของสารละลาย $H_2 O_2$ ที่เจือจางด้วยน้ำ 795 µL เพื่อสร้างสารละลายมาตรฐาน 20 µM H_2O_2

1.5.3.3) เพิ่ม 0, 12.5, 25, และ 50 µL ของสารละลายมาตรฐาน 20 µM H_2O_2 ลงในหลุมแยกของแผ่นหลุม 96 และนำปริมาตรไปที่ 50 µL พร้อมกับสร้างน้ำ 0, 5, 10, 20 µM H_2O_2

1.5.4) ปฏิกิริยาการทดสอบ

1.5.4.1) ตั้งค่า Master reaction mix ตามรูปแบบในตารางที่ 1 50 µL ของ Master Reaction Mix สำหรับแต่ละตัวอย่างและปฏิกิริยามาตรฐาน (ดี)

1.5.4.2) เพิ่ม 50 µL ของ Master reaction mix ให้กับตัวอย่างแต่ละตัวอย่างการควบคุมตัวอย่างและหลุมมาตรฐาน ผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นในแนวนอนหรือปิเปตและบ่มปฏิกิริยา 20 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ป้องกันแผ่นจากแสงในระหว่างการบ่ม

1.5.4.3) วัดค่าฟลูออเรสเซนต์ (FLU) ของตัวอย่างและมาตรฐานที่ ex = 530/ λem = 585

หมายเหตุ: ในการคัดกรอง MAO inhibitors หรือ Characterize inhibitor potency (IC50) ให้ผสมสารละลาย 5 ofL 10 μM กับตัวอย่าง 45 μL และบ่มอย่างน้อย 10 นาทีเพื่อให้สารยับยั้งทำงานกับเอนไซม์ก่อนที่จะเพิ่มการทำงาน Reagent

ตารางที่ 8 ปริมาณการเตรียมสารเคมีเพื่อวิเคราะห์ทดสอบ

Reagent	Sample and Standards
Assay buffer	50 μL
P-tyramine	1 μL
HRP enzyme	1 μL
Dye reagent	1μL

1.5.4.5) การอ่านรายงานผล

Plot H_2O_2 standard curve and determine the slope (μM^{-1}). พล็อตกราฟมาตรฐาน H_2O_2 และกำหนดความชัน (μM^{-1})

หมายเหตุ: ต้องกำหนดเส้นโค้งมาตรฐานใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ MAO ในกลุ่มตัวอย่างถูกคำนวณดังนี้:

$$\text{MAO activity (units/L)} = \frac{FLU_{sample} - FLU_{control}}{\text{Slope} \times t}$$

FLU sample = Absorbance measured in unknown sample

FLU control = Absorbance measured in sample control (sample in presence of inhibitor)

Slope = Determined from calibration curve (μM^{-1}).

FLU sample = การดูดซับที่วัดในตัวอย่างที่ไม่รู้จัก

FLU control = การดูดซับที่วัดได้ในการควบคุมตัวอย่าง (ตัวอย่างต่อหน้าตัวยับยั้ง)

Slope = หาได้จากกราฟการปรับเทียบ (μM – 1)

t = เวลาฟักตัว (เช่น 20 นาที)

นิยามหน่วย: MAO หนึ่งหน่วยเร่งการก่อตัวของ 1 1mole ของ H_2O_2 ต่อนาทีภายใต้เงื่อนไขการทดสอบ

3.2 การวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ใช้การวิเคราะห์ด้วย Spectrophotometric ซึ่งมีพารามิเตอร์ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดขาว ได้แก่ นิวโตรฟิว (Neutrophil) ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) โมโนไซต์ (Monocyte) อิโอซิโนฟิลด์ (Eosinophil)) เบโซฟิล (Basophil) เม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ได้แก่ ฮีโมโกบิล (Hemoglobin) ฮีมาโตรคลิต (Hematocrit) และเกล็ดเลือด (Platelet) โดยใช้หลักการ Flow cytometry ร่วมกับ Laser scatter และ Chemical dye สำหรับตรวจวิเคราะห์เม็ดเลือดขาว หลักการ Colorimeter สำหรับวิเคราะห์ค่า ฮีโมโกลบิน และหลักการ Electrical Impedance สำหรับการตรวจวิเคราะห์ เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว Basophil และเกร็ดเลือด

3.3 การวิเคราะห์การทำหน้าที่ของตับ ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Automated analysis วิเคราะห์การทำงานของตับหาปริมาณเอนไซม์ คือ ALT (Alanine transaminase) หรือ Alanine aminotransferase แต่เดิมการแพทย์จะใช้คำว่า SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase) และ AST (Aspartate transaminase) หรือ Aspartate aminotransferase แต่เดิมการแพทย์จะใช้คำว่า SGOT (Serum glutamic oxaloacetic transaminase)

3.4 กรวิเคราะห์การทำงานของไต โดยใช้วิธีและหลักการวิเคราะห์ Two-Point Kinetic Method (Creatinine amidohydrolase) เพื่อหาปริมาณของCreatinine (Cr) และ Blood urea nitrogen (BUN)

ตารางที่ 9 ค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในร่างกาย ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ และการทำหน้าที่ของไต

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	**ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด**	**เกณฑ์ค่าปกติ**	
		เพศชาย	**เพศหญิง**
แยกชนิดและปริมาณตามเกณฑ์ของสมาคมโลหิตวิทยาของประเทศไทย	**ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC)** ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดแดง (Red blood cell) ได้แก่	13-18 mg/dL	12-16 mg/dL
	ฮีโมโกบิล (Hemoglobin)	13-17 g/dL	12-15 g/dL
	ฮีมาโตรคลิป (Hematocrit) (%)	36-45	38-50
	เกล็ดเลือด (Platelet)	150,000-450,000 ไมโครลิตร	
	ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดขาว	4,000-10,000 เซลล์ต่อไมโครลิตร	

ตารางที่ 9 (ต่อ)

หน่วยกำหนดค่ามาตรฐาน	ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด	เกณฑ์ค่าปกติ	
		เพศชาย	เพศหญิง
	ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดขาว	4,000-10,000 เซลล์ต่อไมโครลิตร	
	นิวโตรฟิว (Neutrophil) (%)	40-80	
	ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte) (%)	20-40	
	โมโนไซต์ (Monocyte) (%)	1-6	
	อิโอซิโนฟิลด์ (Eosinophil) (%)	0-2	
	เบโซฟิล (Basophil) (%)	0-2	
	การทำหน้าที่ของตับ		
	ALT (Alanine transaminase) หรือ SGPT (Serum Glutamic Pyruvate Transaminase)	10-40 U/L	7-35 U/L
	AST (Aspartate transaminase) หรือ SGOT (Serum glutamic oxaloacetic transaminase	8 - 46 U/L	7 - 34 U/L
	การทำหน้าที่ของไต		
	Blood urea nitrogen (BUN)	10-20 mg/dL	
	Creatinine (Cr)	0.6-1.2 mg/dL	

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ยื่นขอพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เอกสารรับรองเลขที่ G-HS051/2563 ลงวันที่ 14 กันยายน 2563 และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เอกสารรับรองเลขที่ SSJ.UB.2563-104 ลงวันที่ 30 ตุลาคม 2563 ต้องพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่างโดยเคารพสิทธิส่วนบุคคล ข้อมูลที่ได้จะถูกปกปิดเป็นความลับ การนำเสนอข้อมูลไม่มีการเปิดเผย ชื่อ และนามสกุลจริงของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้วิจัยได้แนะนำตนเองชี้แจงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ รายละเอียดขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูล สิทธิในการตอบรับหรือ ปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัย และสิทธิในการยกเลิกเข้าร่วมวิจัยในระหว่างดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics)

1.1 ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ต่อเนื่องใช้ใช้สถิติเชิงวิเคราะห์พรรณนา ประกอบด้วย จำนวนและร้อยละ กับตัวแปร เพศ อาชีพ สถานภาพสมรส การศึกษา การรับประทานอาหาร การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และอาการผิดปกติทางระบบประสาท ตามลำดับ

1.2 ข้อมูลต่อเนื่อง

การวิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลมีการกระจายค่าปกติ การวิเคราะห์ข้อมูลต่อเนื่อง ใช้สถิติเชิงวิเคราะห์พรรณนา ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าต่ำสุดค่าสูงสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางและค่าการกระจายของข้อมูล หากข้อมูลมีการกระจายไม่มาก หรือข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบโค้งปกติ กับ ตัวแปร เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ (Digit span) ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ประกอบด้วย CBC, Liver function test, Renal function test และระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ตามลำดับ

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inferential statistics)

2.1 ใช้สถิติ Multiple logistic regression วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อของตัวแปรด้านต่าง ๆ ด้านปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงการทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ได้แก่ ระดับฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิวปฏิบัติงาน และระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด กับอาการทางระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ อาการปกติ (คะแนน เท่ากับ 0) และผิดปกติ (คะแนน เท่ากับ 1)

2.2 ใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple linear regression) วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายตัวแปรด้านต่าง ๆ ด้านปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ สูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงการทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน การใช้

อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ได้แก่ ระดับฝุ่นตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิวปฏิบัติงาน กับระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องทางด้านจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ และระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine oxidase

2.3 ใช้สถิติ MANOVA (Multivariate analysis of variance) วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบ ตัวแปรด้านปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย รายได้ต่อเดือน ระดับการศึกษา ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงการทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล กับผลร่วมปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในพื้นผิวปฏิบัติงาน และผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ ความบกพร่องทางด้านจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ ผลทางชีวเคมี ได้แก่ ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine oxidase

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัย ครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical study) โดยการศึกษาเชิงภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) ประกอบด้วยกลุ่มศึกษา หรือกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) คือ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) คือกลุ่มเจ้าหน้าที่อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ในกลุ่มศึกษาหากพบการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ระบุสารเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่รับสัมผัส โดยผลการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไป ผลการวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และปัจจัยส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) และการวิเคราะห์ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลต่อตัวบ่งชี้สารชีวเคมีในเลือด และผลกระทบต่อระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) (µg/100cm^2) 2) ข้อมูลภาวะสุขภาพของระบบประสาท ได้แก่ อาการทางระบบประสาท และผลการประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ (Digit span test)

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างจำแนกตามการวิเคราะห์ผลเลือดทางชีวเคมี

ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่าง จำแนกตาม การวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี ประกอบด้วย 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) 2) ผลการสัมภาษณ์ข้อมูลของอาการทางระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ (Digit span test) และ 3) ผลตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี ได้แก่ ผลการตรวจวัดระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด การทำงานของระบบประสาท ได้แก่ ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ Serum glutamic oxaloacetic transaminase (SGOT), Serum glutamate-pyruvate transaminase (SGPT) การทำหน้าที่ของไต ได้แก่ Blood Urine Nitrogen (BUN), Creatinine (Cr)

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และปัจจัยส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO)

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และปัจจัยส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ประกอบด้วย 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน กับระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด และ 2) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรม สุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ที่ส่งผลต่อระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดที่ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ตัวบ่งชี้ชีวเคมีในเลือด และผลกระทบต่อระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี ประกอบด้วย

ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบตัวแปร ประกอบด้วย 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน และระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดที่ต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท 2) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน และระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) 3) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) และระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือด มีผลกระทบต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบ ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO และ 4) เปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล กับผลกระทบต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดของระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ($\mu g/100cm^2$) ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยส่วนบุคคล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกเป็น 1.1) กลุ่มรับสัมผัส คือ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวนทั้งหมด 151 คน และ 1.2) กลุ่มไม่รับสัมผัส คือ กลุ่มเจ้าหน้าที่อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน จำนวนทั้งหมด 72 คน โดยพบว่า เพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกัน โดยเพศชาย (51.70%) อายุเฉลี่ย $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 45.44± 11.971 ปี ในส่วนของระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่ศึกษาในระดับประถมศึกษา (66.20%) รายได้ต่อเดือนของกลุ่มรับสัมผัส พบว่า มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 6,198.01±2,858.192 บาท และพบค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 23.8553±4.0100 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว (72.8%) แต่ในกลุ่มที่มีโรคประจำตัว (27.2%) ส่วนใหญ่มีการรับประทานยาเพื่อลดความดันโลหิต (14%) ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เป็นข้อมูลทั่วไป ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (N = 223)	
	n	%	n	%	n	%
เพศ						
ชาย	78	51.7	7	9.7	85	38.1
หญิง	73	48.3	65	90.3	138	61.9
อายุ (ปี)						
≤45	72	47.7	19	26.4	91	40.8
> 45	79	52.3	53	73.6	132	59.2
$\bar{x}$ ± S.D.	45.44±11.971		49.03±8.462		46.60±11.071	
Median (Min-Max)	(18-73)		(27-64)		(18-73)	

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (N = 223)	
	n	%	n	%	n	%
ระดับการศึกษา						
ระดับประถมศึกษา	100	66.2	36	50	136	61.0
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	51	33.8	36	50	87	39.0
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	87	57.7	53	73.6	91	40.8
> 6,000	64	42.4	19	26.4	132	59.2
$\bar{x}$ ± S.D.	6,198.01±2,858.192		4,431.94±2,555.23		5,627.80±2879.74	
Median (Min-Max)	(1,000-15,000)		(1,000-10,000)		(1,000-15,000)	
ค่าดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)						
≤ 23	69	45.7	25	34.7	94	42.2
> 23	82	54.3	47	65.3	129	57.8
$\bar{x}$ ± S.D.	23.8553±4.0100		24.0859±3.5983		23.92983.8753	
Median (Min- Max)	(15.920-34.8900)		(15.760-34.930)		(15.760-34.9300)	
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	110	72.8	53	73.6	163	73.1
-มี	41	27.2	19	26.4	60	26.9
ยารักษาโรคประจำตัว						
- ไม่ได้ใช้ยา	110	72.8	53	73.6	163	73.1
- ยาลดเบาหวาน	10	6.6	4	5.6	14	6.3
- ยาลดความดันโลหิต	14	9.3	7	9.7	21	9.4
- อื่นๆ	17	11.3	8	11.1	25	11.2

2. ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพของ กลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) พบว่า ส่วนใหญ่มีการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ร้อยละ 55.6 ร้อยละ 76.4 ตามลำดับ และไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 78.1 และ 97.2 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีกลุ่มที่เคยสูบและเลิกมาแล้ว ร้อยละ 8.6 และ 2.8 และยังพบว่า ในปัจจุบัน

กลุ่มรับสัมผัส ยังมีการสูบบุหรี่ ร้อยละ 13.20 $\bar{x}$(S.D.) เท่ากับ 3.25±9.265 มวนต่อวัน ส่วนใหญ่พบว่า มีการรับประทานอาหารภายในบริเวณบ้านร้อยละ 96.70 และทานในมื้ออาหารเช้า กลางวัน และเย็น ร้อยละ 96.70 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 จำนวนและร้อยละของปัจจัยปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (n = 223)	
	n	%	n	%	n	%
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	67	44.4	17	23.6	84	37.7
-ดื่ม	84	55.6	55	76.4	139	62.3
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	118	78.1	70	97.2	188	84.3
-เคยสูบและเลิกมาแล้ว	13	8.6	2	2.8	15	6.7
$\bar{x}$ ± S.D.	0.083 ± 0.6797		1.03±0.165		1.02±3.143	
Median (Min - Max)	1.51(1-20)		0(1-2)		0(0-20)	
-ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ (มวน/วัน)	20	13.2	0	0	20	13.2
$\bar{x}$ ± S.D.	3.25±9.265		0±0.0		2.20 ± 7.767	
Median (Min - Max)	0.00 (0-60)		0		0.0(0-60)	
พื้นที่ในการรับประทานอาหาร						
-บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน	146	96.7	70	97.2	223	96.9
-บริเวณนอกพื้นที่ปฏิบัติงาน	5	3.3	2	2.8	7	3.1
ช่วงเวลาในการรับประทานอาหาร						
-มื้อเช้า กลางวัน และเย็น	146	96.7	72	100	218	97.8
-มื้อ กลางวัน	5	3.3	2	2.8	7	3.1

3. ปัจจัยลักษณะการทำงาน ข้อมูลปัจจัยลักษณะงานของกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) พบว่า จำนวนปีที่ทำงาน $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 6.22±4.101 VS. 5.61±0.543 ปี ตามลำดับ จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 7.75 ± 1.113 VS. 8 ± 0 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีประวัติการทำงาน คือ ทำนา ร้อยละ 67.50 และ 61.1

ตามลำดับ ในภาพรวมของกลุ่มรับสัมผัส มีการสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยป้องกันมือ เช่น ใส่ถุงมือป้องกัน ร้อยละ 88.70 ใส่อุปกรณ์ป้องกันแขน เช่น ปลอกแขนหรือเสื้อแขนยาว ร้อยละ 91.40 สวมอุปกรณ์ป้องกันเท้า รองเท้านิรภัย เช่น ใส่รองเท้าหุ้มส้นหรือรองเท้าผ้าใบ ร้อยละ 85.40 ไม่ใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจ เช่น หน้ากากกรองอนุภาค (ฝุ่น ละออง ไอโลหะ หรือฟูม) ร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 จำนวนและร้อยละของปัจจัยลักษณะการทำงานระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปัจจัยลักษณะการทำงาน	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (N = 223)	
	n	%	n	%	n	%
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤ 8	103	68.2	58	80.6	162	72.2
> 8	48	31.8	14	19.4	6	27.8
Mean ± S.D.	6.22 ± 4.101		5.61±0.543		5.88±0.238	
Median (Min - Max)	8 (1-18)		(1-30)		(1-30)	
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤ 8	138	91.4	72	100	210	94.2
> 8	13	8.6	0	0	13	5.80
$\bar{x}$ ± S.D.	7.75 ± 1.113		8 ± 0		7.83 ± 0.922	
Median (Min - Max)	(2-10)		(8-8)		(2-10)	
ประวัติการทำงานในอดีต						
- ไม่มีอาชีพ	29	19.2	1	1.4	30	13.5
- ทำนา	102	67.5	44	61.1	146	78.90
- รับจ้างทั่วไป	20	13.2	27	37.5	47	21.10
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
- ใส่หน้ากาก	0	0	13	18.10	13	5.8
- ไม่ใส่หน้ากาก	151	100	59	81.90	210	94.2
-ใส่ถุงมือ	134	88.7	8	11.10	142	63.7
-ไม่ใส่ถุงมือ	17	11.3	64	88.90	81	36.3

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ปัจจัยลักษณะการทำงาน	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (N = 223)	
	n	%	n	%	n	%
-ใส่ปลอกแขน	138	91.4	8	11.10	146	65.5
-ไม่ใส่ปลอกแขน	13	8.6	64	88.90	77	34.5
-ใส่รองเท้านิรภัย	129	85.4	8	11.10	137	61.4
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	22	14.6	64	88.90	86	38.6

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) ประสาท ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ของกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) จำนวน 151 คน และ กลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) จำนวน 72 คน พบ ค่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว ของกลุ่มรับสัมผัส $\bar{x} \pm$ S.D. เท่ากับ 46.65±150.175 µg/100cm^2 และ 0.6143±0.8948 ตามลำดับ ค่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน มีปริมาณความเข้มข้น มากกว่า 6.701 µg/100cm^2 ร้อยละ 72.2 และ ร้อยละ 0 ตามลำดับ และปริมาณที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6.701 µg/100cm^2 ร้อยละ 27.8 และ ร้อยละ 100 ตามลำดับ

กลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) พบค่าความเข้มข้นของแคดเมียม พบว่า มีค่าปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียม $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 0.19±0.505 และ 0.2277±1.3570 µg/100cm^2 ตามลำดับ ค่าปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ที่มากกว่า 0.001 µg/100cm^2 ร้อยละ 49 และ ร้อยละ 2.8 ตามลำดับ และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 µg/100cm^2 ร้อยละ 51.0และร้อยละ 97.2 ตามลำดับ

กลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) พบค่าความเข้มข้นของแคดเมียม พบว่า มีค่าปริมาณความเข้มข้นของนิกเกิล พบค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 23.211±58.339 0.4291±0.3339 µg/100cm^2 ตามลำดับ ค่าปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ที่ มากกว่า 3.201 µg/100cm^2 ร้อยละ 72.8 และร้อยละ 0 ตามลำดับ และ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.200 µg/100cm^2 ร้อยละ 27.2 และ ร้อยละ 100.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนและร้อยละระดับสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/ 100cm^2) ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณสารโลหะหนัก (µg/ 100cm^2)	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (n = 223)		Standard (µg/100cm^2)*
	n	%	n	%	n	%	
ตะกั่ว ≤ 6.700	42	27.8	72	100.0	114	51.1	500.00
ตะกั่ว > 6.701	109	72.2	0	0.0	109	48.9	
$\bar{x}$ ± S.D.	46.65±150.175		0.6143±0.8948		213.791±608.7433		
Median (Min-Max)	44(0.17-3412)		ND(ND-3.800)		ND(ND-3412)		
GM± G SD.	18.1426±9.6511		0.6911±2.1901		9.6516±11.3702		
แคดเมียม ≤ 0.000	77	51.0	70	97.2	147	65.9	50.00
แคดเมียม > 0.001	74	49.0	2	2.8	76	34.1	
$\bar{x}$ ± S.D.	0.19±0.505		0.2277±1.3570		0.3426±0.9484		
Median (Min - Max)	0(ND -3.2)		0(ND -8.2)		0(ND -8.2)		
GM± G SD.	0.5651±2.3754		8.1997±1		0.6088±2.6175		
นิกเกิล≤ 3.200	41	27.2	72	0.0	113	50.7	ยังไม่มีค่า
นิกเกิล> 3.201	110	72.8	0	0.0	110	49.7	มาตรฐานในการ
$\bar{x}$ ± S.D.	23.211±58.339		0.4291±0.3339		35.944±72.1110		รับสัมผัสนิกเกิล
Median (Min - Max)	21(ND-368)		0(ND -1.1)		0(ND-368)		บนพื้นผิว
GM± G SD.	11.0407±7.555		0.499±1.710		5.5106±9.1704		

หมายเหตุ *ค่ามาตรฐานกำหนด โดย OSHA Tech Manual Method (2014) เนื่องด้วยปริมาณสาร Cd บนพื้นผิวที่ตรวจพบ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด และยังไม่มีค่ามาตรฐานในการรับสัมผัสนิกเกิลบนพื้นผิว ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มโดยแบ่งตามค่า Median ทั้ง 3 สาร ดังนี้ Pb = 6.70 µg/100cm^2 Cd = 0.00 µg/100cm^2 , Ni = 3.200 µg/100cm^2

5. ข้อมูลภาวะสุขภาพของระบบประสาท ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ อาการผิดปกติของระบบประสาท ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลจากการสัมภาษณ์ภาวะสุขภาพของระบบประสาทในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่า กลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) จำนวน 151 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) จำนวน 72 คน ส่วนใหญ่ มีอาการผิดปกติ ประกอบด้วย 1) อาการทางประสาทวิทยา คือ ปวดศีรษะ ร้อยละ 31.80 และ 13.9 ตามลำดับ รู้สึกชาตามแขนขาหรือเป็นตะคริว ร้อยละ 23.20 และ 13.90 ตามลำดับ 2) อาการทางจิตสรีระ คือ มีเหงื่อออกง่าย รอยละ 31.10 และร้อยละ 6.80 ตามลำดับ พบว่า ค่า $\boldsymbol{x}^2$ = 15.689 และ p-value = 0.000* หมายความว่ากลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

มีความสัมพันธ์ของอาการมีเหงื่อออกง่ายในกลุ่มอาการทางจิตสรีระ มีอาการเหนื่อยง่าย ร้อยละ 20.50 และ ร้อยละ 6.80 ตามลำดับ 3) อาการทางอารมณ์ คือ รู้สึกกระสับกระส่าย ร้อยละ 19.20 และ ร้อยละ 1.40 ตามลำดับ 4) กลุ่มความจำและสมาธิ คือ ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ ร้อยละ 13.90 และ ร้อยละ 8.30 ตามลำดับ 5) อาการอ่อนเพลีย คือ เหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน ร้อยละ 7.30 และ ร้อยละ 2.80 และ 6) กลุ่มอาการนอนไม่หลับ คือ มีอาการง่วงนอนระหว่างวัน ร้อยละ 28.50 และ ร้อยละ 18.1 อาการนอนไม่หลับ ร้อยละ 16.6 และร้อยละ 0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามภาวะสุขภาพระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)				รวม (n = 223)				x^2	*p*-value.
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา														
1. สิ่งของหลุดจากมือโดยไม่ตั้งใจ	16	10.6	135	89.40	3	4.2	69	95.8	19	8.5	204	91.5	3.187	0.203
2. แขน ขาอ่อนแรง	13	8.6	138	91.40	1	1.4	71	98.6	14	6.3	209	93.7	2.726	0.256
3. ความรู้สึกที่แขนและขาลดลง	13	8.6	138	91.40	0	0.00	72	100.0	13	5.8	210	94.2	4.771	0.092
4. ชาแขนขา/ตะคริว	35	23.2	116	76.8	10	13.9	62	86.1	45	20.2	178	79.8	1.842	0.398
5. มีปัญหาการทรงตัว	11	7.3	140	92.7	3	4.2	69	95.8	14	6.3	209	93.7	1.852	0.396
6. การรับรู้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป	4	2.6	147	97.40	2	2.8	70	97.2	6	2.7	217	97.3	1.751	0.417
7. ความรู้สึกที่ใบหน้าลดลง	0	0.0	151	100.0	1	1.4	71	98.6	1	0.4	222	99.6	3.388	0.184
8. ทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวันช้าลง	0	0.0	151	100.0	0	0.0	72	100.0	0	0.0	223	100.0	-	-
9. ควบคุมการเคลื่อนไหวของมือไม่ค่อยได้	0	0.0	151	100.0	0	0.0	72	100.0	0	0.0	223	100.0	-	-
10. มือสั่น	0	0.0	151	100.0	0	0.0	72	100.0	0	0.0	223	100.0	-	-

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)				รวม (n = 223)				χ^2	*p*-value.
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
กลุ่มอาการทางจิตสรีระ														
1. เหงื่อออกง่าย	47	31.1	104	68.9	5	6.8	68	93.2	52	23.3	171	76.7	15.689	0.000*
2. วิงเวียนศีรษะ	27	17.9	124	82.1	6	8.2	67	91.8	33	14.8	190	85.2	3.769	0.152
3. หอบเหนื่อยแม้ไม่ได้ออกแรง	4	2.6	147	97.4	0	0.0	72	100.0	4	1.8	219	98.2	3.241	0.198
4. ใจสั่น	8	5.3	143	94.7	8	5.3	71	98.6	9	4.0	214	96.0	2.169	0.338
5. ได้ยินเสียงในหู	6	4.0	145	96.0	6	4.0	69	93.1	9	4.0	214	96.0	1.690	0.430
6. เหนื่อยง่าย	31	20.5	120	79.5	5	6.8	68	93.2	36	16.1	187	83.9	2.886	0.236
7. ความต้องการทางเพศลดลง	15	9.9	136	90.1	10	13.7	63	86.3	25	11.2	198	88.8	3.023	0.221
8. อารมณ์เคลิ้มสุขแม้ไม่ได้ดื่มสุรา	0	0.00	151	100.0	0	0.0	72	100.0	0	0.0	223	100.0	-	-
9. ไม่รู้สึกอยากทานอาหาร	3	2.0	148	98.0	0	0.0	72	100.0	3	1.3	220	98.70	1.710	0.425
10. รู้สึกเหมือนถูกรัดศีรษะ	5	3.3	146	96.7	5	3.3	71	98.6	6	2.7	217	97.30	0.697	0.706
11. ไม่อยากเริ่มงาน	7	4.6	144	95.4	2	2.7	71	97.3	6	2.7	217	97.3	0.503	0.778

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)				รวม (n = 223)				χ^2	*p*-value.
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
กลุ่มอาการทางอารมณ์														
1. รู้สึกหงุดหงิด	24	15.9	127	84.1	4	5.6	68	94.4	28	12.6	195	87.4	1.891	0.389
2. รู้สึกหดหู่	6	4.0	145	96.0	2	2.8	70	97.2	8	3.6	215	96.4	0.104	0.949
3. รู้สึกหมดความอดทน	14	9.3	137	90.7	1	1.4	71	98.6	15	6.7	208	93.3	2.407	0.300
4. รู้สึกกระสับกระส่าย	29	19.2	122	80.8	1	1.4	71	98.6	37	16.6	208	93.3	3.443	0.179
5. อารมณ์แปรปรวน	10	6.6	141	93.4	4	5.6	68	94.4	11	4.9	212	95.1	2.503	0.286
6. รู้สึกโดดเดี่ยว	6	4.0	145	96.0	2	2.8	70	97.2	8	3.6	212	95.1	0.104	0.949
7. ไม่มีกำลังใจ	7	4.6	144	95.4	3	4.2	69	93.1	10	4.5	215	96.4	0.754	0.686
8. ไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม	8	5.3	143	94.7	8	5.3	71	98.6	9	4.0	214	96.0	2.169	0.338
กลุ่มความจำและสมาธิ														
1. ลืมสิ่งที่จะพูด/ทำ	21	13.9	130	86.1	6	8.3	66	91.7	27	12.1	196	87.9	0.663	0.718
2. ไม่ค่อยมีสมาธิ	12	7.9	139	92.1	3	4.2	69	93.1	15	6.7	208	93.3	0.258	0.879

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)				รวม (n = 223)				χ^2	*p*-value.
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
3. ฝันเวลากลางวัน	4	2.6	147	97.4	1	1.4	71	98.6	5	2.2	218	97.8	1.658	0.437
4. ความคิดฟุ้งซ่าน	4	2.6	147	97.4	0	0.0	72	100.0	4	1.8	219	98.2	1.280	0.527
5. จำชื่อ/วันที่ไม่ค่อยได้	6	4.0	145	96.0	3	4.2	69	93.1	9	4.0	214	96.0	0.656	0.720
6. เหม่อลอย	3	2.0	148	98.0	0	0.00	72	100.0	3	1.3	220	98.7	1.710	0.425
7. จำสิ่งที่อ่าน/ดูจากทีวีไม่ค่อยได้	7	4.6	144	95.4	3	4.2	69	93.1	10	4.5	213	95.5	0.306	0.858
8. คนบอกคุณว่าความจำไม่ดี	8	5.3	143	94.7	2	2.8	70	97.2	10	4.5	213	95.5	1.346	0.510
9. ควบคุมอารมณ์โกรธได้ยาก	14	9.3	137	90.7	2	2.8	70	97.2	16	7.2	207	92.8	1.063	0.588
10. ความจำไม่ค่อยดี	8	5.3	143	94.7	2	2.8	70	97.2	24	10.8	199	89.2	0.593	0.743
11. ต้องจดเป็นข้อความเพื่อเตือนความจำ	9	6.0	142	94.0	6	8.3	66	91.7	15	6.7	208	93.3	2.675	0.262
กลุ่มอาการอ่อนเพลีย														
1. เผลอหลับแม้ไม่ได้นอนบนเตียง	14	9.3	137	90.7	5	6.90	67	93.1	19	8.5	204	91.5	0.150	0.928
2. เหนื่อยผิดปกติช่วงเวลาเย็น	11	7.3	140	92.7	0	0.0	72	100.0	11	4.9	212()	95.1	3.803	0.149
3. ง่วงนอนระหว่างวัน	43	28.5	108	71.5	13	18.1	59	81.9	56	25.1	167	74.9	2.693	0.260

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)				รวม (n = 223)				χ^2	p-value.
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
4. เหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน	11	7.3	140	92.7	2	2.8	70	97.2	13	5.8	210	94.2	0.447	0.800
5. หมดแรง	11	7.3	140	92.7	3	4.2	69	93.1	14	6.3	209	93.7	1.404	0.495
6. ต้องการนอนพักมากกว่าปกติ	14	9.3	137	90.7	4	5.6	68	94.4	18	8.1	205	91.9	0.552	0.759
กลุ่มอาการนอนไม่หลับ														
1. นอนไม่หลับ	25	16.6	126	83.4	10	13.9	62	86.1	35	15.7	188	84.3	1.445	0.486
2. อ่อนเพลีย	44	29.1	107	70.9	6	8.3	62	91.7	50	22.4	173	77.6	4.359	0.113
3. ตื่นเช้าเกินไป	23	15.2	128	84.8	9	8.3	63	87.5	32	14.3	191	85.7	0.590	0.745

6. ผลการประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา ผลการประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาด้วย โดยใช้แบบทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) แบบอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) และ แบบอ่านตัวเลขย้อนกลับ (Digit span backward test) ของกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) จำนวน 151 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) จำนวน 72 คนรวม 223 คนจำนวน 2 ครั้ง พบว่า

6.1 ผลคะแนนการอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) พบว่า คะแนนครั้งที่ 1 กลุ่มรับสัมผัสพบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.58 ±1.00 ส่วนใหญ่ได้ 3 คะแนน กลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.35±0.937 ส่วนใหญ่ได้คะแนน 3 คะแนน และ ครั้งที่ 2 กลุ่มรับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.64± 0.829 ส่วนใหญ่ได้ 3 คะแนน กลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.79±1.074 ส่วนใหญ่ได้คะแนน 4 คะแนน ผลการศึกษา โดยเฉลี่ยจะมีค่าเฉลี่ยการจำตัวเลขไปข้างหน้า ครั้งที่ 1 พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.50±0.986 และครั้งที่ 2 พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 3.69±0.915 ค่า มัธยฐานเท่ากับ 4 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่าไม่แตกต่างกัน (F = 0.025, sig= 0.874)

6.2 ผลคะแนนการอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digit span backward test) คะแนนครั้งที่ 1 กลุ่มรับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 2.11± 0.694 ส่วนใหญ่ได้ 2 คะแนน กลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่า คะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 1.76±0.428 ส่วนใหญ่ได้คะแนน 2 คะแนน และครั้งที่ 2 กลุ่มรับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 2.07±0.694 ส่วนใหญ่ได้ 2 คะแนน กลุ่มไม่รับสัมผัส พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 1.63±0.488 ส่วนใหญ่ได้คะแนน 2 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 14 ผลการศึกษา โดยเฉลี่ยจะมีค่าเฉลี่ยการจำตัวเลขไปข้างหน้า ครั้งที่ 1 พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D.เท่ากับ 2.00±0.593 และครั้งที่ 2 พบค่าคะแนน $\overline{x}$ ±S.D. เท่ากับ 1.93±0.667 ค่ามัธยฐานเท่ากับ 2 เมื่อเปรียบเทียบคะแนน การอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digit span backward test) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสพบว่า ไม่แตกต่างกัน (F = 0.84, *p*-value = 0.0361) ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 จำนวนและร้อยละของคะแนน ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากแบบทดสอบความจำ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มรับสัมผัส

ผลการประเมินคะแนน	กลุ่มรับสัมผัส (n = 151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 72)		รวม (n = 223)		F	*p*-value
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
การอ่านตัวเลขแบบไปข้างหน้า (Digits span forward test)								
$\bar{x}$ ± S.D.	3.58 ± 1.00	3.64± 0.829	3.35± 0.937	3.79± 1.074	3.50± 0.986	3.69± 0.915	0.025	0.874
Median	3	4	3	4	3	4		
(Min-Max)	(1-6)	(1-6)	(2-6)	(2-6)	(1-6)	(1-6)		
อ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test)								
$\bar{x}$ ± S.D.	2.11± 0.694	2.07± 0.694	1.76± 0.428	1.63± 0.488	2.00± 0.593	1.93± 0.667	0.84	0.361
Median	2	2	2	2	2	2		
(Min-Max)	(1-3)	(1-3)	(1-2)	(1-2)	(1-3)	(1-3)		

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างจำแนกตามผลเลือดตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มรับสัมผัส คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 76 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส คือ เจ้าหน้าที่อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน จำนวน 49 คน รวม 125 คน จำแนกตามผลเลือดตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี เพื่อวิเคราะห์การทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Cr และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ผลการวิเคราะห์จำแนกตาม

1. ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา และ น้ำหนักและส่วนสูงเพื่อหาค่าดัชนีมวลกาย ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลและปริมาณสาร Pb, Cd, Ni จำแนกกลุ่มใช้ค่า Median ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส (Exposed group VS non-exposed group) ส่วนใหญ่พบว่า เพศชายและเพศหญิง ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก มีอายุเฉลี่ย $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 48.00±12.645 และ 49.92±8.460 ปี ตามลำดับ ส่วนใหญ่จบระดับการศึกษาชั้นประถมศึกษา (Exposed group VS

non-exposed group) เท่ากับ 72.4% และ 51.0% ตามลำดับ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 5,500 ±3,098.188 และ 4,581±2,544.084 บาท ตามลำดับ ค่าดัชนีมวลกาย $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 23.00±5.1247 และ 24.6520±3.5782 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ โรคประจำตัว ที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ พบว่า ไม่มีโรคประจำตัว (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 65.8% และ 77.6% ตามลำดับ ไม่ได้ใช้ยารักษาโรค (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 65.8% และ 77.6% และมีบางกลุ่มที่ใช้ยารักษาโรคประจำตัว ได้แก่ ใช้ยาลดเบาหวาน (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 11.8% และ 6.1% ตามลำดับ

2. ข้อมูลปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ พบว่า กลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 51.3% และ 77.6% ตามลำดับ พบว่า การสูบบุหรี่มีค่า $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 1.2763±0.4501 และ 1.2041± 0.4072 มวนต่อวัน ตามลำดับ การรับประทานอาหารในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 92.1% และ 95.9% ตามลำดับ

3. ข้อมูลปัจจัยลักษณะงาน พบว่า จำนวนปีที่ทำงานมีค่า $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 6.08 ±3.9736 ปี และ 5.6531±5.0479 ปี จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวันมีค่า $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 7.80 ±0.980 ชั่วโมง และ 7.96±0.286 พื้นที่ในการปฏิบัติงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มี $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 180.16 (±306.185) ตารางเมตร โดยในกลุ่มไม่รับสัมผัสอยู่กับที่ มีการเดินทางในพื้นที่บริการทางด้านสุขภาพที่ตนเองรับผิดชอบ ประวัติการทำงานในอดีตส่วนใหญ่ ทำนา จำนวน 59 คน (77.6%) การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีการสวมใส่ ถุงมือขณะปฏิบัติงาน จำนวน 70 คน (92.1%) ปลอกแขนหรือเสื้อแขนยาว จำนวน 73 คน (96.1%) รองเท้านิรภัย หรือรองเท้าหุ้มส้นหรือรองเท้าผ้าใบ จำนวน 67 คน (88.2%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ส่วนใหญ่ไม่ค่อยใช้การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 จำนวนและร้อยละของปัจจัยที่เป็นข้อมูลทั่วไประหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)	
	n	%	n	%	n	%
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
ชาย	42	55.3	4	8.2	46	36.8
หญิง	34	44.7	45	91.8	79	63.2
อายุ (ปี)						
≤49	45	59.2	22	44.9	67	53.6
>49	31	40.8	27	55.1	58	46.4
$\bar{x}$ ± S.D.	47.39±12.645		49.92±8.460		48.38±11.223	
Median (Min-Max)	48(20-73)		50(31-64)		49 (20-73)	
ระดับการศึกษา						
ประถมศึกษา	55	72.4	25	51.0	80	64.0
มัธยมศึกษาขึ้นไป	21	27.6	24	49.0	45	36.0
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	38	50.0	35	71.4	73	58.4
>5,500	38	50.0	14	28.6	52	41.6
$\bar{x}$ ± S.D.	5,500±3,098.188		4,581±2,544.084		5,660±3,011.135	
Median (Min - Max)	5,000(2,000-15,000)		3,500(1,000-10,000)		5,000(1,000-15,000)	
ค่าดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.)						
≤23	36	47.4	14	28.6	50	40.0
> 23	40	52.6	35	71.4	75	60.0
$\bar{x}$ ± S.D.	23.00±5.1247		24.6520±3.5782		23.740±4.1502	
Median (Min - Max)	22.49 (15.92)		24.2400 (15.82-34.93)		23.31(15.82-34.93)	
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	50	65.8	38	77.6	88	70.4
-มี	26	34.2	11	22.4	37	29.6

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)	
	n	%	n	%	n	%
ยารักษาโรคประจำตัว						
-ไม่ได้ใช้ยา	50	65.8	38	77.6	88	70.4
-ยาลดเบาหวาน	9	11.8	3	6.1	12	9.6
-ยาลดความดันโลหิต	6	7.9	2	8.2	10	8.0
-ยาลดไขมัน	9	11.8	1	2.0	10	8.0
-อื่น ๆ	2	2.6	3	6.1	5	4.0
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	37	48.7	11	22.4	48	38.4
-ดื่ม	39	51.3	38	77.6	77	61.6
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	55	72.4	39	79.6	94	75.2
-ปัจจุบันยังสูบ	21	27.6	10	20.4	31	24.8
$\bar{x}$ ± S.D.	1.2763±0.4501		1.2041±0.4072		1.38±0.716	
Median (Min - Max)	(1-2)		(1-2)		(1-2)	
บริเวณพื้นที่ในการรับประทานอาหาร						
-ในพื้นที่ปฏิบัติงาน	70	92.1	47	95.9	117	93.5
-นอกพื้นที่ปฏิบัติงาน	6	7.9	2	4.1	8	6.4
ช่วงเวลาในการรับประทานอาหาร						
-มื้อเช้า กลางวันและเย็น	75	98.7	49	100.0	124	99.2
-มื้อ กลางวัน	1	0.8	0	0.00	1	0.8
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	42	55.3	31	63.3	73	58.4
>5	34	44.7	18	36.7	52	41.6
$\bar{x}$ ± S.D.	6.0829±3.9736		5.6531±5.0479		5.00±4.441	
Median (Min - Max)	5(5-15)		4(1-30)		5(0.50-30)	

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)	
	n	%	n	%	n	%
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤ 8 ชั่วโมง	71	93.4	49	0.0	120	96.0
> 8 ชั่วโมง	5	6.6	0	0.0	5	4.0
$\bar{x}$ ± S.D.	7.80±0.980		7.96±0.286		7.86±0.786	
Median (Min - Max)	8 (4-10)		8 (6-8)		8 (4-10)	
พื้นที่ในการปฏิบัติงาน (ตารางเมตร)						
≤100	49	64.5	49	100	98	78.4
>100	27	35.5	0	0.0	27	21.6
$\bar{x}$ ± S.D.	180.16±306.18		0±0.00		109.54±253.97	
Median (Min-Max)	70(4-1600)		0(0-0)		109.54(0-1,600)	
ประวัติการทำงานในอดีต						
ไม่มีอาชีพ	6	7.9	1	2.0	7	5.6
ทำนา	59	77.6	30	61.2	89	71.2
รับจ้างทั่วไป	11	14.5	18	36.7	29	23.2
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล						
-ใส่หน้ากาก	0	0	6	12.2	6	4.8
-ไม่ใส่หน้ากาก	76	100.0	43	87.8	119	95.2
-ใส่ถุงมือ	70	92.1	3	6.1	73	58.4
-ไม่ใส่ถุงมือ	6	7.9	46	93.9	52	41.6
-ใส่ปลอกแขน	73	96.1	3	6.1	76	60.8
-ไม่ใส่ปลอกแขน	3	3.9	46	93.9	49	39.2
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	67	88.2	3	6.1	70	56.0
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	9	11.8	46	93.9	55	44.0

4. ปริมาณฝุ่นของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)

ข้อมูลผลการรับสัมผัสปริมาณฝุ่นของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน (Surface wipe) (µg/100cm^2) ของกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) จำนวน 76 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) จำนวน 49 คน รวม 125 คน พบว่า

4.1 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นของปริมาณสาร Pb ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติ แบ่งตามค่า Median พบว่า ส่วนใหญ่มี ปริมาณสาร Pb ที่มากกว่า 2.000 µg/100cm^2 มีจำนวน 62 คน (49.6%) มีค่า $\overline{x}$±S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 245.042± 613.910 VS 0.609±0.934 µg/100cm^2 ค่า Median (Min-max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0 (0.170-3,421) VS (ตรวจไม่พบ-3.80) µg/100cm2 ค่ามาตรฐาน โดย OSHA (2014) กำหนด ค่า Pb ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงานที่ 500.00 µg/100cm^2 ค่า Median (Min-max)

4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นของสาร Cd ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน แบ่งตามค่า Median พบว่า ส่วนใหญ่มี ปริมาณสาร Cd น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000 µg/100cm^2 จำนวน 89 คน (71.2%) มีค่า $\overline{x}$±S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.2938±0.898 µg/100cm^2 และค่า Median (Min-max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ เท่ากับ 0 (ตรวจไม่พบ-8.200) µg/100cm^2 ค่ามาตรฐานกำหนดโดย OSHA (2014) กำหนด ค่า Cd ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงานที่ 50.00 µg/100cm^2

4.3 ผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นของสาร Ni ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน แบ่งตามค่า Median พบว่า ส่วนใหญ่มี ปริมาณสาร Ni มากกว่า 1 µg/100cm^2 (57.0%) มีค่า $\overline{x}$±S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 46.115±75.740 VS 1.020±0.142 ค่า Median (Min-max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0 (0.180-368.0) µg/100cm^2 VS (1-2) µg/100cm^2 โดย OSHA ยังไม่มีค่ามาตรฐานของ Ni ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 จำนวน ร้อยละของปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)		ค่ามาตรฐาน (µg/100cm^2)
	n	%	n	%	n	%	
ตะกั่ว≤ 2	17	22.4	46	93.9	63	50.4	500.00
ตะกั่ว> 2	59	77.6	3	6.1	62	49.6	
$\bar{x}$ ± S.D.	245.042±613.910		0.609±0.934		149.224±492.250		
Median (Min-Max)	2(0.170-3412.00)		1(ND-3.80)		2(ND-3412.00)		
GM ± GSD	24.8885±12.1590		0.3877±3.886		6.3694±18.839		
แคดเมียม≤ 0	41	53.9	48	98.0	89	71.2	50.0
แคดเมียม> 0.001	35	46.1	1	2.0	36	28.8	
$\bar{x}$ ± S.D.	0.375±0.662		0.1673±1.171		0.2938±0.898		
Median (Min- Max)	0(ND -3.20)		0(ND -8.20)		0(ND -8.20)		
GM ± GSD	0.565±2.375		8.199±1		0.608±2.617		
นิกเกิล≤ 1	16	21.1	47	95.9	63	50.4	ยังไม่มีค่า
นิกเกิล> 1	60	78.9	2	4.1	62	49.6	มาตรฐานใน
$\bar{x}$ ± S.D.	46.115±75.740		1.020±0.142		28.1970±63.022		การรับสัมผัส
Median (Min-Max)	0(0.180-368.0)		1(1-2)		1(0.180 -368.00)		นิกเกิลบน
GM ± GSD	11.040±7.555		0.3071±2.984		3.02621±11.608		พื้นผิว

GM = Geometric standard Mean, GSD = Geometric standard deviation

หมายเหตุ *ค่ามาตรฐานกำหนด โดย OSHA Tech Manual Method (2014) เนื่องด้วยปริมาณสาร Cd บนพื้นผิวที่ตรวจพบ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด และยังไม่มีค่ามาตรฐานในการรับสัมผัสนิกเกิลบนพื้นผิว ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มโดยแบ่งตามค่า Median ทั้ง 3 สาร ดังนี้ Pb = 2.00 µg/100cm^2 Cd = 0.00 µg/100 cm^2 , Ni = 1.00 µg/100 cm^2

5. ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด

ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ภายหลังการเก็บตัวอย่างเลือด เพื่อนำมาวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดของของกลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) จำนวน 76 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non-exposed group) จำนวน 49 คน โดยความเข้มข้นของโลหะหนักในเลือด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล และเพื่อประเมินระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO การทำ

หน้าที่ของเม็ดเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Cr มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักในเลือดได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

ผลการวิเคราะห์ พบว่า

5.1.1 ความเข้มข้นของระดับตะกั่วในเลือด มีค่า GM ± GSD (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 6.235±1.272 VS 6.1972±1.310 ส่วนค่า Median IQR (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 6.285 (7.412) VS 6.670 (7.690) และค่า Min-Max (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 3.01 - 10.84 VS 3.61-9.74 ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มตามค่า Median พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด ที่มีระดับ Pb ในเลือดมากกว่า 6.32 µg/dL (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 47.4% และ 53.1% ตามลำดับ ภาพรวม มีค่าระดับตะกั่วในเลือดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ ACGIH กำหนดคือ ไม่เกิน 20 µg/dL

5.1.2 ความเข้มข้นของระดับแคดเมียมในเลือด มีค่า GM ± GSD (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.894±1.545 VS 0.865±1.387 ส่วนค่า Median IQR (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.915±1.152 VS 0.870±1.050 ค่า Min-Max (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.20-2.10 VS 0.30-1.15 ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มตามค่า Median พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด ที่มีระดับ Cd ในเลือดมากกว่า 0.910 µg/L (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 50.0% และ 42.9% ตามลำดับ ทั้งหมดมีค่าระดับตะกั่วในเลือดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ ACGIH กำหนดคือ ไม่เกิน 5 µg/L

5.1.3 ความเข้มข้นของระดับนิกเกิลในเลือด มีค่า GM ± GSD (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 2.555±1.1953 VS 2.481±1.220 ส่วนค่า Median IQR (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 2.545 (2.817) VS 2.520 (2.720) ค่า Min-Max (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 1.55-4.05 VS 1.24-3.61 ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มตามค่า Median พบว่า ความเข้มข้นของ์ Ni ในเลือด ที่มีระดับ Ni ในเลือดมากกว่า 2.53 µg/L (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 51.3 % และ 46.9 % ทั้งหมดมีค่าระดับตะกั่วในเลือดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามที่ ACGIH กำหนดคือ ไม่เกิน 10 µg/L และ

5.1.4 ความเข้มข้นของระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO มีค่า GM ± GSD (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 349.462±1.308 VS 359.666±1.274 ส่วนค่า Median IQR (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 340.95(415.30) VS 364.00(417.85) ค่า Min-Max (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 175.30-

615.20 VS 153.80-610.10 ซึ่งเมื่อจัดกลุ่มตามค่า Median พบว่า ความเข้มข้นของ์ MAO ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 353.000 U/L (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 53.9% VS 40.8% ทั้งหมดมีระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ไม่เกิน 650 U/L (Gressner et al., 1982) ดังแสดงในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 จำนวน ร้อยละของปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณโลหะหนักในเลือด	**กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)**		**กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)**		**รวม (n = 125)**		**Stan dard**	**Unit**
	n	**%**	**n**	**%**	**n**	**%**		
ตะกั่ว≤6.31	40	52.6	23	46.9	63	50.4	0-20	µg/dL
ตะกั่ว>6.31	36	47.4	26	53.1	62	49.6		
$\bar{x}$ ± S.D.	6.411±1.492		6.4116±1.620		6.411±1.537			
Median IQR	6.285 (7.412)		6.670 (7.690)		6.310 (7.475)			
Min-Max	3.01 - 10.84		3.61-9.74		3.01-10.84			
GM ± GSD	6.235±1.272		6.1972±1.310		6.2201±1.286			
แคดเมียม≤ 0.91	38	50.0	28	57.1	66	52.8	0-5	µg/L
แคดเมียม> 0.91	38	50.0	21	42.9	59	47.2		
$\bar{x}$ ± S.D.	0.974±0.389		0.909±0.277		0.948±0.350			
Median IQR	0.915 (1.152)		0.870 (1.050)		0.910 (1.130)			
Min-Max	0.20-2.10		0.30-1.15		0.20-2.10			
GM± GSD	0.894±1.545		0.865±1.387		0.883±1.484			
นิกเกิล≤2.53	37	48.7	26	53.1	63	50.4	0-10	µg/L
นิกเกิล>2.53	39	51.3	23	46.9	62	49.6		
$\bar{x}$ ± S.D.	2.5958±0.476		2.527±0.457		2.568±0.468			
Median IQR	2.545 (2.817)		2.520 (2.720)		2.53 (2.785)			
Min-Max	1.55-4.05		1.24-3.61		1.24-4.05			
GM± GSD	2.555±1.1953		2.481±1.220		2.525±1.205			
Monoamine Oxidase (MAO)							< 650	U/L
≤353.000	41	53.9	20	40.8	61	48.8		
>353.001	35	46.1	29	59.2	64	51.2		
$\bar{x}$ ± S.D.	362.060±97.981		369.771±86.752		1.496±0.502			

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ปริมาณโลหะหนักในเลือด	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)		Standard	Unit
	n	%	n	%	n	%		
Median IQR	340.95(415.30)		364.00(417.85)		353.800(415.30)			
Min-Max	175.30-615.20		153.80-610.10		153.80-615.20			
GM± GSD	349.462±1.308		359.666±1.274		353.427±1.294			

หมายเหตุ *ค่า GM = Geometric standard Mean, GSD = Geometric standard deviation และค่ามาตรฐานกำหนด โดย ACGIH (2022) เนื่องด้วยปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มโดยแบ่งตามค่า Median ทั้ง 3 สาร ดังนี้ Pb = 6.31 µg/d,L Cd = 0.91 µg/L, Ni = 2.53 µg/L cm^2 และ MAO =353.00 U/L (MAO <650 U/L.(Gressner AM et al.,1982)

5.2 ผลการวิเคราะห์ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบการทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT และการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Creatinine มีรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการทำหน้าที่ของเม็ดเลือด ได้แก่ ชนิดและปริมาณของเม็ดเลือดของเม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด

ผลการตรวจประเมินหน้าที่ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete blood count, CBC) พบว่า

5.2.1.1 จำนวนเม็ดเลือดแดง (Red blood cell count, RBC Count) พบว่า ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส มีค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.863±0.630 x 10^6 cell/µL กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.85-±0.325 x 10^6 cell/µL ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (4.40-6.00) x 10^6 cell/µL จำนวน 17 ตัวอย่าง (59.5%) ต่ำกว่าเกณฑ์ (4.4 x 10^6cell/µL) จำนวน 11 ตัวอย่าง (26.2%) ตามลำดับ สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 6 คน (ร้อยละ 14.3) ในเพศหญิง ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.84 ± 0.63 x 10^6 cell/µL กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.572±0.325 x 10^6cell/µL ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (4.20-5.50) x 10^6cell/µL จำนวน 23 ตัวอย่าง (67.8%) ต่ำกว่าเกณฑ์ (4.2 x 10^6cell/µL จำนวน 10 ตัวอย่าง (29.0%) สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.9) ตามลำดับ

5.2.1.2 ค่าฮีโมโกลบิน (Hemoglobin, HBG) (g/dl) พบว่า ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส มีค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 13.728± 1.648 (g/dl) กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 14.675± 1.9067 (g/dl) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (13-18) (g/dl) จำนวน 30 ตัวอย่าง (71.4%) ค่าต่ำกว่าเกณฑ์ (13 g/dl) จำนวน 12 ตัวอย่าง (28.6%) ส่วนเพศหญิงของกลุ่มรับสัมผัส

มีค่า $\bar{x}$±S.D. เท่ากับ 13.728±1.648 (g/dl) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (12.0 - 15.0) (g/dl) จำนวน 23 คน (67.6%) ต่ำกว่าเกณฑ์ (12 g/dl) จำนวน 11 ตัวอย่าง (32.4%)

5.2.1.3 ค่าฮีมาโตคริต (Hematocrit, HCT) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 45.69 ±5.646 (%) กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 48.50±5.447 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ ระหว่าง (40-54)% จำนวน 29 ตัวอย่าง (69.0%) โ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (54%) จำนวน 9 ตัวอย่าง (21.4%) มีค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (40%) จำนวน 2 ตัวอย่าง (5.9%) ในเพศหญิงของกลุ่มรับสัมผัส โดยมีค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 45.69 ±5.646 (g/dl) กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 40.67±4.259 (g/dl) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ ระหว่าง (36-45) (%) จำนวน 30 ตัวอย่าง (88.2%) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (45%) จำนวน 2 ตัวอย่าง (5.9%) มีค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (40%) จำนวน 2 ตัวอย่าง (5.9%)

5.2.1.4 ค่าปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (Mean corpuscular hemoglobin volume, MCV) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 94.528 ± 9.66 (fl) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 98.87±6.57 (fl) ในกลุ่มรับสัมผัส พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (80-96) (fl) จำนวน 18 ตัวอย่าง (42.9%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 4 ตัวอย่าง (9.5%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 20 ตัวอย่าง (47.6%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 89.39±10.83 (fl) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 89.80±10.41 (fl) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (80-96) (fl) จำนวน 15 ตัวอย่าง (44.1%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 7 ตัวอย่าง (20.6%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 12 ตัวอย่าง (35.1%)

5.2.1.5 ค่าปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (Mean corpuscular hemoglobin, MCH) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 28.46±3.16 (pg) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 30.15±2.51 (pg) ในกลุ่มรับสัมผัส พบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (27.5 – 33.2) (pg) จำนวน 27 ตัวอย่าง (64.3%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 13 ตัวอย่าง (32.0%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 2 ตัวอย่าง (4.8%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 26.54±3.43 (pg) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 26.91±3.28 (pg) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (pg) จำนวน 14 ตัวอย่าง (41.2%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 20 ตัวอย่าง (58.8%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์

5.2.1.6 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ((MCHC (CBC))* (g/dL) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 30.08±1.26 *(g/dL) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 30.50±0.632 *(g/dL) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (33.4-35.5) *(g/dL) จำนวน 42 ตัวอย่าง (100.0%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส

ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 29.65±1.092 (pg) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 29.98±1.14 (pg) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (33.4-35.5) *(g/dL) จำนวน 45 ตัวอย่าง (100.%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 20 ตัวอย่าง (58.8%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์

5.2.1.7 ค่าจำนวนเกล็ดเลือด (Platelet count, Plt) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 185019.05±70606.79 (cells/mm^3) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$±S.D. เท่ากับ 2115±32419 (cells/mm^3) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (150,000 – 450,000) (cells/mm^3) จำนวน 32 ตัวอย่าง (76.2%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 10 ตัวอย่าง (23.8%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ (cells/mm^3) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ (cells/mm^3) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (150,000 – 450,000) (cells/mm^3) จำนวน 31 ตัวอย่าง (91.2%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง (8.8%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์

5.2.1.8 ค่าการกระจายตัวของเม็ดเลือดแดง (Red blood cell contribution width, RDW) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 14.373±1.514 (%) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 13.70±0.141 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มี ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ (>14.5) (%) จำนวน 42 ตัวอย่าง (100%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 14.482± 1.633 (%) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 14.30±1.47 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า ค่าสูงกว่าเกณฑ์ (>14.5) (%) จำนวน 34 ตัวอย่าง (100%)

5.2.1.9 จำนวนเม็ดเลือดขาว (White blood cell count, WBC) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 6577±1209.14 *(Cells/mm^3) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. 6235±1356.87 *(Cells/mm^3) เท่ากับ ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (4,000-10,000) *(Cells/mm^3) จำนวน 42 ตัวอย่าง (100%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 6532±1998.83*(Cells/mm^3) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 6763.11±1768.07 *(Cells/mm^3) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (4,000-10,000) *(Cells/mm^3) จำนวน 30 ตัวอย่าง (88.2%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง (8.8%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 1 ตัวอย่าง (2.9%)

5.2.1.10 ค่านิวโทรฟิล (Neutrophil, Neu) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 54.76±13.487 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 56.50±5.916 ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (40 – 80) (%) จำนวน 37 ตัวอย่าง (88.1%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 5 ตัวอย่าง (11.9%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 54.47±10.329 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 54.91±12.97

(%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (40 – 80) (%) จำนวน 44 ตัวอย่าง (97.8%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 1 ตัวอย่าง (22%) ไม่พบค่าที่สูงกว่าเกณฑ์

5.2.1.11 ค่าลิมโฟไซท์ (Lymphocytes, LYMP) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 36.83±14.325 (%) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 36.25±7.676 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (20–40) (%) จำนวน 18 ตัวอย่าง (42.8%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 6 ตัวอย่าง (14.3%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 18 ตัวอย่าง (42.8%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 38.06±10.459 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 37.02±10.424 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (20–40) (%) จำนวน 16 ตัวอย่าง (47.1%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 2 ตัวอย่าง (5.9%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 16 ตัวอย่าง (47.1%)

5.2.1.12 ค่าโมโนไซท์ (Monocytes, MO) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 36.83±2.656 (%) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 3.75±3.096 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (2-10)% จำนวน 38 ตัวอย่าง (90.5%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง (7.1%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 1 ตัวอย่าง (2.4%) และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.29±3.167 (%) และ กลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 4.60±2.783 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ จำนวน 29 ตัวอย่าง (85.3%) ค่าที่ต่ำเกณฑ์ จำนวน 4 ตัวอย่าง (11.8%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 1 ตัวอย่าง (2.9%)

5.2.1.13 ค่าอีโอซิโนฟิล (Eosinophil, EO) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 2.86±2.504 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 1.50±0.577 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (0-2) (%) จำนวน 27 ตัวอย่าง (64.3%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 15 ตัวอย่าง (35.7%) ไม่พบค่าที่ต่ำเกณฑ์ และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 2.24±2.571 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. (%) เท่ากับ 1.53±1.546 ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (0-2) (%) จำนวน 26 ตัวอย่าง (76.5%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 8 ตัวอย่าง (23.5%) ไม่พบค่าที่ต่ำเกณฑ์

5.2.1.14 ค่าเบโซฟิล (Basophil, BA) พบว่า ส่วนใหญ่ในเพศชายของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 0.69±1.179 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 2.0±1.414 (%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (2-10) (%) จำนวน 36 ตัวอย่าง (85.7%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 6 ตัวอย่าง (14.3%) ไม่พบค่าที่ต่ำเกณฑ์ และเพศหญิง ของกลุ่มรับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 0.94±1.434 (%) และกลุ่มไม่รับสัมผัส ค่า $\bar{x}$ ± S.D. เท่ากับ 0.89±1.153

(%) ในกลุ่มรับสัมผัสพบว่า มีค่าอยู่ในเกณฑ์ (2-10) ((%) จำนวน 29 ตัวอย่าง (85.4%) ค่าที่สูงกว่าเกณฑ์ จำนวน 5 ตัวอย่าง (14.7%) ไม่พบค่าที่ต่ำเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมีในเลือด การทำงานหน้าที่ของเม็ดเลือด ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
RBC (10^6/mm^3)	**(4.40 – 6.00)**		**(4.3-5.7)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	11	26.2	10	29.0	0	0.0	12	26.7	11	23.9	22	27.8
อยู่ในเกณฑ์	25	59.5	23	67.6	4	100.0	31	68.9	29	63.0	54	68.4
มากกว่าเกณฑ์	6	14.3	1	2.9	0	0.0	2	4.4	6	13.0	3	3.8
$\bar{x} \pm$ S.D.	4.863±0.630		4.863±0.630		4.85±0.325		4.572±0.325		4.862±0.583		4.587±0.583	
Median (Min - Max)	4.915(3.62-6.15)		4.595(3.79± 5.74)		4.85(4.50-5.20)		4.55(2.56±6.73)		4.915(3.62-6.15)		4.55(2.56±6.73)	
Hemoglobin (HBG) (g/dL)	**(13-17)**		**(12.0 - 15.0)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	12	28.6	11	32.4	1	25.0	15	33.3	13	28.3	26	32.9
อยู่ในเกณฑ์	30	71.4	23	67.6	3	75.0	30	66.7	33	71.7	53	88.6
มากกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
$\bar{x} \pm$ S.D.	13.728±1.648		13.728±1.648		14.675±1.9067		42-53		12.159±1.282		25-59	
Median (Min - Max)	13.550		12.450		15.000		12.200		13.650		12.30	
	(9.20-16.90)		(8.10-14.10)		(12.40-16.30)		(7.20±14.50)		(9.20-16.90)		(12.159±1.282)	

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HCT (%)	**(38-50)**		**(36 – 45)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	4	9.5	2	5.9	0	0.0	3	6.7	1	8.7	5	6.3
อยู่ในเกณฑ์	29	69.0	30	88.2	1	25.0	40	88.9	31	67.4	70	88.6
มากกว่าเกณฑ์	9	21.4	2	5.9	3	75.0	2	4.4	11	23.9	4	5.1
$\bar{x}$ ± S.D.	45.69 ± 5.646		45.69 ±5.646		48.50±5.447		40.67±4.259		45.93±5.627		40.75±3.927	
Median (Min - Max)	46.50(34-59)		42(31-46)		49.50(42-53)		25-51		46.50(34-59)		25-59	
MCV (CBC)* (fL)	**(80-96)**		**(80-96)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	4	9.5	7	20.6	0	0.0	7	15.6	4	8.7	14	17.7
อยู่ในเกณฑ์	18	42.9	15	44.1	2	50.0	22	48.9	19	41.3	37	46.8
มากกว่าเกณฑ์	20	47.6	12	35.1	2	50.0	16	35.6	23	50.0	28	35.4
$\bar{x}$ ± S.D.	94.528 ± 9.66		89.39±10.83		98.87±6.57		89.80±10.41		94.90±9.45		89.62±10.53	

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Median (Min - Max)	95.70 (67.60-113.30)		88.20 (63.00-110.00)		100.95 (89.30-104.30)		91.30 (66.40-107.60)		96.35 (67.60-113.30)		91.10 (63-110)	
MCH (CBC)* (pg)	**(27.5 –33.2)**		**(27.5 –33.2)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	13	32.0	20	58.8	1	25.0	22	48.9	14	30.4	42	53.2
อยู่ในเกณฑ์	27	64.3	14	41.2	3	75.0	23	51.1	30	65.2	37	46.8
มากกว่าเกณฑ์	2	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	4.3	0	0.0
$\bar{x}$ ± S.D.	28.46±3.16		26.54±3.43		30.15±2.51		26.91±3.28		28.61±3.12		26.76±3.33	
Median	28.75		26.40		30.95		27.50		28.95		27.20	
(Min- Max)	(18.30-34.20)		(16.70-31.60)		(26.50-32.20)		(19.20-32.10)		(18.30-34.20)		(16.70-32.10)	
MCHC(CBC)*(g/dL) (33.4-35.5)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	42	100	34	100.0	4	100.00	45	100.0	46	100.0	79	100.0
อยู่ในเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
มากกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
$\bar{x}$ ± S.D.	30.08±1.26		29.65±1.092		30.50±0.632		29.98±1.14		30.12±1.22		29.841±1.128	
Median (Min-Max)	30.10 (27.10-32.30)		29.90(26.50-31.50)		30.60(29.70-31.10)		30.0(27.0-32.50)		30.15(27.10-32.30)		30.0(36.50-32.50)	
Platelet count (cells/mm^3) (150,000 – 450,000)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	10	23.8	3	8.8	0	0.0	4	8.9	10	21.7	7	8.9
อยู่ในเกณฑ์	32	76.2	31	91.2	4	100.0	41	91.1	35	76.1	72	91.1
มากกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.2	0	0.0
$\bar{x}$ ± S.D.	185019.05±70606.792		183517±46021.68		2115±32419		209155±41562		1887321±68331.24		198121.52±45096.733	
Median (Min - Max)	194000 (1300-376000)		183000 (16600-285000)		212000 (181000-241000)		20500 (12900-303000)		194000 (13000-376000)		195000 (16600-303000)	

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
RDW (%) (11.5 - 14.5)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อยู่ในเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
มากกว่าเกณฑ์	42	100.0	34	100.0	4	100.0	45	100.0	46	100.00	76	100.00
$\bar{x}$ ± S.D.	14.373±1.514		14.482±1.633		13.70±0.141		14.30±1.47		14.315±1.458		14.378±1.537	
Median (Min- Max)	14.25 (12.60-22.90)		14.20 (12.60-20.60)		13.75 (13.50-13.80)		14.30 (12.50-21.10)		14.15 (12.60-22.90)		14.20 (12.50-21.10)	
Wbc count (CBC)*(Cells/mm^3) (4,000-10,000)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	3	8.8	0	0.0	1	2.2	0	0.0	4	5.1
อยู่ในเกณฑ์	42	100.0	30	88.2	4	100.0	42	93.3	46.0	100.0	72	91.1
มากกว่าเกณฑ์	0	0.0	1	2.9	0	0.0	2	4.4	0	0.0	3	3.8
$\bar{x}$ ± S.D.	6577±1209.14		6532±1998.83		6235±1356.87		6763.11±1768.07		6547.83±1210.10		6663.67±1861.99	

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Median (Min- Max)	6596 (4240-92800		6155 (2950-13180)		6000 (5030-7910)		6690 (2930-12480)		659 (4240-9280)		6620 (2930-13180)	
Neutrophil (CBC)*(%) (40 – 80)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	5	11.9	3	8.8	0	0.0	1	2.2	5	10.9	4	5.1
อยู่ในเกณฑ์	37	88.1	31	91.2	4	100.0	44	97.8	41	89.1	75	94.9
มากกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
$\bar{x}$ ± S.D.	54.76±13.487		54.47±10.329		56.50±5.916		55.96±8.929		54.91±12.97		55.32±9.52	
Median(Min - Max)	52.50(21-80)		55.50(31-74)		57.0(50-72)		55.00(32-77)		53(21-80)		55(31-77)	
Lymphocyte (CBC)*(%) (20 – 40)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	6	14.3	2	5.9	0	0.0	4	8.9	6	13.0	6	7.6
อยู่ในเกณฑ์	18	42.8	16	47.1	3	75.0	22	48.9	21	45.7	38	48.1
มากกว่าเกณฑ์	18	42.8	16	47.1	1	25.0	19	42.2	19	41.3	35	44.3

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
$\bar{x}$ ± S.D.	36.83±14.325		38.06±10.459		36.25±7.676		37.02±10.424		36.78±12.818		37.47±10.38	
Median (Min - Max)	36.50(13-75)		40.0(13-59)		36..0(28-45)		39.0(12-66)		36.50(13-75)		40(12-36)	
Monocyte (CBC)*(%) (2-10)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	3	7.1	4	11.8	1	25.0	3	6.7	4	8.7	7	8.9
อยู่ในเกณฑ์	38	90.5	29	85.3	3	75.0	42	93.3	41	89.1	71	89.9
มากกว่าเกณฑ์	1	2.4	1	2.9	0	0.0	0	0.0	1	2.2	1	1.3
$\bar{x}$ ± S.D.	36.83±2.656		4.29±3.167		3.75±3.096		4.60±2.783		4.76±2.67		4.47±2.939	
Median (Min - Max)	4.50(1-11)		3(0-16)		3.0(1-8)		4(1-9)		4(1-11)		3(0-16)	
Eosinophil (CBC)* (%) (0-2)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อยู่ในเกณฑ์	27	64.3	26	76.5	4	100.0	36	80.0	31	67.4	62	78.5

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
มากกว่าเกณฑ์	15	35.7	8	23.5	0	0.0	9	20.0	15	32.6	17	21.5
$\bar{x}$ ± S.D.	2.86±2.504		2.24±2.571		1.50±0.577		1.53±1.546		2.74±2.426		1.84±2.066	
Median (Min - Max)	2(0-9)		1(0-10)		1.50(1-2)		1(0-7)		2(0-9)		1.84(0-10)	
Basophil (CBC)* (%) (0-2)												
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อยู่ในเกณฑ์	36	85.7	29	85.4	2	50.0	40	88.9	38	82.6	69	87.3
มากกว่าเกณฑ์	6	14.3	5	14.7	2	50.0	5	11.1	8	17.4	10	12.7
$\bar{x}$ ± S.D.	0.69±1.179		0.94±1.434		2.0±1.414		0.89±1.153		0.80±1.24		0.91±1.271	
Median (Min - Max)	0.00(0-4)		0(0-5)		2.5(0-3)		0(0-4)		0(0-4)		0(0-5)	

อ้างอิงเกณฑ์ ตาม สมาคมโลหิตวิทยาแห่งประเทศไทย

5.2.2 ผลการวิเคราะห์ จำนวนและร้อยละของตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN และ Creatinine ดังรายละเอียดดังนี้

1) จำนวนและร้อยละของค่า BUN (mg/dL) ในเพศชาย มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 15.790±3.538 VS 15.25±2.986 mg/dL ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 16(8-23) VS 15.25±2.986 (mg/dL) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (9 - 20) (mg/dL) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 90.5% VS 25.0% ส่วนในเพศหญิง มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 14.18±3.070 VS 14.29±8.134 mg/dL ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 13.50(9-21) VS 13(8-63) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (7-17) (mg/dL) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 85.3% VS 84.4%

2) จำนวนและร้อยละของค่า Creatinine (IU/L) ในเพศชาย มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.982±0.151 VS 0.917±0.146 (IU/L) ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.980(0.700-1.300) VS 0.7-1.01 (IU/L) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (0.66-1.25) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 90.5% VS 100% ส่วนในเพศหญิง มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.780±0.138VS 0.866±0.860 (IU/L) ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 0.778(0.59-1.14) VS 0.850(0.48-6.46) (IU/L) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (0.52-1.04) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 94.1% VS 95.6% ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของไต ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	ชาย (n=42)		หญิง (n=34)		ชาย (n=4)		หญิง(n=45)		ชาย(n=46)		หญิง (n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
BUN (mg/dL)	**(9 - 20)**		**(7 - 17)**									
ต่ำกว่าเกณฑ์	2	4.8	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	4.3	**0**	**0.0**
อยู่ในเกณฑ์	38	90.5	29	85.3	3	75.0	38	84.4	42	91.3	67	84.8
มากกว่าเกณฑ์	2	4.8	5	14.7	1	25.0	7	15.6	2	4.3	12	15.2
$\bar{x} \pm$ S.D.	15.790±3.538		14.18±3.070		15.25±2.986		14.29±8.134		14.24±6.428		14.24±6.428	
Median (Min - Max)	16(8-23)		13.50(9-21)		16(11-18)		13(8-63)		16(8-23)		13(8-63)	
Creatinine(mg/dL)	(0.66-1.25)		(0.52-1.04)									
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	1	2.2	0	0.0	1	1.3
อยู่ในเกณฑ์	38	90.5	32	94.1	4	100	43	95.6	42	91.3	75	94.9
มากกว่าเกณฑ์	4	9.5	2	5.9	0	0.0	1	2.2	4	8.7	3	3.8
$\bar{x} \pm$ S.D.	0.982±0.151		0.780±0.138		0.917±0.146		0.866±0.860		0.976±0.151		0.829±0.653	
Median (Min-Max)	0.980(0.700-1.300)		0.778(0.59-1.14)		0.980(0.7-1.01)		0.720(0.48-6.46)		0.980(0.70-1.30)		0.75(0.48-6.46)	

5.2.3 ผลการวิเคราะห์ จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT และ SGPT ดังรายละเอียดดังนี้

1) จำนวนและร้อยละของค่า SGOT (U/L) ในเพศชาย มีค่า $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 67.79±22.489 VS 76.50±19.061 ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 61.0(38-168) VS 80.50(50-93) ภาพรวม พบค่ามากกว่าเกณฑ์ระหว่าง (17-59) (U/L) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 52.4% VS 75.0% ในส่วนของเพศหญิง มีค่า $\bar{x}$ ± S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 49.50±13.789 VS 2.888±0.317 ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 44.5(33-90) VS 49(2.00-3.00) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (14-36) (U/L) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 88.2% VS 88.9%

2) จำนวนและร้อยละของค่า SGPT (U/L) ในเพศชาย มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 35.43±12.045 VS 26.45 ± 9.916 ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 31.00(22-74) VS 42.50(15-52) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (0-50) (U/L) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 88..1% VS 75.0% ในส่วนของเพศหญิง มีค่า $\bar{x} \pm$ S.D. (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 2.882±11.472 VS25.130±8.882) ส่วนค่า Median (Min - Max) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 23.0(14-78) VS 22.0(14-52) ภาพรวม พบค่าอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง (0-35) (U/L) (Exposed group VS non-exposed group) เท่ากับ 91.2% VS 86.7% ดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของสารชีวเคมี ได้แก่ การทำหน้าที่ของตับ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณตัวบ่งชี้ทางชีวเคมี	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)				กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)				รวม (n = 125)			
	เพศชาย (n=42)		เพศหญิง (n=34)		เพศชาย (n=4)		เพศหญิง(n=45)		เพศชาย(n=46)		เพศหญิง(n=79)	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
SGOT (U/L)	(17-59)		(14-36)									
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อยู่ในเกณฑ์	20	47.6	4	11.8	1	25.0	5	11.1	21	45.7	9	11.4
มากกว่าเกณฑ์	22	52.4	30	88.2	3	75.0	40	88.9	25	54.3	70	88.6
$\bar{x} \pm$ S.D.	67.79±22.489		49.50±13.789		76.50±19.061		2.888±0.317		50.03±12.232		50.03±12.232	
Median (Min - Max)	61.0(38-168)		44.5(33-90)		80.50(50-93)		49(2.00-3.00)		62(38-168)		48.00(32-96)	
SGPT (U/L)	(0-50)		(0-35)									
ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.0	0	0.0	0	0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
อยู่ในเกณฑ์	37	88..1	31	91.2	3	75.0	39	86.7	40	87.0	70	88.6
มากกว่าเกณฑ์	5	11.9	3	8.8	1	25.0	6	13.3	6	13.0	9	11.4
$\bar{x}$ ± S.D.	35.43±12.045		2.882±11.472		26.45 ± 9.916		25.130±8.882		25±10.010		25.00±10.01	
Median (Min-Max)	31.00(22-74)		23.0(14-78)		42.50(15-52)		22.0(14-52)		32.50(22-74)		22.00(14-78)	

ส่วนที่ 3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อกับระดับสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด

1. ผลการวิเคราะห์ ปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ที่ส่งผลต่อระดับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลการศึกษา พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง โดยมีการวิเคราะห์รายคู่กับ ระดับตะกั่วในเลือด ทั้งหมด 17 ตัวแปร ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล เพศ อายุ (ปี) รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร จำนวนปีที่ทำงาน ปัจจัยลักษณะการทำงาน ได้แก่ จำนวนชั่วโมงทำงาน บริเวณพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ($\mu g/100cm^2$) ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (Crude OR) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า รายได้ต่อเดือน ส่งผลต่อ ระดับตะกั่วในเลือด ดังแสดงในตารางที่ 22 และ 23

ตารางที่ 22 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปัจจัย	N = 125	ระดับ Pb ในเลือดสูง (<6.31 µg/dL) n (%)	β	Crude 95% CI			
				p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล							
เพศ							
-หญิง	79	43(54.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	46	19(41.3)	-0.283	0.403	0.419	0.150	1.176
อายุ (ปี)							
≤49	67	35(52.2)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	27(46.6)	0.444	0.350	0.641	0.253	1.627

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ปัจจัย	N = 125	ระดับ Pb ใน เลือด (6.31 µg/dL) n(%)	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ระดับการศึกษา							
-ระดับประถมศึกษา	80	39(48.8)	0.279	0.574	1.322	0.499	3.506
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	23(51.1)	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)							
≤5,500	73	33(45.2)	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	29(55.8)	1.022	0.023*	2.778	1.148	6.723
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)							
≤ 23	50	22(44.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	40(53.3)	0.542	0.217	1.720	0.727	4.071
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	88	43(48.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	19(51.4)	0.232	0.655	1.261	0.456	3.490
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ							
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	48	21(43.8)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	41(53.2)	-0.173	0.752	0.841	0.286	2.468
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	94	45(47.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ(มวน/วัน)	31	17(54.8)	0.943	0.075	2.568	0.910	7.243
ปัจจัยลักษณะการทำงาน							
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)							
≤100	98	46(46.9)	-0.520	0.364	0.595	0.194	1.826
>101	27	16(59.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
จำนวนปีที่ทำงาน(ปี)							
≤5	73	35(47.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	27(51.9)	-0.015	0.973	0.985	0.408	2.379
จำนวนชั่วโมงทำงาน/วัน							

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ปัจจัย	N = 125	ระดับ Pb ใน เลือด (6.31 µg/dL)n(%)	β	Crude 95% CI			
				p-value	OR	Lower CI	Upper CI
≤8	120	61(50.8)	-2.516	0.085	0.081	0.005	1.416
> 8	5	1(20.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์							
-ใส่หน้ากาก	6	3(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	59(49.6)	0.284	0.764	1.328	0.208	8.461
-ใส่ถุงมือ	73	37(50.7)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	25(48.1)	1.691	0.242	5.426	0.320	92.015
-ใส่ปลอกแขน	76	38(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	24(49.0)	3.710	0.018*	40.866	1.879	89.277
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	35(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	27(49.1)	-2.484	0.077	0.083	0.005	1.308
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
-ตะกั่ว≤ 2	72	34(54.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว> 2.01	53	28(45.2)	21.845	0.999	0.000	0.000	-
-แคดเมียม≤ 0.000	115	46(51.7)	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม> 0.001	10	16(44.4)	0.764	0.375	2.147	0.397	-
-นิกเกิล≤ 1.00	70	34(54.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	55	26(41.9)	-23.273	0.999	0.000	0.000	-

ตารางที่ 23 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	-20.75	1.000	-20.75	1.000	0.000		
เพศ							
-ชาย	-0.283	0.403	1.117	0.055	3.245	0.977	10.722
-หญิง	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)							
≤5,500	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
>5,500	1.022	0.023*	-1.105	0.021*	0.331	0.130	0.846
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ							
-ปัจจุบันยังสูบ(มวน/วัน)	0.943	0.075	0.815	0.507	1.367	0.477	3.918
จำนวนปีที่ทำงาน							
≤5	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
> 5	-0.015	0.973	-0.049	0.911	0.953	0.405	2.238
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์							
-สวมใส่ปลอกแขน	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ไม่สวมใส่ปลอกแขน	3.710	0.018*	2.214	0.239	9.148	0.229	364.697
ปริมาณฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
-ตะกั่ว≤ 2	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ตะกั่ว> 2.01	21.845	0.999	0.565	0.489	1.759	0.335	8.731

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อ ระดับแคดเมียม ในเลือดของ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า การสูบบุหรี่ ส่งผลต่อระดับแคดเมียมในเลือด ดังแสดงในตารางที่ 24-25

ตารางที่ 24 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับแคดเมียมในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปัจจัย	N = 125	ระดับ Cd ในเลือด (>0.91 µg/L) n(%)	β	Crude 95% CI			
				p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล							
เพศ							
-หญิง	79	42(53.2)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	46	17(37.0)	1.185	0.063	3.270	0.936	11.416
อายุ (ปี)							
≤49	67	32(47.8)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	27(46.6)	0.423	0.370	1.527	0.605	3.854
ระดับการศึกษา							
-ระดับประถมศึกษา	80	37(46.3)	0.013	0.979	1.013	0.384	2.673
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	22(48.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)							
≤5,500	73	30(41.1)	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	29(55.8)	-0.572	0.203	0.565	0.234	1.361
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)							
≤ 23	50	28(56.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	31(41.3)	-0.585	0.176	0.557	0.239	1.301
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	88	44(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	15(40.5)	-0.608	0.262	0.5644	0.188	1.576
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ							
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	48	21(43.8)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	38(49.4)	-0.630	0.252	0.533	0.181	1.567
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	94	50(53.2)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ(มวน/วัน)	31	9(29.0)	-1.123	0.048*	0.325	0.107	0.989

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ปัจจัย	N = 125	ระดับ Cd ในเลือด (>0.91 µg/L) n(%)	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยลักษณะการทำงาน							
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)							
≤100	98	46(46.9)	-0.158	0.799	0.854	0.254	2.874
>101	27	13(48.1)	อ้างอิง	-	-	-	-
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)							
≤5	73	39(53.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	20(38.5)	-0.751	0.078	0.472	0.205	1.088
จำนวนชั่วโมงทำงาน/วัน							
≤8	120	58(48.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	1(20.0)	-1.861	0.145	0.155	0.013	1.905
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์							
-ใส่หน้ากาก	6	3(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	56(47.1)	0.493	0.617	1.637	0.237	11.303
-ใส่ถุงมือ	73	37(50.7)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	22(42.3)	21.225	0.999	1.652	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	76	37(48.7)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	22(44.9)	-19.698	0.999	0.000	0.000	-
-ใส่รองเท้านิรภัย	76	35(50.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	49	24(43.6)	-1.172	0.464	0.310	0.013	7.122
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
-ตะกั่ว ≤ 2	73	28(44.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	53	31(50.0)	-0.669	0.443	0.512	0.096	2.724
-แคดเมียม ≤ 0.000	115	40(44.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	10	19(52.8)	-0.047	0.935	0.954	0.309	2.947
-นิกเกิล≤ 1.00	70	28(44.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	55	33(53.2)	0.574	0.303	1.775	0.596	5.289

ตารางที่ 25 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับแคดเมียมในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	0.026	0.913	0.026	0.913			
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-สูบ	-1.123	0.048*	-1.046	0.020*	0.351	0.146	0.847
ปริมาณฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
-แคดเมียม ≤ 0.000	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	-0.047	0.935	0.374	0.359	1.453	0.654	3.230

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.024 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.033

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า อายุ ส่งผลต่อระดับนิกเกิลในเลือดของ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสดังแสดงในตารางที่ 26-27

ตารางที่ 26 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปัจจัย	N = 125	มีระดับนิกเกิลในเลือด (>2.53 µg/L) n(%)	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
เพศ							
-หญิง	79	39(49.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	46	23(50.0)	0.921	0.188	2.511	0.638	9.894
อายุ (ปี)							
≤49	67	27(40.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	35(60.3)	1.024	0.049*	0.931	0.105	8.293

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ปัจจัย	N = 125	ระดับนิกเกิลในเลือด(>2.53 µg/L) n (%)	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ระดับการศึกษา							
-ระดับประถมศึกษา	80	40(50.0)	-0.026	0.961	0.975	0.346	2.742
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	22(48.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)							
≤5,500	73	40(54.8)	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	22(42.3)	-0.138	0.903	0.871	0.096	7.903
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)							
≤ 23	50	23(46.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	39(52.0)	0.538	0.240	1.713	0.698	4.207
โรคประจำตัว							
ไม่มี	88	46(52.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
มี	37	20(54.1)	2.652	0.043*	14.18	1.087	185.17
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ							
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	48	26(54.2)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	36(46.8)	-1.194	0.045*	0.303	0.094	0.973
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	94	45(47.9)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	17(54.8)	-0.084	0.887	0.919	0.287	2.947
ปัจจัยลักษณะการทำงาน							
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)							
≤100	98	49(50.0)	-0.262	0.704	0.770	0.199	2.976
>101	27	13(48.1)	อ้างอิง	-	-	-	-
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)							
≤5	73	40(54.8)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	22(42.3)	-0.642	0.163	0.526	0.213	1.298

ตารางที่ 26 (ต่อ)

ปัจจัย	N = 125	ระดับนิกเกิลในเลือด(>2.53 µg/L) n (%)	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
จำนวนชั่วโมงทำงาน/วัน							
≤8	120	62(51.7)	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	0(0.0)	-38.669	0.999	0.000	0.000	-
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์							
-ใส่หน้ากาก	6	2(33.0)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	60(50.4)	-0.405	0.683	0.067	0.095	4.666
-ใส่ถุงมือ ป้องกัน	73	38(52.1)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ ป้องกัน	52	24(46.2)	-17.681	0.999	0.000	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	76	39(51.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	23(46.9)	19.586	0.999	320.32	0.000	-
-ใส่รองเท้านิรภัย	76	36(51.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	49	26(47.3)	-1.132	0.466	0.322	0.015	6.777
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
-ตะกั่ว ≤ 2	73	28(44.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	53	34(54.8)	1.692	0.236	5.429	0.332	88.884
-แคดเมียม ≤ 0.000	115	43(48.3)	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	10	19(52.8)	-0.312	0.696	0.732	0.153	3.499
-นิกเกิล≤ 1.00	70	28(44.4)	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	55	31(50.0)	-1.764	0.245	0.171	0.009	3.347

ตารางที่ 27 ปัจจัยที่ที่ส่งผลต่อระดับนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะ อิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	Crude		Adjust				
	β	p-value	**β**	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	-0.279	0.873	-0.279	0.327	0.765		
อายุ (ปี)							
≤49	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
> 49	1.024	0.049*	0.857	0.027*	2.335	1.104	5.025
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-มี	2.652	0.043*	0.030	0.943	1.031	0.447	2.376
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ดื่ม	1.024	0.049*	-0.421	0.284	0.656	0.304	1.419
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นนิกเกิลที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน							
-นิกเกิล≤ 1.00	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	-1.764	0.245	-0.047	0.903	0.954	0.449	2.028

Cox & Snell R Square เท่ากับ .080 Nagelkerke R Square เท่ากับ .107

2. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด และปัจจัยส่งผลต่อระบบประสาท ได้แก่ อาการทางระบบประสาท ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) ที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางระบบประสาทในกลุ่มที่ตอบแบบสัมภาษณ์

2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางระบบประสาท การวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางระบบประสาท โดย ใช้การวิเคราะห์แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) logistic regression analysis) ของตัวแปรต้น คือ เพศ อายุ (ปี)

รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม) การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน บริเวณพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) กับกลุ่มอาการทางระบบประสาท ประกอบไปด้วย กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มความจำและสมาธิ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย และ กลุ่มอาการนอนไม่หลับ คือ กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 151 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวน 72 คน รวม 223 คน ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า ไม่มีปัจจัยส่งผลต่อกลุ่มอาการทางประสาทวิทยาระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 28-29

ตารางที่ 28 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานีระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง				
-ชาย	85	-.180	0.615	.835	.414	1.685
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง				
> 45	90	-.161	0.661	.851	.414	1.748
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	136	.312	0.359	1.367	.701	2.663
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	87	อ้างอิง				
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,000	125	อ้างอิง				
>5,001	98	-.168	0.596	.845	.454	1.574
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง				
> 23	106	.036	0.906	1.037	.569	1.891

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง				
-มี	60	0.737	0.043*	2.090	1.025	4.262
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง				
-ดื่ม	139	-.360	0.305	.698	.351	1.388
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง				
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	35	0.385	0.228	1.590	0.956	3.291
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	87	-0.500	0.092	0.607	0.339	1.085
>101	136	อ้างอิง				
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	133	อ้างอิง				
> 5	90	-.001	0.998	.999	.546	1.829
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	88	อ้างอิง				
> 8	63	-0.002	0.997	0.998	0.303	3.285
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	13	อ้างอิง				
-ไม่ใส่หน้ากาก	210	-0.792	0.123	0.453	0.086	2.398
-ใส่ถุงมือป้องกัน	134	อ้างอิง				
-ไม่ใส่ถุงมือป้องกัน	17	-2.075	0.112	.126	.009	1.754
-ใส่ปลอกแขน	138	อ้างอิง				
-ไม่ใส่ปลอกแขน	13	1.938	0.507	6.942	.638	75.571
-ใส่รองเท้านิรภัย	129	อ้างอิง				

ตารางที่ 28 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	22	.594	0.956	1.812	.313	10.477
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	29	อ้างอิง				
-ตะกั่ว > 2.01	122	.033	.956	1.034	.320	3.335
-แคดเมียม ≤ 0.000	77	อ้างอิง				
-แคดเมียม > 0.001	74	-.320	.398	.726	.346	1.525
-นิกเกิล≤ 1.00	27	อ้างอิง				
-นิกเกิล> 1.001	124	.367	.547	1.444	.437	4.775

ตารางที่ 29 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

ตัวแปร	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	-0.389	0.385	-0.730	0.000			
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-	-
-มี	0.737	0.043*	0.530	0.086	1.698	0.927	3.110

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า ไม่สวมใส่ปลอกแขน ส่งผลต่อ กลุ่มอาการจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 30-31

ตารางที่ 30 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการจิตสรีระกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	85	-0.381	0.287	0.683	0.339	1.378
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 45	90	0.570	0.111	0.768	0.878	3.563
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	136	0.329	0.331	1.389	0.716	2.694
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	87	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	125	-0.297	0.340	0.743	0.404	1.366
>6,001	98	อ้างอิง	-	-	-	-
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	106	0.221	0.465	1.247	0.689	2.256
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	0.582	0.063	1.790	0.970	3.305
ยารักษาโรค						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	0.270	0.451	1.310	0.649	2.646
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	139	-0.346	0.322	0.707	0.356	1.404

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	β	Crude 95% CI			
			p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	35	0.898	0.019*	2.455	1.156	5.215
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	87	-0.185	0.531	0.832	0.467	1.481
>101	136	อ้างอิง	-	-	-	-
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	90	0.060	0.843	1.062	0.585	1.929
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	210	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	13	-0.043	0.944	0.958	0.290	3.168
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	13	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	210	0.161	0.820	1.174	0.294	4.697
-ใส่ถุงมือ	142	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	81	-1.845	0.158	0.158	0.012	2.043
-ใส่ปลอกแขน	146	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	77	2.471	0.042*	11.838	1.088	128.853
-ใส่รองเท้านิรภัย	86	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	137	0.227	0.784	1.255	0.248	6.358

ตารางที่ 30 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	97	อ้างอิง				
-ตะกั่ว > 2.01	125	0.398	0.505	1.489	0.462	4.792
-แคดเมียม ≤ 0.000	147	อ้างอิง				
-แคดเมียม > 0.001	76	-0.020	0.958	0.980	0.470	3.355
-นิกเกิล≤ 1.00	96	อ้างอิง				
-นิกเกิล> 1.001	127	0.012	0.984	1.012	0.306	1.404

ตารางที่ 31 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์							
-ใส่ปลอกแขน	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	2.471	0.042	-0.816	0.007*	0.442	0.243	0.804
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-สูบ	0.898	0.019					

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.033 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.045

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า เพศ และการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อ กลุ่มอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) ดังแสดงใน ตารางที่ 32-33

ตารางที่ 32 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอารมณ์ ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	β	Crude 95% CI			
			p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	85	-1.423	0.002*	0.241	0.096	0.602
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 45	90	0.221	0.611	1.247	0.532	2.922
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	87	0.632	0.119	1.880	0.849	4.163
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	136	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	125	อ้างอิง	-	-	-	-
>6,001	98	-0.119	0.749	0.888	0.429	1.838
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	147	0.366	0.742	1.128	0.550	2.313
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	0.582	0.063	1.790	0.970	3.305
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	60	0.411	0.344	1.508	0.643	3.535
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	139	-0.936	0.027*	0.392	0.171	0.899

ตารางที่ 32 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ (มวน/วัน)	35	0.898	0.019*	2.455	1.156	5.215
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	90	-0.286	0.443	0.751	0.362	1.561
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	210	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	13	-0.470	0.557	0.625	0.130	2.999
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	210	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	13	-0.340	0.707	0.712	0.121	4.180
-ใส่ถุงมือ	81	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	142	23.140	4.180	1.1+E10	0.180	.
-ใส่ปลอกแขน	77	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	146	-21.302	0.999	0.000	0.000	
-ใส่รองเท้านิรภัย	86	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	137	-1.380	0.125	0.252	0.043	1.467
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	97	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	126	0.529	0.450	1.698	0.430	6.704
-แคดเมียม ≤ 0.000	147	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	76	0.006	0.989	1.006	0.409	2.478
-นิกเกิล≤ 1.00	96	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	127	-0.156	0.831	0.855	0.205	3.575

ตารางที่ 33 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
เพศ							
-หญิง	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ชาย	-1.423	0.002*	-1.031	0.012*	0.357	0.159	0.798
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ดื่ม	-.936	0.027*	-0.744	0.050*	0.475	0.225	1.003
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบบุหรี่	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-สูบบุหรี่	0.898	0.019*	-	-	-	-	-

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.033 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.051

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ส่งผลต่อ กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value<0.005) ดังแสดงในตารางที่ 34-35

ตารางที่ 34 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	85	-1.796	0.005*	0.166	0.047	0.581

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 45	90	-0.128	0.844	0.880	0.247	3.318
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	87	0.767	0.212	2.153	0.645	7.182
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	136	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	125	อ้างอิง	-	-	-	-
>6,001	98	-0.024	0.961	0.977	0.377	2.529
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	147	0.357	0.461	1.429	0.553	3.696
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	0.849	0.156	2.338	0.724	7.553
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	60	1.165	0.067	3.207	0.923	11.142
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	139	-1.357	0.015*	0.257	0.086	0.772
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ(มวน/วัน)	35	1.602	0.022*	4.963	1.254	19.645

ตารางที่ 34 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	87	-0.061	0.904	0.940	0.345	2.557
>101	136	อ้างอิง	-	-	-	-
จำนวนปีที่ทำงาน(ปี)						
≤5	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	90	-0.335	0.485	0.701	0.259	1.901
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	210	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	13	-19.590	0.999	0.000	0.000	-
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	210	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	13	-0.163	0.847	0.849	0.162	4.453
-ใส่ถุงมือ	81	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	142	21.046	0.999	1.38e+9	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	77	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	146	-20.310	0.999	0.000	0.000	-
-ใส่รองเท้านิรภัย	86	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	137	-0.591	0.511	0.554	0.095	3.2222
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	97	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	126	-0.314	0.660	0.730	0.180	2.966
-แคดเมียม ≤ 0.000	147	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	76	0.299	0.493	1.348	0.573	3.170
-นิกเกิล≤ 1.00	96	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	127	0.396	0.580	1.485	0.366	6.025

ตารางที่ 35 ปัจจัยที่มีส่งผลต่อกลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
เพศ							
-ชาย	-1.796	0.005*	-0.493	0.220	0.611	0.278	1.342
-หญิง	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ดื่ม	-1.357	0.015*	-1.095	0.005*	0.334	0.155	0,720
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ							
-สูบ	1.602	0.022*	-	-	-	-	-

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.035 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.056

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า ระดับการศึกษาและขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม.) ส่งผลต่อกลุ่มอาการจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 36-37

ตารางที่ 36 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	85	-0.409	0.282	0.664	0.316	1.399

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 45	90	0.107	0.779	1.112	0.529	2.339
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	87	0.693	0.048*	1.999	1.007	3.971
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	136	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	125	อ้างอิง	-	-	-	-
>6,001	98	0.479	0.145	1.615	0.848	3.075
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	147	0.548	0.087	1.731	0.923	3.246
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	-0.048	0.886	0.953	0.491	1.847
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	60	-0.088	0.798	0.916	0.469	1.791
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	139	-0.248	0.504	0.781	0.378	1.613
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	35	-0.095	0.818	0.909	0.406	2.038

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	87	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	136	-0.767	0.013*	0.464	0.254	0.849
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	90	0.331	0.297	1.393	0.747	2.597
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	210	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	13	-0.483	0.505	0.617	0.149	2.554
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	210	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	13	0.696	0.323	2.006	0.504	7.982
-ใส่ถุงมือ	81	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	142	0.441	0.709	1.555	0.153	15.811
-ใส่ปลอกแขน	77	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	146	0.444	0.664	1.559	0.210	11.567
-ใส่รองเท้านิรภัย	86	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	137	-0.323	0.702	0.724	0.139	3.782
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	97	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	126	-0.461	0.452	0.631	0.190	2.098
-แคดเมียม ≤ 0.000	147	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	76	-0.457	0.237	0.633	0.297	1.351
-นิกเกิล≤ 1.00	96	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	127	-0.604	0.312	1.829	0.568	5.889

ตารางที่ 37 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่			-0.006	0.985	0.995		
ระดับการศึกษา							
-ประถมศึกษา	.693	.048*	-0.684	0.024*	0.504	0.278	0.915
-มัธยมศึกษาขึ้นไป	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)							
≤100	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
>101	-0.767	0.013*	-0.764	0.012*	2.148	1.185	3.892

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.046 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.066

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า อายุ ส่งผลต่อ กลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 38-39

ตารางที่ 38 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	138	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	85	-0.176	0.635	0.839	0.407	1.731
อายุ (ปี)						
≤45	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 45	90	0.856	0.024*	2.354	1.119	4.953
ระดับการศึกษา						

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
-ระดับประถมศึกษา	87	0.308	0.383	1.360	0.681	2.718
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	136	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤6,000	125	อ้างอิง	-	-	-	-
>6,001	98	-0.025	0.941	0.976	0.507	1.877
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	117	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	147	0.101	0.751	1.106	0.594	2.057
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	60	0.166	0.867	0.934	0.422	2.070
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	163	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	60	0.155	0.686	0.857	0.405	1.812
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	84	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	139	-0.371	0.301	0.690	0.341	1.394
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	188	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบบุหรี่	35	-0.068	0.867	0.934	0.422	2.070
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	87	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	136	-0.044	0.892	0.957	0.422	2.070
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	133	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	90	-0.031	0.922	0.969	0.521	1.805

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 223	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	210	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	13	0.088	0.885	1.092	0.332	3.594
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	210	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	13	-0.981	0.255	0.375	0.069	2.033
-ใส่ถุงมือ	81	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	142	0.452	0.675	0.595	0.000	
-ใส่ปลอกแขน	77	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	146	0.322	0.761	1.380	0.173	11.001
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	86	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	137	-21.597	.999	0.000	0.000	-
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2	97	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	126	-0.180	0.773	0.836	0.247	2.829
-แคดเมียม≤ 0.000	147	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม> 0.001	76	0.236	0.546	1.266	0.588	2.725
-นิกเกิล≤ 1.00	96	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	127	0.445	0.484	1.560	0.450	5.412

ตารางที่ 39 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	-0.359	0.093	-0.359	0.093	0.093	-	-
อายุ ≤45 (ปี)	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
> 45	0.856	0.024*	-0.594	0.040*	0.698	0.341	0.972

2. ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบประสาท แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) logistic regression analysis) ในกลุ่มที่ตอบแบบสัมภาษณ์และเจาะเลือด คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 76 คน และ เจ้าหน้าที่อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน จำนวน 49 คน รวม 125 คน

2.1 ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการทางระบบประสาท ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยวของตัวแปรต้น คือ เพศ อายุ (ปี) รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน บริเวณพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน($\mu g/100cm^2$) และระดับโลหะหนักในเลือด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล กับกลุ่มอาการทางระบบประสาท ประกอบไปด้วย กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มความจำและสมาธิ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย และกลุ่มอาการนอนไม่หลับ ดังแสดงในตารางที่ 36-44

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) ไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 40-41

ตารางที่ 40 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
ชาย	46	0.188	0.719	1.206	.434	3.350
อายุ (ปี)						
≤ 49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	-0.523	0.314	0.593	0.214	1.640
ระดับการศึกษา						
ระดับประถมศึกษา	80	0.111	0.823	1.118	0.420	2.974

ตารางที่ 40 (ต่อ)

ตัวแปร	N=125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	-0.396	0.371	0.673	0.283	1.602
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	-0.448	0.282	0.639	0.283	1.445
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	0.785	0.071	2.191	0.936	5.230
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	37	0.684	0.102	1.981	0.873	4.498
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	0.252	0.552	1.287	0.560	2.959
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	-0.683	0.204	0.505	0.176	1.447
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	0.609	0.296	1.839	0.587	5.755
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	0.024	0.953	1.024	0.460	2.280

ตารางที่ 40 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	-0.343	0.747	0.710	0.088	5.724
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	0.633	0.511	1.883	0.285	12.442
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	0.861	0.999	0.000	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	1.933	0.999	5.581E+9	0.000	-
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	1.227	0.344	3.412	0.269	43.353
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว > 2.01	62	0.025	0.974	1.026	0.220	4.790
แคดเมียม ≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม > 0.001	36	-0.910	0.104	0.402	0.134	1.206
นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล> 1.001	62	0.897	0.234	2.452	0.561	10.724
ระดับโลหะหนักในเลือด						
ตะกั่ว≤6.31	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว>6.32	62	0.355	0.443	1.426	0.576	3.531
แคดเมียม≤ 0.91	66	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.91	59	-0.432	0.309	0.649	0.283	1.492
นิกเกิล≤2.53	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53	62	-0.328	0.467	0.721	0.298	1.741

ตารางที่ 41 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการประสาทวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ค่าคงที่	20.793	1.000	20.793	1.000	-	-	-
ระดับโลหะหนักในเลือด							
ตะกั่ว≤6.31	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
ตะกั่ว>6.32	0.355	0.443	0.171	0.697	1.187	0.528	2.667
แคดเมียม≤ 0.91	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.91	-0.432	0.309	-0.204	0.588	0.816	0.390	1.705
นิกเกิล≤2.53	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53	-0.328	0.467	-0.301	0.464	0.740	0.330	1.657

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า โรคประจำตัว ยารักษาโรค การสูบบุหรี่ ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม) ส่งผลต่อกลุ่มอาการทางจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.005) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 42-43

ตารางที่ 42 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N =	Crude 95% CI				
	125	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
ชาย	46	.219	.678	1.245	.441	3.513
อายุ (ปี)						
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	.414	.432	1.513	.538	4.254

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	80	.218	.667	1.244	.460	3.359
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	-.337	.451	.714	.297	1.715
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	-.290	.491	748	.328	1.709
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	0.992	0.014*	2.697	1.226	5.9934
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	37	1.107	0.012*	3.026	1.270	7.211
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	-0.179	0.671	0.836	0.366	1.909
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	1.016	0.020*.	2.763	1.175	6.499
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	1.062	0.021*	2.893	1.173	7.135

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	.113	.786	1.120	.494	2.537
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	-.083	.939	.920	.110	7.669
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	1.194	0.181	3.300	0.574	18.989
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	-43.816	0.999	5.35E+18	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	43.124	0.999	0.000	0.000	-
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	-1.194	0.548	2.118	0.184	24.434
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
ตะกั่ว≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว> 2.01	62	.500	.517	1.648	.364	7.468
แคดเมียม ≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม > 0.001	36	-.674	.239	.510	.166	1.564
นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล> 1.001	62	.498	.504	1.646	.382	7.099
ระดับโลหะหนักในเลือด						
ตะกั่ว ≤6.31	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว >6.32	62	0.470	.335	1.600	.616	4.155

ตารางที่ 42 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Crude 95% CI p-value	OR	Lower CI	Upper CI
แคดเมียม≤ 0.91	66	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.91	59	.235	.590	1.264	.539	2.966
นิกเกิล≤2.53	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53	62	-.409	.397	.665	.258	1.710

ตารางที่ 43 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางจิตสรีระวิทยาของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude β	Crude p-value	Adjust β	Adjust p-value	OR	Lower CI	Upper CI
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-มี	0.992	0.014*	1.176	0.007*	3.243	1.385	7.590
ยารักษาโรค							
-ไม่ใช้	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ใช้	1.107	0.012*	1.247	0.007*	3.480	1.413	8.567
การสูบบุหรี่							
-ไม่สูบ	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-สูบ	1.016	0.020*.	1.009	0.034*	2.743	1.079	6.969
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)							
>100	1.062	0.021*	-	-	-	-	-
<100	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.142 Nagelkerke R Square เท่ากับ 0.191

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า ยารักษาโรค ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 44-45

ตารางที่ 44 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
ชาย	46	-1.096	.153	.334	.074	1.503
อายุ (ปี)						
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	.064	.925	1.066	.282	4.026
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	80	-0.108	.869	.897	.248	3.249
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	-.410	.473	.663	.216	2.036
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	-0.066	-.066	.936	.325	2.692
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	0.866	0.076	2.426	0.910	6.470
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	37	0.969	0.050*	2.635	1.002	6.930
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	0.086	0.866	1.090	0.400	2.973

ตารางที่ 44 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบบุหรี่ (มวน/วัน)	31	.585	.405	1.795	.452	7.122
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	.244	.749	1.276	.286	5.690
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	-.477	.378	.621	.215	1.791
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	-18.817	0.999	0.000	0.000	-
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	-0.231	0.657	0.794	0.286	2.200
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	-0.887	0.076	2.427	0.910	6.470
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	0.205	0.649	1.228	0.508	2.969
-ใส่รองเท้านิรภัย	70	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้านิรภัย	55	-0.154	0.906	0.857	0.066	11.098
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
-ตะกั่ว ≤ 2.00	63	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	62	0.019	0.984	1.019	0.149	6.950
-แคดเมียม ≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม > 0.001	36	-0.839	0.277	0.432	0.095	1.959

ตารางที่ 44 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
-นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	62	-0.375	0.699	0.687	0.103	4.583
ระดับโลหะหนักในเลือด						
-ตะกั่ว≤6.31	63	อ้างอิง	-	-	-	-
-ตะกั่ว>6.32	62	0.614	0.297	1.848	0.583	5.860
-แคดเมียม≤ 0.91	66	อ้างอิง	-	-	-	-
-แคดเมียม> 0.91	59	0.152	0.781	1.165	0.398	3.408
-นิกเกิล≤2.53	63	อ้างอิง	-	-	-	-
-นิกเกิล>2.53	62	-1.316	0.024*	0.268	0.085	0.844

ตารางที่ 45 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ยารักษาโรค							
-ไม่ใช้	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ใช้	0.969	0.050	1.067	0.028*	2.906	1.120	7.540
ระดับโลหะหนักในเลือด							
-นิกเกิล≤2.53	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
นิกเกิล ≤2.53	-1.316	0.024	-0.843	0.088	0.431	0.163	1.135

Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.020 Nagelkerke R Square เท่ากับ **0.032**

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) พบว่า พบว่า โรคประจำตัว และการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ส่งผลต่อกลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 46-47

ตารางที่ 46 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
ชาย	46	-0.922	0.252	0.398	0.082	0.082
อายุ (ปี)						
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	-0.808	0.282	0.446	0.102	1.940
ระดับการศึกษา						
ระดับประถมศึกษา	80	-0.947	0.182	0.388	0.096	1.558
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	0.390	0.516	1.478	0.454	4.806
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	-0.448	0.443	0.639	0.204	2.006
โรคประจำตัว						
ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
มี	37	2.648	0.000	14.127	3.206	62.244
ยารักษาโรค						
ไม่ใช้	98	อ้างอิง	-	-	-	-
ใช้	27	2.580	0.000	13.199	3.117	55.811
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
ดื่ม	77	-1.539	0.032*	0.215	0.052	0.879

ตารางที่ 46 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	0.762	0.301	0.389	0.080	1.887
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	-0.945	0.329	0.389	0.058	2.588
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	0.246	0.659	1.279	0.429	3.815
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
>8	5	-20.477	0.999	0.000	0.000	
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
-ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	2.019	0.132	7.531	0.543	104.509
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	0.651	1.00	1.918	0.000	-
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-18.073	0.999	0.000	0.000	-
ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	18.825	0.999	0.000	0.000	-
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว > 2.01	62	-2.173	0.090	0.114	0.009	1.400

ตารางที่ 46 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
แคดเมียม ≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม > 0.001	36	1.304	0.126	3.684	0.693	10.596
นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง				
นิกเกิล> 1.001	62	0.150	0.898	1.162	0.116	11.600
ระดับโลหะหนักในเลือด						
ตะกั่ว≤6.31 (µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว>6.32 (µg/dL)	62	-0.789	0.242	0.454	0.121	1.702
แคดเมียม ≤ 0.91 (µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม > 0.91 (µg/L)	59	-0.850	0.152	0.427	0.133	1.368
นิกเกิล≤2.53 (µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53 (µg/L)	62	0.159	0.794	1.172	0.356	3.855

ตารางที่ 47 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	Crude		Adjust				
	β	p-value	β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
โรคประจำตัว							
-ไม่มี	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-มี	2.648	.000	1.172	0.013*	3.228	1.285	8.113
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์							
-ไม่ดื่ม	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ดื่ม	-1.539	0.032*	-1.029	0.026*	0.357	0.144	0.886
ยารักษาโรค							
-ไม่ใช้	อ้างอิง	-	-	-	-	-	-
-ใช้	2.580	0.000					

Cox & Snell R Square เท่ากับ Nagelkerke R Square เท่ากับ

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) ไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 48

ตารางที่ 48 ปัจจัยที่ส่งผลต่อ กลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
ชาย	46	0.373	0.565	0.689	0.194	2.448
อายุ (ปี)						
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	0.071	0.905	1.074	0.334	3.449
ระดับการศึกษา						
ระดับประถมศึกษา	80	-0.510	0.366	0.600	0.199	1.815
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	0.795	0.103	2.214	0.851	5.760
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	0.143	0.759	1.154	0.462	2.881
โรคประจำตัว						
ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
มี	37	0.135	0.749	1.145	0.501	2.616
ยารักษาโรค						
ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-	-

ตารางที่ 48 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ใช้	37	0.394	0.485	1.482	0.491	4.471
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	-0.395	0.500	0.674	0.214	2.215
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	0.166	0.785	1.180	0.359	3.876
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	-0.011	0.987	0.989	0.253	3.863
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	0.395	9.397	1.484	0.595	3.705
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	-20.298	0.999	0.000	0.000	-
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่หน้ากาก	119	1.886	0.067	6.591	0.876	49.593
ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่ถุงมือ	52	19.327	0.999	0.000	0.000	-
ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-18.297	0.999	0.000	0.000	-
ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	-0.259	0.859	0.722	0.045	13.319

ตารางที่ 48 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว > 2.01	62	-0.479	0.599	0.619	0.104	3.684
แคดเมียม≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.001	36	-0.336	0.590	0.714	0.210	2.427
นิกเกิล≤ 1.000	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล> 1.001	62	0.537	0.547	1.711	0.299	9794
ระดับโลหะหนักในเลือด						
ตะกั่ว≤6.31(µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว>6.32(µg/dL)	62	-0.114	0.824	0.892	0.327	2.434
แคดเมียม≤ 0.91 (µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.91 (µg/L)	59	-0.307	0.507	0.735	0.296	1.824
นิกเกิล≤2.53(µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53(µg/L)	62	0.107	0.827	1.113	0.426	2.903

ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แบบตัวแปรเชิงเดี่ยว (Univariate (crude OR) ไม่พบปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 49

ตารางที่ 49 ปัจจัยที่ส่งผลต่อกลุ่มอาการนอนไม่หลับของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
ปัจจัยส่วนบุคคล						
เพศ						
-หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-	-
-ชาย	46	0.295	0.451	1.343	0.624	2.893
อายุ (ปี)						
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-	-
> 49	58	0.400	0.498	1.491	0.469	4.744
ระดับการศึกษา						
-ระดับประถมศึกษา	80	0.009	0.987	1.009	0.342	2.980
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)						
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-	-
>5,500	52	-0.041	0.934	0.960	0.369	2.498
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)						
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-	-
> 23	75	-0.117	0.795	0,889	0.368	2.152
โรคประจำตัว						
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-มี	37	0.486	0.234	1.626	0.730	3.619
ยารักษาโรค						
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-	-
-ใช้	37	0.071	0.893	1.074	0.380	3.302
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ						
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์						
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-	-
-ดื่ม	77	0.006	0.991	1.006	0.328	3.084

ตารางที่ 49 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
การสูบบุหรี่						
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	0.179	0.752	1.196	0.394	3.692
ปัจจัยลักษณะการทำงาน						
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)						
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-	-
>101	60	0.472	0.462	1.604	0.455	5.646
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)						
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-	-
> 5	52	-0.158	0.737	0.854	0.341	2.141
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน						
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-	-
> 8	5	0.733	0.574	20.080	0.162	26.682
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์						
ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่หน้ากาก	119	0.583	0.991	1.006	0.328	3.084
ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่ถุงมือ	52	22.205	0.999	44.25E+9	0.000	-
ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-0.367	0.849	0.693	0.016	30.129
ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-	-
ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	-21.618	0.999	0.000	0.000	
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)						
ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว > 2.01	62	-0.054	0.947	0.947	0.190	4.722
แคดเมียม≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม> 0.001	36	-0.305	0.610	0.737	0.229	2.376

ตารางที่ 49 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	Crude 95% CI				
		β	p-value	OR	Lower CI	Upper CI
นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล> 1.001	62	0.184	0.828	1.202	0.229	6.321
ระดับโลหะหนักในเลือด						
ตะกั่ว≤6.31(µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
ตะกั่ว>6.32(µg/dL)	62	-0.504	0.313	0.604	0.227	1.607
แคดเมียม≤0.91(µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-	-
แคดเมียม>0.91 (µg/L)	59	-0.311	0.497	0.733	0.298	1.799
นิกเกิล≤2.53(µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-	-
นิกเกิล>2.53(µg/L)	62	0.660	0.183	1.935	0.732	5.133

2.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

การวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุ (Multiple Linear Regression) ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบไปข้างหน้า (Digit span forward Test) ของตัวแปรต้น คือ เพศ อายุ (ปี) รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.) การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหาร จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน บริเวณพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) และระดับโลหะหนักในเลือด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ดัชนีมวลกาย ไม่สวมใส่หน้ากาก และ ปริมาณฝุ่นตะกั่วในพื้นผิวปฏิบัติงาน ส่งผลต่อ ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบไปข้างหน้าของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 50

ตารางที่ 50 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบไปข้างหน้าของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปร	**N = 125**	**β**	Beta	t	p-value
ค่าคงที่		12.053		1.912	0.059
ปัจจัยส่วนบุคคล					
เพศ					
หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-
ชาย	46	-1.046	-0.164	-1.322	0.189
อายุ (ปี)					
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-
> 49	58	-0.020	-0.073	-0.522	0.603
ระดับการศึกษา					
ระดับประถมศึกษา	80	0.011	0.002	0.018	0.986
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)					
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-
>5,500	52	1.867E-6	0.208	0.018	0.986
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)					
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-
> 23	75	0.155	0.208	2.218	0.029*
โรคประจำตัว					
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-
-มี	37	-1.524	-0.226	-1.074	0.285
ยารักษาโรค					
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-
-ใช้	37	0.585	0.220	-1.074	0.285
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ					
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์					

ตารางที่ 50 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-
-ดื่ม	77	0.273	0.043	0.385	0.701
การสูบบุหรี่					
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	-0.311	-0.072	-0.692	0.491
ปัจจัยลักษณะการทำงาน					
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)					
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-
>101	60	0.000	0.011	0.111	0.912
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)					
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-
> 5	52	0.070	0.099	1.030	0.305
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน					
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-
> 8	5	0.020	0.005	0.054	0.957
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์					
ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-
ไม่ใส่หน้ากาก	119	-3.195	-0.222	-2.302	0.023*
ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-
ไม่ใส่ถุงมือ	52	-0.122	-0.020	-0.044	0.965
ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-
ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-2.700	2.006	-0.428	-1.346
ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-
ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	2.220	0.358	0.316	0.753
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)					
ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-
ตะกั่ว > 2.01	62	-0.001	-0.217	-2.042	0.044*
แคดเมียม≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-

ตารางที่ 50 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
แคดเมียม> 0.001	36	-0.107	0.031	0.316	0.753
นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-
นิกเกิล> 1.001	62	-0.006	-0.125	-1.117	0.267
ระดับโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่ว≤6.31 (µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-
ตะกั่ว>6.32 (µg/dL)	62	0.028	0.014	0.115	0.909
แคดเมียม≤0.91 (µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-
แคดเมียม>0.91 (µg/L)	59	-0.298	-0.033	-0.345	0.730
นิกเกิล≤2.53 (µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-
นิกเกิล>2.53 (µg/L)	62	0.084	0.013	0.108	0.914

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ไม่ใส่ปลอกแขน ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบย้อนกลับ (Digit span backward Test) ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังแสดงในตารางที่ 51

ตารางที่ 51 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำแบบย้อนกลับ ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะ อิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

	N = 125	β	Beta	t	p-value
ค่าคงที่		3.344		0.505	0.615
ปัจจัยส่วนบุคคล					
เพศ					
-หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-
-ชาย	46	-0.409	-0.064	-0.492	0.624
อายุ (ปี)					
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-

ตารางที่ 51 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
> 49	58	-0.014	-0.050	-0.339	0.735
ระดับการศึกษา					
-ระดับประถมศึกษา	80	0.501	0.097	0.825	0.412
-ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)					
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-
>5,500	52	-2.11e-5	-0.021	-0.192	0.848
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)					
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-
> 23	75	0.044	0.059	0.600	0.550
โรคประจำตัว					
-ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-
-มี	37	-1.776	-0.264	-1.190	0.237
ยารักษาโรค					
-ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-
-ใช้	37	0.635	0.240	1.178	0.242
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ					
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์					
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-
-ดื่ม	77	0.391	0.062	0.524	0.602
การสูบบุหรี่					
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	-0.632	-0.147	-1.338	0.184
ปัจจัยลักษณะการทำงาน					
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)					
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-
>101	60	-0.001	--1.676	0.050	0.097
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)					
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-

ตารางที่ 51 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
> 5	52	0.073	0.104	1.025	0.308
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน					
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-
> 8	5	0.591	0.151	1.529	0.129
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์					
ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-
ไม่ใส่หน้ากาก	119	-2.862	-0.199	-1.963	0.053
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	1.726	0.277	0.586	0.559
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-4.968	-0.790	-2.356	0.020*
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	1.444	0.233	0.693	0.490
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)					
-ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	62	0.000	0.019	0.169	0.490
-แคดเมียม≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-
-แคดเมียม> 0.001	36	-0.617	-0.180	-1.741	0.085
-นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	62	0.002	0.050	0.421	0.675
ระดับโลหะหนักในเลือด					
-ตะกั่ว≤6.31(µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-
-ตะกั่ว>6.32(µg/dL)	62	0.432	0.215	1.677	0.097
-แคดเมียม≤0.91(µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-
-แคดเมียม>0.91 (µg/L)	59	-0.075	-0.009	-0.084	0.933
-นิกเกิล≤2.53(µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-
-นิกเกิล>2.53(µg/L)	62	-0.406	-0.062	-0.498	0.620

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด คือ ระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO)

ผลการศึกษาปัจจัยส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี โดยการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุ (Multiple Linear Regression) พบว่า ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม) ไม่ใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ถุงมือ และรองเท้าหุ้มส้น ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 52

ตารางที่ 52 ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO

ตัวแปร	**N = 125**	**β**	**Beta**	**t**	**p-value**
ค่าคงที่	59	5.578		2.968	0.004
ปัจจัยส่วนบุคคล					
เพศ					
-หญิง	79	อ้างอิง	-	-	-
-ชาย	46	-11.161	-0.058	-0.443	0.659
อายุ (ปี)					
≤49	67	อ้างอิง	-	-	-
> 49	58	-0.767	-0.092	-0.625	0.533
ระดับการศึกษา					
ระดับประถมศึกษา	80	9.672	0.062	0.525	0.601
ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป	45	อ้างอิง	-	-	-
รายได้ต่อเดือน (บาท)					
≤5,500	73	อ้างอิง	-	-	-
>5,500	52	0.062	0.525	0.601	0.062
ค่าดัชนีมวลกาย (กก/ตร.ม)					
≤ 23	50	อ้างอิง	-	-	-
> 23	75	-0.783	-0.035	-0.352	0.726
โรคประจำตัว					

ตารางที่ 52 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
ไม่มี	88	อ้างอิง	-	-	-
มี	37	-53.741	-0.264	-1.189	0.237
ยารักษาโรค					
ไม่ใช้	88	อ้างอิง	-	-	-
ใช้	37	8.589	-0.107	0.526	0.600
ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ					
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์					
-ไม่ดื่ม	48	อ้างอิง	-	-	-
-ดื่ม	77	-3.074	-0.016	-0.136	0.892
การสูบบุหรี่					
-ไม่สูบ	94	อ้างอิง	-	-	-
-ปัจจุบันยังสูบ (มวน/วัน)	31	-19.222	-0.147	-1.344	0.892
ปัจจัยลักษณะการทำงาน					
ขนาดพื้นที่ในการทำงาน(ตร.ม)					
≤100	65	อ้างอิง	-	-	-
>101	60	0.093	0.251	2.407	0.018*
จำนวนปีที่ทำงาน (ปี)					
≤5	73	อ้างอิง	-	-	-
> 5	52	0.596	0.028	0.277	0.782
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน					
≤8	120	อ้างอิง	-	-	-
> 8	5	8.388	0.251	0.277	0.782
การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์					
-ใส่หน้ากาก	6	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่หน้ากาก	119	-0.143	0.000	-0.003	0.9997
-ใส่ถุงมือ	73	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่ถุงมือ	52	187.531	0.993	2.101	0.038*

ตารางที่ 52 (ต่อ)

ตัวแปร	N = 125	β	Beta	t	p-value
-ใส่ปลอกแขน	76	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่ปลอกแขน	49	-77.510	-0.407	-1.214	0.228
-ใส่รองเท้าหุ้มส้น	70	อ้างอิง	-	-	-
-ไม่ใส่รองเท้าหุ้มส้น	55	-136.569	-0.728	-2.165	0.033*
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)					
-ตะกั่ว ≤ 2	63	อ้างอิง	-	-	-
-ตะกั่ว > 2.01	62	0.004	0.019	0.168	0.867
-แคดเมียม≤ 0.000	89	อ้างอิง	-	-	-
-แคดเมียม> 0.001	36	5.504	0.053	0.477	0.634
-นิกเกิล≤ 1.00	63	อ้างอิง	-	-	-
-นิกเกิล> 1.001	62	0.083	0.056	0.477	0.634
ระดับโลหะหนักในเลือด					
-ตะกั่ว≤6.31(µg/dL)	63	อ้างอิง	-	-	-
-ตะกั่ว>6.32(µg/dL)	62	9.799	0.161	1.257	0.212
-แคดเมียม≤0.91(µg/L)	66	อ้างอิง	-	-	-
-แคดเมียม>0.91 (µg/L)	59	7.487	0.028	0.277	0.782
-นิกเกิล≤2.53(µg/L)	63	อ้างอิง	-	-	-
-นิกเกิล>2.53(µg/L)	62	-29.121	-0.146	-1.178	0.242

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

1. การเปรียบเทียบร้อยละของระดับโลหะหนักในเลือด ได้แก่ Pb Cd และ Ni จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบระดับปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) เมื่อจำแนกตาม 1) ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ผลการวิเคราะห์ระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีปัจจัยที่ทำให้ระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดมีความ

แตกต่างกัน คือ รายได้ต่อเดือน (บาท) กับระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb ในเลือด (F = 1.818, *p*-value = 0.041) ตามลำดับ ส่วน 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ และ 3) ปัจจัยลักษณะงาน พบว่า ไม่มีตัวแปรใดทำให้โลหะในเลือดเกิดความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 4) จำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นสาร Pb ในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Cd ในเลือด (F = 1.766, p-value = 0.028) และความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Cd ในเลือด (F = 2.396, p-value = 0.002) ดังแสดงในตารางที่ 53

ตารางที่ 53 เปรียบเทียบระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)

ตัวแปรต้น	N = 125	ปริมาณตะกั่วในเลือด (µg/L) GM ± GSD	F, p-value	ปริมาณแคดเมียมในเลือด (µg/dL) GM ± GSD	F, p-value	ปริมาณนิกเกิลในเลือด (µg/dL) GM ± GSD	F, p-value
รายได้ต่อเดือน(บาท)							
≤5,500	73	6.085±1.315	1.818,	0.168±1.487	1.394,	2.520±1.223	0.367,
>5,500	52	6.415±1.240	0.041*	0.942±1.472	0.163	2.533±1.179	0.985
ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)							
ตะกั่ว			0.750,				0.752,
≤ 2	63	6.231±1.293	0.861	0.872±1.444		2.495±1.197	0.859
> 2	62	6.208±1.281		0.894±1.529		2.557±1.213	
แคดเมียม			1.122,		1.483,		0.919,
≤ 0	89	6.180±1.293	0.329	0.874±1.440	0.079	1.539±8.501	0.591
> 0.001	36	6.321±1.273		0.903±1.594		132.892±6.799	
นิกเกิล			0.768,		2.396,		0.888,
≤ 1	58	6.309±1.278	0.844	0.858±1.460	0.002*	0.388±3.376	0.681
> 1	62	6.136±1.285		0.912±1.525		54.663±7.47	

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

2. ผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

ข้อมูลจำนวน ร้อยละของปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส จำแนกตามการแบ่งกลุ่ม แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 ตรวจไม่พบ กลุ่มที่ 2 ค่าต่ำสุด - ค่า Median และ กลุ่มที่ 3 มากกว่าค่า Median ของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดและระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ดังแสดงในตารางที่ 54

ตารางที่ 54 จำนวน ร้อยละของปริมาณความเข้มข้นของ Pb, Cd, Ni ในเลือด และระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ปริมาณโลหะหนักในเลือด	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)		Standard	Unit
	n	%	n	%	n	%		
ตะกั่ว								
ตรวจไม่พบ	0	0	0	0	0	0	0-20	µg/dL
3.01-6.31	40	52.6	23	46.9	63	50.4		
>6.31	36	47.4	26	53.1	62	49.6		
$\bar{x}$ ± S.D.	6.411±1.492		6.4116±1.620		6.411±1.537			
GM ± GSD	6.235±1.272		6.1972±1.310		6.2201±1.286			
Median	6.285 (7.412)		6.670 (7.690)		6.310 (7.475)			
IQR								
Min-Max	3.01 - 10.84		3.61-9.74		3.01-10.84			
แคดเมียม								
ไม่พบค่า	0	0	0	0	0	0	0-5	µg/L
0.2 - 0.91	38	50.0	28	57.1	66	52.8		

ตารางที่ 54 (ต่อ)

ปริมาณโลหะหนักในเลือด	กลุ่มรับสัมผัส (n = 76)		กลุ่มไม่รับสัมผัส (n = 49)		รวม (n = 125)		Standard	Unit
	n	%	n	%	n	%		
> 0.91	38	50.0	21	42.9	59	47.2		
$\bar{x}$ ± S.D.	0.974±0.389		0.909±0.277		0.948±0.350			
Median	0.915 (1.152)		0.870 (1.050)		0.910 (1.130)			
IQR								
Min-Max	0.20-2.10		0.30-1.15		0.20-2.10			
GM± GSD	0.894±1.545		0.865±1.387		0.883±1.484			
นิกเกิล								
ไม่พบค่า	0	0	0	0	0	0	0-10	µg/L
≤2.53	37	48.7	26	53.1	63	50.4		
>2.53	39	51.3	23	46.9	62	49.6		
$\bar{x}$ ± S.D.	2.5958±0.476		2.527±0.457		2.568±0.468			
Median IQR	2.545 (2.817)		2.520 (2.720)		2.53 (2.785)			
Min-Max	1.55-4.05		1.24-3.61		1.24-4.05			
GM± GSD	2.555±1.1953		2.481±1.220		2.525±1.205			
Monoamine Oxidase (MAO)							<	U/L
≤353.000	41	53.9	20	40.8	61	48.8	650	
>353.001	35	46.1	29	59.2	64	51.2		
$\bar{x}$ ± S.D.	362.060±97.981		369.771±86.752		1.496±0.502			
Median IQR	340.95(415.30)		364.00(417.85)		353.800(415.30)			
Min-Max	175.30-615.20		153.80-610.10		153.80-615.20			
GM± GSD	349.462±1.308		359.666±1.274		353.427±1.294			

หมายเหตุ *ค่า GM = Geometric standard Mean, GSD = Geometric standard deviation และค่ามาตรฐานกำหนด โดย ACGIH (2022) เนื่องด้วยปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มโดยแบ่งตามค่า Median

การเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัสระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี จำแนกตาม

ปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับโลหะหนัก ได้แก่ Pb Cd และ Ni ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ดังต่อไปนี้

2.1 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มความจำและสมาธิ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย และ กลุ่มการนอนไม่หลับ จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา เมื่อจำแนกตามปริมาณระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 55

ตารางที่ 55 เปรียบเทียบอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	**กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	2.498	1	2.498	0.937	0.335
แคดเมียมในเลือด	1.850	1	1.850	0.694	0.406
นิกเกิลในเลือด	2.327	1	2.327	0.873	0.352
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.527	1	0.527	0.198	0.657
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.052	1	0.052	0.020	0.889
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.856	1	0.856	0.321	0.572
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.045	1	0.045	0.017	0.896
ความคลาดเคลื่อน	311.792	117	2.665		
รวม	421.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางจิตสรีระเมื่อจำแนกตามระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 56

ตารางที่ 56 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางจิตสรีระจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด

ตัวแปรต้น	**กลุ่มอาการทางจิตสรีระ**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.011	1	0.011	0.004	0.947
แคดเมียมในเลือด	0.405	1	0.405	0.165	0.685
นิกเกิลในเลือด	0.434	1	0.434	0.177	0.675
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.438	1	0.438	0.179	0.673
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.979	1	0.979	0.400	0.529
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	1.186	1	1.186	0.484	0.488
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	1.381	1	1.381	0.563	0.454
ความคลาดเคลื่อน	286.819	117	2.451		
รวม	408.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางอารมณ์ เมื่อจำแนกตามระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 57

ตารางที่ 57 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการทางอารมณ์ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	กลุ่มอาการทางอารมณ์				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.653	1	0.653	0.260	0.611
แคดเมียมในเลือด	0.859	1	0.859	0.341	0.560
นิกเกิลในเลือด	5.410	1	5.410	2.153	0.145
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.128	1	0.128	0.051	0.822
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	1.745	1	1.745	0.694	0.406
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	2.387	1	2.387	0.950	0.332
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.001	1	0.001	0.000	0.984
ความคลาดเคลื่อน	294.018	117	2.513		
รวม	353.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มความจำและสมาธิ เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 58

ตารางที่ 58 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มความจำและสมาธิ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	**กลุ่มความจำและสมาธิ**				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.228	1	0.228	0.080	0.777
แคดเมียมในเลือด	3.251	1	3.251	1.143	0.287
นิกเกิลในเลือด	4.773	1	4.773	1.679	0.198
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.485	1	0.485	0.171	0.680
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.647	1	0.647	0.227	0.634
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	6.903	1	6.903	2.428	0.122
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.141	1	0.141	0.050	0.824
ความคลาดเคลื่อน	332.676	117	2.843		
รวม	411.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 59

ตารางที่ 59 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	กลุ่มอาการอ่อนเพลีย				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.007	1	0.007	0.006	0.938
แคดเมียมในเลือด	0.773	1	0.773	0.670	0.415
นิกเกิลในเลือด	0.064	1	0.064	0.055	0.814
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.220	1	0.220	0.191	0.663
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	2.258	1	2.258	1.957	0.164
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.022	1	0.022	0.019	0.892
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.553	1	0.553	0.479	0.490
ความคลาดเคลื่อน	134.962	117	1.154		
รวม	180.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ อาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มการนอนไม่หลับ เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 60

ตารางที่ 60 เปรียบเทียบร้อยละของอาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ กลุ่มการนอนไม่หลับ จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	กลุ่มการนอนไม่หลับ				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.549	1	0.549	0.704	0.403
แคดเมียมในเลือด	0.405	1	0.405	0.520	0.472
นิกเกิลในเลือด	0.165	1	0.165	0.211	0.647
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.506	1	0.506	0.649	0.422
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	2.105	1	2.105	2.697	0.103
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.024	1	0.024	0.031	0.860
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.539	1	0.539	0.691	0.408
ความคลาดเคลื่อน	91.297	117	0.780		
รวม	131.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

2.2 เปรียบเทียบร้อยละของ ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) ได้แก่ อ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) และอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) จำแนกตามตัวแปร

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) ได้แก่ อ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือด และผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 61

ตารางที่ 61 เปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบอ่านตัวเลขไป ข้างหน้า (Digit span forward test) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	**Digit span forward test**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	14.849	1	14.849	1.493	0.224
แคดเมียมในเลือด	0.954	1	0.954	0.096	0.757
นิกเกิลในเลือด	8.556	1	8.556	0.860	0.356
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.940	1	0.940	0.095	0.759
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.047	1	0.047	0.005	0.946
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.965	1	0.965	0.097	0.756
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	4.446	1	4.446	0.447	0.505
ความคลาดเคลื่อน	1163.533	117			
รวม	14191	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาจากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test) ได้แก่ อ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือด และผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 62

ตารางที่ 62 เปรียบเทียบร้อยละของความบกพร่องด้าน ประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ แบบอ่านตัวเลขแบบย้อนกลับ (Digits span backward test) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน ปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	Digits span backward test				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	30.582	1	30.582	3.221	0.075
แคดเมียมในเลือด	4.965	1	4.965	0.523	0.471
นิกเกิลในเลือด	25.470	1	25.470	2.682	0.104
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	18.241	1	18.241	1.921	0.168
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.125	1	0.125	0.013	0.909
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.017	1	0.017	0.002	0.966
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.820	1	0.820	0.086	0.769
ความคลาดเคลื่อน	1110.969	117			
รวม	8248.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

2.3 เปรียบเทียบร้อยละของตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ได้แก่ ความสมบูรณ์ของเลือด การทำงานของตับ และการทำงานของไต

2.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Monocyte เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือด และผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ปริมาณสาร Pb ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 4.673, Sig. = 0.033) ดังแสดงในตารางที่ 63

ตารางที่ 63 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Monocyte จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	**Monocyte**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	1.158	1	1.158	4.673	0.033*
แคดเมียมในเลือด	0.294	1	0.294	1.186	0.278
นิกเกิลในเลือด	0.022	1	0.022	0.008	0.767
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.294	1	0.294	1.186	0.278
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.009	1	0.009	0.038	0.846
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.162	1	0.162	0.653	0.421
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.162	1	0.162	0.653	0.421
ความคลาดเคลื่อน	29.006	117			
รวม	293.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Eosinophil ในเลือด เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ผลร่วมปริมาณสาร Pb และ Cd ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 4.064, Sig. = 0.046) ดังแสดงในตารางที่ 64

ตารางที่ 64 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Eosinophil จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	**Eosinophil**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.007	1	0.007	0.038	0.846
แคดเมียมในเลือด	0.190	1	0.190	0.995	0.321
นิกเกิลในเลือด	0.036	1	0.036	0.189	0.664
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.777	1	0.777	4.064	0.046*
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.210	1	0.210	1.099	0.297
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.399	1	0.399	2.029	0.157
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.003	1	0.003	0.014	0.907
ความคลาดเคลื่อน	22.363	117			
รวม	221.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Basophil ในเลือด เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ผลร่วมระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb และ Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 4.419, Sig. = 0.038) ดังแสดงในตารางที่ 65

ตารางที่ 65 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ Basophil จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	**Basophil**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.479	1	0.479	2.041	0.156
แคดเมียมในเลือด	0.011	1	0.011	0.048	0.827
นิกเกิลในเลือด	0.024	1	0.024	0.101	0.751
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.465	1	0.465	1.981	0.162
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	1.038	1	1.038	4.419	0.038*
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.004	1	0.004	0.015	0.902
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.152	1	0.152	0.649	0.422
ความคลาดเคลื่อน	27.485	117	0.235		
รวม	272.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Mean corpuscular (MVC) (fl) ในเลือด เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสาร Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 4.268, Sig. = 0.041) ดังแสดงในตารางที่ 66

ตารางที่ 66 เปรียบเทียบร้อยละตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือดเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ MVC (fl) จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	**MCV**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	**p-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.883	1	0.883	3.532	0.063
แคดเมียมในเลือด	0.002	1	0.002	0.007	0.934
นิกเกิลในเลือด	1.067	1	1.067	4.268	0.041*
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.083	1	0.083	0.334	0.564
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.037	1	0.037	0.150	0.699
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.021	1	0.021	0.084	0.773
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.414	1	0.414	1.658	0.200
ความคลาดเคลื่อน	29.250	117	0.250		
รวม	311.000	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของความสมบูรณ์ของเลือด ได้แก่ Hematocrit (%), Hemoglobin (g/dl), White blood cell (cell/ul), Platelet count (cell/ul) Red cell distribution (RDW), Red blood cell (RBC), Mean corpuscular hemoglobin (MCH) (fl), Mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC)(g/dl), Neutrophil, Lymphocyte ในเลือด เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปร ไม่แตกต่างกัน

2.3.2 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT, SGPT จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGOT เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ทุกตัวแปรไม่แตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ การทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGPT เมื่อจำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ความเข้มข้นขิงสาร Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 5.005, Sig. = 0.027) ดังแสดงในตารางที่ 67

ตารางที่ 67 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของตับ ได้แก่ SGPT จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นของสาร ได้แก่ Pb Cd และ Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ตัวแปรต้น	**SGPT**				
	SS	**df**	**MS**	**F**	***p*-value**
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.304	1	0.304	1.254	0.265
แคดเมียมในเลือด	0.699	1	0.699	2.880	0.092
นิกเกิลในเลือด	1.215	1	1.215	5.006	0.027*
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.070	1	0.070	0.286	0.594
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.354	1	0.354	1.459	0.230
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.262	1	0.262	1.082	0.301
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.004	1	0.004	0.015	0.903
ความคลาดเคลื่อน	27.180	112	0.243		
รวม	291.000	120			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

2.3.3 เปรียบเทียบร้อยละการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN, Creatinine จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (μg/100cm^2) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของการทำหน้าที่ของไต ได้แก่ BUN จำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ทุกตัวแปร ไม่แตกต่างกัน

2.4 เปรียบเทียบร้อยละของระดับของระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO จำแนกตามปริมาณโลหะหนักในเลือดและผลร่วมของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO จำแนกตามปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni ในเลือดและผลร่วมของความเข้มข้นของระดับปริมาณความเข้มข้นของสารโลหะหนักในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ความเข้มข้นของระดับสาร Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส กับระดับเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) (F = 3.895, Sig. = 0.040) ดังแสดงในตารางที่ 68

ตารางที่ 68 เปรียบเทียบร้อยละของระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน และปริมาณโลหะหนักในเลือด

ตัวแปรต้น	Monoamine Oxidase: MAO				
	SS	df	MS	F	p-value
ปริมาณโลหะหนักในเลือด					
ตะกั่วในเลือด	0.135	1	0.135	0.538	0.465
แคดเมียมในเลือด	0.102	1	0.102	0.406	0.525
นิกเกิลในเลือด	1.077	1	1.077	3.895	0.040*
ตะกั่วและแคดเมียมในเลือด	0.340	1	0.340	1.352	0.247
ตะกั่วและนิกเกิลในเลือด	0.021	1	0.021	0.083	0.773
แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด	0.007	1	0.007	0.030	0.863
ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด	0.092	1	0.092	0.364	0.547

ตารางที่ 68 (ต่อ)

ตัวแปรต้น	Monoamine Oxidase: MAO				
	SS	df	MS	F	p-value
ความคลาดเคลื่อน	29.440	117	0.252		
รวม	317.00	125			

หมายเหตุ ผลการศึกษาที่ได้ค่า *p*-value ที่มากกว่า 0.05 ได้แก่ 1) ปัจจัยส่วนบุคคล คือ เพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ คือ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ พื้นที่การรับประทานอาหาร 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ขนาดพื้นที่ในการทำงาน ประวัติการทำงานในอดีต การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล และปริมาณฝุ่น Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ต่อระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี โดยซึ่งเมื่อนำผลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์ สามารถอภิปรายผลการวิจัย 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ในด้านปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และ ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe)

ข้อมูลทั่วไป ปัจจัยส่วนบุคคล ของแรงงานฯ ในด้านปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน กลุ่มตัวอย่างที่ยินยอมให้ข้อมูลเฉพาะแบบสัมภาษณ์จำนวน 151 คน กลุ่มเปรียบเทียบ 72 คน รวม 223 คน พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นเพศชาย ร้อยละ 51.70 สอดคล้องกับการศึกษาของโสมศิริ เดชารัตน์ (2560) ที่พบว่า คนงานในร้านรับซื้อของเก่าในจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนมากเป็นเพศชาย ร้อยละ 59.5 อย่างไรก็ตาม ลักษณะการทำงานในร้านรับซื้อของเก่ามีความแตกต่างกันกับการศึกษาในครั้งนี้ ส่วนเรื่องอายุพบว่า อายุ เฉลี่ย 45.50 ±11.10 ปี ถือว่ายังอยู่ในวัยแรงงาน สอดคล้องกับ ปฐมีน ตันติเสาวภาพ และคณะ (2564) พบอายุเฉลี่ยของกลุ่มผู้ประกอบอาชีพรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ 48.07 ± 13.19 ปี อยู่ในวัยที่ยังไม่ค่อยพบการเจ็บป่วยมากนัก

ด้านระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuntawee et al. (2020) ที่พบว่า กลุ่มแรงงานรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา ดังนั้นจึงควรส่งเสริมความรู้เพื่อการดูแลสุขภาพด้านต่าง ๆ อย่างเพียงพอ เช่น การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล เพื่อป้องกันการรับสัมผัสสิ่งคุกคามจากการทำงาน รายได้ต่อเดือนของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ส่วนใหญ่มี รายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อยกว่า 6,000 บาทต่อเดือน ร้อยละ 57.70 ถือว่าเป็นรายได้ไม่สูงมากหากเทียบกับค่าแรงขั้นต่ำ สอดคล้องกับ Amankwaa, Tsikudo, and Bowman (2017) ที่ศึกษาแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีรายได้จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในกานา พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อวัน อยู่ที่ประมาณ 6.96 – 18.10 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

ข้อมูลปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ข้อมูลปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ที่เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในการดูแลสุขภาพของแรงงาน พบว่า มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 51.3 การสูบบุหรี่เฉลี่ย (SD.) 1.2763 (±0.4501) มวนต่อวัน ปัจจัยด้านการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และการสูบบุหรี่ส่งผลต่อความสามารถทางการรู้คิด และเป็นพฤติกรรมที่พบร่วมกันของกลุ่มแรงงาน (Britton et al., 2021) ประกอบกับการสัมผัสกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นการรับสารพิษหลายชนิดที่เข้าสู่ร่างกายมนุษย์ จนอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพหลายประการ มีการเปลี่ยนแปลงกลไกทางชีวเคมีในร่างกายส่งผลต่อการสั่งการของสมองลดลง นอกจากนี้มีรายงานว่าการรับสัมผัสกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดรอยโรคในดีเอ็นเอ (DNA) การเสียหายของเทโลเมียร์ การตอบสนองของวัคซีนที่มีการยับยั้งเกิดขึ้น ความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เพิ่มขึ้น และการทำงานของภูมิคุ้มกันที่เปลี่ยนแปลงไป (Parvez et al., 2021). ดังนั้นจำเป็นต้องมีโปรแกรมการศึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้ให้กับกลุ่มแรงงานเหล่านี้ให้ตระหนักถึงการงดดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และสูบบุหรี่ พบว่า กลุ่มตัวอย่างรับประทานอาหารในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน จำนวน 70 คน (92.1%) การรับประทานอาหารในมื้อเช้า กลางวันและมื้อเย็น ร้อยละ 98.7 ควรแนะนำให้กลุ่มรับสัมผัส หรือกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทำกิจกรรม 5 ส ในพื้นที่บริเวณปฏิบัติงานเป็นประจำ

หากเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดัชนีมวลกายขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2019) อยู่ในเกณฑ์น้ำหนักเกิน โดยมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 23.0 – 24.99 ก.ก/ตร.ม. หากดัชนีมวลกาย เกินกว่า 25 ถือว่าเข้าสู่ภาวะอ้วน (Obesity) ซึ่งถือเป็นความผิดปกติของร่างกายที่มีปริมาณไขมันสะสมตามอวัยวะส่วนต่าง ๆ เกินมาตรฐาน จำเป็นต้องมีการลดน้ำหนัก ควบคุมปริมาณ น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต และไขมัน เพื่อป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง และโรคแทรกซ้อนตามมา ดังนั้นควรหาโปรแกรมลดน้ำหนักในแรงงานที่มีภาวะอ้วน เพื่อลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อ ในข้อมูลของโรคประจำตัว ที่ได้รับการวินิจฉัยโดยแพทย์ พบว่า ไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 50 คน (55.8%) มีโรคประจำตัว จำนวน 26 คน (34.2%) มีการใช้ยารักษา เพื่อลดภาวะเบาหวาน จำนวน 9 คน (11.8%) ลดระดับความดันโลหิต จำนวน 6 คน (7.9%) และลดไขมัน จำนวน 9 คน (11.8%) แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครเหล่านี้เป็นผู้ที่มีโรคทางเมตาบอลิก (Metabolic syndrome) สอดคล้องกับงานของ Burns et al. (2016) พบว่า กลุ่มแรงงานที่สัมผัสกับขยะอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้เกิดความผิดปกติกับอัตราการเต้นของหัวใจโดยเฉลี่ย ข้อมูลดังกล่าว นำไปทำนายความเสียหายของหัวใจและหลอดเลือดที่อาจเกิดขึ้นได้

ข้อมูลปัจจัยลักษณะงาน พบว่า กลุ่มรับสัมผัส มีจำนวนปีที่ทำงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เฉลี่ย 6.08 (±3.9736) ปี จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวันเฉลี่ย (SD.) 7.80 (±0.980) ชั่วโมง สอดคล้องกับการศึกษาของ Akormedi, Asampong, and Fobil (2013) พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของวันทำงานสำหรับคนงานขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 ชั่วโมง ต่อวัน พื้นที่ในการ

ปฏิบัติงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เฉลี่ย 180.16 (±306.185) ตารางเมตร เนื่องด้วยแรงงานคัดแยกฯ ปฏิบัติงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่บริเวณหน้าบ้านของตนเอง ซึ่งจะมีพื้นที่จำกัด ควรมีการจัดการในด้านกิจกรรมการส่งเสริมด้านความปลอดภัย เช่น 5 ส จะทำให้มีพื้นที่การทำงานในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ประวัติการทำงานในอดีตส่วนใหญ่ ทำนา ร้อยละ 77.6% การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ฯที่สวมใส่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร โดยพบว่า มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันมือ เช่น ถุงมือขณะปฏิบัติงาน ร้อยละ 92.1 การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันแขน เช่น ปลอกแขนหรือเสื้อแขนยาว ร้อยละ 96.1 สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันเท้า รองเท้านิรภัย เช่น รองเท้าหุ้มส้นหรือรองเท้าผ้าใบ ร้อยละ 88.2 การที่แรงงานมีการป้องกันด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อลดการสูดดมโดยตรงหรือการสัมผัสทางผิวหนังกับสารพิษในระหว่างการรีไซเคิลทำให้ลดผลกระทบด้านสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ได้ (Parvez et al., 2022)

ปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/ 100 cm2) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ส่วนใหญ่พบสาร Pb น้อยกว่า 500.00 µg/ 100 cm2 สาร Cd น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 µg/ 100cm2 และสาร Ni มากกว่า 3.21 µg/ 100 cm2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสหรัฐอเมริกา คือ OSHA Tech Manual Methods (2014) ซึ่งได้กำหนดค่าขีดจำกัดของปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ (Time Weight Average; TWA) พบว่า สาร Pb ไม่เกินค่ามาตรฐาน (Pb ≤500.00 µg/100 cm2) และสาร Cd ไม่เกินค่ามาตรฐาน (≤50 µg/ 100 cm2), Ni ≤3.21 µg/ 100 cm2 (ยังไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดค่าสาร Ni บนพื้นผิวปฏิบัติงาน) โดยกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ควรทำความสะอาดบริเวณที่ทำงานก่อนและหลังปฏิบัติงานเป็นประจำเพื่อควบคุมและลดปริมาณสาร Pb Cd และ Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตามการได้รับ Pb มากเกินไปนั้น อาจจะมีผลกระทบกับหลายระบบระยะยาว (Dórea et al., 2021; Koszewicz et al., 2021; Frankland, Josselyn, & Köhler, 2019; Hsieh, 2017) ในทศวรรษที่ผ่านมาการแปรรูปและกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างไม่เป็นทางการเกิดขึ้นหลายพื้นที่ ก่อให้เกิดการปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงและคุกคามต่อสุขภาพของผู้สัมผัส (Ganz et al., 2018; Zhao & Lv, 2018) อาจต้องมีการดำเนินการตามมาตรการบางอย่างให้มีการเฝ้าระวังอย่างรัดกุม

ข้อมูลอาการผิดปกติของระบบระบบประสาท

ความชุกของอาการผิดปกติระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า อาการรู้สึกกระสับกระส่าย 29 คน (ร้อยละ 19.2) รู้สึกหงุดหงิด 24 คน (ร้อยละ 15.9) รู้สึกหมดความอดทน 14 คน (ร้อยละ 9.3) อารมณ์แปรปรวนง่าย 10 คน (ร้อยละ 6.6) ไม่อยากเข้าร่วม

กิจกรรมทางสังคม 8 คน (ร้อยละ 5.3) ไม่มีกำลังใจ 7 คน (ร้อยละ 4.6) รู้สึกหดหู่ รู้สึกโดดเดี่ยว 6 คน (ร้อยละ 4.0) ง่วงนอนระหว่างวัน 43 คน (ร้อยละ 28.5) เผลอหลับแม้ไม่ได้นอนบนเตียง และต้องการนอนพักมากกว่าปกติ 14 คน (ร้อยละ 9.3) รู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน หมดแรง เหนื่อย ผิดปกติช่วงเวลาเย็น 11 คน (ร้อยละ 7.3) อาการผิดปกติต่าง ๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ ฉัตรสุดา มาทา (2560) ที่ศึกษาหาความชุกของคุณภาพการนอนหลับไม่ดี ของช่างซ่อมบำรุงในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า มีอาการง่วงนอน ระหว่างทำกิจกรรมในตอนกลางวันร้อยละ 53.8 และร้อยละ 36.8 ระบุว่าความง่วงนอนเป็นปัญหาต่อการทำงาน อย่างไรก็ตามลักษณะการทำงานและสารเคมีที่รับสัมผัสมีความแตกต่างกัน เคยมีรายงานว่า พัฒนาการทางระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับโลหะที่เป็นพิษต่อระบบประสาทในสภาพแวดล้อมที่มีมลพิษจากการทำเหมือง เศษโลหะและการหลอม และการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ผลการศึกษาพบความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างการสัมผัสกับโลหะและความเป็นพิษต่อระบบประสาทได้ จากหลักฐานการศึกษาดังกล่าว จึงเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักถึงผลกระทบระบบประสาทต่อคุณภาพชีวิตของประชากร (Dórea et al., 2021)

ข้อมูลการประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยา จากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span Test)

ผลการประเมินจากการทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางปัญญาเป็นพื้นฐานในการพิจารณาว่าบุคคลอาจมีพัฒนาการทางสติปัญญาบกพร่อง (MCI) หรือไม่ ซึ่งเป็นสภาวะการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกที่มักเกิดขึ้นก่อนภาวะสมองเสื่อมเมื่อช่วงความจำลดลง (Asgari et al., 2020) ผลการประเมินความบกพร่องด้านประสาทจิตวิทยาด้วย โดยใช้แบบทดสอบช่วงความจำ (Digit span test) แบบอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) และ แบบอ่านตัวเลขย้อนกลับ (Digit span backward test) พบว่า ผลคะแนนการอ่านตัวเลขไปข้างหน้า และ การอ่านตัวเลขไปข้างหน้า พบว่า คะแนนครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของกลุ่มรับสัมผัสและ กลุ่มไม่รับสัมผัส ไม่แตกต่างกัน

ผลการศึกษายังพบอีกว่าผลคะแนนการทดสอบทั้งสองกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ โดยเฉลี่ยของคะแนนจากแบบทดสอบความจำของคนแตกต่างกัน บางคนก็ยาว บางคนก็สั้น แต่โดยเฉลี่ยแล้วจะได้ยาวประมาณ 7 หน่วย บางคนอาจจำได้มากกว่านี้ บางคนได้น้อยกว่านี้ แต่ก็จะหนีไม่พ้นช่วง 7 + 2 หน่วย ซึ่ง ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Fenga et al. (2016) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงงานที่ทำงานรับสัมผัสตะกั่วจากการใช้แบบทดสอบความจำ (Digit span test) ที่พบว่า แรงงานที่ทำงานรับสัมผัสตะกั่ว มีผลทำให้ต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจลดลง และเกิดการเปลี่ยนแปลงในการรู้คิด ซึ่งพบว่า พนักงานในโรงงานเคลือบที่รับสัมผัสตะกั่ว

แคดเมียม นิกเกิลในระดับต่ำถึงปานกลาง ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ประสาทในการทำงานในของการรับรู้ การทำงานของหน่วยความจำ (Chuang et al., 2005)

ส่วนที่ 2 ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส จำแนกตาม ความเข้มข้นของโลหะหนักในเลือด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในเลือด

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ Pb, Cd และ Ni ในเลือดระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส รวมทั้งสิ้น 125 คน พบว่า กลุ่มรับสัมผัส จำนวน 76 คน กลุ่มไม่รับสัมผัสจำนวน 49 คน มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ย (SD) ของ Pb, Cd, Ni ในเลือดทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ACGIH, 2022) (Exposed group Pb, Cd, Ni VS. non exposed group Pb, Cd, Ni) เท่ากับ (6.411±1.492 (µg/dL), 0.974±0.389 (µg/L), 2.5958±0.476 (µg/L) VS. (6.411±1.620 (µg/dL), 0.909±0.277 (µg/L), 2.527±0.457 (µg/L)) ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ Pb, Cd, Ni ในเลือด พบว่า ความเข้มข้นของสารทั้ง 3 ชนิดในเลือด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 1.830, 3.966, 0.535 sig. = 0.999, 0.284, 0.426)

ความเข้มข้นของสาร Pb ในเลือด พบว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ Kuntawee et al. (2020) ที่ศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของ กลุ่มรับสัมผัสคือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย และกลุ่มไม่รับสัมผัส คือ เกษตรกรและไม่ได้มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบค่าเฉลี่ยตะกั่วในเลือด (SD) (Exposed group Pb VS. non exposed group Pb) เท่ากับ 4.69 ± 2.16 VS 4.91 ± 1.90 µg/dL จากการศึกษานี้ พบว่า ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดระหว่างกลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value <0.05) ซึ่งจากการศึกษานี้ พบว่า พื้นที่ในการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศไทย มีระดับปริมาณสาร Pb ที่ไม่เพียงพอต่อการประเมินได้หรือชาวบ้านในพื้นที่อาจได้รับสาร Pb ในปุ๋ยจากการเกษตร

ผลจากการศึกษา ความเข้มข้นของระดับ Cd ในเลือด สอดคล้องกับการศึกษาของ Wittsiepe et al. (2017) ที่ศึกษาความเข้มข้นของระดับ Cd ในเลือดของ กลุ่มรับสัมผัส คือแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มแรงงานนอกระบบ ในประเทศกานา จำนวน 75 คน และกลุ่มไม่รับสัมผัส ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ชานเมืองอักกรา ที่ไม่มีได้มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 40 คน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Exposed group Cd VS. non exposed group Cd) (0.51 VS. 0.57 µg/L, p-value = 0.215) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของศาสนาของกลุ่มรับสัมผัส (ผู้อพยพชาวมุสลิม) และกลุ่มไม่รับสัมผัส (คริสเตียน) อาจมีความแตกต่างในเรื่องของอาหารและวิธีการเตรียมอาหาร ซึ่งมีความแตกต่างกันของเชื้อชาติ และการออกแบบการศึกษาภาคตัดขวางไม่มีเหมาะสำหรับการสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างการรับสัมผัสสารแคดเมียมในกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างชัดเจน

สอดคล้องกับการศึกษาของ Sirichai et al. (2020) ศึกษาระดับแคดเมียมในเลือดของกลุ่มรับสัมผัส คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ ของจังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย เปรียบเทียบกับกลุ่มไม่รับสัมผัสคือ คนงานที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้าน แต่ไม่ได้ทำกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดบุรีรัมย์ ประเทศไทย พบระดับค่าเฉลี่ย (SD) แคดเมียมในเลือด (Exposed group Cd VS. non exposed group Cd) 1.00 ± 0.33 µg/L VS. 1.17±0.39 µg/L เนื่องจากกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีระดับความเข้มข้นของ Cd ต่ำกว่า กลุ่มไม่รับสัมผัสเพียงเล็กน้อย เนื่องจากกลุ่มไม่รับสัมผัส อาศัยอยู่ในหมู่บ้านเดียวกันแต่ไม่ได้มีกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มควบคุมจึงมีโอกาสมีการปนเปื้อนจากการถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้ ทำให้พบระดับความเข้มข้นของ Cd ในเลือดไม่แตกต่างกันแต่จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีความเสี่ยงในการรับสัมผัส Cd ที่สูงขึ้นจากกิจกรรมการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และได้มีการแนะนำให้แรงงานคัดแยกฯ สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในการทำงาน เพื่อลดการสัมผัสกับโลหะหนักในระหว่างการคัดแยก ถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้

ผลจากการศึกษาในแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า มีค่าระดับความเข้มข้นของ Ni ในเลือดน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhigang et al. (2020) ที่ศึกษาระดับ Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัส คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มไม่รับสัมผัสได้แก่ คนที่อาศัยอยู่ใกล้พื้นที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ แต่ไม่ได้มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ความเข้มข้นของระดับค่า Median (Range) ของ Ni ในเลือด (Exposed group Cd VS. non exposed group Ni) 4.49 (2.64-10.55) VS. 1.88 (0.6-22.22) ไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของ Ni ในเลือด มีค่ามากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส ที่ผ่านมา Adita Marianti et al. (2016) ได้ศึกษาการประเมินการรับสัมผัสของระดับเอนไซม์โมโนเอมีน และระดับตะกั่วในเลือดในแรงงานทำเครื่องทองเหลือง พบว่า มีค่าเท่ากับ 24.21 - 98.60 microgram / dl ระดับตะกั่วในเลือดต่ำ ไปยับยั้งการทำงานของระดับเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) และสอดคล้องกับการศึกษาในสัตว์ทดลองที่รับสัมผัสตะกั่วพบความสัมพันธ์ของระดับตะกั่วในเลือดต่ำ (4.06 ± 0.77 µg/ dl) มีผลกระทบต่อสารสื่อประสาทที่มีโครงสร้างทางเคมี กลุ่มโมโนเอมีน (Monoamine neurotransmitter) (Bijoor et al., 2012) ทั้งนี้ ถึงแม้ว่า แรงงานฯ มีค่าระดับ Ni ในเลือดระดับต่ำ แต่ยังมีการรับสัมผัสโดยการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งมีการสะสมภายในร่างกายอย่างต่อเนื่อง การแนะนำให้แรงงานคัดแยกฯ สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยในการทำงาน และ ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานและชำระล้าง ร่างกายทันทีหลังปฏิบัติงานเสร็จ

ส่วนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี

ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรม สุขภาพ ปัจจัยลักษณะการทำงาน และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Surface wipe) และระดับโลหะหนักในเลือด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือด ที่ส่งผลต่ออาการทางระบบประสาท ของจังหวัดอุบลราชธานีที่ส่งผลต่ออาการทางระบบประสาท ของจังหวัดอุบลราชธานี

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการผิดปกติทางระบบประสาท

ผลการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบ ของ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน และระดับโลหะหนักในเลือด พบว่า โรคประจำตัว ยารักษาโรค การสูบบุหรี่ ขนาดพื้นที่ในการทำงาน (ตร.ม) กับกลุ่มอาการทางจิตสรีระของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โรคประจำตัว ยารักษาโรค และปริมาณความเข้มข้นของสารนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน กับ กลุ่มอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และ ยารักษาโรคกับกลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ยารักษาโรค ที่ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท จากการศึกษาของ Greene et al. (2008) ได้ศึกษาการใช้ยาแอมเฟตามีน ยานอนหลับ ซึ่ง ไปกระตุ้นการทำงานของสารสื่อประสาท Serotonin เพิ่มปริมาณสูงขึ้น ซึ่งหากมีการใช้สารแอมเฟตามีนในระยะยาว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมอง โดยทำให้สมองทำงานลดลง โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว การทรงตัว รวมทั้งเกี่ยวกับอารมณ์และความจำ

ที่ผ่านมาเคยมีการศึกษาของ Johnson et al. (1987) พบว่า ประวัติสุขภาพ ได้แก่ ประวัติโรคทางจิตเวท และการใช้ยาเป็นประจำ ได้แก่ ยาลดเบาหวาน ยาลดความดันโลหิตสูง ลมชัก โรคไตเรื้อรัง หรือข้ออักเสบ อาจทำให้ภาวะพุทธิปัญญาเสื่อมลง การทานยาบางชนิดเป็นประจำ เช่น ยารักษาทางจิตเวช ที่อาจทำให้ง่วง หรือ คิดช้าลง (Groth-Marnet, 2000) เนื่องจากในบุหรี่มีสารนิโคตินซึ่งไปกระตุ้นการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตมากกว่าไม่สูบบุหรี่ เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของปริมาณสารโลหะหนัก อาจทำให้เสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นได้ (Britton et al., 2021)

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อ ตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในเลือดของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี

ผลการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อ ระดับตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ในเลือดของ กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ของจังหวัดอุบลราชธานี พบว่า จำนวนชั่วโมงการทำงานที่ส่งผลต่อระดับตะกั่ว ในเลือด จากการศึกษาของ Akormedi et al. (2013) พบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของวันทำงานสำหรับคนงานขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 ชั่วโมง ต่อวัน ระดับความเสี่ยงในการประกอบอาชีพจึงแตกต่างกัน พบว่า มีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชั่วโมงทำงานกับ ระดับตะกั่วในเลือด ดังนั้นเวลาทำงานที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีแนวโน้มที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงใน ระดับตะกั่วในเลือด

สอดคล้องกับการศึกษาของ Amankwaa et al. (2017) พบว่า ชั่วโมงการทำงานของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 36 ถึง 70 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ หรือ 5-10 ชั่วโมงต่อวัน มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด และพบว่า ระยะเวลาเฉลี่ยของวันทำงานสำหรับคนงานขยะอิเล็กทรอนิกส์อยู่ระหว่าง 10 ถึง 12 ชั่วโมง ซึ่งโดยปกติการทำงานตามกฎหมายคุ้มครองแรงงานกำหนดให้ลูกจ้างทำงานวันละไม่เกิน 8 หรือ 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เนื่องจากต้องการให้ลูกจ้างได้พักผ่อนอย่างเพียงพอ แต่การปฏิบัติงานของแรงงานนอกระบบมักปฏิบัติงานตามความสะดวกเป็นหลัก และอาจเนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อาจทำงานเสริมเพิ่มเติมหลังเลิกงานและทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอในช่วงกลางคืนจนทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาทได้

การศึกษาเปรียบเทียบร้อยละของระดับปริมาณความเข้มข้นสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นของระดับ Pb Cd และ Ni ในเลือด เมื่อจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล พฤติกรรมสุขภาพ ลักษณะงาน ปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) เราจะอภิปรายตามผลที่ เมื่อจำแนกตาม ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับ Pb ในเลือด ($F = 1.818$, $Sig. = 0.041$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Amankwaa et al. (2017) พบว่า แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีรายได้จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในกานา พบว่า รายได้เฉลี่ยต่อวัน อยู่ที่ประมาณ 6.96 – 18.10 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา จากการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีผลต่อระดับ Pb ในเลือด เนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ได้เพิ่มระยะเวลาในการทำงานเพื่อคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น ทำให้รายได้เพิ่มขึ้น จึงทำให้เพิ่มการสัมผัสกับขยะอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความเข้มข้นของระดับ Pb Cd และ Ni ในเลือด จำแนกตามความเข้มข้นของฝุ่น Pb ที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน กับระดับ Cd ในเลือด มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 1.766, Sig. = 0.028) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ceballos, Beaucham, and Page (2017) ได้ประเมินการรับสัมผัสปริมาณฝุ่น Pb ในกลุ่มแรงงานทีทำงานสัมผัสเศษของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีส่วน ผสมของโลหะจากการเก็บตัวอย่าง ฝุ่นโลหะหนักบนพื้นผิวการทำงาน รวมทั้งผิวหนัง เสื้อผ้าของผู้ปฏิบัติงานก่อนเลิกงานโรงงานอุตสาหกรรมและนอกจากนี้ยังพบว่า มีระดับ ในเลือดสูง มากกว่า 10 µg/dL

ความเข้มข้นของฝุ่น Ni ที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงานของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสกับ แคดเมียมในเลือด (F = 2.396, Sig. = 0.002) แต่ทั้งนี้ แนวโน้มของการปนเปื้อนของโลหะหนักมีสูงขึ้น ซึ่งแรงงานฯ ที่สัมผัสโดยตรงกับการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์กำลังประสบกับระดับการสัมผัสและมีระดับความเข้มข้นสูงกว่าประชากรทั่วไปมาก เพื่อให้เกิดความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมและเพื่อลดผลกระทบของกิจกรรมการประมวลผลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศกำลังพัฒนา หน่วยงานระดับชาติ คือ จะต้องจัดทำภาคการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ระดับไม่เป็นทางการที่เติบโตอย่างรวดเร็วในประเทศเหล่านี้โดยปรับใช้ที่สะอาดและง่ายต่อการดำเนินการเทคโนโลยีการประมวลผลขยะอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนที่ 4 ผลร่วมของการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิล เปรียบเทียบร้อยละของตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด

เปรียบเทียบร้อยละระดับการทำงานของเอนไซม์ Monoamine Oxidase (MAO) จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/100cm^2) และโลหะหนักในเลือด

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมพหุตัวแปรของ ระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO เมื่อจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงานและระดับ Pb, Cd และ Ni ในเลือด พบว่า การเปรียบเทียบผลร่วมของปริมาณความเข้มข้นของระดับ Pb และ Cd ในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง กับระดับของเอนไซม์ MAO (F = 1.045, Sig. = 0.426) ไม่แตกต่างกัน ผลร่วมของปริมาณความเข้มข้นของระดับ Pb และ Ni ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส กับระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO จำแนกตามปริมาณสาร พบว่า ระดับ Pb ในเลือด ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสกับระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO (F = 2.5553, Sig. = 0.098) และระดับ Ni ในเลือดของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส กับระดับของเอนไซม์ MAO (F = 3.89587, Sig. = 0.040) ระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO อาจใช้เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญทางชีวภาพ (Biomarker) สำหรับการติดตามผลกระทบต่อระบบประสาทจากสารเคมี เช่น Pb, Cd และ Ni ในเลือด การเปลี่ยนแปลงการอักเสบ (Inflammatory) ที่ส่งผลต่อสมดุลสารสื่อประสาท ใช้เป็นแนวทางในการวินิจฉัยความผิดปกติของสมองร่วมกับภาพถ่ายรังสีสมองได้ (Novel diagnostic applications)

ดังการศึกษาของ Fernandes and Özcelik (2021) ที่ได้เสนอว่าประโยชน์ของการวิเคราะห์ MOA-B ที่ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ระดับโมเลกุลจนส่งผลต่อการเกิดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ยังพบหลักฐานที่แสดงว่า อัตราส่วนของ MAO A/B เป็นดัชนีที่บ่งชี้สมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ในสมองส่วนฮิปโปแคมปัส (Quartey et al., 2018) ผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าสอดคล้องกับการศึกษาของ Shi Zhicheng et al. (1986) ที่ประเมินการทำงานของเอนไซม์ MAO ในกลุ่มแรงงานที่ทำงานรับสัมผัส Nickel carbonyl พบว่า การรับสัมผัสกับความเข้มข้นสูงของนิกเกิลคาร์บอนิลอาจส่งผลให้เกิดพิษเฉียบพลันซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบทางเดินหายใจและระบบประสาท

นอกจากนี้เรายังพบว่า การรับสารเป็นเวลานาน ความเข้มข้นของนิกเกิลคาร์บอนิล อาจแสดงอาการตื่นเต้น นอนไม่หลับ ฝันแปรปรวน ปวดหัว เวียนศีรษะ อ่อนแรง ความจำไม่ดี แน่นหน้าอก เหงื่อออกมาก ผมร่วง และความต้องการทางเพศลดลง หากในมนุษย์มีระดับเอนไซม์ MAO ในสารสื่อประสาทสูง จะทำให้มีผลต่อการการทำงานในระบบประสาทส่วนกลางและในระบบประสาทส่วนปลายโดยเฉพาะในปลายประสาท ซึ่ง MAO ตั้งอยู่บนเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโตคอนเดรียและเร่งปฏิกิริยาดีอะมิเนชันออกซิเดชัน ของโมโนเอมีนและ 5-hydroxytryptamine ซึ่งเป็นตัวส่งสัญญาณประสาทที่สำคัญ ส่งผลให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและทางไฟฟ้าและทางไฟฟ้าในคนทำงานที่รับสัมผัสนิกเกิลคาร์บอนิลในระยะยาว (Wang et al., 2022)

ผลการวิเคราะห์ระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO ในกลุ่มแรงงานคัดแยะขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานีที่ทำงานรับสัมผัส Pb, Cd และ Ni สอดคล้องกับ Martínez-Martínez, Muñoz-Fambuena, and Cauli (2020) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมที่เกิดจากการรับสัมผัสสารนิกเกิลในสัตว์ทดลองและมนุษย์ พบว่า การได้รับสาร Ni^{2+} สามารถเปลี่ยนแปลง (ทั้งการยับยั้งและการกระตุ้น) สารสื่อประสาทเซโรโทนิน ในระดับพฤติกรรม การได้รับ Ni^{2+} ในสัตว์กัดแทะจะเปลี่ยนแปลงกิจกรรมการเคลื่อนไหว การเรียนรู้ และความจำ ตลอดจนความวิตกกังวลและอาการคล้ายซึมเศร้า อย่างไรก็ตาม ไม่มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ขึ้นกับขนาดยาใด ๆ เกี่ยวกับผลกระทบเหล่านี้และระดับของ Ni^{2+} ในสมอง ในเลือด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผลการศึกษาพบปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ การใช้ การใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลและขนาดพื้นที่ในการทำงาน แนะนำให้ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กรอนิกส์ ลดปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่ออาการผิดปกติของระบบประสาท ได้แก่ งดการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ เลิกบุหรี่ และให้

ความรู้เรื่องการใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล รวมทั้งเสนอแนะให้ทำความสะอาดพื้นที่ในการปฏิบัติงาน เพื่อลดการรับสัมผัส Pb, Cd, Ni ในพื้นที่การทำงาน

2. ผลการศึกษาพบ BMI ที่เพิ่มขึ้น และ Pb ในพื้นผิวปฏิบัติงานลดลง เป็นปัจจัยทำนายความบกพร่อง ด้านประสาทวิทยา จากการใช้แบบทดสอบความจำ แบบอ่านตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) แนะนำ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กรอนิกส์ ที่มี BMI ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อตารางกิโลเมตร ซึ่งหากเทียบกับเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโรคได้กำหนด ถือว่าเข้าสู่ภาวะอ้วน (Obesity) ดังนั้น แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กรอนิกส์ ต้องมีการลดน้ำหนัก โดยควบคุมปริมาณน้ำตาล คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เพื่อป้องกัน โรคเรื้อรัง และโรคแทรกซ้อนตามมา โดยอาจมีการใช้แบบทดสอบความจำแบบนับตัวเลขไปข้างหน้า (Digit span forward test) เพื่อทดสอบความจำอย่างง่ายกับกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้อีกครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการนับตัวเลขอย่างง่ายและไม่มีค่าใช้จ่ายในการทดสอบ

3. ผลการศึกษาพบว่า ขนาดพื้นที่ในการทำงานที่ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 ตารางเมตร ปัจจัยทำนาย ระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO ทั้งระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO อาจใช้เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญทางชีวภาพ (Biomarker) สำหรับการติดตามผลกระทบต่อระบบประสาทจากสารเคมี เช่น Pb, Cd และ Ni ในเลือด การเปลี่ยนแปลงการอักเสบ (Inflammatory) ที่ส่งผลต่อสมดุลสารสื่อประสาท ใช้เป็นแนวทางในการวินิจฉัยความผิดปกติของสมองร่วมกับภาพถ่ายรังสีสมองได้ (Novel diagnostic applications) แต่ควรศึกษาและมีการติดตามการศึกษาไปข้างหน้าหาเพิ่มความสัมพันธ์ของเช่น Pb, Cd และ Ni ในเลือด ของกลุ่มแรงงาน ฯ แต่ทั้งนี้ได้แนะนำ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กรอนิกส์ ทำความสะอาดบริเวณที่ทำงาน จัดระเบียบพื้นที่การทำงาน โดย กิจกรรม 5 ส เพื่อควบคุมและลดการรับสัมผัสปริมาณสาร Pb Cd และ Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

4. ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลร่วมของการรับสัมผัส Pb, Cd, Ni ในเลือด กับระดับการทำงานของเอนไซม์ MAO พบ ระดับ Ni ในเลือด กับ ระดับการการทำงานของเอนไซม์ MAO มีความแตกต่างกัน ซึ่ง Monoamine Oxidase เป็นเอนไซม์ที่เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญทางชีวภาพในการติดตามผลกระทบต่อระบบประสาท แต่จากผลการวิจัยครั้งนี้ เป็นศึกษาการผลร่วมของการรับสัมผัสสารโลหะหนัก เพื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสเท่านั้น และเป็นการประเมินระดับการทำงาน ของ Pb, Cd, Ni ในเลือด เฉพาะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นควรมีการติดตามผลสุขภาพย้อนหลัง หรือติดตามผลสุขภาพ ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท ไปข้างหน้าของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของการรับสัมผัสสาร Pb, Cd, Ni ต่อไป

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. สร้างโปรแกรมการคัดกรองโดยใช้แอพลิเคชันในการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพระบบประสาทของแรงงานนอกระบบ

2. สร้างโปรแกรมการปรับปรุงสภาพการทำงาน ของแรงงานคัดแยดขยะอิเล็กทรอนิกส์เพื่อป้องกันรับสัมผัสจากรับสัมผัส Pd, Cd, Ni ระบบประสาทของแรงงานนอกระบบ

บรรณานุกรม

กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. (2561). *สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรค ประจำปี 2561*. จาก http://164.115.27.97/digital/items/show/17969?advanced%5B0%5D%5 Belement_id%5D=40&advanced%5B0%5D%5Btype%5D=is+exactly& advanced%5B0%5D%5Bterms%5 D=2561

กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค. (2563). *แนวทางการเฝ้าระวังป้องกันควบคุมโรคพิษตะกั่วในกลุ่มวัยแรงงาน*. นนทบุรี: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์.

กระทรวงแรงงาน. (2541). *กฎกระทรวงฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน.* จาก https://tls.labour.go.th/attachments/article/1105/ hrdg -25-11-2562-05.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2560). *แนวทางการจัดการของเสียอันตราย WEEE*. จาก http://pcd. go.th/ info_serv/haz_battery.html

กรมควบคุมโรค. (2559). *การคัดกรองความเสี่ยงจากการทำงานของผู้ประกอบอาชีพเก็บ คัดแยกและรีไซเคิลขยะ โครงการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคและภัยสุขภาพจากการคัดแยกและรีไซเคิลขยะในพื้นที่เสี่ยงสูง เพื่อลดความเหลื่อมล้ำทางสุขภาพประชาชน ปีงบประมาณ 2559.* จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/uploads/การเฝ้าระวัง/recycle_001. pdf

กรมศุลกากร. (2561). *ฐานข้อมูลสินค้าต้องห้าม-ต้องกำกัด พร้อมพิกัดรหัสสถิติ ปี 2017 : ฐานข้อมูลสินค้าขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Waste : e-waste).* จาก http://www. customs.go.th/l

กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). *แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงกรณีขยะอิเล็กทรอนิกส์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

คีรีมาส อะเต็นต้า, อนามัย เทศกะทึก, นันทพร ภัทรพุทธ, กรรชิต คุณาวุฒิ, ธีระศิษฏ์ เฉินบำรุง และกฤษดา ณ สงขลา.(2562). ผลกระทบต่อระบบประสาทจากการรับสัมผัสสารตัวทำ. ละลายอินทรีย์ของแรงงานข้ามชาติในโรงงานผลิตของเล่นแห่งหนึ่ง จังหวัดปทุมธานี. *วารสารพิษวิทยาไทย*, *34*(2), 46-59.

จิตบรรจง ตั้งปอง, พูลสิทธิ์ หิรัญสาย และจำนงค์ ธนะภพ. (2556). ปริมาณไมโครโปรตีนในปัสสาวะของคนงานอู่ต่อเรือที่สัมผัสสารตะกั่ว ตัวบ่งชี้ความผิดปกติของไต. *วารสาร*

สาธารณสุข, *43*(2), 164-174.

จำนงค์ ธนะภพ, ศศิธร ธนะภพ, และอุไรวรรณ หมัดอ่าดัม. (2558). ผลของโปรแกรมอาชีวสุขศึกษาต่อ การลดการสัมผัสสารตะกั่วของช่างหมันในอู่ต่อเรือ จังหวัดนครศรีธรรมราช.*วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, 10*(2), 77-88

จำนงค์ ธนะภพ. (2554). สภาพการปนเปื้อนของสารตะกั่วในคนงานอู่ต่อเรือพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยและผลกระทบต่อสุขภาพ. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ, 4*(14), 6-17.

เจริญชัย คำแฝง. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยภาคีเครือข่าย ตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข, 41(*1*), 80-90.*

ชัญญาภัค จันทดวง. (2561). *ชนิดและปริมาณของชิ้นส่วนที่ถูกคัดแยกได้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ตำบล โคกสะอาด อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์.* วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตร-มหาบัณฑิต, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณิชชา บูรณสิงห์. (2559). *ขยะอิเล็กทรอนิกส์.* กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร กลุ่มงานบริการวิชาการ 3 สำนักวิชาการกรุงเทพมหานคร.

ดาริกา รูปงาม, นิสิต อินลี และจิตรลดา อ่อนสุระทม (2560). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เสี่ยงขยะอิเล็กทรอนิกส์. *ในการประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ประจำปี 2560. (19).* กรุงเทพมหานคร.

เทวิน เทนคำเนาว์. (2557*). ฤทธิ์ของสารสกัดจากสมุนไพรในการต้านโรคซึมเศร้า: กลไกในระดับโมเลกุลผ่านตัวขนส่งสารสื่อประสาทโมโนเอมีนชนิดต่าง ๆ.* กรุงเทพฯ: คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นาถนภา นกดี. (2563). *การศึกษาความสัมพันธ์ของภาระงานทางคลื่นสมองในการทำงานสองอย่างพร้อมกันจากการจดจำระยะสั้น.*วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นันทวรรณ อุ่นจางวาง. (2557). *การปนเปื้อนของสารหนูและ ตะกั่วในดินตะกอนบริเวณคลองอู่ตะเภา.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ ทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประทีป เลิศชัยประเสริฐ. (2556). กรีนไอซีทีเพื่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ Green ICT for Electronic Waste Management. *วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา*, *3*(6), 63.

ประสาร เปรมะสกุล. (2552). *คู่มือแปลผลตรวจเลือด* : กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ปฐมีน ตันติเสาวภาพ, นพนันท์ นานคงแนบ, คนึงนิตย์ นาคไธสง, พรพิมล กองทิพย์, และ คนธา ศิริ. (2564). การรับสัมผัสตะกั่วในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ .ในการ

ประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 14. 868-879.

พีรนาฏ คิดดี และโสมศิริ เดชารัตน์.(2559). *การปนเปื้อนของโลหะหนักในร้านรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์บริเวณภาคใต้ของประเทศไทย.* พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พีรนาฏ คิดดี และสุทธิพร บุญมาก.(2559). การขับเคลื่อนและอุปสรรคของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 8*(8), 145-158.

พัชนิต เนาวพันธ์ และอนุสรา ชาวดร. (2563). การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในระบบนิเวศโดยธุรกิจรับซื้อของเก่า กรณีศึกษา: การจัดการขยะซีพียู สหพันธ์การค้า จังหวัดปราจีนบุรี. *วารสารบัณฑิตศึกษา, 7*(76), 1-9.

พรทิวา ถาวงค์กลาง และพรนภา ศุกรเวทย์ศิริ. (2564). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสัมผัสตะกั่วของผู้ประกอบอาชีพคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในพื้นที่ตำบลโคกสะอาด อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์.*วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น, 28*(1), 25-32.

พรชัย สิทธิศรัณย์กุล. (2555). การตรวจทางอาชีวเวชศาสตร์กับการเฝ้าระวังสุขภาพ. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, *7*(2), 124-129

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์. (2561). *หลักการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ*. จาก https://www.summacheeva.org/document/teltbm_biomarker_priniple/pdf.

วีระเดช พิศประเสริฐ. (2551). พิษของตะกั่ว (Lead toxicity). *วารสารคลินิกอาหารและโภชนาการ (วคอก). 2*(1), 16-19.

ศริศักดิ์ สุนทรไชย. (2551). *เอกสารการสอนชุดวิชาพิษวิทยาและอาชีวเวชศาสตร์ หน่วยที่ 1-5.* นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุขพัชรา ชิ้มเจริญ. (2556). บริหารสมองชะลอความเสื่อม.พิมพ์ครั้งที่ 2.หมอชาวบ้าน.

สายใจ วิทยาอนุมาส. (2560). *การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย.* รายงานทีดีอาร์ไอ. *133*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย(ทีดีอาร์ไอ).

โสมศิริ เดชารัตน์. (2560). สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทางานของคนงานในร้านรับซื้อของเก่า จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ,10*(35), 10 - 20.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2563). การสำรวจแรงงานนอกระบบ พ.ศ. 2563. จาก https://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านสังคม/ สาขาแรงงาน/Informal_work_force/2563/fullreport_63.pdf

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2559). *โครงการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค*

และภัยสุขภาพจากการคัดแยกและรีไซเคิลขยะ ในพื้นที่เสี่ยงสูง เพื่อลดความเหลื่อมล้ำทางสุขภาพประชาชน ปีงบประมาณ 2559. จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2559). *รายงานแบบฟอร์ม การดูแลและคัดกรองสุขภาพประชาชนกลุ่มเสี่ยงและแรงงานสัมผัสขยะ.* จาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/550

หทัยรัตน์ เมธาวิน. (2558). *ผลของโปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการสัมผัสตะกั่ว และรดับตะกั่วในเลือดของพนักงานมนโรงงานแบตเตอรี่*. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพยาบาล, คณะพยาบาลศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อนามัย (เทศกะทึก) ธีรวิโรจน์. (2552). *การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนามัย (เทศกะทึก) ธีรวิโรจน์. (2554). *พิษสารเคมีจากการทำงานรู้ทันป้องกันได้.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรจน์มน ธรรมไชย, ณิชาภา พาราศิลป์ม, เอกราช วงศ์ษายะ, และเกวลี สีหราช. (2560) ความสัมพันธ์ของความเคลื่อนไหวและคุณภาพชีวิตของสมองระดับสูงมนผู้สูงอายุ. *ศรีนครินทร์เวชสาร*, *32*(5), 435-443.

Abdelouahab, N., Huel, G., Suvorov, A., Foliguet, B., Goua, V., Debotte, G., Sahuquillo, J., Charles, M. A., & Takser, L. (2010). Monoamine oxidase activity in placenta in relation tomanganese, cadmium, lead, and mercury at delivery. *Neurotoxicol Teratol, 32*(2), 256-261.

Adaramodu, A. A., Osuntogen, A. O., & Ehi-Eromosele, C. O. (2012). Heavy metal concentration of surface dust present in e-waste components: The west minister electronic market, Lagos Case Study. *Resources and Environment, 2*(2), 9-13.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR). (2005). Atlanta, Georgia, USA: US Department of Health and Human Services. Draft toxicological profile for lead. *ATSDR*, 102-225.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2014). [Accessed August 2016; *US Public Health Service. Toxicological Profile for Nickel.* 2014. Retrieve 31 October 2021, from: https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=245&tid=44

Ahmed, K., Ayana, G., & Engidawork, E. (2008). Lead exposure study among workers in Lead acid battery repair units of transport service enterprises, Addis Ababa, Ethiopia: a cross-sectional study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, *3*, 30.

Ahmad, S., Khan, M. H., Khandker, S., Sarwa,r A. F. M., Yasmin, N., Faruquee, M. H., & Yasmin, R. (2014). Blood lead levels and health problems of lead acid battery workers in Bangladesh. *Scientific World J,* 974104.

Akormedi, M., Asampong, E., & Fobil, J. N. (2013). Working conditions and environmental exposures among electronic waste workers in Ghana**.** International *Journal of Occupational and Environmental Health*, *19*(4), 278-286.

Amankwaa, E. F., Tsikudo, K. A. A., & Bowman, J. A. (2017). 'Away' is a place: The impact of electronic wasterecycling on blood lead levels in Ghana. *The Science of the Total Environment*, *601-602*, 1566-1574.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2022). *TLVs and BEIs.* Cincinnati: ACGIH; 2022.

Anacker, C., & Hen, R. (2017). Adult hippocampal neurogenesis and cognitive flexibility – linking memory and mood. Nat. *Rev. Neurosci.,18,* 335-346

Anand, K. S., & Dhikav, V. (2012). Hippocampus in health and disease: An overview. *Annals of Indian Academy of Neurology*, *15*(4), 239-246.

Andrade, D. F., Romanelli, J. P., & Pereira-Filho, E. R. (2019). Past and emerging topics related to electronic waste management: top, trends, and perspectives. *Environmental Science and Pollution Research, 26*, 17135-17151.

Ankit Nariya et al. (2017). Ameliorative effects of curcumin against lead induced toxicity in human peripheral blood lymphocytes culture. *Chemosphere* 182 (2017) 745-752. http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.112

Anita, R., Bijoor, S., Sudha, T., & Venkatesh. (2012). Neurochemical and Neurobehavioral Effects of Low Lead Exposure on the Developing Brain. *Ind J Clin Biochem* (Apr-June 2012) 27(2): 147–151. doi:10.1007/s12291-012-0190-2

Anna, O. W., Nurdan, S., Duzgoren-Aydin, K. C., Cheung, & Ming, H. W. (2008). Heavy

metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. *Environ. Sci. Technol*, *42*(7), 2674-2680.

April, P. N., & Tomás, R. G. (2012). Mechanisms of Heavy Metal Neurotoxicity: Lead and Manganese. *Journal of Drug Metabolism and Toxicology.* S5. doi: 10.4172/2157-7609.S5-002

Asampong, E., Dwuma-Badu, k., Stephens, J., Srigboh, R., Neitzel, R., Basu., N., & Fobil, J. N. (2015). Health seeking behaviors among electronic waste workers in Ghana. *BMC Public Health*, *15,* 1065.

Asante, K. A., Agusa, T., Biney, C. A., Agyekum, W. A., Bello, M., Otsuka, M., Itai, T., Takahashi, S., & Tanabe, S. (2012). Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Accra in Ghana. *Sci Total Enviro*n, *424*, 63-73.

Asgari, M., Gale, R., Wild, K., Dodge, H., & Kaye, J. (2020). Automatic Assessment of Cognitive Tests for Differentiating Mild Cognitive Impairment: A Proof of Concept Study of the Digit Span Task. C*urrent Alzheimer research, 17*(7), 658–666. doi:10.2174/1567205017666201008110854

Balde, C. P., Wang, F., Kuehr, R., & Huisman, J. (2015). The global e-waste monitor – 2014, Bonn, Germany United Nations University, IAS-SCYCLE.

Balde, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.

Barbara, E. C., Knollmann-Ritschel., & Morri Markowitz. (2017). Educational Case: Lead Poisoning. *Academic Pathology*, *4*, 1–3. doi:10.1177/2374289517700160

Barkhordari, A., I Guzman, M., Ebrahimzadeh, G., Sorooshian, A., Delikhoon, M., Jamshidi Rastani, M., Golbaz, S., Fazlzadeh, M., Nabizadeh, R., & Norouzian Baghani, A. (2022). Characteristics and health effects of particulate matter emitted from a waste sorting plant. *Waste Manag, 150*, 244-256. doi: 10.1016/j.wasman.2022.07.012.

Barth, A., Schaffer, A. W., Osterode, W., Winker, R., Konnaris, A. W., Valic, E., Wolf, G.,

& Rüdige, H. W. (2002). Reduced cognitive abilities in lead-exposed men. *Int Arch Occup Environ Health, 75*(6), 394-398. doi:10.1007/s00420-002-0329-1.

Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience: Exploring the brain. (4th ed). Philadelphia*, PA: Lippincott Williams & Wilkins.

Berger, M., Gray, J. A., & Roth, B. L. (2009). The Expanded Biology of Serotonin. *Annual Review of Medicine*, *60*, 355-366.doi:10.1146/annurev.med.60.042307.110802

Bourne, J. N., & Harris. K. M. (2008), Balancing structure and function at hippocampal dendritic spinesAnnu. *Rev. Neurosci., 31,* 47-67

Brigden, K., Labunska, I., Santillo, D., & Johnston, P. (2008). *Chemical contamination at e-waste recycling and disposal sites in Accra and Korforidua, Ghana.* Greenpeace Research Laboratories, Technical Note 10/200810

Britton, M., Derrick, J. L., Shepherd, J. M., Haddad, S., Garey, L., Viana, A. G. & Zvolensky, M. J. (2021). Associations between alcohol consumption and smoking variables among Latinx daily smokers. Addictive behaviors, *113,* 106672. doi: 10.1016/j.addbeh.2020.106672

Burns, K. N., Sun, K., Fobil, J. N., & Neitzel, R. L. (2016). Heart Rate, Stress, and Occupational Noise Exposure among Electronic Waste Recycling Workers. *International journal of environmental research and public health*, *13*(1);140. doi:10.3390/ijerph13010140

Can, S., Bagci, C., Ozaslan, M., Bozkurt, A., Cengiz, B., Cakmak, E. A., Kocabaş, R., Karadag, E., & Tarakcioglu, M. (2008). Occupational lead exposure effect on liver functionsand biochemical parameters. *Acta Physiol Hung*, *95*(4), 395-403. doi:10.1556/APhysiol.95.2008.4.6.

Caravanos, J., Carrelli, J., Dowling, R., Pavilonis, B., Ericson, B., & Fuller, R. (2016). Burden of disease resulting from lead exposure at toxic waste sites in Argentina, Mexico and Uruguay. *Environ Health, 15*(1), 1-9. doi: 10.1186/s12940-016-0151-y.

Cavalleri, A., Minoia, C., Pozzoli, L., & Baruffini, A. (1978). Determination of plasma lead levels in normal subjects and in lead-exposed workers. *Br J Ind Med*,

35(1), 21-26. doi:10.1136/oem.35.1.21

Ceballos, D., Beaucham, C., & Page, E. (2017). Metal Exposures at three U.S. electronic scrap Recycling facilities. *J Occup Environ Hyg*, 14(6), 401-408. doi:10.1080/15459624.

Chaiut, W., Lapprasitsuk, P., Jantarawanich, W., & Boonsrimar, S. (2017). The correlation between body mass index and postural control in individuals with obesity class I and normal BMI in 20–35-year-old. *Journal of Associated Medical Science, 50*(3), 544-552.

Chang, W. J., Joe, K. T., Park, H. Y., Jeong, J. D., & Lee, D. H. (2013). The relationship of liver function tests to mixed exposure to lead and organic solvents. *Ann Occup Environ Med, 25*(1), 5. doi: 10.1186/2052-4374-25-5.

Chen, X., Jiang, F., Liang, H., Peng, H., Chen, Y., & Luo, H. (2021). A familial case of basophilic stippling cells in lead poisoning. *Int J Lab Hematol*, *43*(6), e298-e299. doi:10.1111/ijlh.13614.

Chuang, H. Y., Chao, K. Y., & Tsai, & S. Y. (2005). Reversible neurobehavioral performance with reductions in blood lead levels–A prospective study on lead workers. *Neurotoxicology and Teratology, 27*(3), 497-504. doi: 10.1016/j.ntt.2005.01.001

Coccaro, E. F., Sripada, C. S., Yanowitch, R. N., & Phan, K. L. (2011). Corticolimbic function in impulsive aggressive behavior. Biol Psychiatry, *69*(12),1153-9. doi: 10.1016/j.biopsych.2011.02.032. Epub 2011 May 4. PMID: 21531387.

Dai, Y., Huo, X., Zhang, Y., Yang, T., Li, M., & Xu, X. (2017). Elevated lead levels and changes in blood morphology and erythrocyte CR1 in preschool children from an e-waste area. *Sci Total Environ, 592,* 51-59. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.080.

Decharat, S. (2016). Heavy Metals Exposure and Hygienic Behaviors of Workers in Sanitary Landfill Areas in Southern Thailand. *Scientifica, 2016*, 1-9. doi:10.1155/2016/9269210

Devi, C. B., Reddy, G. H., Jaya, P. R., Chetty, C. S., & Reddy, G. R. (2005). Developmental lead exposure alters mitochondrial monoamine oxidase and synaptosomal catecholamine levels in rat brain. *Int J Dev*

Neurosci. 2005, 23(4), 375-381.

Doherty, J. M., & Logie, R. H. (2016) Resource-sharing in multiple-component working memory. *Mem Cognit, 44*(8), 1157-1167. doi: 10.3758/s13421-016-0626-7.

Dórea, J. G. (2021). Neurodevelopment and exposure to neurotoxic metal(loid)s in environments polluted by mining, metal scrapping and smelters, and e-waste recycling in low and middle-income countries. *Environmental research, 197*, 111124. doi: 0.1016/j.envres.2021.111124

Dupont, W. D., & Plummer, W. D. (1998). Power and sample size calculations for studies involving linear regression. *Controlled Clinical Trials., 19*(6), 589-601. doi:10.1016/ S0197-2456(98)00037-3

Fenga, C, Gangemi, S., Alibrandi, A., Costa, C., & Micali, E. (2016). Relationship between lead exposure and mild Cognitive impairment. *J Prev Med Hyg, 57*(4), E205-E210.

Fernandes, E., & Ozcelik, D. (2021). Imaging Biomarkers for Monitoring the Inflammatory Redox Landscape in the Brain. Antioxidants (Basel, Switzerland).2021; 10(4): 528.doi:10.3390/antiox10040528

Frankland, P. W., Josselyn, S. A., & Kohler, S. (2019). The neurobiological foundation of memory retrieval. *Nat Neurosci, 22*(10), 1576-1585. doi: 10.1038/s41593-019-0493-1.

Frazzoli, C., Orisakwe, O. E., Dragone, R., & Mantovani, A. (2010). Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries 'scenarios. *Environmental Impact Assessment*, *30*(6), 388-399. doi: 10.1016/j.eiar.2009.12.004

Fukuda, K., & Woodman, G. F. (2017). Visual working memory buffers information Retrieved from visual long-term memory. *Proc Natl Acad Sci USA*, *114*(20), 5306-5311. doi:10.1073/pnas.1617874114

Gaitonde, D. Y., Cook, D. L., & Rivera, I. M. (2017). Chronic Kidney Disease: Detection and Evaluation. *Am Fam Physician, 96*(12), 776-783.

Ganz, K., Jenni, L., Madry, M. M., Kraemer, T., Jenny, H., & Jenny, D. (2018). Acute and Chronic Lead Exposure in Four Avian Scavenger Species in Switzerland. *Arch Environ Contam Toxicol, 75*(4), 566-575. doi: 10.1007/s00244-018-0561

Gao, X., Castro-Gomez, S., Grendel, J., Graf, S., Süsens, U., Binkle, L., Mensching, D., Isbrandt, D., Kuhl, D., & Ohana, O. (2018). Arc/Arg 3.1 mediates a critical period for spatial learning and hippocampal networks Proc. *Natl. Acad. Sci. USA*,*115*, 12531-12536

Grant, K., Goldizen, F. C., Sly, P. D., Brune, M. N., Neira, M., & Berg M. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *The Lancet Global Health*, *1*(6), 350-361.

Greene, S. L., Kerr, F., & Braitberg, G. (2008). Review Article: Amphetamines and Related Drugs of Abuse. *Emergency Medicine Australasia, 20*, 391-402.

Gressner, A. M., Roebruck, P., & Tittor, W. (1982,). "Validity of Monoamine Oxidase in Serum for Diagnosis of Liver Cirrhosis: Estimation of Predictive Values, Sensitivities and Specificities", *20*(7), 509-514. doi.org/10.1515/cclm. 1982.20.7.509

Groth-Marnet, G. E. (2000). Neuropsychological Assessment in Clinical Practice: A Guide to Test Interpretation and Integration. New York: John Wiley & Sons.

Hanninen, H., Aitio, A., Kovala, T., Luukkonen, R., Matikainen, E., Mannelin, T., Erkkilä, J., & Riihimäki, V. (1998). Occupational exposure to lead and neuropsychological dysfunction. *Occup Environ Med, 55*, 202-209. doi:10.1136/oem.55.3.202

Harari, F., Sallsten, G., Christensson, A., Petkovic, M., Hedblad, B., Forsgard N., Nilsson P. M., Borne, Y., Engstrom, G., & Barregard, L. (2018). Blood Lead Levels and Decreased Kidney Function in a Population-Based Cohort. *American Journal of kidney diseases*, *72(*3), 381-389. doi: 10.1053/j.ajkd.2018.02. 358

Hoffman, L. A., Sklar, A. L., & Nixon, S. J. (2015). The effects of acute alcohol on psychomotor, set-shifting and working memory performance in older men and women. *Alcohol, 49*(3), 185-191.

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste a Global review of solid waste management. *Washington DC*, *15*.

Hsieh, N. H., Chung, S. H., Chen, S. C., Chen, W. Y., Cheng, Y. H., Lin, Y. J., You, S. H., & Liao, C. M. (2017). Anemia risk in relation to lead exposure in lead-related manufacturing. *BMC Public Health, 17*(1), 389. doi: 10.1186/s12889-017-

4315-4317.

Huo, X., Peng, L., Xu, X., Zheng, L., Qiu, B., Qi, Z., Zhang, B., Han, D., & Piao, Z. (2007). Elevated Blood Lead Levels of Children in Guiyu, an Electronic Waste Recycling Town in China. *Environmental Health Perspectives, 115*(7), 1113-1117. doi: 10.1289/ehp.9697.

Jain, S., Gupta, A., Ray, A., & Vikram, N. K. (2019). A case of chronic lead poisoning with herbal-based medication. *BMJ Case Rep, 12*(4), e227954. doi: 10.1136/bcr-2018-227954.

Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism, and health effects of some heavy metals. *Interdiscip Toxicol, 7*(2), 60-72. doi: 10.2478/intox-2014-0009.

Jaya Prasanthi RP., Hariprasad Reddy G., Bhuvaneswari Devi C., & Rajarami Reddy G. (2005). Zinc and calcium reduce lead induced perturbations in the aminergic system of developing brain. *Biometals.* 2005; *18*(6):615–626.

Johnson, B. L., Baker, E. L., & WHO. (1987). Prevention of neurotoxic illness in working Populations/edited by Barry L. Johnson, associate editors, Edward L. Baker [et al.]. Chichester: Wiley.

Julander, A., Lundgren, L., Skare, L., Grander, M., Palm, B., Vahter, M., & Liden C. (2017). Formal recycling of e-waste leads to increased exposure to Toxic metals: An occupational exposure study from Sweden. *Environment Research 164*, 243-251. doi: 10.1016/j.envint.2014.07.006

Kaplan R. M. & Saccuzzo D. P. (2009). *Psychological testing: principles applications and issues* (7th ed.). Wadsworth Cengage Learning.

Karri, V., Schuhmacher, M., & Kumar, V. (2016). Heavy metals (Pb, Cd, As and Me Hg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal mixture mechanism in brain. *Environmental Toxicology and Pharmacology, 48*, 203-213. doi: 10.1016/j.etap.2016.09.016

Kasperczyk, A., Dziwisz, M., Ostałowska, A., Swietochowska, E., & Birkner, E. (2013). Function of the liver and bile ducts in humans exposed to lead. *Hum Exp Toxicol, 32*(8),787-96. doi: 10.1177/0960327112468177.

Kiddee, P., Naidu, R., & Wong, MH. (2013). Electronic waste management approaches:

An overview. *Waste Management, 33*, 1237-1250.

Kim, M. G., Kim, Y. W., & Ahn, Y. S. (2020). Does low lead exposure affect blood pressure and hypertension? .*J Occup Health, 62*(1), e12107. doi: 10.1002/13489585.12107.

Kim, Y. J. (2008). Interpretation of liver function tests. *Korean J Gastroentero., 25*(4), 219-224.

Klein, C., & Costa, M. (2007). Chapter 35-Nickel. *Handbook on the Toxicology of Metals.*743-758.

Koszewicz, M., Markowska, K., Waliszewska-Prosol, M., Poreba, R., Gac, P., Szymanska-Chabowska, A., Mazur, G., Wieczorek, M., Ejma, M., Slotwinski, K., & Budrewicz, S. (2021). The impact of chronic co-exposure to different heavy metals on small fibers of peripheral nerves. A study of metal industry workers. *J Occup Med Toxicol, 16*(1),12. doi: 10.1186/s12995-021-00302-6.

Kshirsagar, M., Patil, J., Patil, A., Ghanwat, G., Sontakke A., & Ayachit, R. K. (2015). Biochemical effects of lead exposure and toxicity on Battery manufacturing workers of Western Maharashtra (India): with respect to liver and kidney function tests. *Al Ameen J Med Sci*, *8*(2), 107-114.

Kuntawee, C., Tantrakarnapa, K., Limpanont, Y., Lawpoolsri, S., Phetrak, A., Mingkhwan R., & Worakhunpiset, S. (2020). Exposure to heavy metal in electronic waste recycling in Thailand. *J. Environ. Res. Public health, 17(*9), 2996. doi:10.3390/Ijerph17092996

Lanphear, B. P., Dietrich, K., Auinger, P. & Cox, C. (2000). Cognitive deficits associated with blood lead concentration < 10 microg/dl in US Children and adolescents. *Public Health Report, 115*, 521-529.

Lanphear, B. P., Rauch, S., Auinger, P., Allen, R. W., & Hornung, R. W. (2018). Low-level lead exposure and mortality in US adults: A population-based cohort study. *Lancet Public Health, 3*(4): e177-e184. doi: 10.1016/S2468-2667(18)30025-2

Liu, J., Cao, L., & Dou, S. (2017). Bioaccumulation of heavy metals and health risk assessment in three benthic bivalves along the coast of Laizhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin, 117*(1-2). 98-110. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.062

Liu, K. S., Hao, J. H., Zeng, Y., Dai, F. C., & Gu, P. Q. (2013). Neurotoxicity and biomarkers of lead exposure: a review. *Chin Med Sci J, 28*, 178-188. doi: 10.1016/s1001-9294(13)60045-0

Liu, Z., Gong, L., Li, X., Ye, L., Wang, B., Liu, J., Qiu, J., Jiao, H., Zhang, W., Chen, J., & Wang, J. (2012). Infrasound increases intracellular calcium concentration and induces apoptosis in hippocampi of adult rat. *Mol. Med. Rep., 5,* 73-77

Marchetti, C. (2003). Molecular targets of lead in brain neurotoxicity. *Neurotox Res, 5*(3), 221-236. doi: 10.1007/BF03033142

Marianti, A., Anies, A., & Abdurachim, & H. R. S. (2016). Causality pattern of the blood lead, monoamine oxidase A, and serotonin levels in brass home industry workers chronically exposed to lead. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, *38*(2), 147-153. doi: 10.1177/0394632016651447

Martínez-Martínez, M. I., Muñoz-Fambuena, I., & Cauli, O. (2020). Neurotransmitters and Behavioral Alterations Induced by Nickel Exposure. *Endocr Metab Immune Disord Drug Targets, 20*(7), 985-991. doi:10.2174/1871530319666191202141209.

Mason, L. H., Harp, J. P., & Han, & D. Y. (2014). Pb Neurotoxicity: Neuropsychological Effects of Lead Toxicity. *BioMed Research International*, *14*(840547), 1-8. doi: 10.1155/2014/840547

Mattson, S. N., & Roebuck, T. M. (2002). Acquisition and retention of verbal and nonverbal information in childrenwith heavy prenatal alcohol exposure. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 26*(6), 875-882.

McNeilly, R., Kirsh, J., Hatch, J., Parker, A., Jackson, J., Fisher, S., Kelly, J., & Duran, C. (2022). Comprehensive characterization of firing byproducts generated from small arms firing of lead-free frangible ammunition. *J Occup Environ Hyg, 19*(3), 169-184. doi: 10.1080/15459624.2021.2023162.

Mmereki, D., Li, B., & Meng, L. (2014). Hazardous and toxic waste management in Botswana: Practices and challenges. *Waste Manag Res. 32*(12), 1158-1168. doi: 10.1177/0734242X14556527. PMID: 25432741.

Morgado-Bernal, I. (2011). Learning and memory consolidation: Linking molecular and behavioral data. *Neuroscience, 176,* 12-19.

Moscovitch, M., Cabeza, R., Winocur, G., & Nadel, L. (2017). Episodic Memory and Beyond: The Hippocampus and Neocortex in Transformation. *Annu Rev Psychol*, *67*, 105-134. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143733

Mukisa, A., Kasozi, D., Aguttu, C., Vuzi, P. C., & Kyambadde, J. (2020). Relationship between blood Lead status and anemia in Ugandan children with malaria infection. *BMC Pediatr, 20*(1), 521. doi: 10.1186/s12887-020-02412-2.

Nariya, A., Pathan, A., Shah, N., Chettiar, S., Patel, A., Dattani, J., Chandel, D., Rao, M., & Jhala, D. (2017). Ameliorative effects of curcumin against lead induced toxicity in human peripheral blood lymphocytes culture. *Chemosphere, 182,* 745-752. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.04.112

Neitzel, R. (2018). *Improving working conditions for e-waste recyclers.* Retrieved from to https://umexposureresearch.org/2018/09/13/improving working conditions for e-waste recyclers.

Nigra, A. E., Ruiz-Hernandez, A., Redon, J., Navas-Acien, A., & Tellez-Plaza, M. (2016). Environmental Metals and Cardiovascular Disease in Adults: A Systematic Review Beyond Lead and Cadmium. *Curr Environ Health Rep, 3*(4), 416-433. doi: 10.1007/s40572-016-0117-9.

Nissim, N. R., O'Shea, A. M., Bryant, V., Porges, E. C., Cohen, R., & Woods, A. J. (2017). Frontal Structural Neural Correlates of Working Memory Performance in Older Adults. *Front Aging Neurosci, 8*, 328. doi: 10.3389/fnagi.2016.00328.

Nordberg, G. F. (2009). Historical perspectives on cadmium toxicology. *Toxicol. Appl. Pharmacol*, *238*, 192-200. doi: 10.1016/j.taap.2009.03.015.

Ohajinwa, C. M., Van Bodegom, P. M., Vijver, M. G., & Peijnenburg, W. J. G. M. (2017). Health risks Awareness of electronic waste workers in the informal sector in Nigeria. *Int.J. Environ. Res. Public Health, 14,* 911. doi:10.3390/ijerph1408091

Olafisoye, O. B., Adefioye, T., & Osibote, O. A. (2013). Heavy Metals Contamination of Water, Soil, and Plants around an Electronic Waste Dumpsite. *Pol. J. Environ. Stud*, *22*(5), 1431-1439.

Onalaja, A. O., & Claudio, L. (2000). Genetic susceptibility to lead poisoning. *Environ Health Perspect, 108*(Suppl 1), 23-28.

OSHA: OSHA Technical Manual Method, Section II, Chapter 2, “Surface Contaminants,

Skin Exposure, Biological Monitoring and Other Analyses". (2014). [update 2014 February; Cited 2022 Apr 25].

Parvez, S. M., Jahan, F., Brune, M. N., Gorman, J. F., Rahman, M. J., Carpenter, D., Islam, Z., Rahman, M., Aich, N., Knibbs, L. D., & Sly, P. D. (2021). Health consequences of exposure to e-waste: an updated systematic review. The Lancet. *Planetary health, 5*(12), e905–e920.

Parvez, S. M., Hasan, S. S., Knibbs, L. D., Jahan, F., Rahman, M., Raqib, R., Islam, N., Aich, N., Moniruzzaman, M., Islam, Z., Fujimura, M., & Sly, P. D. (2022). Ecological Burden of e-Waste in Bangladesh-an Assessment to Measure the Exposure to e-Waste and Associated Health Outcomes: Protocol for a Cross-sectional Study. *JMIR research protocols, 11*(8), e38201. doi:10.2196/38201

Pourmand, A., Al-tiae, T. K., & Amirshahi, M. M. (2012). Perspective on lead toxicity, a Comparison between the United States and Iran. *DARU J Pharmaceutical Sci, 20*(70), 1-6.

Qingbin, S., & Jinhui, Li. (2015). A review on human health consequences of metals Exposure to e-waste in China. *Environmental Pollution, 196,* 450-461. doi: 10.1016/j.envpol.2014.11.004

Quartey, M. O., Nyarko, J., Pennington, P. R., Heistad, R. M., Klassen, P. C., Baker, G. B., & Mousseau, D. D. (2018). Alzheimer Disease and Selected Risk Factors Disrupt a Co-regulation of Monoamine Oxidase-A/B in the Hippocampus, but Not in the Cortex. *Frontiers in neuroscience*, *12*, 419. doi: 10.3389/fnins.2018.00419

Ravibabu, K., Barman, T., & Rajmohan, H. R. (2015). Serum Neuron-Specific Enolase, Biogenic Amino Acids and Neurobehavioral Function in Lead-Exposed Workers from Lead-Acid Battery Manufacturing Process. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, *6*(1), 50-57.

Robinson, B. H. (2009). E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. *Science of the Total Environment, 408*, 183-191.

Rooney, J. P. K., Woods, N. F., Martin, M. D., & Woods, J. S. (2018). Genetic polymorphisms of GRIN2A and GRIN2B modify the neurobehavioral effects of low-level lead exposure in children. *Environ Res, 165,* 1-10.

doi: 10.1016/j.envres.2018.04.001.

Rubens, O., Logina, I., Kravale, I., Eglîte, M., & Donaghy, M. (2001). Peripheral neuropathy in chronic occupational inorganic lead exposure: a clinical and electrophysiological study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry, 71*(2), 200-204. doi: 10.1136/jnnp.71.2.200.

Senatori, O., Setini, A., Scirocco, A., & Nicotra, A. (2008). Effect of short-time exposures to nickel and lead on brain monoamine oxidase from danio rerio and poecilia reticulata. *Environment Toxicology, 24*(3), 309-313. doi: 10.1002/tox.20431

Srigboh, R. K., Basu, N., Stephens, J., Asampong, E., Perkins, M., Richard, L. & Fobil, N. J. (2016). Multiple elemental exposures amongst workers at the Agbogbloshie electronic waste (e-waste) site in Ghana. *Chemosphere, 164,* 68-74. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.089

Satarug, S., Vesey, D. A., & Gobe, G. C. (2017). Kidney cadmium toxicity, diabetes and high blood pressure: *The Perfect Storm.Tohoku J Exp Med, 241*(1), 65-87. doi:10.1620/tjem.241.

Scott, B. H., Mishkin, M., & Yin, P. (2013). Effect of acoustic similarity on short-term auditory memory in the monkey. *Hear Res, 298,* 36-48. doi: 10.1016/j.heares.2013.01.011.

Shaban, N. Z., Ali, A. E., & Masoud, M. S. (2003). Effect of cadmium and zinc ethanolamine complexes on rat brain monoamine oxidase-B activity in vitro. *J Inorg Biochem*, *95*(2-3), 141-148. doi:10.1016/s0162-0134(03)00096-5

Shi, Z. C., Lata, A., & Han, Y. H. (1986). A study of serum monoamine oxidase (MAO) activity and the EEG in nickel carbonyl workers. *Br J Ind Med*, *43*(6), 425-426.

Shvachiy, L., Geraldes, V., Amaro-Leal, Â., & Rocha, I. (2018). Intermittent low-level lead exposure provokes anxiety, hypertension, autonomic dysfunction and neuro-inflammation. *Neurotoxicology, 69*, 307-319. doi: 10.1016/j.neuro.2018.08.001.

Sidhu, P., & Nehru, B. (2003). Relationship between lead induced biochemical and behavioral changes with trace element concentrations in rat brain.

Biological Trace Element Research, 92(3), 245-256.

Singh, M., Thind, P. S., & John, S. (2018). Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India. *Chemosphere, 203,* 426-433. doi: 10.1016/j. chemosphere2018.03.138.

Sirichai, T., Prueksasit, T. & Sangsuthum, S. (2020). Blood Lead and Cadmium Levels of E- waste Dismantling Workers, Buriram Province, Thailand. In: Jeon, HY. (eds) Sustainable Development of Water and Environment. ICSDWE 2020. *Environmental Science and Engineering. Springer, Cham,* 381-390. doi.org/10.1007/978-3-030-45263-6_34

Slotkin, T. A., MacKillop, E. A., Ryde, I. T., Tate, C A. & Seidler, F. J. (2007). Screening for Developmental Neurotoxicity Using PC12 Cells: Comparisons of Organophosphates with a Carbamate, an Organochlorine, and Divalent Nickel. *Environ Health Perspect.* 115, 93-101. doi:10.1289/ehp.9527

Sokas, R. K., Simmens, S., Sophar, K., Welch, L. S., & Liziewski, T. (1997). Lead levels in Maryland construction workers. Am J Ind Med, *31*(2):188-194. doi: 10.1002/(sici)1097-0274(199702)31:2<188::aid-ajim8>3.0.co;2-w.

Tena, A., Peru, E., Martinetti, L. E., Cano, J. C., Loyola Baltazar., C. D., Wagler, A. E., Skouta, R., & Fenelon, K. (2019). Long-term consequences of early postnatal lead exposure on hippocampal synaptic activity in adult mice. *Brain Behav, 9*(8), e01307. doi: 10.1002/brb3.1307.

Thanapop, C., Geater, A. F., Robson, M. G., Phakthongsuk, P., & Viroonudomphol, D. (2007). Exposure to Lead of Boatyard Workers in Southern Thailand. *Journal of Occupational Health*, *49*, 345-352.

Thanapop, C., Geater, A. F., Robon, M. G., & Phakthongsuk, P. (2009). Elevated lead contamination in boat-caulkers' homes in southern Thailand. *Int J Occup Environ Health*, *15*(3), 282–290. Doi:10.1179/oeh.2009.15.3.282

Timiras, P. S. (Ed.). (2007). *Physiological basis of aging and geriatrics.* London: CRC Press.mUnited Nations Environment Programme (UNEP). *E-waste volume I: inventory assessment manual.* Osaka, Japan: United Nations Environmental Programme, Division of Technology, Industry and Economics,

International Environmental Technology Centre.

Tsaih, S. W., Korrick, S., Schwartz, J., Amarasiriwardena, C., Aro, A., Sparrow, D., & Hu, H. (2004). Lead, diabetes, hypertension, and renal function: the normative aging study. Environ Health Perspect, *112*(11), 1178-1182. doi: 10.1289/ehp.7024.

Vincis, R., & Fontanini, A. (2016). Associative learning changes cross-model representationsin the gustatory cortex. *Vincis and Fontanini eLife*, *5*, e16420. 1-24. doi:10.7554/eLife.16420

Wang Z. X., Chen J. Q., Chai, L. Y., Yang, Z. H., Huang, S. H., & Zheng, Y. (2011). Environmental impact and site-specific human health risks of chromium in the vicinity of a ferro-alloy manufacturer, China. *Journal of Hazardous Materials, 190*(1-3), 980-985.

Wang, Z., Deater-Deckard, K., Cutting, L., Thompson, L. A., & Petrill, S. A. (2012) Working memory and parent-rated components of attention in middle childhood: a behavioral genetic study. *Behav Genet, 42*(2), 199-208. doi: 10.1007/s10519-011-9508-8.

Wang, Z., Xue, K., Wang, Z., Zhu, X., Guo, C., Qian, Y., Li, X., Li, Z., & Wei, Y. (2022). Effects of e-waste exposure on biomarkers of coronary heart disease (CHD) and their associations with level of heavy metals in blood. *Environ Sci Pollut Res Int, 29*(33), 49850-49857. doi: 10.1007/s11356-021-15656-x.

Wang, C., & Y, & Babitt, J. L. (2019). Liver iron sensing and body iron homeostasis. *Blood, 133*(1), 18-29. doi: 10.1182/blood-2018-06-815894.

Wang, H., Zhang, L., Abel, G. M., Storm, D. R., & Xia, Z. (2018). Cadmium Exposure Impairs Cognition and Olfactory Memory in Male C57BL/6 Mice. *Toxicol Sci., 161*(1), 87-102. doi: 10.1093/toxsci/kfx202.

Wani, A. L., Ara, A., & Usmani, J. A. (2015). Lead toxicity; a review. *Interdisciplinary toxicology*, *8*(2), 55-64. doi: 10.1515/intox-2015-0009

Wittsiepe, J., Feldt, T., Till, H., Burchard' G., Wilhelm, M., & Fobil, J. N. (2017). Pilot study on the internal exposure to heavy metals of informal level electronic waste workers in Agbogbloshie, Accra, Ghana. *Environ Sci Pollut Res Int, 24*(3), 3097-3107. doi: 10.1007/s11356-016-8002-5.

Wong, R. H. X., Scholey, A., & Howe, P. R. C. (2014). Assessing Premorbid Cognitive Ability in Adults with Type 2 Diabetes Mellitus - a Review with Implications for Future Intervention Studies. *Current Diabetes Reports, 14*(11), 1-12. doi: 10.1007/s11892-014-0547-4.

Wright, R. O., Amarasiriwardena, C., Jim, R., & Bellinger, D.C. (2006). Neuropsychological Correlates of hair arsenic, manganese, and cadmium levels in school-age children residing near a hazardous waste site. *NeuroToxicology, 27*, 210-216. doi: 10.1016/j.neuro.2005.10.001

Wu, L. L., Gong, W., Shen, S. P., Wang, Z. H., Yao, J.X., Wang, J., Yu, J., Gao, R., & Wu, G. (2017). Multiple metal exposures and their correlation with monoamine neurotransmitter metabolism in Chinese electroplating workers. Chemosphere, *182*:745-752. doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.04.112.

Wyparło-Wszelaki, M., Wasik M., Machon-Grecka, A., Kasperczyk, A., Bellanti, F., Kasperczyk, S., & Dobrakowski M. (2021). Blood Magnesium Level and Selected Oxidative Stress Indices in Lead-Exposed Workers. *Biol Trace Elem Res, 199*(2), 465-472. doi:10.1007/s12011-020-02168-x.

Xu, Y. J, Mu, W., Li, J. Q, Ba, Q., & Wang, H. (2021). Chronic cadmium exposure at environmental relevant level accelerates the development of hepatotoxicity to hepatocarcinogenesis. *Science of the Total Environment*, *783,* 146958.

Zeng, X., Gong, R., Chen, W., & Li, J. (2016). Uncovering the recycling potential of ‘‘New” WEEE in China. *Environ. Sci. Technol, 50*(3), 1347-1358.

Zeng, Z., Huo, X., Zhang, Y., Xiao, Z., Zhang, Y., & Xu, X. (2018). Lead exposure is associated with risk of impaired coagulation in preschool children from an e-wasterecycling area. *Environ Sci Pollut Res Int, 25*(21), 20670-20679.

Zhang, H., Yan, J., Niu, J., Wang H., & Li, X. (2022). Association between lead and cadmium co-exposure and systemic immune inflammation in residents living near a mining and smelting area in NW China. *Chemosphere, 287* (Pt 3), 132190. doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.132190

Zhao, Y., & Lv, J. (2018). Basophilic Stippling and Chronic Lead Poisoning. *Turk J Haematol, 35*(4), 298-299. doi: 10.4274/tjh.2018.0195.

Zhigang L., Xiaoqian L., Yan Q., Chen G., Zhanshan W., & Yongjie, W. (2020). The sustaining effects of e-waste-related metal exposure on hypothalamus-pituitary-adrenal axis reactivity and oxidative stress. *Sci Total Environ, 739,* 139964. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139964.

Zhicheng, S., Zhiming, Y., Lata, A., & Yuhua, H. (1986) Serum angiotensin converting enzyme, ceruloplasmin, and lactic dehydrogenase in anthracosilicosis and anthracosilicotuberculosis. *Br J Ind Med, 43(*9), 642-643. doi: 10.1136/oem.43.9.642

Zhou, F., Yin, G., Gao, Y., Liu, D., Xie, J., Ouyang, L., Fan, Y., Yu, H., Zha, Z., Wang, K., Shao, L., Feng, C., & Fan, G. (2019). Toxicity assessment due to prenatal and lactational exposure to lead, cadmium, and mercury mixtures. *Environ Int, 133*(PtB), 105192. doi: 10.1016/j.envint.2019.105192.

Zoe, A., Robert, S. W., Yan, L., Neelum, T. A., & David, A. B. (2006). Diabetes and Function in different cognitive systems in older individuals without dementia. *Diabetes Care, 29*(3), 560.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม งานมาตรฐานและจริยธรรมในงานวิจัย โทร. ๒๕๖๑ - ๒๕๖๒
ที่ อว ๘๑๐๐/ ๐๕๕๕๒ **วันที่** ๑๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๓
เรื่อง ขอแจ้งรหัสโครงการวิจัย

เรียน นางสาวกรวิกา หาระสาร (นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์)

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ในหัวข้อโครงการวิจัย เรื่อง **ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และผลกระทบต่อระบบประสาท ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี** นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับเอกสารโครงการวิจัยของท่านแล้ว และขอแจ้งรหัสโครงการวิจัยของท่าน คือ **G-HS 051/2563** และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการค้นหาข้อมูลโครงการวิจัยของท่าน ขอให้ท่านแจ้งรหัสโครงการวิจัยทุกครั้งที่มีการติดต่อสอบถามหรือส่งเอกสารใดๆ เกี่ยวกับโครงการวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและพิจารณา

วิทวัส แจ้งเอี่ยม
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ้งเอี่ยม)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ชุดที่ ๑ กลุ่มคลินิก/วิทยาศาสตร์สุขภาพ/วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หมายเหตุ : ลงนามโดยยืนยันตัวตนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารรับรองโครงการวิจัย
โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี

เอกสารรับรองเลขที่	SSJ.UB ๒๕๖๓ - ๑๐๔
ชื่อโครงการ/งานวิจัย	ผลร่วมของการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิล ตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีในเลือด และผลกระทบต่อระบบประสาท ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี
รหัสโครงการ	SSJ.UB ๑๐๔
ชื่อผู้ดำเนินการวิจัย	นางสาวกรวิกา หาระสาร
คณะ/หน่วยงาน	คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
เอกสารรับรอง	๑. แบบเสนอโครงการวิจัย ๒. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ๓. หนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย ๔. แบบการเก็บรวบรวมข้อมูล/โปรแกรมหรือกิจกรรม ๕. เอกสารรับรองโครงการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา เลขที่ G-HS ๐๕๑/๒๕๖๓ รับรองวันที่ ๑๔ กันยายน ๒๕๖๓
วันที่รับรอง	๓๐ ตุลาคม ๒๕๖๓
วันหมดอายุ	๒๙ ตุลาคม ๒๕๖๔

ขอรับรองว่าโครงการวิจัยดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับคำประกาศเฮลซิงกิ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี

ลงนาม .....
(นายสุวิทย์ โรจนศักดิ์โสธร)
นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สสจ.อุบลราชธานี

ภาคผนวก ข

Rocz Panstw Zakl Hig 2022;73(4)
http://wydawnictwa.pzh.gov.pl/roczniki_pzh/ https://doi.org/10.32394/rpzh.2022.0230

ORIGINAL ARTICLE

COMPARISON OF MONOAMINE OXIDASE AND SELECTED HEAVY METALS LEVELS IN THE BLOOD AND THE WORKPLACE AMONG E-WASTE SORTING WORKERS IN UBON RATCHATHANI PROVINCE, THAILAND

Kornwika Harasarn[1], Nantaporn Phatrabuddha[1], Pratchaya Kaewkaen[2], Wanlop Jaidee[3], Anamai Thetkathuek[1,]*

[1]Department of Industrial Hygiene and Safety, Faculty of Public Health, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand
[2]College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand
[3]Department of Public Health Foundations, Faculty of Public Health, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand

ABSTRACT

Background. E-waste sorting workers usually separate electronic waste. Therefore, they can be exposed to heavy metals.
Objectives. This study compared monoamine oxidase (MAO) levels affected by the levels of lead (Pb), cadmium (Cd), and nickel (Ni) in the blood and their workplace among e-waste sorting workers (EWSW).
Material and methods. The exposed group included 76 EWSW, and the non-exposed group included 49 village health volunteers. An interview form was used to assess the risk factors. We measured Pb, Cd, and Ni on the work surfaces and in the blood, and MAO levels as a neurological enzymes.
Results. Among the EWSW, 42 were males (55.3%), and the mean age (SD) 48.0 (12.64) years, and income were 156.37 ± 88.08 USD. In the work areas of the exposed group, the concentration of Pb, Cd, and Ni were 245.042 (± 613.910), 0.375 (± 0.662), and 46.115 (± 75.740) µg/100 cm2, respectively, while the non-exposed group, the concentration of Pb, Cd, and Ni were 0.609 (± 0.934), 0.167 (± 1.171) and 1.020 (± 0.142) µg/100 cm2. Pb and Ni concentrations in the workplace of the exposed groups were statistically different from that of the non-exposed group. Pb, Cd, and Ni concentrations in serum were 6.411 ± 1.492 µg/dL, 0.9480 ± 0.350 µg/L, 2.568 ± 0.468 µg/L, respectively, while in the non-exposed group, the heavy metal concentrations were 6.411 ± 1.620 µg/dL, 0.909 ± 0.277 µg/L, 2.527 ± 0.457 µg/L. The MAO in the exposed group was 362.060 ± 97.981 U/L, while that in the non-exposed group was 369.771 ± 86.752 U/L. Moreover, MAO concentration was significantly different from Ni concentration ($p < 0.05$).
Conclusion. The electronic waste sorting workers should clean their work areas to reduce the Pb, Cd, and Ni levels on the working surfaces, and health surveillance should be performed.

Key words: *monoamine oxidase (MAO), lead, cadmium, nickel, work area, e-waste sorting workers, Ubon Ratchathani*

INTRODUCTION

Electronic waste sorting workers (EWSW) are informal workers in the northeastern region of Thailand, including Ubon Ratchathani Province. They usually separate electronic waste (EW) around their house for sorting and exporting for further distribution to the EW disposal plant [1]. Therefore, they can be exposed to chemicals and heavy metals [2] such as lead (Pb), cadmium (Cd), and nickel (Ni) [3, 4, 5] during electronic waste sorting [2, 6, 7].

Due to improper hygienic practices, the workers are likely exposed to Pb, Cd, and Ni from e-waste segregation, through inhalation, ingestion, and skin contact [5, 8]. Exposure to these substances causes acute and chronic health implications. If the exposure to these three substances is continued even in low doses, chronic symptoms, especially affecting the central nervous system, will result [9] due to the disruption of neurotransmitters.

The toxicity mechanisms of Pd, Cd, and Ni, as studied in animals with Pb [10], Cd [11], and Ni [12], and in human studies, have shown that Pb [8, 9],

Corresponding author: Anamai Thetkathuek, Department of Industrial Hygiene and Safety, Faculty of Public Health, Burapha, University, Chonburi, 20131, Thailand, e-mail: anamai@buu.ac.th

© Copyright by the National Institute of Public Health NIH - National Research Institute

Cd [13], and Ni [14] can enter the blood and brain to activate enzymes in the central and peripheral neurotransmitters including monoamine oxidase neurotransmitter type A (MAO-A) and serotonin (Serotonin: 5-Hydroxytryptamine, 5-HT). Pd, Cd, and Ni can also interfere with the mechanism of calcium ion signaling ($Ca2^{+}$) [15,16] and enter the Raphe nuclei neurons to produce the neurotransmitter serotonin in the hippocampus [17] and secreted from the brain stem by the serotonin messenger which is responsible for controlling the cognitive system, helping in learning and memory [18].

Exposure to Pd, Cd, and Ni may increase the activation of the enzyme MAO-A in the neurotransmitter [19], which regulates metabolism and catalyzes oxidizing reactions into the metabolism of neurotransmitters. Monoamines include doptopinephrine, epinephrine, and serotonin [20,21] by *Jaya Parasanthi* et al. [22]. In mice, damage to serotonin-producing neuron tissues was found, so MAO-A may play an essential role in activating several neurotransmitters, including serotonin [23]. When exposed to Pd, Cd, and Ni for longer, these heavy metals affect neurotransmitters damaging the central and peripheral nervous systems responsible for perception, comprehension, and memory [24, 25, 26].

Many risk factors may affect the biological indicators and the health effects of EWSW exposed to Pd, Cd, and Ni. These include personal characteristics such as gender, age, monthly income, education level, and body mass index (kg/m^2) [3, 5, 27, 28, 29, 30]; behavioral factors such as smoking and drinking alcohol [31]; and job characteristics factors such as year of working [32] number of working hours [33], and working area size [34]; personal hygiene factors such as improper hand washing, delay to change their clothes after work, washing the body immediately after home arrival [32, 35], lack of wearing personal protective equipment [36], and the amount of exposure to Pd, Cad, and Ni [4, 37].

Environmental and health monitoring must provide appropriate and timely health care for these workers. Moreover, health surveillance should be performed by collecting dust samples to assess these contaminated substances in the air in working areas [38] by measuring the surface wipe [39,40]. Therefore, we conducted the health surveillance study and primary health screening, such as detecting Pd, Cd, and Ni levels in the blood among the EWSW in the Bangkok Subdistrict Khueang Nai District, Ubon Ratchathani Province [5].

Recent studies that measured blood Pb levels among the EWSW in Ghana [41] found that the effects of Pd, Cd, and Ni exposure caused acute and chronic neurologic symptoms [15]. Moreover, a study of Pb blood levels of rats in India showed that low Pb levels activate neurotransmitter enzymes such as monoamine oxide (MAO) [10]. However, no similar study in humans was documented [8]. Similarly, no data have been reported on exposure to Pd, Cd, and Ni and their effects on the nervous system among the EWSW in Thailand. Therefore, this study compared the monoamine oxidase (MAO) levels in the nervous system classified by Pb, Cd, and Ni levels in the blood among EWSW in Ubon Ratchathani Province.

MATERIALS AND METHODS

Study site and population

For this analytical cross-sectional study, data were collected from November 2020 to April 2021. The study population included an exposure group, EWSW whose nature of work was sorting, disassembling, and incinerating parts, and electronic waste collection to wait for distribution within the housing area, and the group was out of reach by village volunteers in the Ubon Ratchathani Province. We calculated the sample size according to the following formula, $n = (Z_2\alpha/2\ \sigma_2)/e^2$ in which the exact population of *Dupont* and *Plummer* [42] is unknown, the confidence level ($Z\alpha$) = 1.96, e = 0.05, and the variance (σ) = 0.22 according to the findings of *Kshirsagar* et al. [43]. The required sample size was at least 74.37. Therefore, we used the estimated error of less than 5% at the 95% confidence level to prevent discrepancies in data collection by purposive sampling and analysis. Therefore, our study included 76 people in the exposure group and 49 non-exposed village health volunteers.

Data collection procedures

In this study, we used questionnaires and sample collection to quantify Pb, Cd, and Ni substances in the work surface. Blood samples were also collected to measure the levels of Pb, Cd, Ni, and MAO enzymes.

1. *Questionnaire:* It included five personal factors such as gender, age (years), monthly income (in USD), educational level, body mass index (BMI), congenital disease; three behavioral health factors, and job characteristics factors such as the number of working years, working hours, working area size. The legitimacy and validity of the structure and content of the interview questionnaires were verified by three independent experts. Moreover, the index of concordance (IOC) was determined using the formula $IOC = \sum R/N$. The interview form of this study had a coefficient of conformity of 0.726.

2. *Surface wipes:* We used the set of equipment comprised of heavy metal dust sampling paper such as Pb, Cd, Ni (Ghost wipes), sample tube, paper frame (Template), size 10 × 10 cm, powder-free rubber gloves label paper, permanent pen, plastic bag, adhesive tape, scissors, shoe cover bag storage box. Ghost wipes

sample submission form was sent to the lab every time with the collected samples. Every batch of the samples included quality control (field blank). We wiped to collecting samples in the work area. The sample collection per field blank was 10 to 1 by opening the wipe paper envelope, then unfolding the sample collection area and packing it back in a tightly closed plastic tube, amounting to one sample per sample collection. We collected eight blank field samples and 76 samples in the EW sorting sites. In the comparison group of 5 samples, field blanks were collected for a total of 49 samples [44].

Pb, Cd, and Ni in the working surface were measured by surface wipe. We collected the samples at the waste sorting area by using paper to wipe in an S-shape from left to right and around the edge of the paper frame (Template), then folded the paper in half, ensuring the sample inside, then placed sampling papers in the sample tube, labeled and sent the samples for particulate composition analysis to determine the content of Pb, Cd, Ni according to method ID-125G metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP Analysis) [45] at a laboratory in Bangkok.

3. *Blood sample collection to measure the levels of Pb, Cd, Ni, and monoamine oxidase (MAO) in the blood:* The registered nurse collected the blood samples from the participants at THPH according to the guideline provided [46]. The collected blood 8 mL was divided into two tubes: 5 mL in EDTA tubes for analysis of Pb, Cd, and Ni in the blood, and tubes without EDTA (3 mm doses) to analyze MAO type A.

After proper labeling, the samples were kept at 4°C. Then, the blood samples for analysis of Pb, Cd, and Ni in blood were sent to Khueang Nai Hospital Khueang Nai District, Ubon Ratchathani Province, within 24 hours after collection [35]. Blood samples for MAO-A level [8] were delivered to the laboratory in Chonburi Province within 24 hours [47]. For quality control, the analysis of heavy metals and MAO-A was repeated triplicate, with 10% of all samples re-analysis. However, the results of all field blank heavy metal content analyses must be lower than the Limit of detection.

Data analysis

Descriptive statistics included number, percentage, arithmetic mean, geometric mean, and standard deviation for personal factor, behavioral health factor, working factor, and Pb, Cd, and Ni concentration. Moreover, the median concentration of Pb, Cd, and Ni were analyzed between the exposure and non-exposure groups. We used multivariate analysis of variance to compare the mean Pb, Cd, and Ni concentration in the working surface waste sorting between the exposed and the non-exposed group and the concentrations of Pb, Cd, and Ni between their work surface and these in their blood, and the MAO-A level between the exposed and non-exposed groups or risk factors.

RESULTS

Demographic data

Of the 76 participants in the exposed group, most (55.3%) were male with mean age (SD) of 48 (± 12.645) years. Most of them completed primary school education (55, 72.4%). The average monthly income (SD) was 156.37 (± 88.08) USD, and the mean BMI was 23.00 (± 5.124) kg/m^2. Among them, 34.2% used medication that included diabetes (9, 11.8%), lipid reduction (9, 11.8%), and hypertension (6, 7.9%).

Health behaviors and job characteristics

Among the participants, 51.3% drank alcohol, smoking of 1.276 ± 0.450 cigarettes per day, and ate in the workplace (92.1%). In the exposed group, the average number of working years for EW sorting was 6.08 ± 3.973 years, and the average working hours per day was 7.80 ± 0.980 in the average area of e-waste sorting of 180.16 ± 306.185 squared meters. Most of their past work was farming (77.6%). Moreover, 92.1% and 96.1% wore gloves and arm protection while sorting EW.

The concentration of Pb, Cd, and Ni in the surface wipe (µg/100 cm^2) of the exposed and non-exposed groups

We measured the Pb, Cd, and Ni in dust content in the working surface (µg/100 cm^2) of 76 exposed groups and 49 in the non-exposed group. The median amount of particulate matter containing Pb greater than 2.0 µg/100 cm^2 was observed in 62 samples (49.6%) with the mean concentration of 149.224 (± 492.250) µg/100 cm^2. The standard value by OSHA [48] defines the Pb value in the operating surface area as 500.00 µg/100 cm^2.

The median Cd concentration in the operating surface area less than or equal to 0.000 µg/100 cm^2 was found in 89 samples (71.2%), with a mean concentration of 0.293 (± 0.898) µg/100 cm^2. At the same time, OSHA defines the Cd value in the operating surface area as 50.00 µg/100 cm^2.

The median Ni concentration in the operating surface area was within the standard range according to the OSHA, i.e., the amount was greater than 1 µg/100 cm^2 (49.6%), with a mean concentration of 28.1970 (± 63.022). However, there is no standardized value for Ni in the operating surface area (Table 1).

The blood level of heavy metals and monoamine oxidase (MAO-A)

The mean blood levels of Pb in the exposed and non-exposed groups were 6.4112 ± 1.49274 µg/dL and

Table 1. Concentration of Pb, Cd, and Ni in the surface wipe of the exposed and non-exposed groups

Concentration of heavy metals in dust at operating surface (µg/100cm²)	Exposed group		Non-exposed group		Total		Standard (µg/100cm²)	F	*p*-value
	n	%	n	%	n	%			
	76	100	49	100	125	100			
Lead (Pb)							500.00	19.512	<0.001*
≤ 2	17	22.4	46	93.9	63	50.4			
> 2	59	77.6	3	6.1	62	49.6			
Mean ± SD	245.042±613.910		0.609±0.934		149.224±492.250				
Min-Max	0.170-3,412.00		ND-3.80		ND -3,412.00				
GM ± GSD	24.888±12.159		0.3877±3.886		6.3694±18.839				
Cadmium (Cd)							50.00	0.675	0.207
≤ 0.00	41	53.9	48	98.0	89	71.2			
> 0.001	35	46.1	1	2.0	36	28.8			
Mean ± SD	0.375±0.662		0.1673±1.171		0.2938±0.898				
Min-Max	ND -3.20		ND -8.20		ND -8.20				
GM ± GSD	0.565±2.375		8.199±1		0.608±2.617				
Nickel (Ni)							No standardized value for Ni in the operating surface area.		
≤ 1	16	21.1	47	95.9	63	50.4		35.802	<0.001*
> 1	60	78.9	2	4.1	62	49.6			
Mean ± SD	46.115±75.740		1.020±0.142		28.1970±63.022				
Min - Max	0.180-368.0		1-2		ND -368.00				
GM ± GSD	11.040±7.555		0.3071±2.984		3.0262±11.608				

Note *Standard values are determined by the OSHA Tech manual method [48] because the amount of Cd on the surface of the workplace was below all standard values, and there is no standard value for nickel exposure on surfaces. Therefore, we grouped them according to the median values for these substances as follows: Pb = 2.00 µg/100 cm², Cd = 0.00 µg/100 cm², Ni = 1.00 µg/100 cm².

6.411 ± 1.620 µg/dL, respectively. Similarly, the mean blood Cd values of exposed and non-exposed groups were 0.974 ± 0.389 µg/dL and 0.909 ± 0.277 µg/dL, respectively. The mean blood Ni values of the exposed and non-exposed groups were 2.5958 ± 0.476 µg/dL and 2.527 ± 0.457 µg/dL, respectively. Moreover, the mean serum MAO in exposed and non-exposed groups were 362.060 ± 97.981 µg/dL and 369.771 ± 86.752 µg/dL, respectively (Table 2).

Factors influencing the blood Pb, Cd, and Ni levels

We compared the levels of Pb, Cd, and Ni in the blood of exposed and non-exposed groups classified by personal factors, health behavior, nature of work, and the concentration of these metals in the dust at the work surface.

Demographic factors: Income (USD) was significantly associated with the blood Pb level ($F = 1.818$, $p = 0.041$). However, behavioral health factors and job characteristics were not significantly different with blood Pb, Cd, and Ni concentrations. Similarly, the concentration of heavy metals in the dust on work surfaces (µg/100 cm²) showed no significant difference with blood Pb, Cd, and Ni (Table 3).

Comparison of the concentration of Monoamine Oxidase (MAO) classified by factors

We compared the participants' MAO enzyme levels with their demographic factors, health behavior, job characteristics, and the concentration of Pb, Cd, and Ni in the dust at the operating surface (µg/100 cm²). All variables, including sex, age, monthly income, education level, and BMI, were not statistically significantly associated with MAO enzyme level.

Moreover, the multivariate covariance analysis indicated that the MAO level in the blood was significantly different from the blood concentration of Ni ($F = 4.282$, Sig. = 0.041) (Table 4).

Table 2. Blood levels of Pb, Cd, and Ni and monoamine oxidase (MAO) in the exposed and non-exposed groups

Levels of Pb, Cd, and Ni in blood	Exposed group		Non-exposed group		Total		OSHA Standard	Unit
	n	%	n	%	n	%		
	76	100	49	100	125	100		
Lead (Pb)							0-20	µg/dL
≤6.31	40	52.6	23	46.9	63	50.4		
>6.32	36	47.4	26	53.1	62	49.6		
Mean ± SD	6.411±1.492		6.411±1.620		6.411±1.537			
GM ± GSD	6.235±1.272		6.1972±1.310		6.2201±1.286			
Median IQR	6.285 (7.412)		6.670 (7.690)		6.310 (7.475)			
Min-Max	3.01 - 10.84		3.61-9.74		3.01-10.84			
Cadmium (Cd)							0-5	µg/L
≤ 0.91	38	50.0	28	57.1	66	52.8		
> 0.91	38	50.0	21	42.9	59	47.2		
Mean ± SD	0.974±0.389		0.909±0.277		0.948±0.350			
Median IQR	0.915 (1.152)		0.870 (1.050)		0.910 (1.130)			
Min-Max	0.20-2.10		0.30-1.15		0.20-2.10			
GM± GSD	0.894±1.545		0.865±1.387		0.883±1.484			
Nickel (Ni)							0-10	µg/L
≤2.53	37	48.7	26	53.1	63	50.4		
>2.53	39	51.3	23	46.9	62	49.6		
Mean ± SD	2.5958±0.476		2.527±0.457		2.568±0.468			
Median IQR	2.545 (2.817)		2.520 (2.720)		2.53 (2.785)			
Min-Max	1.55-4.05		1.24-3.61		1.24-4.05			
GM± GSD	2.555±1.1953		2.481±1.220		2.525±1.205			
Monoamine Oxidase (MAO)							< 650	U/L
≤353.000	42	55.3	24	49.0	66	52.8		
>353.001	34	44.7	25	51.0	59	47.2		
Mean ± SD	362.060±97.981		369.771±86.752		365.083±93.457			
Median IQR	340.95(415.30)		364.00(417.85)		353.800(415.30)			
Min-Max	175.30-615.20		153.80-610.10		153.80-615.20			
GM± GSD	349.462±1.308		359.666±1.274		353.427±1.294			

Table 3. Comparison of blood Pb, Cd, and Ni with personal factors, behavioral health factors, job characteristics, and the concentration of heavy metals in the dust at the operating surface

Factors	n	Blood Pb (µg/L)		Blood Cd (µg/dL)		Blood Ni (µg/dL)	
		GM ± GSD	F, p-value	GM ± GSD	F, p-value	GM ± GSD	F, p-value
Income (USD)			1.818, 0.041*		1.394, 0.163		0.367, 0.985
≤151.68	73	6.085±1.315		0.168±1.487		2.520±1.223	
>151.68	52	6.h415±1.240		0.942±1.472		2.533±1.179	
Concentration of heavy metals in the dust at the operating surface (µg/100 cm^2)							
Pb			0.750, 0.861				
≤ 2	63	6.231±1.293					
> 2	62	6.208±1.281					
Cd					1.483, 0.079		
≤ 0	89			0.874±1.440			
> 0.001	36			0.903±1.594			

Ni							0.888, 0.681
≤ 1	58					0.388±3.376	
> 1	62					54.663±7.47	

Remark: Independent variables that are insignificant to dependent variables are 1) individual factors such as sex, age (year), educational level, weight, and height; 2) health behavior factors such as alcohol consumption, smoking, and eating at the workplace; 3) job characteristics factors such as the number of working years, working hours working area size, past work history and use of personal protective equipment.

Table 4. Comparison of monoamine oxidase (MAO) enzymes level with personal factors, behavioral health factors, job characteristics, and the concentration of heavy metals in the dust at the operating surface

Factors (µg/dL)	Monoamine oxidase: MAO (U/L)				
	SS	df	MS	F	*p-value*
Blood Pb	0.135	1	0.135	0.538	0.465
Blood Cd	0.102	1	0.102	0.406	0.525
Blood Ni	1.077	1	1.077	4.282	0.041*
Blood Pb and Cd	0.340	1	0.340	1.352	0.247
Blood Pb and Ni	0.021	1	0.021	0.083	0.773
Blood Cd and Ni	0.007	1	0.007	0.030	0.863
Blood Pb, Cd and Ni	0.092	1	0.092	0.364	0.547
Error	29.440	117	0.252		
Total	317.00	125			

Note Sig, $p < 0.05$*

Independent variables that are insignificant to dependent variables are as follows: personal factors, including sex, age, educational level, and BMI; behavioral health factors such as alcohol consumption, smoking, and eating at their workplace. The job characteristics included the number of working years, working hours, working area size, past working history, use of personal protective equipment, and Pb, Cd, and Ni contamination on work surfaces.

DISCUSSION

In this study, the majority of the exposed group was male (42; 55.3%), with a mean age of 48.00 ± 12.645 years, which was consistent with the study of *Thanthisawapop* et al. [27], who found that the mean age of the exposed group was 48.07 ± 13.19 years. Moreover, most participants completed primary school education (55, 72.4%), consistent with the study by *Kuntawee* et al. [3], which found that most of the EWSW in Thailand were primary school level. *Suraraks* and *Nawwan* [49] described that different education levels affect employees' financial compensation. As a result, workers who segregated EW took a longer working time to increase their monthly income, with an average monthly income of 156.37 (± 88.08) USD.

The minimum wage of Ubon Ratchathani Province is 325 baht (9.09 USD) per day [50], which was consistent with the findings of *Amankwaa* et al. [5]. Their study observed that the average daily income was approximately 6.96–18.10 USD among the EWSW in Ghana.

The mean BMI of the participants was 23.00 (± 5.1247) kg/square meter, which was the lower margin for obesity according to the World Health Organization's body mass index standard of 23.0–24.99 kg/square meter [51]. Therefore, a weight loss program should be considered for obese workers to minimize the risk of non-communicable diseases. Despite no history of underlying diseases in 50 participants (55.8%), 26 (34.2%) had drug treatment for metabolic diseases such as diabetes 9 (11.8%), blood pressure 6 (7.9%), and lipid-lowering 9 (11.8%). This is consistent with the report by *Burns* et al. [52] that found potential cardiovascular damage with abnormal heart rate in a group of workers exposed to e-waste.

In this study, 39 participants (51.3%) drank alcohol and smoked an average of 1.276 ± 0.450 cigarettes per day, which may impair cognitive abilities among these groups [53]. Moreover, EWSW is prone to exposure to toxins that enter the body and may have several adverse health effects, disrupting biochemical mechanisms and affecting decreased brain command. Therefore, educational programs are needed to raise awareness among these workers to abstain from alcohol and smoking. Moreover, 70 participants (92.1%) reported eating in the workplace, and 75 (98.7%) ate breakfast, lunch, and dinner in their workplace.

The exposure group had an average of 6.08 (± 3.9736) years in EW sorting with an average working hour per day of 7.80 (± 0.980) hours, which was consistent with the study of *Akormedi* et al. [33] that found the average working hour of 10 to 12 per day.

In this study, the average e-waste sorting work area was 180.16 (± 306.185) square meters. Although no study observed the relationship between working area size and the health status of the EWSW, a study by *Xue* et al. [54] indicated that heavy metal contamination was found elsewhere in their working area. Due to the diversity of the electronic e-wastes, the workers had to separate and organize e-waste into categories and clean the working area after every operation to minimize exposure to threats.

Regarding their working history, most were farmers (59, 77.6%) and mainly engaged in farming, but e-waste was also sorted throughout the year [55]. Interestingly, 70 participants (92.1%) wore hand protection such as gloves, 73 (96.1%) wore arm protection such as armbands or long-sleeved shirts 67 (88.2%) used safety shoes, such as sneakers or sneakers while working.

Comparison of Pb, Cd, and Ni exposure in a surface wipe (μg/100 cm^2) of exposed and non-exposed groups

The median of all levels of Pb, Cd, and Ni from a surface wipe (μg/100 cm^2) of 76 exposed groups and 49 in the non-exposed groups did not exceed the US OSHA standard [48]. However, a statistically significant difference in the Cd and Ni concentrations in the surface wipe was observed between the exposed and non-exposed groups ($p < 0.001$). Workers may be exposed to Cd and Ni long term, resulting in multi-system illnesses [56]. In the past decade, informal e-waste processing and disposal have taken place in many parts of Thailand [57]. This causes environmental contamination and threatens the health of EW sorters. Therefore, measures for health surveillance in these workers should be conducted according to the Occupational and Environmental Diseases Control Act B.E. 2562 [58]. Additionally, some measures on environmental management, such as cleaning the working area, should be performed regularly after completing their work to reduce Pb, Cd, and Ni contamination [59].

The comparison of concentrations of Pb, Cd, and Ni in the blood between the exposed and the non-exposed groups

In our study, the mean concentrations of the blood Pb, Cd, and Ni in 76 exposure groups and 49 non-exposed groups were within the standard [58]. Moreover, the concentrations of the three substances in the blood were not significantly different between the two groups ($F = 1.830, 3.966, 0.535$; $p = 0.999, 0.284, 0.426$).

The concentration of Pb in the blood was consistent with the study by *Kuntawee* et al. [3], which examined the blood lead levels of the exposure group, EWSW in Thailand, and the non-exposed group, farmers. In this study, no statistically significant difference in the blood lead concentrations was identified between the exposed and non-exposed groups. The e-waste sorting area in Ban Kok and Ban Klang in Thailand had insufficient levels of Pb to be assessed, or villagers in the area may be exposed to Pb because of the fertilizers used for agriculture.

Similarly, the serum Cd concentration in this study was consistent with the findings by *Wittsiepe* et al. [41]. They examined the blood Cd concentration of 75 e-waste segregation workers and 40 controls in Ghana. Their study had limitations on the exposed groups because of different food and preparation related to their religion. As the food habits differ among different ethnicities, the cross-sectional study design was not adequate to assess the relationship of Cd exposure in EWSW.

Sirichai et al. [57] examined the blood levels of cadmium in the exposed group, workers sorting EW in Daeng Yai Subdistrict Ban Mai District of Buriram Province, Thailand, and found that the mean blood cadmium level (exposed group vs. non-exposed group) was 1.00±0.33 μg/L vs. 1.17±0.39 μg/L. Separating EW, the EWSW had Cd concentrations slightly lower than those in the no-exposure group.

A study in Ubon Ratchathani Province found the blood concentration of Ni in EWSW was deficient, which was similar to the results by *Li* et al. [60], that observed no significantly different in the blood concentration of the median (range) of Ni between two groups (exposed group vs. non-exposed group): 4.49 (2.64–10.55) vs. 1.88 (0.6–22.22). However, the blood concentration of Ni was higher in the exposed group than in the non-exposed group.

In this study, we observed the normal range of the mean concentrations of neurotransmitter MAO levels (<650 U/L) in the exposed and non-exposed groups (exposed group vs. non-exposed group: 362.060±97.981 vs. 369.771±86.752). Moreover, Comparisons of neurotransmitter MAO concentrations between the exposed and non-exposed groups were not significantly different, consistent with the study by *Shin* et al. [61].

A similar finding was reported by *Marianti* et al. [8], which measured the MAO level among brass workers with heavy metal contamination in Indonesia. However, in their study, heavy metal contamination of Pb was found in the air below the OSHA standard (2005) among the workers with over 8 hours of work daily. In our study, the blood

Pb levels of brass technicians were 24.21± 98.61 µg/dL, which was within 80% of the standard range. Brass technicians had average MAO (SD) levels of 6.72±5.78 IU/ml or 6,720 ± 5,780 U/L. Moreover, elevated MAO-A level was significantly associated with blood lead levels.

The MAO enzyme levels in the nervous system of EWSW can indicate exposure to Ni. However, health screening should be done among EWSW for confirmation. Therefore, further analytical studies should be conducted to explore a cause-and-effect relationship.

Risk factors for serum Pb, Cd, and Ni concentrations

We performed the risk factor assessment for blood Pb, Cd, and Ni levels. Health behaviors, work characteristics, and concentrations of heavy metals in the dust at the operating surface (µg/100 cm^2) were included in this analysis. The monthly income (USD) and the blood Pb level (F = 1.818, p = 0.041) were significantly different. The workers received an average daily wage of 9.09 USD (321.28 baht), which was comparable to the minimum wage rate of Ubon Ratchathani, Thailand, 9.19 USD (325 baht). However, the workers may have an average daily income lower than the minimum wage rate [62], which is consistent with the study by *Amankwaa* et al. [5]. They found that EWSW earned approximately 6.96–18.10 USD per day or 169–450 USD per month. The longer time of working in e-waste sorting may result in higher exposure to lead, cadmium, and nickel.

The concentration of Pb in the dust at the operating surface was a statistically significant difference with the blood Cd levels (p = 0.028) that was consistent with a study by *Ceballos* et al. [63]. The worker touched the scraps of electronic components containing metal during their work, and heavy metal dust on the work surface contaminated the skin and clothing of workers' Pb blood level of more than 10 µg/dL. In addition, a high Ni blood level between the exposed group and the non-exposed group was not exposed to blood cadmium dust on work surfaces

However, the tendency of heavy metal contamination in EW sorting among these workers is higher than that in the general population. Therefore, the Department of Disease Control, Ministry of Public Health, Thailand [59], should establish proper e-waste management by adopting clean and easy-to-implement e-waste processing technology. Additionally, the working area should always be kept clean, and the workers should be aware of the importance of personal hygiene such as bathing, not re-dressing, wearing masks, and appropriate personal protective equipment (44).

Multivariate covariance analysis of the monoamine oxidase (MAO) enzyme level related to the serum heavy metals levels

The multivariate covariance analysis of the activity of levels of MAO enzymes in neurotransmitters indicated no significantly different synergistic effect of the Pb and Cd blood concentrations (F=1.045, p=0.426). The combined analysis of quantitative blood concentrations of Pb and Ni with MAO enzymes in the neurotransmitter found that the blood Pb and Ni levels significantly differed from neurotransmitter MAO levels (Pb: F = 2.5553, p = 0.098 and Ni F = 3.89587, Sig. = 0.040, respectively). However, as a cross-sectional study, the results cannot assume causality.

MAO is a neurotransmitter used as a biomarker for monitoring neurochemical effects. The lead, cadmium, and nickel in the blood cause inflammatory changes and affect the balance of neurotransmitters. MAO can be used to assist in the diagnosis of brain abnormalities in combination with brain imaging [64]. The MOA-B analysis identifies changes from the molecular level to the effect of altered behavior. Moreover, the MAO-A/B ratio was an indicator of Alzheimer's disease [65].

The results of the study are consistent with an investigation by *Zhicheng* et al. [14] that assessed the activity of MAO enzymes in neurotransmitters. The workers exposed to nickel carbonyl results in acute toxicity, causing respiratory and nervous systems damage [66]. The prolonged exposure to nickel carbonyl may cause abnormal symptoms such as excitement, insomnia, variable dreams, headache, dizziness, weakness, poor memory, tightness in the chest, excessive sweating, hair loss, and decreased sexual desire.

In humans, high levels of the neurotransmitter MAO affect the central and peripheral nervous system, especially in nerve endings, where MAO is located on the outer membrane of the mitochondria, to catalyze oxidative deaminization reactions of monoamine and 5-hydroxytryptamine. Therefore, workers exposed to nickel carbonyl over the long term result in biochemical and electrical changes in the nervous system [67].

Our findings on the activity of MAO enzymes among the EWSW in Ubon Ratchathani Province working with Pb, Cd, and Ni, were consistent with *Martínez-Martínez* et al. [68] who studied the behaviors change in exposed individuals. Exposure to Ni^{2+} can change (both inhibition and activation) neurotransmitters serotonin which alters behavior. Similarly, exposure to Ni^{2+} in rodents altered motor activity, learning, and memory and caused anxiety and depression-like symptoms. However, no dose-

dependent relationship was analyzed between these effects [69].

One of the limitations of this study is a cross-sectional design. We only collected the information from the EWSW during the survey period. Moreover, there are limitations in describing other information. Similarly, the quantitative assessment of the heavy metals and MAO were performed only for a certain period. However, the data obtained from this study can be used for future health surveillance in EWSW in Thailand. Additionally, further studies should be investigated the relationship between heavy metal exposure and neurological health conditions in these workers.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, blood levels of heavy metals such as Pb, Cd, and Ni and MAO among the EWSW did not exceed the standard. Moreover, Pb, Cd, and Ni levels in the operating surface did not exceed the normal values. However, a statistical difference in the Pb and Ni concentrations was identified between exposed and non-exposed groups. Similarly, the concentrations of MAO were significantly different from blood Ni levels. Therefore, these workers should promote personal hygiene, and their working areas should be cleaned to reduce the Pb, Cd, and Ni content. Moreover, health surveillance should be encouraged by examining the blood heavy metal levels among the EWSW in Thailand.

Acknowledgments

We would like to thank everyone who took part in volunteering, especially the participants in this research.

Funding

This research was funded by the Health Systems Research Institute under contract 63-070, grant number 63-070 at Burapha University.

Authors' contributions:

Kornwika Harasarn and Anamai Thetkathuek decided to conduct this study and collected data. Kornwika Harasarn wrote the first draft of the manuscript. Anamai Thetkathuek, Wanlop Jaidee, Nantaporn Phatrabuddha, and Pratchaya Kaewkaen planned the design of the study. Wanlop Jaidee also helped with the research methodology. All authors read and approved the final manuscript.

Disclosure statement

All authors declare that they have no competing interests in this work.

REFERENCES

1. *Withaya-anumas S.* Electronic waste management in Thailand. TDRI report, 2017;133:1–24. (in Thai).
2. *Singh M., Thind P.S., John S.* Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India.Chemosphere 2018;203:426-33.
3. *Kuntawee C., Tantrakarnapa K., Limpanont Y., S., Lawpoolsri S., Lawpoolsri, Mingkhwan R., Worakhunpiset S.* Exposure to heavy metal in electronic waste recycling in Thailand. Int. J.Environ. Res. Public health 2020;17(9):1–14.
4. *Ohajinwa C.M., Bodegom PMV., Vijver MG., Peijnenburg WJGM.* Environmental research and public health risks awareness of electronic waste workers in the informal sector in Nigeria." Int. J. Environ. Res. Public Health 2018;14(911);1–16.
5. *Amankwaa E.F., Tsikudo KAA., Bowman JA.* 'Away' is a place: The impact of electronic waste recycling on blood lead levels in Ghana. Sci Total Environ 2017;601-602:1566–74.
6. *Julander A., Lundgren L., Skare L., Grander M., Plam B., Vahter M., Liden C.* Formal recycling of e-waste leads to increased exposure to toxic metals: An occupational exposure study from Sweden. Environ Res. 2017;73:243–51.
7. *Thanapop C.* Situation analysis of lead contamination among boatyard workers in Southern, Thailand and health effect. J Safety Health 2011;4(14):6-17. (In Thai)
8. *Marianti A., Anies A, Abdurachim HRS.* Causality pattern of the blood lead, monoamine oxidase A, and serotonin levels in brass home industry workers chronically exposed to lead. Songklanakarin J. Sci. Technol 2016;38(2):147–153.
9. *Wang ZX., Wei JJ., Chai LY, Tang ZH., Huang SL., Zheng Y.* Environmental impact and site-specific human health risks of chromium in the vicinity of a ferro-alloy manufacturer, China. J. Hazard. Mater. 2011;190(1–3):980-985.
10. *Bijoor AR., Sudha S., Venkatesh T.* Neurochemical and neurobehavioral effects of low lead exposure on the developing brain. Ind J Clin Biochem 2012;27(2):147–151.
11. *Shaban NZ., Ali AE., Masoud MS.* Effect of cadmium and zinc ethanolamine complexes on rat brain monoamine oxidase-B activity in vitro. J Inorg Biochem 2003;95(2-3):141–48.
12. *Senatori O., Setini A., Scirocco A., Nicotra A.* Effect of short-time exposures to nickel and lead on brain monoamine oxidase from danio rerio and poecilia reticulata. Environ Toxicol 2009;24(3):309–313.
13. *Abdelouahab N., Huel G., Suvorov A., Foliguest B., Goua V., Debotte G., Sahuquillo J., Charles MA., Takser L.* Monoamine oxidase activity in placenta in relation to manganese, cadmium, lead, and mercury at delivery. Neurotoxicol Teratol 2010;32(2):256–261.
14. *Zhicheng S., Lata A., Yuhua H.* A study of serum monoamine oxidase (MAO) activity and

the EEG in nickel carbonyl workers. Br J Ind Med 1986;43(6):425–426.

15. *Karri V., Schuhmacher M., Kumar V.* Heavy metals (Pb, Cd, As and Me Hg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal mixture mechanism in brain. Environ Toxicol Pharmacol 2016;48:203-13. doi.org/10.1016/ j.etap.2016.09.016.
16. *Slotkin TA., MacKillop EA., Ryde IT, Tate CA, Seidler FJ.* Screening for developmental neurotoxicity using PC12 cell: comparison of organophosphates with a carbamate, an organochlorine, and divalent nickel. Environ Health Perspect 2007;115(1):93–101.
17. *Marchetti C.* Molecular targets of lead in brain neurotoxicity. Neurotox Res 2003;5(3):221–236. doi:10.1007/BF03033142.
18. *Berger M., Gray JA., Roth BL.* The expanded biology of serotonin. Annu. Rev. Med. 2009; 60:355–366. doi: 10.1146/annurev.med.60.042307.11802.
19. *Sidhu P., Nehru B.* Relationship between lead induced biochemical and behavioral changes with trace element concentrations in rat brain. Biological Trace Element Research 2003;92(3):245–256.
20. *Wu LL., Gong W., Shen SP., Wang ZH., Yao JX., Wang J., Yu J, Gao R., Wu G.* Multiple metal exposures and their correlation with monoamine neurotransmitter metabolism in Chinese ;electroplating workers. Chemosphere 2017;182:745–52, Doi:10.1016/j. chemosphere.2017.04.112.
21. *Devi CB., Reddy GH., Prasanthi RP., Chetty CS., Reddy GR.* Developmental lead exposure alters mitochondrial monoamine oxidase and synaptosomal catecholamine levels in rat brain. Int J Dev Neurosci 2005;23(4):375–81. doi:10.1016/j.ijdevneu.2004.11.003.
22. *Jaya Prasanthi RP., Hariprasad Reddy G., Bhuvaneswari Devi C., Rajarami Reddy G.* Zinc and calcium reduce lead induced perturbations in the aminergic system of developing brain. Biometals 2005;18(6): 615–26.
23. *Meyer G., Schwertfeger J., Exton MS., Janssen OE., Knapp W., Stadler MA., Schedlowski M., Kruger THC.* Neuroendocrine response to casino gambling in problem gamblers. Psychneuroendocrinol 2004;29(10):1272–1280.
24. *Chuang HY., Chao KY., Tsai SY.* Reversible neurobehavioral performance with reduction in blood lead levels-A prospective study on lead workers. Neurotoxicol Teratol 2005;27(3):497–504.
25. *Fenga C., Gangemi S., Alobrandi A., Costa C., Micali E.* Relationship between lead exposure and mild cognitive impairment. J Prev Med Hyg 2016;57(4): E205–210.
26. *Onalaja AO., Claudio L.* Genetic susceptibility to lead poisoning. Environ health Perspect 2000;108. (Suppl l):23–28.
27. *Thanthisawapop P., Nankhongnab N., Nakthaisomng K., Kongtip P., Siri S.* Lead exposure among electronic waste recycling workers. Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward 2021. (in Thai).
28. *Decharat S.* Urinary mercury levels among workers in e-waste shops in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. J Prev Med Public Health 2018;51(4):196–204.
29. Khamfaeng C. Model development of electronic waste problem management by Ban Kok Sub-District Partnership Networks, Khuenangnai Distruct, Ubon Ratchani Province. JHEALTH 2018; January-March.2018:80–90. (in Thai).
30. *McGraw B., McClenaghan BA., Williams HG., Dickerson J., Ward DS.* Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. Arch Phys Med Rehabil 2000;81(4);484–489.
31. *Hoffman LA., Sklar AL., Nixon SJ.* The effects of acute alcohol on psychomotor, setshifting and working memory performance in older men and women. Alcohol 2015;49(3):185–91.
32. *Srigboh RK., Basu N., Stephens J., Asampong E., Perkins M., Neitzel RL., Fobil J.* Multiple elemental exposures amongst workers at the Agbogbloshie electronic waste (e-waste) site in Ghana. Chemosphere 2016;64:68-74.
33. *Akormedi M., Asampong E., Fobil JN.* Working conditions and environmental exposures among electronic waste workers in Ghana. Int J Occup Med Environ Health. 2013;19(4):278–86.
34. *Thanapop C., Geater AF., Robson MG., Phakthongsuk P.* Elevated lead Contamination in boat caulkers' homes in southern Thailand. Int J Occup Environ Health 2009;15(3):282–290.
35. *Thanapop C., Thanapop S., Madardam U.* The results of occupational health education program for reducing lead exposure among boat-caulkers, Nakhon Si Thammarat Province. PHJBUU 2015;10(2):77–88.
36. *Kiddee P., Naidu R., Wong MH.* "Electronic waste management approaches: An overview." J. Waste Manag 2013;33:1237–50.
37. *Leung AOW., Duzgoren-Aydin NS., Cheung KC., Wong MH.* Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. Environ Sci Technol 2008;42(7):2674–2680. doi:10.1021/es071873x.
38. *Bickel NB.* Improving working conditions for e-waste recycle 2008.[Cited2022].Available form https:// onexposurereseacrh.org/ 2018/09/13/improvingworking conditionfore-wasterecyclrs.
39. Department of disease control. Report form for health care and people screening among risk workers exposed waste group 2016. [Cited 2022]. Available from https:// envocc. ddc.moph. go.th/contents/view/550. (in Thai).
40. *Adaramodu A.A., Osuntogun A.O., Ehi-Eromosele C.O.* Heavy metal concentration of surface dust present in E-Waste components: The Westminister electronic market, Lagos Case Study. Resources and Environment.2012;2(2):9–13. doi:10.5923/j.re. 20120202.02.
41. *Wittsiepe J., Feldt T., Till H., Burchard G., Wilhelm M., Fobil J N.* Pilot study on the internal exposure to heavy metals of informal level electronic waste workers in Agbogbloshie, Accra, Ghana. Environ Sci Pollut Res 2017;24:3097–107. doi:10.1007/s11356-016-8002-5
42. *Dupont WD., Plummer WD.* Power, and sample size calculations for studies involving linear regression. Control. Clin. Trials 1998;19(6):589–601.

43. *Kshirsagar MS., Patil JA., Patil AJ., Ghanwat GH., Sontakke AV.,RK Ayachit.* Biochemical effects of lead exposure and toxicity on battery manufacturing workers of Western Maharashtra (India): with respect to liver and kidney function tests. Al Ameen J Med Sci 2015;8(2):107–-14.
44. Bureau of Occupational and Environment Diseases. Department of Disease Control. Ministry of Health. [Cited 2022]. Available form https://ddc. moph.go.th/ brc/news.php? news=13283&deptcode= brc&news_ views=5706. (in Thai)
45. Method ID 125G: Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP Analysis). Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Division of Physical Measurement and Inorganic Analyses, OSHA Technical Center, Sandy City, Utah. 2002. [Cited 202]. Available from: https://www.osha. gov/dts/sltc/method/ Inorganic/id125g/ 125g.html
46. *Poonkla U., Brohmwitak C., Wechapanich S., Yeekian C.:* Comparison of lead levels in blood collected by using general and special tubes. Chiang Mai Med J 2021;60(3):335–44. doi:10.12982/CMUMEDJ.2021.30. (In Thai)
47. *Gressner AM., Roebruck P., Tittor W.* Validity of monoamine oxidase in serum for diagnosis of liver cirrhosis: estimation of predictive values, sensitivities, and specificities. J Clin Chem Clin Biochem 1982;20(7):509–514. doi:10.1515/cclm.1982.20.7.509.
48. OSHA Technical Manual Method, Section II, Chapter 2, Surface Contaminants, Skin Exposure, Biological Monitoring and Other Analyses 2014; [Cited 2022]. Available form https://www.osha.gov/otm/section-2-health-hazards/chapter-2
49. *Suraraks P., Nawwan W.* Compensation factors affecting work efficiency of the production staff of NIPRO Company (Thailand), Phranakhon Si Ayutthaya Province. J. Manag. Sci Review. 2019;1(1):17–24. (in Thai)
50. Department of Labour Ubon Ratchathani Province. Minimum wage rate. Ministry of Labour 2022. [Cited 2022]. Available from https://ubonratchathani.mol.go.th
51. World Health Organization. WHO/Europe | Nutrition - Body mass index – BMI 2019. [Cited 2022]. Available from https://www.euro.who.int/en/health-topics/ disease-prevention/ nutrition/a- healthy- lifestyle/body-mass-index-bmi?source=post_page
52. *Burns KN., Sun K., Fobil JN., Neitzel RL.* Heart Rate, Stress, and Occupational Noise Exposure among Electronic Waste Recycling Workers. IJERPH 2016;13(1):40. doi.org/10.3390/ijerph 13010140.
53. *Britton M., Derrick J.L., Shepherd J.M., Haddad S., Garey L., Viana A.G., Zvolensky MJ.* Associations between alcohol consumption and smoking variables among Latinx daily smokers. Addict. Behav 2021;113(106672). doi.org/10.1016/j.addbeh. 2020.106672.
54. *Xue K., Qian Y., Wang Z., Guo C., Wang Z., Li X., Li Z., We Y.* Cobalt exposure increases the risk of fibrosis of people living near Ewaste recycling area. Ecotoxicol Environ Saf. 2021;215(112145). doi: 10.1016/j. ecoenv.2021.112145.
55. *Thamma-apipon S., Muanglup K., Suebnak N.* Knowledge of electronic waste management on Ban – Talad – Khet Community, Kanchanaburi Province. SUSTJ 2017;10(3):1630–1642.
56. *Sovicova M., Tomaskova H., Carbolova L., Splichalova A., Baska T., Hudeckova H.* The Effects of a Workplace Health Promotion Program to Decrease Cadmium Exposure Level in Nickel-Cadmium Battery Workers. Acta Med Acad 2019;48(3):278–285. doi:10.5644/ ama2006-124.268
57. *Sirichai T., Prueksasit T., Sangsuthum S.* Blood Lead and Cadmium Levels of E-waste Dismantling Workers, Buriram Province, Thailand. In: Jeon, HY. (eds) Sustainable Development of Water and Environment. ICSDWE 2020. Environ Sci Engin. Springer, Cham. 2020;381390. doi.org/10.1007/978-3-030-45263-6_34.
58. Occupational and Environmental Diseases Control Act B.E. 2562 (A.D.2019). [Cited 2022]. Available form. https://ddc.moph. go.th/ uploads/ files/14120220209073708.pdf
59. Bureau of Occupational and Environment Diseases. Department of Disease Control. Ministry of Health. Surveillance guidelines prevent lead poisoning among workers. [Cited 2022]. Available form. http://envocc. ddc.moph.go.th/uploads/media/manual/teom_t560sm2. pdf
60. *Li Z., Liu H., Qian Y., Li X., Guo C., Wang Z., Wei Y.* Influence of metals from e-waste dismantling on telomere length and mitochondrial DNA copy number in people living near recycling sites. Environ Int. 2020;140(105769). doi.org/10.1016/j.envint.2020.105769.
61. *Shin C.Y., Choi J.W., Choi M.S., Ryu J.R., Ko K.H., Cheong J.H.* Developmental changes of the activity of monoamine oxidase in pre and postnatally lead exposed rats. Environ Toxicol Pharmacol 2007;24: 5–10.
62. Ubon Ratchathani Provincial Labor Office. [Cited 2022]. Available form https://ubonrat chathani.mol. go.th/news/ Accelerate, accelerate, Ubon Ratchathani-325-baht- Book-1-Jan-2020
63. *Ceballos D., Beaucham C., Page E.* "Metal Exposures at three U.S. electronic scrap recycling facilities." J Occup Environ Hyg. 2017;14(6):401-08. doi:10.1080/15 459624.2016.1269179.
64. *Fernandes E., Ozcelik D.* Imaging biomarkers for monitoring the inflammatory redox landscape in the brain. Antioxidants (Basel, Switzerland) 2021;10(528):1–19. doi:10.3390/antiox10040528.
65. *Quartey MO., Nyarko J., Pennington PR., Heistad RM., Klassen PC., Baker GB., Mousseau DD.* Alzheimer disease and selected risk factors disrupt a co-regulation of monoamine oxidase-A/B in the hippocampus, but not in the cortex. Frontiers Neurosci 2018;12(419). Doi: 10.3389/fnins.2018.00419.
66. *Song X., Kenston S S F., Kong L., Zhao J.* Molecular mechanisms of nickel induced neurotoxicity and chemoprevention. Toxicol 2017;392:47–54. Doi: 10.1016/j.tox.2017.10.006.
67. *Zhu X., Li Z., Guo C., Wang Z., Wang Z., Li X., Qian Y., Wei Y.* Risk of neurodegeneration among residents of electronic waste recycling areas. Ecotoxicol.

Environ. Saf. 2022; 230(113132). doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113132.

68. *Martínez-Martínez MI., Muñoz-Fambuena I., Cauli O.* Neurotransmitters and behavioral alterations induced by nickel exposure. Endocr Metab Immune Disord Drug Targets 2020;20(7);985–991.
69. *Lamtai M., Chaibat J., Ouakki S., Zghari O., Mesfioui A., Hessni A E., Rifi El-H., Marmouzi I., Essamri A., Ouichou A.* Effect of chronic administration of nickel on affective and cognitive behavior in male and female rats: possible implication of oxidative stress pathway. Brain Sci 2018;8(141):1–220. doi:10.3390/brainsci8080141

Received: 21.08.2022
Accepted: 05.10.2022

This article is available in Open Access model and licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 3.0.Poland License (CC-BY-NC) available at: http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/pl/deed.en

ที่ อว 660302.1/1618

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

11 พฤษภาคม 2565

เรื่อง ตอบรับการส่งบทความวิจัยเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)

เรียน คุณกรวิกา หาระสาร

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เรื่อง “เปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลบนพื้นผิวปฏิบัติงานของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี (Comparison of Neurological Health Conditions for Lead, Cadmium, and Nickel Exposures on the Work Surfaces among E-Waste Sorting Workers in Ubon Ratchathani Province)” เพื่อลงตีพิมพ์ใน วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) E-ISSN 2672-9636 นั้น บัดนี้บทความต้นฉบับของท่านผ่านการตรวจความถูกต้องทางวิชาการโดยกองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว และกองบรรณาธิการยินดีที่จะตีพิมพ์บทความของท่านลงใน วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 23 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2566

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พงศกร พรรณรัตนศิลป์)
บรรณาธิการ วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

งานบริการวิชาการ
กองบริหารงานบัณฑิตวิทยาลัย
โทร.0-4320-2420 ต่อ 42421 โทรสาร.0-4320-2421 Email: ppanip@kku.ac.th, https://journal.gs.kku.ac.th/gs

(เจ้าของเรื่อง/พาณิภัค)

เปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลบนพื้นผิวปฏิบัติงานของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี

Comparison of Neurological Health Conditions for Lead, Cadmium, and Nickel Exposures on the Work Surfaces among E-Waste Sorting Workers in Ubon Ratchathani Province

กรวิกา หาระสาร (Kornwika Harasarn) * ปรัชญา แก้วแก่น (Pratchaya Kaewkaen) ***
นันทพร ภัทรพุทธ (Nantaporn Phatrabuddha) ** อนามัย เทศกะทึก (Anamai Thetkathuek) 1**

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และนิกเกิล (Ni) ในพื้นที่ปฏิบัติงานของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มรับสัมผัส คือ แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวน 151 คน กลุ่มไม่รับสัมผัส คือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน จำนวน 72 คน โดยใช้แบบสัมภาษณ์และการประเมินปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน ผลการศึกษาพบว่า แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 78 คน (51.70%) อายุเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 45.50 (11.99) ปี พบปริมาณสาร Pb, Cd, Ni มีค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ 46.6 (150.18), 0.19 (0.51) และ 23.211 (58.34) µg/100 cm^2 กลุ่มไม่รับสัมผัส พบปริมาณสาร Pb, Cd, Ni มีค่าเฉลี่ย (SD) 0.22 (0.557), 0.11 (0.966) และ 0.17(0.301) µg/100 cm^2 ผลการเปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทในกลุ่มรับสัมผัสมีระดับมากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* < 0.05) ได้แก่ เพศกับอาการความจำไม่ค่อยดี อายุกับอาการนอนไม่หลับ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์และสูบบุหรี่กับอาการเหงื่อออกง่าย จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวันกับอาการมีความต้องการทางเพศลดลง ปริมาณฝุ่น Pb และ Ni พื้นผิวปฏิบัติงานกับอาการเหงื่อออกง่าย และปริมาณ Cd กับอาการเกี่ยวกับการทรงตัว ทั้งนี้ควรให้ความสำคัญในการดูแลสุขภาพของกลุ่มตัวอย่างตามปัจจัยเสี่ยง เช่น ควรงดการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ งดสูบบุหรี่ ไม่รับประทานอาหารในพื้นที่ปฏิบัติงาน ให้สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในขณะคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และทำความสะอาดบริเวณที่ทำงานเพื่อควบคุมและลดปริมาณสาร Pb Cd และ Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ABSTRACT

This study was aimed at comparing neurological health conditions and risk factors for lead, cadmium, and nickel exposures on the work surfaces of e-waste sorting workers in Ubon Ratchathani Province. The exposed group included 151 e-waste sorting workers and in the non-exposed group included 72 village health volunteers, An interview form was used and the Pb, Cd, and Ni contents on the work surfaces were evaluated. The results of the study found that most e-waste sorting workers were males, 78 persons (51.70%), and the mean age (SD) was 45.50 (11.99) years. In the work areas of the exposed group, the Pb, Cd, and Ni mean contents (SD) were 46.6 (150.18), 0.19 (0.51), and 23.211 (58.34) µg/100 cm^2, respectively, while of the non-exposed group, the Pb, Cd, and Ni mean contents (SD) were 0.22 (0.557), 0.11 (0.966), and 0.17 (0.301) µg/100 cm^2, respectively. According to the comparison, neurological health conditions in the exposed group were statistically significantly higher than those in the non-exposed group (*p*-value < 0.05) including gender with poor memory, age with insomnia; drinking alcohol and smoking with sweats easily; number of working hours per day with decreased sexual desire; Pb and Ni with sweating easily and Cd with balance problems. It is recommended that the samples focus on their health care based on their risk factors; for example, they

should refrain from drinking alcoholic beverages, smoking, and eating in their work areas, wear personal protective equipment when sorting e-waste, and clean their work areas to control and reduce the Pb, Cd, and Ni content on the work surfaces.

คำสำคัญ : ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ภาวะสุขภาพ

Keywords: Lead Cadmium Nickel Electronic waste Worker Health Condition

---

[1]*Corresponding author. E-mail: anamai@buu.ac.th*

[*]นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[**]รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

[***]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

บทนำ

ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีอัตรากำลังการผลิตที่สูงขึ้นเพื่อให้ทันต่อความต้องการ จนกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic waste; E-waste) ที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก [1] และในภูมิภาคเอเชีย [2] ประเทศไทยพบขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแหล่งชุมชนต่าง ๆ ทั่วประเทศ [3] โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อาทิ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดบุรีรัมย์และจังหวัดอุบลราชธานี ทำให้มีแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์และสะสมขยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในบริเวณบ้านเพื่อรอการคัดแยกและส่งออกไปยังโรงงานอุตสาหกรรมกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์ปริมาณมาก [4] กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ มีโอกาสรับสัมผัสสารเคมีในขั้นตอนการเก็บรวบรวม คัดแยกและเผาขยะฯ [5] เช่น ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล ปรอท สารหนู แมงกานีส [5-6]

การปฏิบัติงานของแรงงานคัดแยกขยะฯ มีโอกาสรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลรูปของฝุ่นและฟูมโลหะเข้าสู่ร่างกายช่องทางหายใจ กลืนกินทางปาก และเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักผ่านผิวหนัง [5,7] ทำให้มีผลกระทบต่ออวัยวะเป้าหมาย [8] ถึงแม้ระดับการรับสัมผัสอยู่ในเกณฑ์น้อยกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัยของแรงงานที่รับสัมผัสสาร Pb, Cd [9] หากได้รับปริมาณสูงในเวลาสั้นและไม่มีการดูแลสุขอนามัยที่เหมาะสม ทำให้เกิดอาการผิดปกติทางสุขภาพแบบเฉียบพลันได้ 1) สาร Pb พบอาการ ปวดศีรษะ อาเจียน นอนไม่หลับ ความจำลดลง [10] 2) สาร Cd พบอาการไอ แน่นหน้าอก ไข้ [11] และ 3) สาร Ni พบอาการหายใจไม่อิ่มและเวียนศีรษะ [12] หากรับสัมผัสสารทั้ง 3 ชนิดนี้อย่างต่อเนื่องในปริมาณต่ำทำให้เกิดอาการเรื้อรังต่อระบบประสาทส่วนกลาง [13] ทำให้การส่งสัญญาณเคมีในเซลล์ผ่านสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) เสียสมดุลส่งผลต่อผลต่อสติปัญญาเสื่อม ความรู้ความเข้าใจ [14] เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ [15] ซึ่งจะกระทบต่อกระบวนการรู้คิด (Cognitive process) และการเปลี่ยนแปลงการตอบสนองในการใช้ชีวิตประจำวัน

ปัจจัยการรับสัมผัสสาร Pb, Cd, Ni อาจส่งผลกระทบต่อภาวะสุขภาพระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะฯ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา [5,16] และปัจจัยต่อการรับสัมผัสสาร Pb, Cd, Ni [6] ได้แก่ ปัจจัยลักษณะงาน จำนวนปีที่ทำงาน [17] ชั่วโมงทำงาน [18] ขนาดพื้นที่ในการทำงาน [19] ปัจจัยด้านพฤติกรรมการดูแลตนเอง ได้แก่ ไม่ล้างมือ ไม่เปลี่ยนเสื้อผ้าทันทีเมื่อกลับถึงบ้าน [17] การไม่สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล [20] และปริมาณการรับสัมผัสความเข้มข้นของฝุ่น Pb, Cd, Ni บนพื้นผิวปฏิบัติงาน (Surface wipe) [19]

การดูแลสุขภาพของแรงงานคัดแยกขยะฯ ทำได้โดยการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมทำได้ด้วยการเก็บตัวอย่างฝุ่น เพื่อประเมินสารปนเปื้อนในอากาศ [21] และในพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน [22] การเฝ้าระวังสุขภาพ โดยการคัดกรองสุขภาพเบื้องต้น เช่น การตรวจหาปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในเลือด [16] อย่างไรก็ตาม การเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมโลหะหนักในพื้นที่ปฏิบัติงานที่สะดวกและรวดเร็วอย่างหนึ่ง คือ การเก็บปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน ส่วนการ

เฝ้าระวังทางสุขภาพ คือการใช้แบบสัมภาษณ์ ภาวะสุขภาพ เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังสุขภาพผู้ประกอบอาชีพกลุ่มเสี่ยงต่อไปได้

การศึกษาที่ผ่านมามีการศึกษาตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ในเขตตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี พบระดับตะกั่วค่าสูงสุด เท่ากับ 10.74 µg/dL [23] และมีผลการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นสารโครเมียม ปรอท นิกเกิล ตะกั่วในบรรยากาศกับอาการหอบหืด [16] นอกนั้นมีผลการศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสสาร Pb, Cd, Ni ในกลุ่มเด็กกับอาการทางสุขภาพได้แก่ ไอ จาม การได้ยินหายใจติดขัด [9,24] ยังพบช่องว่างของความรู้ทางการวิจัย ในประเด็นการรับสัมผัสสาร Pb, Cd, Ni โดยยังไม่มีผลการศึกษาปริมาณ Pb, Cd, Ni ในพื้นที่ทำงานและภาวะสุขภาพระบบประสาท ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ดังนั้น จึงเห็นความสำคัญในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทและปัจจัยเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และนิกเกิลในพื้นผิวปฏิบัติงานของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อให้เป็นแนวทางในการคัดกรองสุขภาพแรงงานคัดแยกขยะฯ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันความเป็นพิษของสาร Pb, Cd, Ni ต่อระบบประสาทในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ในจังหวัดอุบลราชธานี เพื่อให้แรงงานคัดแยกขยะฯ มีสุขภาพที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทจากการสัมผัสสารตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และนิกเกิล (Ni) ในพื้นผิวปฏิบัติงานของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดอุบลราชธานี

เครื่องมือและวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Analytical cross-sectional study) เก็บข้อมูลในช่วง พฤศจิกายน 2563 – เมษายน 2564

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย กลุ่มรับสัมผัส (Exposed group) คือกลุ่มแรงงานที่คัดแยก ถอดและเผาชิ้นส่วนและเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อรอการจำหน่ายภายในบริเวณบ้านของตนเอง และกลุ่มไม่รับสัมผัส (Non exposed group) คือ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ที่ปฏิบัติงานในจังหวัดอุบลราชธานี คำนวณตัวอย่างได้จากสูตร กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอนของ Dupont and Plummer [25] โดย $n = (Z^2_{\alpha/2}\,\sigma^2)/\,e^2$ โดยกำหนดค่าระดับความเชื่อมั่น (Z_α) = 1.96 ค่า e = 0.05 และใช้ผลการศึกษาของ Kuntawee และคณะ [16] ในการแทนค่าความแปรปรวน (σ) =0.307 ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อย่างน้อย 144 คน จึงจะประมาณค่าร้อยละโดยมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล โดยเลือกเก็บการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ในพื้นที่การปฏิบัติงาน ผู้วิจัยจึงใช้กลุ่มรับสัมผัส ทั้งหมด 151 คน กลุ่มไม่รับสัมผัส จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของกลุ่มสัมผัส รวมทั้งหมด 72 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ประกอบด้วย1) กลุ่มรับสัมผัส คือ 1.1) เป็นแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์คนไทยที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี 1.2) อายุไม่ต่ำกว่า 18 ปี 1.3) เป็นผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เผาสายไฟและรอจำหน่าย ตลอดเวลาการทำงานที่บ้านพักอาศัยของตนเอง และ 1.4) ปฏิบัติงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ มานานกว่า 6 เดือน และ 2) กลุ่มไม่รับสัมผัส คือ 2.1) ไม่ได้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส Pb, Cd, Ni จากทำงานและที่บ้าน และ เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ทั้งสองกลุ่ม คือ 1) ไม่มีประวัติการเจ็บป่วยด้วยโรคและการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท หรือการรักษาเกี่ยวกับจิตเวช 2) ไม่สามารถเป็นอาสาสมัครวิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ การศึกษาในครั้งนี้ได้การรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา เอกสารรับรองเลขที่ G-HS051/2563 วันที่ 14 กันยายน 2563 และ

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เอกสารรับรองเลขที่ SSJ.UB.2563-104 วันที่ 30 ตุลาคม 2563 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ส่วนที่ 1 ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหา 1.1) ปัจจัยส่วนบุคคล จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล คือเพศ อายุ (ปี) ระดับการศึกษา ดัชนีมวลกาย (กก./ตร.ม.) 1.2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ 1.3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนชั่วโมงการทำงาน ส่วนที่ 2 แบบสัมภาษณ์ ภาวะสุขภาพของระบบประสาทจำนวน 6 กลุ่มอาการ เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ดัดแปลงมาจาก แบบสอบถามมาตรฐาน Euro quest questionnaire (EQ), Finnish Institute of Occupational Health [26] จำแนกได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มความจำและสมาธิ อาการอ่อนเพลียและ กลุ่มอาการนอนไม่หลับ จำนวน 40 ข้อย่อย คะแนนแบ่งเป็น อาการผิดปกติ คะแนน =1 และไม่มีอาการ คะแนน = 0 ส่วนที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ได้แก่ กระดาษเก็บตัวอย่างฝุ่น (Wipe paper) หลอดพลาสติกเก็บตัวอย่าง กรอบกระดาษ (Template) แบบใช้แล้วทิ้ง ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ถุงมือยาง (ชนิดไม่มีแป้ง) เทปกาว สติ๊กเกอร์ติดป้ายชื่อ ปากกาสีแบบคงทน (Permanent pen) กล่องใส่อุปกรณ์แบบมีฝาปิดมิดชิด แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการเก็บตัวอย่างฝุ่น เพื่อบันทึกรายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างและลักษณะทั่วไปของพื้นที่ใกล้เคียง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ตรวจสอบความตรงและความถูกต้องของโครงสร้างและเชิงเนื้อหา ผ่านผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน หาค่าสัมประสิทธิ์ของความสอดคล้อง (Index of concordance: IOC) ด้วยสูตร IOC=∑R/N ซึ่งแบบสัมภาษณ์ของการศึกษาครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ของความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.726

การเก็บรวบรวมข้อมูล ภายหลังผู้วิจัยได้ขออนุญาตสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี สำนักงานเทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอกเพื่อเป็นแหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ผู้วิจัยได้อบรมให้ผู้ช่วยวิจัยเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการเก็บข้อมูลของตัวอย่าง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมโครงการวิจัย ประโยชน์ รายละเอียด ขั้นตอนการทำวิจัยอย่างเข้าใจเป็นรายบุคคลก่อนเริ่มสัมภาษณ์ ใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อรายและในการเก็บตัวอย่างหาปริมาณของสาร Pb, Cd, Ni บริเวณที่แรงงานฯ ได้ทำการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บปริมาณสาร Pb, Cd, Ni จำนวน 151 ตัวอย่าง และกลุ่มไม่รับสัมผัส คือ อสม.ซึ่งไม่ได้มีการรับสัมผัส สาร Pb, Cd, Ni จำนวน 72 ตัวอย่าง โดยนำกระดาษเก็บตัวอย่างเช็ดบนพื้นที่เป้าหมายเป็นลักษณะรูปตัว S จากซ้ายไปขวาและบริเวณขอบของกรอบกระดาษ แล้วพับกระดาษลดครึ่งหนึ่ง โดยพับด้านที่ใช้เก็บตัวอย่างไว้ด้านใน นำกระดาษเก็บตัวอย่างม้วนใส่ในหลอดเก็บตัวอย่าง ติดฉลากกำกับและนำส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Spectrometer (ICP) Model: Optima 8000 ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อหาปริมาณของสาร Pb, Cd, Ni มีหน่วยเป็น µg/100 cm^2 ตามแนวทาง Method ID-125G Metal and metalloid particulates in workplace atmospheres (ICP Analysis) [27] โดยวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการในกรุงเทพมหานครฯ ตามลำดับ

การควบคุมคุณภาพ 1) การเก็บตัวอย่าง Wipe ในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานของแรงงานฯ ผู้วิจัยมีสัดส่วนการเก็บตัวอย่างต่อ Field Blank คือ 10 ต่อ 1 โดยเปิดซอง Wipe paper แล้วนำมาคลี่ออกบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างและบรรจุกลับในหลอดพลาสติกปิดฝาให้สนิท จำนวน 1 ตัวอย่าง ต่อการเก็บตัวอย่างบริเวณที่มีการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เก็บ Field Blank รวมทั้งสิ้น 15 ตัวอย่าง ต่อการเก็บตัวอย่าง 151 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่าง ในกลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 72 ตัวอย่าง เก็บ Field Blank รวมทั้งสิ้น 7 ตัวอย่าง 2) การวิเคราะห์โลหะหนักมีการควบคุมคุณภาพโดยการวิเคราะห์ตัวอย่างซ้ำ 3 ครั้ง พร้อมสุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 ของตัวอย่างทั้งหมดมาวิเคราะห์ซ้ำ อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ปริมาณสารโลหะหนัก Field Blank ทุกตัวอย่าง มีค่าต่ำกว่าค่า LOD (Limit of detection)

การวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วย 1) สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และ ปริมาณสาร Pb, Cd, Ni จำแนกกลุ่มใช้ค่ามัธยฐาน (Median) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส และ 2) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงานและภาวะสุขภาพของระบบประสาทของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ระหว่างกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส โดยใช้ Independent t-test

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไป 1) ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มรับสัมผัสส่วนใหญ่เป็น เพศชาย จำนวน 78 คน (51.70%) อายุเฉลี่ย (SD) 45.44 (11.971) ปี ส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 100 คน (66.20%) รายได้ต่อเดือน (บาท) 5,500 (2,858.192) บาท ส่วนของกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง จำนวน 65 คน (90.3%) อายุเฉลี่ย (SD) 49.03 (8.462) ปี สำเร็จการศึกษาประถมศึกษา จำนวน 36 คน (50.00%) รายได้ต่อเดือน เฉลี่ย 4,432.94 (2,555.23) บาทต่อเดือน 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ พบว่า กลุ่มรับสัมผัส มีการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 84 คน (55.60%) สูบบุหรี่ จำนวน 33 คน (21.19%) ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย (SD) 23.855 (4.010) กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในส่วนของกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 55 คน (76.4%) มีการสูบบุหรี่ จำนวน 2 คน (2.8%) ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย (SD) 24.085 (3.598) กิโลกรัมต่อตารางเมตร 3) ปัจจัยลักษณะงาน พบว่า กลุ่มรับสัมผัสที่ทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 138 คน (91.40%) ค่าเฉลี่ย (SD) 7.75 (1.11) ชั่วโมงต่อวันและกลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่าทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 72 คน (100.00%) ค่าเฉลี่ย (SD) 8 (0) ชั่วโมงต่อวัน

ข้อมูลผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน (Surface wipe) ของกลุ่มสัมผัส จำนวน 151 จุด ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ผู้วิจัยจึงจำแนกกลุ่มปริมาณฝุ่นของสาร Pb, Cd, Ni ตามค่า Median พบว่า 1) ปริมาณสาร Pb ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงานที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6.700 µg/100 cm^2 จำนวน 42 คน (27.80%) มากกว่า 6.701 µg/100 cm^2 จำนวน 109 คน (72.20%) ค่ามัธยฐาน (ค่าต่ำสุด-สูงสุด) 44 (0.17-3,412) µg/100 cm^2 ส่วนกลุ่มไม่รับสัมผัส พบปริมาณสาร Pb ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงานที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6.700 µg/100 cm^2 จำนวน 72 คน (100.0%) ค่าเฉลี่ย(SD) 0.6143 (0.89) µg/100 cm^2 มัธยฐาน(ต่ำสุด-สูงสุด) ตรวจไม่พบ (ตรวจไม่พบ-3.800) µg/100 cm^2 2) ปริมาณสาร Cd ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000 µg/100 cm^2 จำนวน 77 คน (51.0%) มากกว่า 0.001 µg/100 cm^2 จำนวน 74 คน (49.0%) ค่ามัธยฐาน (ค่าต่ำสุด-สูงสุด) ตรวจไม่พบ (ตรวจไม่พบ – 3.2) µg/100 cm^2 ส่วนกลุ่มไม่รับสัมผัส พบปริมาณสาร Cd ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงานที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.000 µg/100 cm^2 จำนวน 70 คน (97.20%) มากกว่า 0.001 µg/100 cm^2 จำนวน 2 คน (2.80%) ค่าเฉลี่ย (SD) 0.227 (1.357) มัธยฐาน(ต่ำสุด-สูงสุด) ตรวจไม่พบ (ตรวจไม่พบ-8.200) µg/100 cm^2 3) ปริมาณสาร Ni ในบริเวณพื้นผิวปฏิบัติงาน เนื่องจากยังไม่มีค่ามาตรฐานในการรับสัมผัส Ni บนพื้นผิว พบว่า กลุ่มที่มีปริมาณ Ni มากกว่า 3.21 µg/100 cm^2 จำนวน 110 คน (72.8%) ค่าเฉลี่ย(SD) 23.21 (58.34) ค่าต่ำสุด-สูงสุด (ND-368.0) µg/100 cm^2 ส่วนกลุ่มไม่รับสัมผัส พบปริมาณสาร Ni น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.20 จำนวน 72 คน (100.0%) ค่าเฉลี่ย(SD) 0.429 (0.333) µg/100 cm^2 ค่าต่ำสุด-สูงสุด 0 (ตรวจไม่พบ -1.10) ดังแสดงในตารางที่ 1

ข้อมูลภาวะสุขภาพของระบบประสาทในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มรับสัมผัสมีอาการผิดปกติ ดังนี้ 1) อาการทางประสาทวิทยา คือ ปวดศีรษะ จำนวน 48 คน (31.80%) รู้สึกชาตามแขนขาหรือเป็นตะคริว จำนวน 35 คน (23.20%) กลุ่มไม่รับสัมผัสพบว่า ปวดศีรษะ จำนวน 10 คน (13.90%) รู้สึกชาตามแขนขาหรือเป็นตะคริว จำนวน 10 คน (13.90%) 2) อาการทางจิตสรีระ คือ มีเหงื่อออกง่าย จำนวน 47 คน (31.10%) มีอาการเหนื่อยง่าย จำนวน 31 คน (20.50%) กลุ่มไม่รับสัมผัสพบว่า มีเหงื่อออกง่าย จำนวน 5 คน (6.80%) มีอาการเหนื่อยง่าย จำนวน 5 คน (6.80%) 3) อาการทางอารมณ์ คือ รู้สึกกระสับกระส่าย จำนวน 29 คน (19.20%) กลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า รู้สึกกระสับกระส่าย

จำนวน 1 คน (1.40%) 4) กลุ่มความจำและสมาธิ คือ ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ จำนวน 21 คน (13.90%) กลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า ลืมสิ่งที่จะพูดหรือจะทำ จำนวน 6 คน (8.30%) 5) อาการอ่อนเพลีย คือ เหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน จำนวน 11 คน (7.30%) กลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า เหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน จำนวน 2 คน (2.80%) 6) อาการนอนไม่หลับ คือ มีอาการง่วงนอนระหว่างวัน จำนวน 43 คน (28.50%) และอาการนอนไม่หลับ จำนวน 25 คน (16.60%) กลุ่มไม่รับสัมผัส พบว่า มีอาการง่วงนอนระหว่างวัน จำนวน 13 คน (18.10%) และอาการนอนไม่หลับ จำนวน 0 คน (0.00%) ดังแสดงในตารางที่ 2

ผลการศึกษาเปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทและปัจจัยเสี่ยงจากการสัมผัสสารต Pb, Cd, Ni พบว่า 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศของกลุ่มรับสัมผัส พบว่ามีอาการความจำไม่ค่อยดี (*p-value*=0.028) เหงื่อออกง่าย (*p-value* = 0.026) นอนไม่หลับ (*p-value*= 0.030) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) อายุ พบว่า กลุ่มรับสัมผัสมีอาการนอนไม่หลับ (*p-value*= 0.0380) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) ระดับการศึกษา พบว่ากลุ่มรับสัมผัส มีอาการเหนื่อยหลังตื่นนอน (*p-value*= 0.003) และง่วงนอนระหว่างวัน (*p-value*= 0.029) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) 2) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ พบว่า กลุ่มรับสัมผัส มีอาการเหงื่อออกง่าย (*p-value*= 0.045) ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ (*p-value*= 0.009) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) การสูบบุหรี่ พบว่ากลุ่มรับสัมผัสมีอาการเหงื่อออกง่าย (*p-value*= 0.005) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) ดัชนีมวลกาย พบว่กลุ่มรับสัมผัสมีอาการ เหนื่อยง่าย (*p-value*= 0.034) ควบคุมการเคลื่อนไหวของมือไม่ค่อยได้ (*p-value* =0.045) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-*value* <0.05) 3) ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน พบว่ากลุ่มรับสัมผัส มีอาการนอนไม่หลับ (*p-value* <0.001) ความต้องการทางเพศลดลง (*p-value* <0.001) เหนื่อยหลังตื่นนอน (*p-value* <0.001) ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ (*p-value* <0.001) ง่วงนอนระหว่างวัน (*p-value* <0.001) มีอาการเกี่ยวกับการทรงตัว (*p-value* <0.001) ควบคุมมือไม่ได้ (*p-value*= 0.045) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 3-5 และ 4) ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/ 100 cm^2) ได้แก่ สาร Pb มีอาการเหงื่อออกง่าย (*p-value*= 0.017) Cd มีอาการเกี่ยวกับการทรงตัว (*p-value*= 0.000) สาร Ni มีอาการ เหงื่อออกง่าย (*p-value*= 0.003) มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p-value* <0.05) ดังแสดงในตารางที่ 6-8

อภิปรายผลการวิจัย

1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณของสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/ 100 cm^2) ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส ส่วนใหญ่พบสาร Pb น้อยกว่า 500.00 µg/ 100 cm^2 สาร Cd น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 µg/ 100cm^2 และสาร Ni มากกว่า 3.21 µg/ 100 cm^2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสหรัฐอเมริกา คือ OSHA Tech Manual Methods [28] ซึ่งได้กำหนดค่าขีดจำกัดของปริมาณสาร Pb, Cd, Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน เฉลี่ยตลอดระยะเวลาทำงานปกติ (Time weight average; TWA) พบว่า สาร Pb ไม่เกินค่ามาตรฐาน (Pb ≤500.00 µg/100 cm^2) และสาร Cd ไม่เกินค่ามาตรฐาน (≤50 µg/ 100 cm^2), Ni ≤3.21 µg/ 100 cm^2 (ยังไม่มีค่ามาตรฐานกำหนดค่าสาร Ni บนพื้นผิวปฏิบัติงาน) โดยกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะฯ ควรทำความสะอาดบริเวณที่ทำงานก่อนและหลังปฏิบัติงานเป็นประจำเพื่อควบคุมและลดปริมาณสาร Pb Cd และ Ni ในพื้นผิวปฏิบัติงาน

2) เปรียบเทียบภาวะสุขภาพระบบประสาทตามรายอาการของกลุ่มรับสัมผัส คือกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์กับ กลุ่มไม่รับสัมผัสคือ อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน พบว่า 2.1) ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เพศหญิง มีอาการความจำไม่ค่อยดี เหงื่อออกง่าย นอนไม่หลับ มากกว่าเพศชาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Ohayon and Roth [29] และ Pallesen และคณะ [29] เพศหญิงนอนไม่หลับมากกว่าเพศชาย อาจมีปัจจัยจากความไม่สบายตัว ก่อนและระหว่างการมี

รอบเดือนการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเพศ ทำให้รบกวนการนอนหลับตอนกลางคืนได้ [30] ในส่วนของอายุ (ปี) ส่วนใหญ่มีอายุมากกว่า 45 ปีขึ้นไป พบว่ามีอาการลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ นอนไม่หลับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Floyd. [32] พบว่าการงีบหลับในเวลากลางวันเป็นปัจจัยหนึ่งที่รบกวนการนอนหลับ โดยพบว่าผู้สูงอายุที่งีบหลับตอนกลางวันจะตื่นบ่อยครั้งมากกว่าและนอนหลับยากกว่าผู้ที่ไม่งีบหลับตอนกลางวัน [33] ดังนั้นควรให้แรงงานคัดแยกขยะฯ นอนหลับพักผ่อนให้เพียงพอไม่น้อยกว่า 6 – 8 ชั่วโมงต่อวัน

3) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ พบว่า การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีอาการเหงื่อออกง่าย ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาของ Hoffman และคณะ [34] พบว่าการดื่มแอลกอฮอล์อย่างยาวนาน ส่งผลเสียต่อการเรียนรู้และความจำระยะสั้น ระบบประสาทด้านการรู้คิด (Neurocognitive) บกพร่องและเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดความจำเสื่อม และยังพบว่า คนที่สูบบุหรี่ส่วนใหญ่พบอาการ เหงื่อออกง่าย ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากในบุหรี่มีสารนิโคตินซึ่งไปกระตุ้นการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ทำให้เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตมากกว่าไม่สูบบุหรี่ เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของปริมาณสารโลหะหนัก อาจทำให้เสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเข้าสู่ร่างกายได้ ปัจจัยดัชนีมวลกาย (Body mass index, BMI) ในกลุ่มที่มากกว่าหรือเท่ากับ 23 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พบอาการควบคุมการเคลื่อนไหวของมือไม่ค่อยได้และเหนื่อยง่าย ของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับหลายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าการสะสมของไขมันในร่างกายมาก จะส่งผลให้มีความสามารถในการควบคุมการทรงตัวลดลง [35] เกิดความเสี่ยงในการล้มไปทางด้านหน้าได้มากขึ้น [36]

4) ปัจจัยลักษณะงาน พบว่า กลุ่มรับสัมผัสที่ทำงานทีทำงานน้อยกว่าหรือเท่า 8 ชั่วโมงต่อวัน พบว่ามีความต้องการทางเพศลดลง นอนไม่หลับในเวลากลางคืน เหนื่อยหลังตื่นนอน ง่วงนอนระหว่างวัน ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ มีปัญหาในการทรงตัวและควบคุมการเคลื่อนไหวของมือไม่ค่อยได้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบ Reserves causality มีความเป็นไปได้ที่เหตุการณ์เกิดขึ้นก่อนการเก็บข้อมูล ถือเป็นข้อจำกัดของการศึกษารูปแบบภาคตัดขวาง ซึ่งโดยปกติการทำงานตามกฎหมายคุ้มครองแรงงาน กำหนดให้ลูกจ้างทำงานวันละไม่เกิน 8 หรือ 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เนื่องจากต้องการให้ลูกจ้างได้พักผ่อนอย่างเพียงพอ [36] แต่การปฏิบัติงานของแรงงานนอกระบบมักปฏิบัติงานตามความสะดวกเป็นหลัก และอาจเนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อาจทำงานเสริมเพิ่มเติมหลังเลิกงานและทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอในช่วงกลางคืนจนทำให้เกิด อาการดังกล่าวข้างต้น

5) กลุ่มรับสัมผัสปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/100 cm^2) ได้แก่ สาร Pb และ Ni พบว่ามีเหงื่อออกง่ายมากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาของ Jaishankar และคณะ [38] พบว่าหากรับสัมผัสสาร Pb อาจทำให้เกิดอาการนอนไม่หลับและปวดศีรษะ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fenga และคณะ [39] ที่ศึกษาในแรงงานที่รับสัมผัสกับสารโลหะหนัก ในแบตเตอรี่ พบว่ามีความบกพร่องทางสติปัญญา ความจำระยะสั้นและอารมณ์ ตะกั่วสามารถทดแทนแคลเซียมได้แม้ในความเข้มข้นแบบพิโคโมลาร์ที่ส่งผลต่อโปรตีนไคเนส (Protein kinase) ซึ่งควบคุมการกระตุ้นระบบประสาทและการจัดเก็บหน่วยความจำ [40] กลุ่มรับสัมผัสที่รับสัมผัสกับสาร Cd ที่ปนเปื้อนอยู่บนพื้นผิวปฏิบัติงาน พบอาการผิดปกติ คือ มีปัญหาในการทรงตัวมากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาของ Karri และคณะ [12] ที่ศึกษาปัจจัยเสี่ยงจากการรับสัมผัสโลหะหนัก ได้แก่ สาร Cd มีผลต่อการทำงานของสมองและสติปัญญา นอกจากนี้ผลกระทบของโลหะหนักที่ทำให้เกิดพิษต่อระบบประสาท อาจเกิดจากกลไกความผิดปกติของไมโตคอนเดรีย การเสียสมดุลแคลเซียมไอออนในเซลล์ประสาทและการสะสมของโมเลกุลที่เสียหายจึงทำให้เกิดผลกระทบทางชีวภาพดังกล่าว และแสดงออกมาเป็นความผิดปกติทางคลินิกและพฤติกรรมตามมาได้ [41-42]

สรุปผลการวิจัย

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่รับสัมผัสปริมาณสารโลหะหนัก ได้แก่ Pb, Cd, Ni บนพื้นผิวปฏิบัติงานเกินค่ามาตรฐาน โดยจากผลการเปรียบเทียบภาวะสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง พบว่ามีอาการความจำไม่ค่อยดี เหงื่อออกง่าย นอนไม่หลับ ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ เหงื่อออกง่าย ควบคุมการเคลื่อนไหวของมือไม่ค่อยได้ รู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน ไม่มีกำลังใจ ความต้องการทางเพศลดลง ง่วงนอนระหว่างวัน ไม่มีกำลังใจ และมีอาการเกี่ยวกับการทรงตัว มากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์รับสัมผัสปริมาณสาร Pb, Cd, Ni มีโอกาสได้รับภาวะสุขภาพมากกว่ากลุ่มไม่รับสัมผัส ข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ 1) เนื่องจากเป็นการศึกษารูปแบบภาคตัดขวาง ทำให้การเก็บแบบสัมภาษณ์ภาวะทางสุขภาพที่พบในการศึกษาครั้งนี้เพียงระยะเวลาสั้นๆ 2) เนื่องจากการตรวจวัดปริมาณสาร Pb, Cd, Ni บนพื้นผิวปฏิบัติงานเป็นการตรวจวัดเพื่อทราบปริมาณการรับสัมผัสที่มีต่อภาวะทางสุขภาพในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาแบบตามไปข้างหน้าและควรมีการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนักในเลือด เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์กับภาวะทางสุขภาพระบบประสาทต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข(สว.รส.) ที่ให้ทุนสนับสนุนบางส่วนในการศึกษาการวิจัยมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Hoornweg D, Bhada-Tata P. What a waste a global review of solid waste management. Washington DC. 2012; 15: 4-32.
2. Forti V, Balde C. P, Kuehr R, Bel G. The global e-waste monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR). Bonn, Geneva and Rotterdam. 2020; 20-27.
3. Pollution Control Department. Waste from Electronic and Electronic, WEEE [Internet]. 2016. [Update 2018 Aug 16; cited 2020 Apr 10]. Available from: https://www.pcd.go.th/publication/ 5061/. Thai
4. Withaya-anumas S. Electronic waste management in Thailand. TDRI report. 2017; 133: 1-24. Thai.
5. Amankwaa E.F, Tsikudo K.A, Bowman J. Away is a place the impact of electronic waste recycling on blood lead levels in Ghana. The Science of the Total Environment. 2017; 601-602: 1566-74.
6. Isimekhai K.A, Garelick H, Watt J, Purchase D. Heavy metal distribution and risk assessment in soil from an informal e-waste recycling site in Lagos State Nigeria. Environmental Science and Pollution Research. 2017; 24(2): 17206–17219
7. Virji MA; Woskie SR; Pepper LD. Skin and surface lead contamination, hygiene programs, and work practices of bridge surface preparation and painting contractors. J Occup Environ Hyg.2009; 6(2):131-142
8. Neal A.P, Guilarte T.R. Mechanisms of heavy metal neurotoxicity: Lead and Manganese. Journal of Drug Metabolism and Toxicology. 2012; S5: 1-13.
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs. Cincinnati: ACGIH [Internet]. 2020. [update 2020 Jan 10; Cited 2020 June 19]. Available form: https://www.acgih.org/science /tlv-bei-Guidelines
10. Liu J, Cao L, Dou S. Bioaccumulation of heavy metals and health risk assessment in three benthic bivalves along the coast of Laizhou Bay, China. Marine Pollution Bulletin. 2017; 117(1–2): 98-110.
11. Xu Y.J, Mu W, Li J.Q, Ba Q, Wang H. Chronic cadmium exposure at environmental relevant level accelerates the development of hepatotoxicity to hepatocarcinogenesis. Science of the Total Environment. 2021; 783: 146958.

12. Karri V, Schuhmacher M, Kumar V. Heavy metals (Pb, Cd, As and MeHg) as risk factors for cognitive dysfunction: A general review of metal mixture mechanism in brain. Environmental Toxicology and Pharmacology. 2016; 48: 203-213.
13. Wang Z.X, Chen J.Q, Chai L.Y, Yang Z.H, Huang S.H, Zheng Y. Environmental impact, and site-specific human health risks of chromium in the vicinity of a ferro-alloy manufacturer, China. Journal of Hazardous Materials. 2011; 190(1-3): 980-985.
14. Bijoor A.R, Sudha S, Venkatesh T. Neurochemical and neurobehavioral Effects of low lead exposure on the developing brain. Ind J Clin Biochem. 2012; 27(2): 147–151
15. Onalaja AO, Claudio L. Genetic susceptibility to lead poisoning. Environ Health Perspect. 2000; 108 (Supply 1): 23–28.
16. Kuntawee C, Tantrakarnapa K, Limpanont Y, Lawpoolsri S, Lawpoolsri S, Mingkhwan R, Mingkhwan R. Exposure to heavy metal in electronic waste recycling in Thailand. Int. J. Environ. Res. Public health. 2020; 17(9): 1-14.
17. Srigboh RK, Basu N, Stephens J, Asampong E, Perkins M, Neitzel RL, et al. Multiple elemental exposures amongst workers at the Agbogbloshie electronic waste (e-waste) site in Ghana. Chemosphere. 2016; 164: 68-74.
18. Akormedi M, Asampong E, Fobil J.N.Working Conditions and environmental exposures among electronic waste workers in Ghana. International Journal of Occupational and Environmental Health. 2013; 19(4): 278–286.
19. Thanapop C, Geater A.F, Robson MG, Phakthongsuk P. Elevated lead contamination in boat-caulkers homes in southern Thailand. Int J Occup Environ Health. 2009; 15(3): 282–290.
20. Decharat S. Urinary mercury levels among workers in e-waste shops in Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. J Prev Med Public Health. 2018; 51(4): 196-204.
21. Bickel N. Improving working conditions for e-waste recyclers. [Internet]. 2018; [update 2018 Jul; Cited 2020 Oct 22]. Available form: https://global.umich.edu/newsroom/improving-working-conditions-for-e-waste-recyclers/
22. Adaramo du AA, Osuntogun AO, Ehi-Eromosele CO. Heavy metal concentration of surface dust present in e-waste components: The Westminister Electronic Market, Lagos Case Study. Resources and Environment. 2012; 2(2): 9-13.
23. Roopngam D. Development of environmental health surveillance system in electronic waste risk area. The 10th National Health Promotion and Environmental Conference of Thailand 2nd–4th; 2017 August 19, Prince Palace Hotel, Bangkok. Thai.
24. Zhang H, Huang B, Dong L, Hu W, Saleem MS, Qu M. Accumulation, sources and health risks of trace metals in elevated geochemical background soils used for greenhouse vegetable production in southwestern China. Ecotoxicology Environ. Saf. 2017; 137: 233-239.
25. Dupont WD, Plummer WD. Power and sample size calculations for studies involving linear regression. Controlled Clinical Trials. 1998; 19(6): 589-601.
26. Kaukiainen, A., Hyvarinen, HK., Akila, R., Sainio, M. Symptoms of chronic solvent encephalopathy:Euroquest questionnaire study. 2009. NeuroToxicology, 30(6), 1187-1194.
27. Method ID 125G: Metal and metalloid Particulates in Workplace Atmospheres (ICPAnalysis).Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Division of Physical Measurement and Inorganic Analyses, OSHA Technical Center, Sandy City, Utah. [Internet].2002; [update 2002 Sep; Cited 2022 Feb 8]. Available from https ://www. osha.gov/dts/sltc/method/inorganic/id125g/125g.html

28. OSHA: OSHA Technical Manual Method, Section II, Chapter 2, "Surface Contaminants, Skin Exposure, Biological Monitoring and Other Analyses". [Internet].2014; [update 2014 February; Cited 2022 Aril 25].
29. Ohayon MH, Roth T. What are the contributing factors for insomnia in the general population? Journal of Psychosomatic Research. 2001; 51(6): 745-755.
30. Pallesen S, Nordhus I, Nielsen G, Havik O, Kvale G, Johnsen HB, et al. Prevalence of insomnia in the adult Norwegian population. Sleep. 2001; 24(7): 771-779.
31. Anderson WM, Falestiny M. Women and sleep. Primary Care Update in Obstetrical and Gynecology. 2000; 7(4): 131-137.
32. Floyd JA. Another look at napping in older adults. Geriatrics Nursing. 1995; 16(3): 136-138.
33. Chaiarj S, Panya P. Insomnia and related factors. The Thai Journal of Nursing Council. 2005; 20(2): 1-12. Thai.
34. Hoffman LA, Sklar AL, Nixon SJ. The effects of acute alcohol on psychomotor, set shifting, and working memory performance in older men and women. Alcohol. 2015; 49(3):185-191.
35. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. Arch Phys Med Rehabil. 2000; 81(4): 484-489.
36. Chaiut W, Lapprasitsuk P, Jantarawanich W, Boonsrimar S. The correlation between body mass index and postural control in individuals with obesity class I and normal BMI in 20–35-year-old. Journal of Associated Medical Sciences. 2017; 50(3): 544-552. Thai.
37. The Labor Protection Act B.E. 2541 (A.D. 1998). Department of Labor Protection and Welfare. [Internet]. Cited 2020 Oct 22].1998;7. Available from: http://tls.labour.go.th/attachments/article/1105/hrdg-25-11-2562-05.pdf.
38. Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdiscip Toxicol. 2014; 7(2): 60-72.
39. Fenga C, Gangemi S, Alibrandi A, Costa C, Micali E. Relationship between lead exposure and mild Cognitive impairment. J Prev Med Hyg. 2016; 57(4): E205-E210.
40. Flora SJS, Mittal M, Mehta A. (2008). Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. Indian J Med Res 128: 501–523.
41. Ijomone OM, Ifenatuoha, CW, Aluko, OM, Ijomone, OK, Aschner M. The aging brain: impact of heavy metal neurotoxicity. Critical reviews in toxicology. 2020; 50(9): 801–814.
42. Susihono W, Adiatmika IPG. The effects of ergonomic intervention on the musculoskeletal complaints and fatigue experienced by workers in the traditional metal casting industry. Heliyon.2021;7(2):E06171.

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารตะกั่ว แคดเมียมและนิกเกิลในฝุ่นที่พื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (µg/ 100cm^2)

ปริมาณสารโลหะหนัก	กลุ่มรับสัมผัส(n=151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส(n=72)		รวม (n =223)		Standard
(µg/ 100cm^2)	n	%	n	%	n	%	(µg/100cm^2)*
ตะกั่ว ≤ 6.700	42	27.8	72	0.0	114	51.1	500.00
ตะกั่ว > 6.701	109	72.2	0	0.0	109	48.9	
ค่าเฉลี่ย (SD)	46.65±150.175		0.6143±0.8948		213.791±608.7433		
มัธยฐาน(ต่ำสุด-สูงสุด)	44(0.17-3412)		ND(ND-3.800)		ND(ND-3412)		
GM± G SD.	18.1426±9.6511		0.6911±2.1901		9.6516±11.3702		
แคดเมียม ≤ 0.000	77	51.0	70	97.2	147	65.9	50.00
แคดเมียม > 0.001	74	49.0	2	2.8	76	34.1	
ค่าเฉลี่ย (SD)	0.19±0.505		0.2277±1.3570		0.3426±0.9484		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ปริมาณสารโลหะหนัก	กลุ่มรับสัมผัส(n=151)		กลุ่มไม่รับสัมผัส(n=72)		รวม (n =223)		Standard
(µg/ 100cm^2)	n	%	n	%	n	%	(µg/100cm^2)*
มัธยฐาน(ต่ำสุด-สูงสุด)	0(ND -3.2)		0(ND -8.2)		0(ND -8.2)		
GM± G SD.	0.5651±2.3754		8.1997±1		0.6088±2.6175		
นิกเกิล≤ 3.200	41	27.2	72	0.0	113	50.7	ยังไม่มีค่ามาตรฐาน
นิกเกิล> 3.201	110	72.8	0	0.0	110	49.7	ในการรับสัมผัส
ค่าเฉลี่ย (SD)	23.211±58.339		0.4291±0.3339		35.944±72.1110		นิกเกิลบนพื้นผิว
มัธยฐาน(ต่ำสุด-สูงสุด)	21(ND-368)		0(ND -1.1)		0(ND-368)		
GM± G SD.	11.0407±7.555		0.499±1.710		5.5106±9.1704		

หมายเหตุ *ค่ามาตรฐานกำหนด โดย OSHA Tech Manual Method [28] เนื่องด้วยปริมาณสาร Cd บนพื้นผิวที่ตรวจพบ ต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั้งหมด และยังไม่มีค่ามาตรฐานในการรับสัมผัสนิกเกิลบนพื้นผิว ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดกลุ่มโดยแบ่งตามค่า Median ทั้ง 3 สาร ดังนี้ Pb = 6.70 µg/100cm^2 Cd = 0.00 µg/100 cm^2 , Ni= 3.200 µg/100 cm^2

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามภาวะสุขภาพ

ภาวะสุขภาพ	กลุ่มรับสัมผัส (n=151)				กลุ่มไม่รับสัมผัส(n=72)				รวม (n =223)			
	มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ		มีอาการ		ไม่มีอาการ	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา												
ปวดศีรษะ	48	31.8	103	68.2	10	13.9	62	86.1	58	26.0	165	74.0
รู้สึกชาตามแขนขา/ตะคริว	35	23.2	116	76.8	10	13.9	62	86.1	45	20.2	178	79.8
มีปัญหาการทรงตัว	11	7.3	140	92.7	3	4.2	69	95.8	14	6.3	209	93.7
มือสั่น	10	6.6	141	93.4	0	0.00	72	100.0	10	4.5	213	95.5
ควบคุมมือค่อยไม่ได้	2	2.0	148	98.0	1	1.4	71	98.6	4	1.8	219	98.2
กลุ่มอาการทางจิตสรีระ												
เหงื่อออกง่าย	47	31.1	104	68.9	5	6.8	68	93.2	52	23.3	171	76.7
เหนื่อยง่าย	31	20.5	120	79.5	5	6.8	68	93.2	36	16.1	187	83.9
วิงเวียนศีรษะ	27	17.9	124	82.1	6	8.2	67	91.8	33	14.80	190	85.20
ความต้องการทางเพศลดลง	15	9.9	136	90.1	10	13.7	63	86.3	25	11.2	198	88.8
ไม่อยากเริ่มทำงาน	7	4.6	144	95.4	2	2.7	71	97.3	6	2.7	217	97.3
กลุ่มอาการทางอารมณ์												
รู้สึกกระสับกระส่าย	29	19.2	122	80.8	1	1.4	71	98.6	37	16.6	208	93.3
ไม่มีกำลังใจ	7	4.6	144	95.4	3	4.2	69	93.1	10	4.5	215	96.4
รู้สึกโดดเดี่ยว	6	4.0	145	96.0	2	2.8	70	97.2	8	3.6	212	95.1
กลุ่มความจำและสมาธิ												
ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ	21	13.9	130	86.1	6	8.3	66	91.7	27	12.1	196	87.9
มีคนบอกคุณว่าความจำไม่ดี	8	5.3	143	94.7	2	2.8	70	97.2	10	4.5	213	95.5
กลุ่มอาการอ่อนเพลีย												
เหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน	11	7.3	140	92.7	2	2.8	70	97.2	13	5.8	210	94.2
กลุ่มอาการนอนไม่หลับ												
ง่วงนอนระหว่างวัน	43	28.5	108	71.5	13	18.1	59	81.9	56	25.1	167	74.9
นอนไม่หลับ	25	16.6	126	83.4	0	0.0	72	100.0	35	15.7	188	84.3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่ม ไม่รับสัมผัสจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะงาน พฤติกรรมสุขภาพ

ตัวแปรต้น	กลุ่มอาการทางจิตสรีระ																					กลุ่มอาการอ่อนเพลีย			
	เหงื่อออกง่าย					วิงเวียนศีรษะ				เหนื่อยง่าย				ความต้องการทางเพศลดลง				ไม่อยากเริ่มงาน				นอนไม่หลับ			
	N	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
เพศหญิง	138	0.18	0.378	2.225	0.026	0.17		0.042	0.303	0.17	0.374	0.589	0.788	0.14	0.237	0.002	0.100	0.03	0.168	0.029	0.274	0.20	0.398	<0.001	0.030
อายุ≤45(ปี)	133	0.23	0.424	-0.004	-0.997	0.14	0.343	0.202	0.520	0.16	0.366	0.729	0.862	0.06	0.239	<0.001	0.006	0.04	0.207	0.612	0.800	0.11	0.308	<0.001	0.015
ระดับประถมศึกษา	136	0.24	0.426	-0.093	0.926	0.15	0.355	0.048	0.961	0.15	0.363	0.481	0.723	0.13	0.340	-1.197	0.233	0.04	0.189	0.340	0.735	0.19	0.395	-1.860	0.064
รายได้≤6,000 บ.	125	0.26	0.438	0.908	0.365	0.18	0.382	1.360	0.175	0.18	0.382	0.665	0.507	0.12	0.326	0.420	0.675	0.05	0.215	0.653	0.515	0.16	0.368	0.141	0.888
ดื่มแอลกอฮอล์	139	0.19	0.391	2.020	0.045*	0.12	0.329	1.328	0.186	0.14	0.352	0.914	0.362	0.11	0.311	0.254	0.800	0.02	0.146	1.615	0.109	0.16	0.366	-0.070	0.945
ยังสูบบุหรี่	35	0.46	0.505	-2.947	0.005*	0.20	0.406	-0.942	0.347	0.23	0.426	-1.040	0.304	0.09	0.284	0.537	0.592	0.09	0.367	-1.082	0.286	0.14	0.355	0.249	0.804
BMI>23 kg/m^2	106	0.25	0.438	-0.721	0.471	0.18	0.385	-1.240	0.216	0.22	0.414	-2.130	0.034*	0.10	0.306	0.374	0.709	0.03	0.167	0.868	0.386	0.15	0.360	0.234	0.815
ทำงาน≤8 ช.ม./วัน	210	0.22	0.418	-1.330	0.185	0.15	0.360	0.741	0.459	0.15	0.360	-1.146	0.273	0.12	0.325	5.314	<0.0001*	0.04	0.203	0.760	0.448	0.17	0.374	6.465	<0.001*

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางอารมณ์ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่มไม่รับสัมผัสจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะงาน พฤติกรรมสุขภาพ

ตัวแปรต้น	N	กลุ่มอาการทางอารมณ์												กลุ่มอาการอ่อนเพลีย								กลุ่มอาการความจำและสมาธิ			
		รู้สึกกระสับกระส่าย				รู้สึกโดดเดี่ยว				ไม่มีกำลังใจ				เหนื่อยหลังตื่นนอน				งวงนอนระหว่างวัน				ลืมสิ่งที่จะพูดหรือทำ			
		$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
เพศ หญิง	138	0.17	0.380	0.412	0.684	0.04	0.205	0.118	0.439	0.04	0.205	0.803	0.901	0.06	0.235	0.958	0.979	0.27	0.445	0.130	0.458	0.12	0.330	0.806	0.902
อายุ≤45(ปี)	133	0.16	0.366	0.438	0.697	0.03	0.171	0.261	0.573	0.03	0.171	0.010	0.230	0.08	0.265	0.008	0.162	0.26	0.442	0.311	0.616	0.14	0.351	0.014	0.209
ระดับประถมศึกษา	136	0.14	0.348	-1.761	0.080	0.04	0.189	-0.089	0.929	0.04	0.189	0.726	0.468	0.01	0.121	2.995	0.003*	0.20	0.400	2.198	0.029*	0.10	0.295	1.390	0.167
รายได้≤6,000บ.	125	0.16	0.368	-0.267	0.790	0.03	0.177	-0.350	0.727	0.05	0.215	0.256	0.798	0.04	0.197	-1.265	0.207	0.20	0.402	-1.961	0.051	0.10	0.306	-0.880	0.380
ดื่มแอลกอฮอล์	139	0.14	0.345	1.445	0.151	0.04	0.187	-0.010	0.992	0.04	0.234	0.821	0.413	0.06	0.234	0.061	0.952	0.24	0.427	0.605	0.546	0.07	0.259	2.647	0.009*
ยังสูบบุหรี่	35	0.26	0.443	-1.364	0.180	0.06	0.236	-0.734	0.463	0.09	0.284	-0.970	0.338	0.09	0.284	-0.752	0.453	0.29	0.458	-0.512	0.609	0.23	0.426	-1.693	0.098
BMI>23 kg/m^2	106	0.19	0.393	-0.867	0.387	0.03	0.167	0.577	0.565	0.04	0.238	0.486	0.627	0.06	0.232	0.102	0.919	0.27	0.448	-0.732	0.464	0.13	0.340	-0.447	0.634
ทำงาน≤8ช.ม./วัน	210	0.17	0.378	1.164	0.263	0.03	0.180	-0.818	0.414	0.05	0.213	0.803	0.423	0.06	0.242	3.714	<0.001*	0.27	0.442	8.718	<0.001*	0.13	0.336	5.553	<0.001*

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่ม ไม่รับสัมผัสจำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล ลักษณะงาน พฤติกรรมสุขภาพ

ตัวแปรต้น	กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา																								
	ชาแขน ขา/ตะคริว					มีปัญหาการทรงตัว				ควบคุมมือไม่ได้				มือสั่น				ปวดศีรษะ							
	N	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
เพศหญิง	138	0.20	0.398	0.565	0.772	0.08	0.272	0.007	0.149	0.01	0.120	0.326	0.623	0.03	0.168	0.004	0.188	0.27	0.445	0.484	0.729				
อายุ≤ 45(ปี)	133	0.18	0.386	0.059	0.337	0.18	0.171	<0.001	0.028	0.01	0.087	0.004	0.210	0.05	0.208	0.962	0.981	0.32	0.470	<0.001	0.006*				
ระดับประถมศึกษา	136	0.21	0.406	-0.189	0.850	0.07	0.250	0.602	0.795	0.02	0.147	-0.578	0.564	0.04	0.189	0.726	0.468	0.22	0.416	1.640	0.103				
รายได้ ≤6,000 บ.	125	0.21	0.408	0.260	0.795	0.10	0.296	2.511	0.013	0.02	0.126	-0.245	0.807	0.05	0.215	0.256	0.798	0.29	0.455	1.082	0.281				

BURAPHA UNIVERSITY

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ตัวแปรต้น	กลุ่มอาการทางประสาทวิทยา																			
	ชาแขน ขา/ตะคริว					มีปัญหาการทรงตัว				ควบคุมมือไม่ได้				มือสั่น				ปวดศีรษะ			
	N	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
สัมผัสกลอฮอล์	139	0.19	0.397	0.360	0.719	0.06	0.247	-0.155	0.877	0.03	0.168	-1.571	0.118	0.03	0.168	1.348	0.180	0.22	0.418	1.579	0.116
ยังสูบบุหรี่	35	0.31	0.471	-1.580	0.121	0.03	0.169	0.906	0.366	0.03	0.169	-0.514	0.608	0.09	0.284	-0.970	0.338	0.29	0.458	-0.375	0.708
BMI>23 kg/m^2	106	0.25	0.432	-1.530	0.128	0.08	0.265	-0.741	0.459	0.04	0.191	-2.029	0.045*	0.05	0.213	-0.159	0.874	0.32	0.469	-1.960	0.051
ทำงาน≤8 ช.ม./วัน	210	0.20	0.401	-0.267	0.790	0.07	0.250	3.864	<0.001*	0.02	0.137	2.0159	0.045*	0.04	0.203	-0.574	0.567	0.25	0.435	-1.053	0.294

คำอ้างอิงตารางที่ 3-5; เพศชาย=85 คน อายุ>45 ปี=90 คน การศึกษามัธยมศึกษา=87 คน รายได้ >6,000บาท/เดือน=98 คน ไม่ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์=84 คน ไม่สูบบุหรี่=188 คน BMI≤23 กก.ตร.ม = 117 คน ทำงาน>8 ชม./วัน =13 คน *ยอมรับที่ p-value <0.05

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางจิตสรีระ กลุ่มอาการอ่อนเพลียของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่ม ไม่รับสัมผัสจำแนกตามปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ตัวแปรต้น	อาการทางจิตสรีระ																		อาการอ่อนเพลีย					
	เหงื่อออกง่าย				วิงเวียนศีรษะ				เหนื่อยง่าย				ความต้องการทางเพศลดลง				ไม่อยากเริ่มงาน				นอนไม่หลับ			
	N	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
Pb ≤ 6.700	114	0.17	0.374	-2.412	0.017*	0.13	0.340	-0.703	0.483	0.13	0.340	-1.234	0.219	0.12	0.330	0.516	0.606	0.04	0.185	-0.407	0.684	0.18	0.382	0.774	0.440
Cd ≤ 0.000	147	0.21	0.409	-1.061	0.275	0.17	0.377	1.375	0.171	0.14	0.351	-1.003	0.317	0.12	0.329	0.678	0.498	0.03	0.182	-0.661	0.505	0.18	0.389	1.641	0.102
Ni ≤ 3.200	113	0.15	0.359	-2.998	0.003*	0.12	0.331	-1.023	0.308	0.12	0.331	-1.542	0.125	0.12	0.331	0.563	0.574	0.04	0.186	-0.380	0.704	0.15	0.376	0.464	0.643

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางทางอารมณ์ กลุ่มอาการอ่อนเพลีย และกลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่ม ไม่รับสัมผัสจำแนกตามปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ตัวแปรต้น	N	ทางอารมณ์												กลุ่มอาการอ่อนเพลีย								ความจำและสมาธิ			
		รู้สึกกระสับกระส่าย				รู้สึกโดดเดี่ยว				ไม่มีกำลังใจ				เหนื่อยหลังตื่นนอน				จำนวนนอนระหว่างวัน				สิ่งที่จะพูดหรือทำ			
		$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
Pb≤6.700	114	0.15	0.358	-0.687	0.493	0.04	0.185	-0.064	0.949	0.05	0.224	0.573	0.568	0.05	0.224	-0.368	0.713	0.24	0.427	-0.501	0.617	0.10	0.297	-1.145	0.254
Cd≤0.000	147	0.18	0.383	0.609	0.543	0.03	0.183	-0.207	0.836	0.05	0.214	0.277	0.782	0.07	0.253	0.860	0.391	0.27	0.443	0.677	0.499	0.10	0.304	-1.140	0.256
Ni≤3.200	113	0.14	0.350	-0.986	0.325	0.04	0.186	-0.039	0.969	0.05	0.225	0.601	0.548	0.04	0.207	-0.905	0.366	0.21	0.411	-1.349	0.179	0.10	0.298	-1.097	0.274

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบร้อยละภาวะสุขภาพตามกลุ่มอาการทางประสาทวิทยา กลุ่มความจำและสมาธิของกลุ่มรับสัมผัสและกลุ่ม ไม่รับสัมผัสจำแนกตามปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน

ตัวแปรต้น	ทางประสาทวิทยา																					
	N	ชาแขน ขา/ตะคริว				มีปัญหาการทรงตัว				ควบคุมมือไม่ได้				มือสั่น				ปวดศีรษะ			
		$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig	$\bar{x}$	SD	t	sig
Pb≤6.700	114	0.19	0.356	-0.334	0.739	0.06	0.241	-0.086	0.931	0.03	0.161	0.962	0.337	0.03	0.161	-1.354	0.177	0.23	0.421	-1.111	0.268
Cd≤0.000	147	0.22	0.414	0.820	0.413	0.10	0.295	3.920	0.000*	0.02	0.142	0.385	0.701	0.05	0.228	0.959	0.339	0.27	0.443	-0.246	0.806
Ni≤3.200	113	0.18	0.383	-0.939	0.352	0.05	0.225	-0.602	0.548	0.03	0.161	-0.986	0.325	0.03	0.161	-1.330	0.185	0.22	0.417	-1.338	0.182

คำอ้างอิงตารางที่ 6-8 ; ปริมาณฝุ่นโลหะหนักในพื้นผิวปฏิบัติงาน (µg/ 100cm^2) ได้แก Pb (ตะกั่ว) > 6.700 = 109 คน Cd (แคดเมียม)> 0.001= 76 คน Ni (นิกเกิล)> 3.201= 110 คน *ยอมรับที่ p-value <0.05

URAPHA UNIVERSITY

บา2564103

สภาคณะผู้บริหารบัณฑิตศึกษาแห่งประเทศไทย (สคบท)
และมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ขอมอบใบประกาศนียบัตรเพื่อแสดงว่า

กรวิกา หาระสาร นันทพร ภัทรพุทธ ปรัชญา แก้วแก่น อนามัย เทศกะทึก

นำเสนอผลงานวิจัยแบบบรรยาย เรื่อง

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและอาการทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

ในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53 (ออนไลน์)
วันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ.2564
ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี มณีโกศล
อธิการบดี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.ต.หญิง ดร.วรรณี ศุขสาตร
ประธานสภา
คณะผู้บริหารบัณฑิตศึกษาแห่งประเทศไทย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลณัฏฐ์ พลวัน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

BURAPHA UNIVERSITY

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53
"การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"
วันเสาร์ที่ 18 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ORSC194

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและอาการทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

PREVALENCE OF FACTORS AFFECTING THE NEUROLOGICAL DISORDERS AND PSYCHOSOCIAL DISORDER OF ELECTRONIC WASTE WORKERS IN UBON RATCHATHANI PROVINCE

กรวิกา หาระสาร[1*] นันทพร ภัทรพุทธ[2] ปรัชญา แก้วแก่น[3] และ อนามัย เทศกะทึก[4]
Korniwka Harasarn[1*], Nantaporn Phatrabuddha[2], Prachaya Kaewkaen [3] and Anamai Thetkathuek [4]

สังกัด (สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา)[1*]
สังกัด (ภาควิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา)[2,4]
สังกัด (วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา)[3]
*Corresponding author. E-mail: anamai@buu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 151 คน เก็บตัวอย่างโดยใช้แบบสอบถาม ประกอบด้วย ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ ปัจจัยลักษณะงาน และอาการผิดปกติทางระบบประสาท การวิเคราะห์ใช้สถิติเชิงพรรณนา และใช้สถิติทดสอบไควสแควร์

ผลการศึกษา พบว่า ความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ พบว่า มีอาการรู้สึกกระสับกระส่าย (16.60 %) รู้สึกหงุดหงิด (12.60 %) รู้สึกหมดความอดทน (6.70 %) ง่วงนอนระหว่างวัน (25.1 %) เผลอหลับแม้ไม่ได้นอนบนเตียง (8.5 %) ส่วนปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ พบว่า เพศ สัมพันธ์กับ อารมณ์แปรปรวนง่าย ($p = 0.047$) ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับอาการง่วงนอนระหว่างวัน ($p = 0.024$) จำนวนชั่วโมงการทำงาน ≤ 8 ชั่วโมงต่อวัน มีความสัมพันธ์กับอาการหมดแรง ($p = 0.039$) เป็นความสัมพันธ์เชิงตรงกันข้าม (Reverse Causality) ทั้งนี้ข้อแนะนำแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ควรพักผ่อนให้เพียงพอและมีอาการออกกำลังกายหรือตรวจสอบสังเกตุร่างกายตนเองอย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ: ขยะอิเล็กทรอนิกส์ อาการผิดปกติทางระบบประสาท อาการผิดปกติทางอารมณ์ จังหวัดอุบลราชธานี

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53
"การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"
วันเสาร์ที่ 18 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Abstract

Objective: To study the prevalence of factors affecting the neurological disorders and psychosocial disorder of electronic waste workers in Ubon Ratchathani province. The exposure group of 151 electronic waste workers. Data was collected using the questionnaire form consisting of personal factors, health behavioral factors, job characteristics and neurological disorder. The data analysis used descriptive statistics. and using the Chi-square test statistics.

The results showed prevalence of factors affecting the neurological disorders and psychosocial disorder that of feeling restless (16.60 %), irritability (12.60 %), feeling impatience (6.70 %), sleepiness during the day (25.1 %), falling asleep even without sleeping in bed (8.5 %). Factors related to neurological disorder and psychosocial disorder of e-waste workers. It was found that sex association with volatile (0.047), educational level associated with daytime sleepiness (p = 0.024). Education level was associated with daytime sleepiness. (p = 0.024). Working hours ≤ 8 hours per day, working hours ≤ 8 hours per day which was a reverse causality relationship with exhaustion (p=0.039). Recommendations: Workers should get enough rest and exercise or health checkup regularly.

Keywords: Electronic Waste, Neurological Disorders, Psychosocial Disorder, Ubon Ratchathani Province

บทนำ

ประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง จนทำให้เกิดการใช้อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิสก์เพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันพบว่า ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Waste) เป็นขยะที่เติบโตเร็วที่สุดในโลก (Daniel Fernandes Andrade, 2019, p. 2; ประทีป เลิศชัยประเสริฐ, 2556 น. 63) โดยพบปริมาณของขยะอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลกประมาณ 50 ล้านตันต่อปี (Qingbin Song et al., 2015) และมีการนำเข้า ขยะอิเล็กทรอนิกส์ไปยังกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (Kristen Grant et al., 2013, p. 350) ขยะอิเล็กทรอนิกส์ในแหล่งชุมชนต่าง ๆ ทั่วประเทศ จำนวน 414,600 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ถือว่าเป็นกลุ่มแรงงานนอกระบบ (Informal Sector) มีกระบวนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) คัดแยกขยะ 2) ถอดและเผาชิ้นส่วนและเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์เพื่อรอจำหน่ายภายในบริเวณบ้านของตนเอง ตามลำดับ จากการทำงานในขั้นตอนการเก็บรวบรวมขยะอิเล็กทรอนิกส์และการคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ การถอดชิ้นส่วน ได้แก่ จอภาพ ผลึกเหลว แบตเตอรี่ หลอดรังสีแคโทด รวมถึงสายไฟ สายแบตเตอรี่ แผงวงจร เป็นต้น (ดาริกา รูปงามและคนอื่น ๆ, 2560, น. 19)

แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (E–waste Workers) เป็นแรงงานนอกระบบที่มีโอกาสรับสัมผัสสิ่งคุกคามต่าง ๆ ขณะปฏิบัติงาน ได้แก่ เสียงดังจากการถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ความร้อนที่เกิดจากการเผาเพื่อถอดขยะอิเล็กทรอนิกส์ สารเคมีจากการคัดแยกขยะ (Singh, Singh & John, 2018, p. 426; Isimekhai, K.A et al., 2018, p. 17206) การบาดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อหลัง เนื่องจากลักษณะงานต้องนั่งทำงานเพื่อคัดแยก ถอดชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างต่อเนื่อง ปวดหลังยกของหนักจากการเคลื่อนย้ายซากอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดและน้ำหนักเยอะ เช่น ตู้เย็น โทรทัศน์ (Emmanuel Asampong et al., 2015) ทำให้

เกิดความผิดปกติของอาการทางระบบประสาท (Neurological Disorder) ได้แก่ ความเครียดจากการทำงาน (Burns et al., 2015, p.10) เบื่ออาหาร (ณิชชา บูรณสิงห์, 2559) เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับรู้ อารมณ์แปรปรวนง่าย (Onalaja, & Claudio,2000, p. 23) ทั้งนี้ อาการผิดปกติของระบบประสาทอาการผิดปกติที่เกิดจากการปนเปื้อนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบประสาทกลาง ส่งผลต่อร่างกายและจิตใจ และขยะอิเล็กทรอนิกส์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของสารเคมีในสมอง เช่น Neuropeptide Y (Xiang Zeng et al, 2020) โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการด้วยกัน เช่น ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยลักษณะงาน และปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพและอื่น ๆ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ต่อเดือนและดัชนีมวลกาย (Ebenezer Forkuo Amankwaa et al., 2017, p. 1566) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ สูบบุหรี่ ดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ปัจจัยลักษณะงาน ได้แก่ จำนวนชั่วโมงทำงาน จำนวนปีที่ทำงาน (Matthew Akormedi et al., 2013; Roland Kofi Srigboh et al., 2016, p.68)

การดูแลสุขภาพแรงงานคัดแยกขยะจึงเป็นสิ่งที่นักวิจัยกำลังความสนใจเป็นอย่างมาก ดังนั้น ควรทำการเฝ้าระวังทางสุขภาพของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Health Surveillance) สามารถทำได้โดยการเฝ้าระวังทางสุขภาพ ได้แก่ การคัดกรองสุขภาพเบื้องต้น การประเมินอาการผิดปกติทางสุขภาพ ประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาท และการทดสอบช่วงความจำ (Digit Span Test) (Fenga et al., 2016, p. E205) และการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม โดยการเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมทำได้ด้วยการเก็บตัวอย่างฝุ่นเพื่อหาสารเหล่านี้ที่ปนเปื้อนในอากาศ (Neitzel et al., 2018) และในพื้นผิวบริเวณปฏิบัติงาน (Lead in Surface Wipe) (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2559; Adaramo et al., 2012, p. 9) อย่างไรก็ตาม วิธีที่ประหยัด สะดวก รวดเร็วอย่างหนึ่งคือ การคัดกรองสุขภาพระบบประสาทโดยการใช้แบบสัมภาษณ์ เพื่อได้ข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังสุขภาพต่อไปได้

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเคยมีการศึกษาของ Fenga et al. (2016.) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประเมินอาการผิดปกติของระบบประสาทโดยใช้แบบสัมภาษณ์อาการผิดปกติทางระบบประสาทของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่โรงงานแบตเตอรี่ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า มีอาการตึงเครียด เหนื่อยล้า มีความสับสน พบการศึกษา ในพนักงานเก็บแบตเตอรี่ มีความสัมพันธ์กับคะแนนทดสอบความบกพร่องทางจิตประสาท (Digit Span Test) (Hanninen et al.,1998, p. 202) ซึ่งยังขาดการศึกษาในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มี ความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังทางสุขภาพ และหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขเพื่อให้แรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์มีสุขภาวะทางจิตใจและทางกายที่ดีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี
2. ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชุกของอาการผิดปกติทางระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (Analytical Study) โดยการศึกษาเชิงภาคตัดขวาง (Cross-sectional Study) เก็บข้อมูลในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2563 ถึงเมษายน 2564

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53
"การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"
วันเสาร์ที่ 18 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ประชากรและกลุ่มศึกษา

ประชากร คือ ผู้ประกอบอาชีพคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Exposure Group) ที่ปฏิบัติงานในจังหวัดอุบลราชธานี คำนวณตัวอย่างได้จากสูตร กรณีไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน ของ Dupont & Plummer (1998) โดยใช้ผลการศึกษาของ Kuntawee et al. (2020, p.1) ในการแทนค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 151 คน โดยเลือกเก็บการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ในพื้นที่การปฏิบัติงาน

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

การศึกษาในครั้งนี้ได้การรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เอกสารรับรองเลขที่ G-HS051/2563 วันที่ 14 กันยายน 2563 และคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี เอกสารรับรองเลขที่ SSJ.UB.2563-104 วันที่ 30 ตุลาคม 2563 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล มีทั้งหมด 8 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ (ปี) รายได้ต่อเดือน (บาท) ระดับการศึกษา ส่วนที่ 2 ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ มีทั้งหมด 2 ข้อ ได้แก่ การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ ส่วนที่ 3 ปัจจัยลักษณะการทำงาน มีทั้งหมด 5 ข้อ ได้แก่ จำนวนปีที่ทำงาน จำนวนชั่วโมงทำงาน ส่วนที่ 4 ลักษณะสุขภาวะทางสุขภาพ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร) และส่วนที่ 5 แบบประเมินอาการผิดปกติทางระบบประสาท จำนวน 6 ข้อ และแบบประเมินอาการกลุ่มอาการทางอารมณ์ จำนวน 8 ข้อ ทั้งนี้แบบสอบถามมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) เท่ากับ 0.726

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขออนุญาตสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี พร้อมทั้งประสานกับสำนักงานเทศบาลตำบลบ้านกอก อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อลงพื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย และขอความอนุเคราะห์ทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านกอก เพื่อขอความอนุเคราะห์สถานที่เพื่อเป็นแหล่งเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ผู้วิจัยได้มีการอบรม ผู้ช่วยวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน และในการเก็บข้อมูล กลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงและอธิบายวัตถุประสงค์ในการเข้าร่วมโครงการวิจัยประโยชน์รายละเอียด ขั้นตอนของการทำวิจัยอย่างเข้าใจเป็นรายบุคคลก่อนเริ่มการสัมภาษณ์ เพื่อได้เข้าใจในรายละเอียดของแบบสัมภาษณ์ ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างตามคำถามในแบบสัมภาษณ์ ณ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ในพื้นที่ ใช้เวลาประมาณ 10-15 นาทีต่อราย หลังจากนั้นดูแลความเรียบร้อยของผลการสัมภาษณ์ เพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัยครั้งนี้ คือ ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive) ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ใช้สถิติพรรณนา ด้วย จำนวน และร้อยละ กับตัวแปร เพศ อาชีพ ระดับการศึกษา การดื่มแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ อาการผิดปกติทางระบบประสาท และทางอารมณ์และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบประสาท โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์

ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนใหญ่เป็น เพศชาย จำนวน 78 คน (ร้อยละ 51.70) เพศหญิง จำนวน 73 คน (ร้อยละ 48.30) อายุ (ต่ำสุด-สูงสุด) เท่ากับ (18-73) ปี อายุเฉลี่ย 45.50 (±11.9971) ปี ในด้านระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา จำนวน 100 คน (ร้อยละ 66.20) มัธยมศึกษาขึ้นไป จำนวน 51 คน (ร้อยละ 33.80) ในส่วนของรายได้ต่อเดือนของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ส่วนใหญ่มี รายได้เฉลี่ย (SD) ต่อเดือน 6,000 (2,858.192) บาทต่อเดือน จำนวน 87 คน (ร้อยละ 57.70) รายได้ต่อเดือน (ต่ำสุด-สูงสุด) เท่ากับ (1,000-15,000) ปัจจัยพฤติกรรมสุขภาพ พบว่า มีการดื่มสุราจำนวน 84 คน (ร้อยละ 55.6) และสูบบุหรี่ จำนวน 13 คน (ร้อยละ 8.6) ปัจจัยลักษณะงาน พบว่า ส่วนใหญ่ทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ปี จำนวน 103 คน (ร้อยละ 68.2) ค่าเฉลี่ย (SD) 6.22 (4.101) ปี และทำงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 138 คน (ร้อยละ 91.4) ค่าเฉลี่ย (SD) เท่ากับ7.75 (1.113) ปี ลักษณะสุขภาวะทางสุขภาพของกลุ่มผู้ประกอบชีพคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า ค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index, BMI) ค่าเฉลี่ย (SD) 23.85 (4.01) กิโลกรัมต่อตารางเมตร BMI (ต่ำสุด-สูงสุด) เท่ากับ (15.920-34.890) กิโลกรัมต่อตารางเมตร หากแบ่งตามเกณฑ์องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO, 2019) พบว่า กลุ่มผู้ประกอบอาชีพคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในเกณฑ์ผอม จำนวน 11 คน (ร้อยละ 7.30) อยู่ในเกณฑ์ปกติ จำนวน 58 คน (ร้อยละ 38.40) น้ำหนักเกินจำนวน 31 คน (ร้อยละ 20.50) และอยู่ในเกณฑ์อ้วน จำนวน 51 คน (ร้อยละ 33.80)

ส่วนที่ 2 อาการผิดปกติระบบประสาทและอาการทางอารมณ์ของกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ พบว่า อาการรู้สึกกระสับกระส่าย 29 คน (ร้อยละ19.2) รู้สึกหงุดหงิด 24 คน (ร้อยละ15.9) รู้สึกหมดความอดทน 14 คน (ร้อยละ 9.3) อารมณ์แปรปรวนง่าย 10 คน (ร้อยละ 6.6) ไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม 8 คน (ร้อยละ 5.3) ไม่มีกำลังใจ 7 คน (ร้อยละ 4.6) รู้สึกหดหู่ รู้สึกโดดเดี่ยว 6 คน (ร้อยละ4.0) กลุ่มอาการทางกาย ง่วงนอนระหว่างวัน 43 คน (ร้อยละ 28.5) เผลอหลับแม้ไม่ได้นอนบนเตียง และต้องการนอนพักมากกว่าปกติ 14 คน (ร้อยละ 9.3) รู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน หมดแรง เหนื่อยผิดปกติช่วงเวลาเย็น 11 คน (ร้อยละ 7.3) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวน และร้อยละของอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ของจังหวัดอุบลราชธานี

อาการทางสุขภาพ	กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ (n=151)	
	ไม่มีอาการ n(%)	มีอาการ n(%)
อาการผิดปกติทางระบบประสาท		
ง่วงนอนระหว่างวัน	108(71.5)	43(28.5)
เผลอหลับแม้ไม่ได้นอนบนเตียง	137(90.7)	14(9.3)
ต้องการนอนพักมากกว่าปกติ	137(90.7)	14(9.3)
รู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน	140(92.7)	11(7.3)
หมดแรง	140(92.7)	11(7.3)
เหนื่อยผิดปกติช่วงเวลาเย็น	140(92.7)	11(7.3)
กลุ่มอาการทางอารมณ์		
รู้สึกกระสับกระส่าย	122(80.8)	29(19.2)
รู้สึกหงุดหงิด	127(84.1)	24(15.9)
รู้สึกหมดความอดทน	137(90.7)	14(9.3)
อารมณ์แปรปรวนง่าย	141(93.4)	10(6.6)
ไม่อยากเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคม	143(94.7)	8(5.3)
ไม่มีกำลังใจ	144(95.4)	7(4.6)
รู้สึกหดหู่	145(96.0)	6(4.0)
รู้สึกโดดเดี่ยว	145(96.0)	6(4.0)

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53
"การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"
วันเสาร์ที่ 18 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ส่วนที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบประสาทและทางอารมณ์ของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

พบว่า เพศ มีความสัมพันธ์กับ อารมณ์แปรปรวนง่าย (p = 0.047) ระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์กับรู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน (p = 0.001) และ จำนวนชั่วโมงการทำงาน มีความสัมพันธ์กับอาการง่วงนอนระหว่างวัน (p = 0.020) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการผิดปกติทางระบบประสาทของแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์

ปัจจัย	อารมณ์แปรปรวนง่าย		χ^2	*p*	รู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน		χ^2	*p*	ง่วงนอนระหว่างวัน		χ^2	*p*
	ไม่มีอาการ N (%)	มีอาการ n (%)			ไม่มีอาการ N (%)	มีอาการ n (%)			ไม่มีอาการ n (%)	มีอาการ n (%)		
เพศ			4.635	0.047*								
ชาย	70(65.1)	8(12.9)										
หญิง	56(60.9)	17(12.1)										
ระดับการศึกษา							12.243	0.001*				
ประถมศึกษา					98(98.0)	2(2.0)						
มัธยมศึกษาขึ้นไป					42(82.4)	9(17.3)						
จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน											4.629	0.020*
≤ 8 ชั่วโมง									95(68.8)	43(31.3)		
> 8 ชั่วโมง									13(100.0)	0(0.0)		

สรุปและอภิปรายผล

ผลจากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของของกลุ่มตัวอย่างที่ พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์เป็นเพศชาย จำนวน 78 คน (ร้อยละ 51.70) สอดคล้องกับการศึกษาของสอดคล้องกับผลการศึกษาของโสมศิริ เดชารัตน์ (2560, น.10-20.) ที่พบว่า คนงานในร้านรับซื้อของเก่าในจังหวัด

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 53
"การจัดการเรียนรู้ การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน"
วันเสาร์ที่ 18 ธันวาคม 2564 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

กับการศึกษาของ ชุลีกร ธนธิติกร และคนอื่น ๆ (2556, น. 272) ที่ศึกษาพบว่า ช่วงระยะเวลาในการทำงานมีความสัมพันธ์กับอาการง่วงนอนระหว่างวันและระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์อาจทำงานเสริมเพิ่มเติมหลังเลิกงานและทำให้พักผ่อนไม่เพียงพอในช่วงกลางคืนจึงทำให้เกิด อาการรู้สึกเหนื่อยหลังจากเพิ่งตื่นนอน สอดคล้องกับการศึกษาของ อณิตา เครือประยงค์ (2560) ที่ศึกษาคุณภาพการนอนหลับ ความเหนื่อยล้า ของพนักงานต้อนรับบนเครื่องบิน บริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า รายได้ต่อเดือน ความสัมพันธ์กับอาการง่วงนอน อย่างไรก็ตามบริบทการศึกษาดังกล่าวมีรูปแบบการศึกษา ประชากรที่แตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นพบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอาการทางระบบประสาท จิตใจ อารมณ์ ได้แก่ ปัจจัยส่วนบุคคล คือ ระดับการศึกษา ควรมีการให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพให้กับกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ปัจจัยลักษณะงาน คือ รายได้ต่อเดือน จำนวนชั่วโมงการทำงานที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเฝ้าระวังทางสุขภาพ ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป ควรศึกษาติดตามภาวะสุขภาพจากการรับสัมผัสสิ่งคุกคามและผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ มีการคัดแยกถอดชิ้นส่วน ขยะอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีรับสัมผัสสิ่งคุกคามทางด้านสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของชิ้นส่วนขยะอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลกระทบทางสุขภาพในด้านอื่น ๆ ในกลุ่มแรงงานคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงแรงงาน. (2541). *กฎกระทรวงฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2541) ออกตามความในพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน*. สืบค้นจาก https://tls.labour.go.th/attachments/article/1105/hrdg-25-11-2562-05.pdf

กรมควบคุมมลพิษ. (2562). *ซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์*. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_battery.htm#s2.

ฉัตรสุดา มาทา. (2560). ความชุกของคุณภาพการนอนหลับไม่ดี และความสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพการนอนหลับกับอาการความผิดปกติของกล้ามเนื้อและโครงกระดูกในช่างซ่อมบำรุง. *วารสารกรมการแพทย์, 42*(4), 70 – 75.

ชุลีกร ธนธิติกร, สุนทร ศุภพงษ์ และ ณัฐพงษ์ เจียมจริยธรรม.(2556). ความชุกและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวการณ์ง่วงนอนผิดปกติตอนกลางวันของพนักงานขับรถโดยสารประจำทาง กรุงเทพมหานคร. *วารสารควบคุมโรค, 39*(4), 272 – 280.

ณิชชา บูรณสิงห์. (2559). *ขยะอิเล็กทรอนิกส์*. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานบริการวิชาการ 3 สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. สืบค้นจาก https://library.parliament.go.th/

ดาริกา รูปงามและคณะ. (2560). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่เสี่ยงขยะอิเล็กทรอนิกส์. ใน *การประชุมวิชาการส่งเสริมสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10 ประจำปี 2560*. (น. 9). กรุงเทพมหานคร.

Helena Hänninen et al.(1998). Occupational Exposure to Lead and Neuropsychological Dysfunction. *Occup Environ Med,* 55, 202–209.

Isimekhai, K.A., Garelick, H., Watt, J. et al. (2017). Heavy Metals Distribution and Risk Assessment in Soil from an Informal E-waste Recycling Site in Lago State, Niheria. *Envieon. Sci. Pollut. Res., 24*, 17206-17219. doi.org/10.1007/s11356-017-8877-9

Kuntawee, C., Tantrakarnapa, K., Limpanont, Y., Lawpoolsri, S., & Mingkhwan, R. (2020). Exposure to Heavy Metal in Electronic Waste Recycling in Thailand. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *17*(2996), 1 – 14. doi:10.3390/ijerph17092996

Onalaja, A.O., & Claudio, L. (2000). Genetic Susceptibility to Lead Poisoning. *Environ Health Perspect*, *108* (Supply), 23 – 28. doi:10.1289/ehp.00108s123

Rick Neitzel et al. (2018). *Improving Working Conditions for E-waste Recyclers.* Retrieved from https://umexposureresearch.org/2018/09/13/improving working conditions for e-waste recyclers.

Song, Q., & Li, J. (2015). A Review on Human Health Consequences of Metals Exposure to E-waste in China. *Environmental Pollution, 196,* 450 – 461. doi.org/ 10.1016/j. envpol.2014.11.004

Singh, M., Singh Thind, P., John, S. (2018). Health Risk Assessment of the Workers Exposed to The Heavy Metals in E-waste Recycling Sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India. *Chemosphere, 203,* 426 – 433. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.138.

Srigboh, R.K., Basu, N., Stephens, J., Neitzel, R.L., & Fobil, J. (2016). Multiple Elemental Exposures Amongst Workers at the Agbogbloshie Electronic Waste (E-waste) Site in Ghana. *Chemosphere 164,* 68 – 74. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.089

World Health Organization. (2019). *WHO/Europe | Nutrition - Body Mass Index – BMI.* Retrieved from https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi?source=post_page

Xiang, Z., Cheng, X., Xijin, X., Yu, Z., Yu, H., & Xia, H. (2020). Elevated Lead Levels in Relation to Low Serum Neuropeptide Y and Adverse Behavioral Effects in Preschool Children with E-Waste Exposure. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129380

ใน *การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 14*. (น. 868 – 879). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ประทีป เลิศชัยประเสริฐ. (2556). กรีนไอซีทีเพื่อการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ Green ICT for Electronic Waste Management. *วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา*, *3*(6), 63.

โสมศิริ เดชารัตน์. (2560). สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการทำงานของคนงานในร้านรับซื้อของเก่าจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ,10*(35), 10 – 20.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. (2559). *รายงานแบบฟอร์มการดูแลและคัดกรองสุขภาพประชาชนกลุ่มเสี่ยงและแรงงานสัมผัสขยะ*. สืบค้นจาก http://envocc.ddc.moph.go.th/contents/view/550

อณิตา เครือประยงค์.(2560). คุณภาพการนอนหลับ ความเหนื่อยล้าของพนักงานต้นรับบนเครื่องบิน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน). (ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์).

Adaramo, du A.A., Osuntogun,A.O., Ehi-Eromosele, C.O. (2012). Heavy Metal Concentration of Surface Dust Present in E-Waste Components: the Westminster Electronic Market, Lagos Case Study. *Resources and Environment, 2*(2), 9 – 13. doi: 10.5923/j.re.20120202.02

Akormedi, M., Asampong, E., & Fobil, J.N. (2013). Working Conditions and Environmental Exposures Among Electronic Waste Workers in Ghana. *International Journal of Occupational and Environmental Health, 19*(4), 278 – 286. doi:10.1179/2049396713Y.0000000034

Asampong, E., Dwuma-Badu, K., Stephens, J., Srigboh, R., Neitzel, R., Basu, N. & Julius, N.F. (2015). Health Seeking Behaviors Among Electronic Waste Workers in Ghana. *BMC Public Health*, 15, 1065. https://doi.org/10.1186/s12889-015-2376-z

Burns, K.N., Sun, K., Julius, N.F., & Neitzel, R.L. (2016). Heart Rate, Stress, and Occupational Noise Exposure among Electronic Waste Recycling Workers. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *13*(140), 1-16. doi:10.3390/ijerph13010140

Dupont & Plummer. (1998). Power and Sample Size Calculations for Studies Involving Linear Regression. *Controlled Clinical Trials, 19*(6), 589 – 601. https://doi.org/10.1016/S0197-2456(98) 00037-3

Ebenezer Forkuo Amankwaa et al. (2017). 'Away' is a Place: The Impact of Electronic Waste Recycling on Blood Lead Levels in Ghana. *The Science of the Total Environment*, *601 – 602*, 1566 – 1574. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.28

Fenga, C., Gangemi, S., Alibrandi, A., Costa, C., Micali, E. (2016). Relationship Between Lead Exposure and Mild Cognitive Impairment. *J. Prev. Med. Hyg.*, *57*(4), E205 – E210.

Grant, K., Goldiza, F.C., Sly, P.D., Brune, M.N., Neire, M., van den Berg, M., & Norman, R.E. (2013). Health Consequences of Exposure to E-waste: A Systematic Review. *Lancet Glob Health*, 1, e350–61. doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3.

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). WHAT A WASTE A Global Review of Solid Waste Management. *Washington DC*. Retrieved from https://www.academia.edu/26805350/

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวกรวิกา หาระสาร

วัน เดือน ปี เกิด 1 ตุลาคม 2529

สถานที่เกิด

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 322 ซอยอุปลีสาน 5 ถนนอุปลีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี 34000

ตำแหน่งและประวัติการทำงาน

ปัจจุบัน อาจารย์ ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย) คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

พ.ศ. 2558 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยบูรพา

พ.ศ. 2566 หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยบูรพา