การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา

Biomonitoring of Lead, Cadmium and Chromium by Improving Personal Hygiene Behaviors Among Electrical and Electronics Repairers in Songkhla Province

ปิยฉัตร หนูคงบัตร
Phiyachat Nookongbut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา

Biomonitoring of Lead, Cadmium and Chromium by Improving Personal Hygiene Behaviors Among Electrical and Electronics Repairers in Songkhla Province

ปิยฉัตร หนูคงบัตร

Phiyachat Nookongbut

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิงพิชญา พรรคทองสุข)

.....

(นายแพทย์ วิระชัย สมัย)

.....

(ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการสอบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรมาศ สุทธินุ่น)

.....กรรมการ

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิงพิชญา พรรคทองสุข)

.....กรรมการ

(ดร.คัมภีร์ พ่วงทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสมศิริ เดชารัตน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งสาง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

.....

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิงพิชญา พรรคทองสุข)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(นายแพทย์ วิระชัย สมัย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจติดตามระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดสงขลา จำนวน 21 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มศึกษา ได้แก่ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 11 คน (มีการให้สิ่งสอดแทรก (Intervention) ในการปรับปรุงพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล) และกลุ่มควบคุม ได้แก่ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครสงขลา จำนวน 10 คน (ไม่มีการให้สิ่งสอดแทรก (Intervention) ในการปรับปรุงพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล) ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของทั้งกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม จำนวน 2 ครั้ง คือ ก่อนการทดลอง (0 เดือน) และหลังการทดลอง (4 เดือน) และทำการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และระดับโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะโดยใช้เครื่อง inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) Perkin Elmer Optima 4300 DV ตามวิธีการของ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Method 8005 (เลือด) และ 8310 (ปัสสาวะ) ผลการศึกษาพบว่า ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของกลุ่มศึกษา ก่อนการทดลอง (0 เดือน; ก่อน Intervention) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 15.75 (0.05-22.5) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร, 4.25 (4.25-8.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 0.60 (0.00-0.93) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มควบคุมก่อนการทดลอง (0 เดือน; ไม่มี Intervention) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 12.75 (8.92-16.75) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร, 2.62 (2.12-3.12) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 0.25 (0.00-0.55) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ สำหรับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของกลุ่มศึกษา หลังการทดลอง (4 เดือน; หลัง Intervention) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์)

เท่ากับ 9.25 (0.25-16.25) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร, 2.75 (2.00-5.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 0.20 (0.00-0.41) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ ส่วนในกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง (4 เดือน; ไม่มี Intervention) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 13.50 (10.19-20.94) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร, 3.25 (2.62-4.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และ 0.76 (0.69-1.46) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับแคดเมียมในเลือดของทั้งกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม และทั้งก่อนและหลังการทดลองมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) คือ 0.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ผลการวิเคราะห์ Wilcoxon Signed-Rank Test พบว่า ระดับแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของกลุ่มศึกษา หลังการทดลอง (4 เดือน; หลัง Intervention) ลดลงจากก่อนการทดลอง (0 เดือน; ก่อน Intervention) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมโดยใช้ Mann-Whitney U Test พบว่า ผลต่าง (ก่อน-หลังการทดลอง) ของระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะ ในกลุ่มศึกษา หลังการทดลอง (4 เดือน; หลัง Intervention) ลดลงมากกว่าของกลุ่มควบคุม หลังการทดลอง (4 เดือน; ไม่มี Intervention) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การให้สิ่งสอดแทรก (Intervention) ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงานแก่กลุ่มศึกษา ได้แก่ การสวมถุงมือและรองเท้าในขณะปฏิบัติงาน ตลอดจนการล้างมือหลังการปฏิบัติงาน และก่อนการรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ และสูบบุหรี่ ส่งผลให้ระดับแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมลดลงได้

ความสำคัญ : ตะกั่ว, แคดเมียม, โครเมียม, เลือด, ปัสสาวะ, ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

Thesis Title Biomonitoring of lead, cadmium and chromium by improving personal hygiene behaviors among electrical and electronics repairers in Songkhla Province

Author Miss Phiyachat Nookongbut

Major Program Environmental Management

Academic Year 2017

ABSTRACT

This study monitors blood lead and cadmium and urinary chromium levels in electrical and electronics repairers in Songkhla Province, Southern Thailand. The study participants were divided into two groups: repairers in Hat-Yai municipality as a study group (received intervention with improvement of personal hygienic behaviors, n=11) and repairers in Nakorn Songkhla's municipality as a control group (not received intervention with improvement of personal hygienic behaviors, n=10). Blood and urine samples were collected from every participant at pre-tests (0 month) and post-tests (4 months), and then analyzed for lead, cadmium and chromium concentrations using an inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) Perkin Elmer Optima 4300 DV according to National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Method 8005 (blood) and 8310 (urine). The median pre-test blood lead and cadmium and urinary chromium levels (interquartile range) in the study group (0 month, before the intervention) were Pb 15.75 (0.05-22.5) µg/dL, Cd 4.25 (4.25-8.00) µg/dL and Cr 0.60 (0.00- 0.93) µg/g creatinine, respectively. In the control group, the pre-test median levels (interquartile range) (0 month, no intervention) were Pb 12.75 (8.92-16.75) µg/dL, Cd 2.62 (2.12-3.12) µg/dL and Cr 0.25 (0.00-0.55) µg/g creatinine, respectively. Moreover, the median post-test blood lead and cadmium and urinary chromium levels (interquartile range) in the study group (4 months after the intervention) were Pb 9.25 (0.25- 16.25) µg/dL, Cd 2.75 (2.00-5.00) µg/dL and Cr 0.20 (0.00-0.41) µg/g creatinine, respectively. In the control group, the post-test median levels (interquartile range) (4 months, no intervention) were Pb 13.50 (10.19-20.94) µg/dL, Cd 3.25 (2.62-4.00) µg/dL and Cr 0.76 (0.69-1.46) µg/g creatinine, respectively. The median pre-test and post-test blood cadmium levels in both study and

control group exceeded the BEI (Biological Exposure Index) of 0.5 µg/dL recommended by American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Wilcoxon Signed-Rank Test demonstrated significant differences between blood cadmium and urinary chromium levels before and after the intervention in the study group ($P<0.05$). According to the Mann-Whitney U Test, significant differences in the between differences pre-and post-test blood lead and cadmium and urinary chromium levels were also observed between the study group and control group ($P<0.05$). The findings reveal that intervention with improvement of the use of personal protective equipment (PPE) and personal hygiene (e.g. wore work shoes, gloves, as well as washed hands after any work and before eating food/drinking water/smoking cigarettes) can have a beneficial effect on blood cadmium and urinary chromium levels in the study group.

KEYWORDS: Lead, Cadmium, Chromium, Blood, Urine, Electrical and electronic repairer

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะสำเร็จลุล่วงไปมิได้ ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาถ่ายทอดความรู้ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ อันส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัยฉบับนี้ รวมทั้งช่วยเหลือทั้งด้านวิชาการและด้านการใช้ชีวิต จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนอกจากนี้ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.พญ. พิชญา พรรคทองสุข, นายแพทย์ วิระชัย สมัย และ ดร.นายแพทย์ ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาชี้แนะข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์ขอขอบคุณบุคลากรของหน่วยเครื่องมือกลางคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ ดร.พิทยา หนูคงบัตร ที่กรุณาชี้แนะวิธีการวิเคราะห์และการใช้เครื่องมือในการตรวจวัดหาปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างปัสสาวะและเลือด ขอขอบพระคุณนางสาวรำภาภรณ์ หอมตีบ นางสาวสุคนธ์ ชัยชนะ นางสาวสุภาพร พลายบุญ นายประสาน คำเจริญ และนางสาวพิลาศลักษณ์ หนูคงบัตร ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างงานวิจัย ขอขอบคุณพี่สาว พี่ออม ใหม่ น้องฟาง จากคณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด สุดท้ายสิ่งที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ นายจินดา หนูคงบัตร และนางชะลี หนูคงบัตร บิดา-มารดาผู้ให้กำเนิด ซึ่งคอยอบรมสั่งสอน เลี้ยงดูด้วยความรัก ให้กำลังใจและสนับสนุนเกื้อกูลทุกๆ อย่างมาตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบุคคลผู้สนใจทั่วไป

ปิยฉัตร หนูคงบัตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(7)
กิตติกรรมประกาศ	(9)
สารบัญ	(10)
รายการตารางตาราง	(13)
รายการภาพ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	6
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	7
2.2 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	8
2.3 วงจรผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	13
2.4 อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	14
2.5 การซ่อมแซมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	16
2.6 โลหะหนัก	19
2.7 ตัวชี้วัดทางชีวภาพ	31
2.8 ทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์	39
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	47
2.10 ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของมนุษย์	49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แบบแผนการทดลอง 54

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูล 54

3.3 การสำรวจพื้นที่สำหรับการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและเลือดของมนุษย์ 57

3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมป้องกันการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากกระบวนกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 59

3.5 วิธีการดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ 63

3.6 การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง 71

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 72

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 73

4.2 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 76

4.3 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม 83

4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม 87

4.5 ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC) 89

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและแนวทางการจัดการเพื่อลดการปนเปื้อน

5.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 98

5.1.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 98

5.1.2 เปรียบเทียบระดับแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง 98

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบระดับของตะกั่วของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม 99

5.2 แนวทางการจัดการเพื่อป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อน และการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม 99

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป 101

บรรณานุกรม 102

ภาคผนวก ก 110

ภาคผนวก ข 119

ภาคผนวก ค 122

ภาคผนวก ง 126

ภาคผนวก จ 129

ภาคผนวก ฉ 131

ประวัติผู้เขียน (132)

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรทัศน์ที่ใช้หลอดภาพรังสีคาโทด	9
2	สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	10
3	สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของตู้เย็นขนาด 6.4 Q และขนาด 10 Q หนึ่งเครื่อง	11
4	สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องปรับอากาศ	12
5	สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องซักผ้า	12
6	สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ	13
7	อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	16
8	ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในสถานประกอบการ	31
9	การตรวจประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในเลือดและในปัสสาวะ	38
10	ตารางสรุป ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะ	50
11	การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงานแก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของกลุ่มศึกษา (n=11) ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่	56
12	แสดงวิธีการทำลายตัวอย่างปัสสาวะและเลือดหลังจากวิเคราะห์	68
13	ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง	79
14	ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง	80
15	ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง	81

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนและหลังการทดลอง	86
17	การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม	90
18	การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม	92
19	การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม	94
ค-1	สรุปการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11)	126
ง-1	การรักษาสภาพตัวอย่างเลือด	127
ง-2	การรักษาสภาพตัวอย่างปัสสาวะ	127
ง-3	ค่า Limit of Detection (LOD)	128
ง-4	ค่า Limit of Quantitation (LOQ)	128
ง-5	รีเอเจนต์แบลงค์ (Reagent Blank)	129
ฉ-1	ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC)	132

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดการวิจัย	6
2	รูปแบบวงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย	15
3	ขั้นตอนการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	18
4	แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของโลหะหนักและการกำจัดโลหะหนักออกจากร่างกาย	21
5	แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพ (Health Promotion Model)	43
6	รูปแบบวิจัยการศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	55
7	แผนที่สถานที่เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ (กลุ่มศึกษา; E1-E11) และ (กลุ่มควบคุม; C1-C10) ในจังหวัดสงขลา ประเทศไทย	57
8	สรุปภาพรวมแผนงานวิจัยการเก็บตัวอย่างตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม	62
9	การสัมภาษณ์แบบสอบถามสุขศาสตร์ส่วนบุคคล	69
10	ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ เพื่อวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม	70
11	พยาบาลวิชาชีพ ที่ทำเจาะเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	70
12	ผู้วิจัยมอบคู่มือซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมและวิธีป้องกัน	70
13	การติดโปสเตอร์เพื่อเป็นสื่อในการกระตุ้นให้สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น	71
14	ระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	82

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมได้ส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการผลิตออกมาหลากหลายประเภทและมีความล้ำสมัย เพื่อตอบสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ การแข่งขันและการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ถูกลงและมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ๆ มาทดแทนในตลาด ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงหาซื้อได้ง่าย เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น จากความหลากหลายนี้เองส่งผลให้การผลิตและการบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกินความพอดี และมีแนวโน้มของอายุการใช้งานที่สั้นลง เนื่องจากทุกคนต้องการความทันสมัยของเทคโนโลยีทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตกรุ่นล้าสมัยอย่างรวดเร็ว และถูกเลิกใช้งานทั้งที่ยังไม่หมดอายุการใช้งาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรทัศน์ พัดลม ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ ฯลฯ ที่เกิดจากการใช้งานในชุมชน บ้านเรือน สำนักงานและสถานประกอบการต่างๆ เมื่อเลิกใช้งานก็จะกลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ (E-waste) องค์ประกอบส่วนใหญ่ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยสารเคมีอันตรายมากกว่า 1,000 ชนิด โดยส่วนมากเป็นโลหะหนัก อาทิเช่น ตะกั่ว (Lead; Pb) พบในแบตเตอรี่, แผ่นวงจร, หน้าจอ CRT, หน้าจอ LCD, ฮาร์ดดิสก์ และโลหะที่ใช้บัดกรีบนแผงวงจรและเป็นส่วนประกอบในจอคอมพิวเตอร์และจอโทรทัศน์ แคดเมียม (Cadmium; Cd) พบในแบตเตอรี่, แผ่นวงจร, ชิ้นส่วนพลาสติก และโทนเนอร์ ส่วนโครเมียม (Chromium; Cr) พบในคอมพิวเตอร์, แผ่นวงจร, หน้าจอ CRT, หน้าจอ LCD, หน้าจอพลาสมา และโครเมียมใช้ผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทานไม่เป็นสนิม รวมทั้งสารหน่วงไฟกลุ่มโบรมีน (Brominated Flame Retardants; BFRs), Polybrominated Biphenyls (PBBs) และ Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) ถูกใช้มากในการผสมเข้าไปกับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้การติดไฟช้าลง (กรมควบคุมมลพิษ, 2551; Babu *et al.,* 2007) ซึ่งสารอันตรายต่างๆ เหล่านี้มีพิษตกค้างยาวนานและสะสมในสิ่งมีชีวิต ถ้าหากมีการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่ถูกต้องและเหมาะสมก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ได้โดยตรง (Fu *et al*., 2008; Wang *et al*., 2009)

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ส่วนใหญ่จะมีแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบ เมื่อเกิดการชำรุดจะต้องมีการนำไปซ่อมแซมที่ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่ในชุมชนนั้น ช่างซ่อมจะมีโอกาสได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายจากการสูดดมไอโลหะขณะควบคุมการหลอมโลหะและการบัดกรีหรือเชื่อมโลหะ ตลอดจนจากการกินฝุ่นที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะเศษบัดกรีที่ตกหล่นอยู่บริเวณพื้นของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว (สมศักดิ์ ศรีภักดี, 2544) ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ซ่อมแซมไม่ได้จะถูกทิ้งไปกับขยะชุมชน ดังนั้นช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศและฝุ่นพื้นเข้าสู่ร่างกาย (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)

โลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จะส่งผลต่อสุขภาพที่แตกต่างกันไป สารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น เช่น ตะกั่ว หากได้รับตะกั่วสะสมเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและสมอง โดยตะกั่วจะไปสะสมที่กระดูก แคดเมียมส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ เมื่อเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิตแล้วทำลายตับและไต ระยะยาวจะไปสะสมที่กระดูกส่งผลให้กระดูกผุ ส่วนโครเมียมทำลายระบบทางเดินอาหาร กระเพาะอักเสบ เป็นแผลที่ลำไส้เล็ก และส่งผลให้ลำไส้ใหญ่อักเสบ โดยโครเมียมถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553; วิทยา อยู่สุข, 2542)

มนุษย์สามารถสัมผัสกับโลหะหนักผ่านเส้นทางที่แตกต่างกัน ได้แก่ การหายใจ การกิน และการดูดซึมทางผิวหนัง ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่จะเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจหรือกินฝุ่นเข้าไป (Leung *et al.,* 2008; Dahal *et al.,* 2008) โดยช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) อีกทั้งระบบระบายอากาศภายในร้านไม่ได้มาตรฐาน (Leung *et al.,* 2008; สมศักดิ์ ศรีภักดี, 2544) ดังนั้นช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศและฝุ่นเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)

เลือดและปัสสาวะเป็นดัชนีบ่งชี้การได้รับและสะสมของโลหะหนักได้ดีระดับหนึ่ง เนื่องจากโลหะหนักที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายจะไปสะสมหรือขับออกมาจากร่างกายทางลมหายใจ เส้นผม อุจจาระ เลือด และปัสสาวะ (Gil *et al.,* 2011) โดยเลือดและปัสสาวะได้ถูกนำมาใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ทางชีวภาพในการสัมผัสโลหะหนักเป็นอย่างมาก (Esteban and Castano, 2009) จากการศึกษาในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของโลหะหนักพบว่า เลือดและปัสสาวะของมนุษย์สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การสัมผัสโลหะหนักจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมได้ (Hinwood *et al.,* 2013; Gil *et al.,* 2011; Zubero *et al.,* 2010; Aguilera *et al.,* 2008)

ในจังหวัดสงขลา มีประชากรในพื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวนทั้งสิ้น 78,425 คน ส่วนพื้นที่เขตเทศบาลนครสงขลา มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 87,135 คน (สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา, 2558) โดยจังหวัดสงขลาเป็นศูนย์กลางทางด้านธุรกิจ และการสื่อสารในภาคใต้ รวมถึงเป็นแหล่งซื้อขาย

สินค้าต่างๆ มากมาย จึงถือได้ว่าเป็นเขตเมืองที่มีความเจริญมากเมืองหนึ่ง (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสงขลา, 2557) ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน เมื่อเกิดการชำรุด หรือเสียหายก็ต้องมีการซ่อมแซม จึงส่งผลให้ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอีกกิจการหนึ่งที่สำคัญในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และเทศบาลนครสงขลา ควบคู่ไปกับความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นับวันจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จากข้อมูลการประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ คือ การซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า พบว่า ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และสงขลา มีจำนวนทั้งหมด 32 ร้าน และ 29 ร้าน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการต่อใบอนุญาตในทั้งสองเขตไม่ลดลงจากปีก่อนๆ และมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้น (สำนักงานสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครหาดใหญ่, 2557; สำนักงานสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครสงขลา, 2558)

เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยโลหะหนัก ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการสัมผัสไอควัน (Fumes) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม จากขั้นตอนการเชื่อม บัดกรี หลอมโลหะ รวมถึงการสัมผัสกับฝุ่นโลหะที่มีการฟุ้งกระจายและเกิดการตกสะสมบนพื้นที่ปฏิบัติงานได้ตลอดเวลา นอกจากนี้การระบายอากาศภายในร้านที่ไม่เหมาะสม การขาดการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงส่งผลให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอาชีพที่เสี่ยงต่อการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และสงขลาเพื่อสำรวจปัญหาสุขภาพอนามัยเบื้องต้นของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนเพื่อเปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษา (เขตเทศบาลนครหาดใหญ่) และกลุ่มควบคุม (เขตเทศบาลนครสงขลา) ซึ่งผลที่ได้รับจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งในทางตรงต่อช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และในทางอ้อมต่อหน่วยงานภาคเอกชนและภาครัฐ ทั้งส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสถานประกอบการและปัญหาสุขภาพอนามัยได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) เพื่อศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ (กลุ่มศึกษา) และเขตเทศบาลนครสงขลา (กลุ่มควบคุม)

2) เพื่อเปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล

3) เพื่อเปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาที่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลและกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1) กระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในสิ่งแวดล้อมของสถานประกอบการ และช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับสารโลหะหนักดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย

2) ค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษาภายหลังได้รับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ลดลงกว่าก่อนได้รับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล

3) ค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษาภายหลังได้รับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ลดลงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ขอบเขตของพื้นที่

ทำการคัดเลือกช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดสงขลาทั้งในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และสงขลา เพื่อเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากสมาชิกที่อาสาเข้ามามีส่วนร่วมในงานวิจัยด้วยความเต็มใจ แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 11 ร้าน (กลุ่มศึกษา) และในเขตเทศบาลนครสงขลา จำนวน 10 ร้าน (กลุ่มควบคุม) จากนั้นทำการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะ ตลอดจนสำรวจข้อมูลปัญหาสุขภาพอนามัยเบื้องต้นของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยแบบสอบถาม

2) ขอบเขตของเวลา

2.1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 11 ร้าน (กลุ่มศึกษา) และในเขตเทศบาลนครสงขลา จำนวน 10 ร้าน (กลุ่มควบคุม) ในวันสุดท้ายของสัปดาห์การทำงาน (End of Work Week) คือ วันเสาร์บ่าย

2.2 ระยะเวลาในการดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

กลุ่มศึกษา ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มศึกษา ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง คือ ก่อนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ก่อนการให้ Intervention; 0 เดือน) หลังจากนั้นอีก 4 เดือนถัดมา ก็ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มศึกษา ครั้งที่ 2 หลังการทดลอง คือ หลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (หลังการให้ Intervention; 4 เดือน)

กลุ่มควบคุม ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มควบคุม ครั้งที่ 1 ก่อนการทดลอง คือ ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ไม่มีการให้ Intervention; 0 เดือน) หลังจากนั้นอีก 4 เดือนถัดมา ก็ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มควบคุม ครั้งที่ 2 หลังการทดลอง คือ ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ไม่มีการให้ Intervention; 4 เดือน)

1.5) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

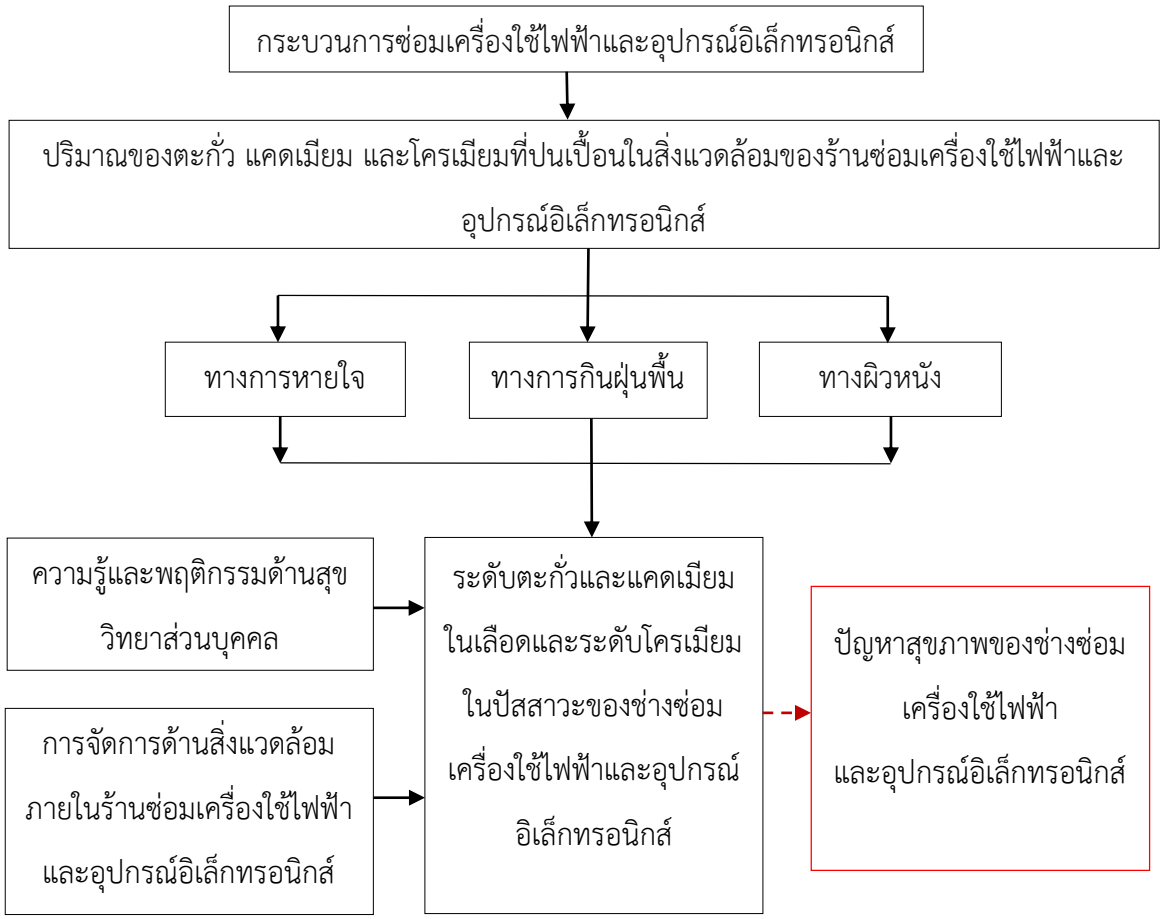
1) ได้ข้อมูลระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงข้อมูลปัญหาสุขภาพอนามัยเบื้องต้นของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ทราบถึงสถานการณ์ปัญหาสุขภาพในปัจจุบันของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงปัญหาสุขภาพอนามัยเบื้องต้นของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลต่างๆ ซึ่งลดความเสี่ยงในการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดทำมาตรการเพื่อเฝ้าระวัง ป้องกัน แก้ไข และลดปัญหาการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3) การศึกษาครั้งนี้เป็นการกระตุ้นให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสนใจมลพิษและโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงาน เนื่องจากโลหะหนักส่งผลให้ให้มีการป้องกันและแก้ไขสารโลหะหนักที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยของการศึกษาครั้งนี้ ได้แสดงไว้ใน รูปที่1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เครื่องใช้ไฟฟ้า (Electric) คือ อุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้า (Electric Current) ทำงาน เช่น พัดลม ตู้เย็น ซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้กินไฟมาก ในทางกลับกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อิเล็กตรอน (Electron) ทำงาน เช่น วิทยุ โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้กินไฟน้อยกว่าอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เมื่ออุปกรณ์เหล่านี้ชำรุดเสียหายก็จะถูกส่งไปยังร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แต่ถ้าหากอุปกรณ์เหล่านี้ไม่เป็นที่ต้องการแล้วหรือหมดอายุการใช้งานเนื่องจากเสื่อมสภาพ ก็จะกลายเป็นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE) หมายถึง ซากเครื่องใช้ที่หมดอายุการใช้งาน หรือล้าสมัยตกรุ่น แบ่งเป็น 10 ประเภท ได้แก่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

1) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดใหญ่ เช่น ตู้เย็น เครื่องทำความเย็น เครื่องซักผ้า และเครื่องล้างจาน ฯลฯ

2) เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนขนาดเล็ก เช่น เครื่องดูดฝุ่น เตารีด เครื่องปิ้งขนมปัง และมีดโกนไฟฟ้า ฯลฯ

3) อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology; IT) เช่น คอมพิวเตอร์เมนเฟรม โน้ตบุ๊ก เครื่องสแกนภาพ เครื่องโทรสาร และโทรศัพท์มือถือ ฯลฯ

4) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค เช่น วิทยุ โทรทัศน์ กล้อง เครื่องบันทึกวีดีโอ และเครื่องดนตรีที่ใช้ไฟฟ้า ฯลฯ

5) หลอดไฟให้แสงสว่าง เช่น หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และหลอดโซเดียม ฯลฯ

6) เครื่องมือการแพทย์ เช่น เครื่องวัดความดัน ปรอทวัดไข้ ฯลฯ

7) เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องจับควัน และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ฯลฯ

8) ของเล่นยอดนิยม เช่น เกมส์บอยส์ เกมส์เพลย์ ฯลฯ

9) เครื่องมือไฟฟ้า เช่น สว่าน เลื่อยไฟฟ้า ฯลฯ

10) เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ เช่น เครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ ฯลฯ

จะเห็นได้ว่า ซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วแล้ว ยังพบว่า ส่วนประกอบที่เป็นสารอันตราย เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ฯลฯ ซึ่งการจัดการที่ไม่เหมาะสม อาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของสารอันตรายสู่สิ่งแวดล้อม และมีความเสี่ยงที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.2 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

โดยทั่วไปองค์ประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ โลหะ พลาสติก และอื่นๆ หากพิจารณาตามประเภทผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบบางอย่างที่คล้ายกัน เช่น จอ LCD (Liquid Crystal Display) ที่มีใช้ในหลายประเภทผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมถึงจอโทรทัศน์ จอคอมพิวเตอร์ทั้งแบบตั้งโต๊ะและแบบพกพา ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งชิ้นส่วนพื้นฐานอื่นๆ เช่น โลหะ พลาสติก และแก้ว วัสดุหรือองค์ประกอบเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยวิธีการและเทคโนโลยีการรีไซเคิลรูปแบบต่างๆ ดังนั้นแม้จะมีเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายประเภท แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการถอดแยกชิ้นส่วนและรีไซเคิลแล้วจะผ่านกระบวนการลักษณะเดียวกันตามประเภทวัสดุ ส่วนวัสดุที่มีสารอันตรายหรือชิ้นส่วนที่มีความยุ่งยากในการจัดการจะถูกแยกออกมาจัดการเฉพาะในสถานประกอบการซึ่งมีระบบควบคุม บำบัด หรือกำจัดมลพิษที่ได้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และต้องป้องกันมิให้สารอันตรายที่อยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากการจัดการอย่างไม่ถูกต้องแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547)

2.2.1 โทรทัศน์ (Television)

โทรทัศน์ มีวิวัฒนาการจากโทรทัศน์ขาวดำมาเป็นโทรทัศน์สีที่ใช้หลอดภาพรังสีคาโทดหรือที่เรียกว่า หลอดภาพซีอาร์ที (Carthode Ray Tube; CRT) ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายได้แก่ ตะกั่วในจอภาพ สารโบรมีนในพลาสติกและสายไฟ (สารหน่วงไฟ) แคดเมียมในสายไฟ ปัจจุบันมีการเปลี่ยนมาใช้จอพลาสมาและจอภาพผลึกเหลว หรือที่เรียกว่าจอภาพแอลซีดี (LCD) ซึ่งกำลังนิยมในปัจจุบันและมีส่วนประกอบที่เป็นอันตราย คือ ผลึกเหลว (Liquid Crystals) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ (Organic Compound) กว่า 10-20 ชนิด หลายชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น Phenylcyclohexane, Cyclohexane, Biphenyl, Pyrimidine, ปรอทในหลอด Back Light, สารเคลือบจากจอสี, แหล่งจ่ายไฟฟ้า, แบตเตอรี่ และอุปกรณ์ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) องค์ประกอบหลักของโทรทัศน์ ที่ใช้หลอดภาพรังสีคาโทด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรทัศน์ที่ใช้หลอดภาพรังสีคาโทด

ชิ้นส่วน/วัตถุดิบหลัก	**สัดส่วนร้อยละของวัสดุดิบ**
<u>หลอดภาพรังสีคาโทด</u>	
ตะกั่วออกไซด์	6.61
แคดเมียม	0.03
แก้ว	57
<u>แผงวงจร</u>	
เตตราโบรโมบิสฟีนอล เอ (Tetrabromobisphenol A)	2.09
<u>พลาสติก</u>	
เตตราโบรโมบิสฟีนอล เอ (Tetrabromobisphenol A)	2.22
สายไฟ	5.94
โลหะ	10
ทองแดง	3

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

2.2.2 คอมพิวเตอร์ (Computer)

คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยมีคอมพิวเตอร์เฉลี่ย 1-2 เครื่องต่อครัวเรือน คอมพิวเตอร์สามารถแยกได้หลายประเภท ได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer; PC) ซึ่งแบ่งย่อยเป็นชนิดตั้งโต๊ะ, ชนิดตั้งพื้น และชนิดพกพา เช่น แล๊ปท๊อป หรือโน้ตบุ๊ก เป็นต้น ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ หน่วยประมวลผล (Central Processing Unit; CPU) การ์ดแสดงผล หน่วยความจำ อุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น เมาส์ แป้นพิมพ์ ไมโครโฟน และลำโพง เป็นต้น ส่วนจอคอมพิวเตอร์ มีทั้งแบบ CRT และ LCD กระบวนการรีไซเคิลจึงสามารถจัดกลุ่มเดียวกับจอโทรทัศน์ได้ตามประเภทของจอ ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายของคอมพิวเตอร์ คือ จอคอมพิวเตอร์ทั้งแบบจอ CRT และ จอ LCD ดังที่อธิบายในส่วนของโทรทัศน์ ซึ่งเป็นสารพิษชนิดเดียวกัน ได้แก่ โบรมีน ตะกั่ว และแคดเมียม (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2548) ส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

ชิ้นส่วน/วัตถุดิบหลัก	สัดส่วนของวัสดุดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
พลาสติก	22.99
แก้ว	24.88
โลหะ	60.64
ตะกั่ว	6.3
อะลูมิเนียม	14.17
เหล็ก	20.47
ทองแดง	6.92
นิกเกิล	0.85
สังกะสี	2.2
โคบอลต์	0.01
แคดเมียม	0.01
อื่นๆ	0.78

ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2548

2.2.3 ตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน (Household Refrigerator)

ตู้เย็น มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ เหล็กที่เป็นส่วนประกอบของมอเตอร์, คอมเพรสเซอร์, แผงร้อน และแผงเย็น โครงภายนอกที่เป็นพลาสติก, หลอดไฟ, ยาง, สารทำความเย็น, ฉนวนกันความร้อน (โฟมโพลียูรีเทน), แก้ว, พลาสติก, แผงสายไฟ, น้ำมัน, พัดลม และตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ประกอบด้วยส่วนต่างๆ 3 ส่วน คือ 1) ตัวโครงสร้างประกอบด้วย เหล็ก, อะลูมิเนียม, โพลียูรีเทน, พลาสติกอื่นๆ และยาง 2) ส่วนปฏิบัติการ (Working Media) ประกอบด้วย น้ำยาแอร์ (Compressor Oils), สารเยือกแข็ง (CFC-12) และ Polyurethane Foaming Agent (CFC-11) และ 3) ส่วนอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วย รีเลย์ที่มีส่วนผสมของปรอท (Mercury Relays) หรือมีตัวเก็บประจุ ซึ่งประกอบด้วย Polychloroniated Biphenyl (PCBs), คอมเพรสเซอร์, พลาสติก, แก้ว และสายไฟ

ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายของตู้เย็นรุ่นเก่า คือ สารทำความเย็นที่ใช้คลอโรฟลูออโรคาร์บอน Chlorofluorocarbon (CFC) ส่วนตู้เย็นรุ่นใหม่จะใช้สารทำความเย็นทดแทน เช่น HFC (Hydrofluorocarbon) เนื่องจากส่วนประกอบหลายอย่างของตู้เย็นคล้ายกับเครื่องปรับอากาศ จึงสามารถ

เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลและการบำบัดสารทำความเย็น CFC ร่วมกันได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ส่วนประกอบของตู้เย็นสำหรับใช้ในบ้าน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของตู้เย็นขนาด 6.4 Q และขนาด 10 Q 1 เครื่อง

วัตถุดิบหลัก	**น้ำหนักเฉลี่ยขนาด 6.4 Q (1 ประตู) (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**	**น้ำหนักเฉลี่ยขนาด 10 Q (2 ประตู) (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**
เหล็ก	45	53
โพลียูรีเทน	12	8
พลาสติกอื่นๆ	27	16
ทองแดง	5	6
อลูมิเนียม	3	3
ตะกั่ว	0.03	0.03
แก้ว	1.5	1.5
สี	0.8	0.8
อื่นๆ	1.04	1.04

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

2.2.4 เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner)

เครื่องปรับอากาศมีอัตราการใช้งานสูง และมีหลายชนิดเป็นที่นิยมในปัจจุบันซึ่งเห็นได้ทั่วไปตามบ้านพักอาศัยและสำนักงาน มีทั้งแบบติดผนัง, แบบตั้งพื้น และแบบแขวนเพดาน สำหรับรุ่นใหม่ๆ จะเป็นแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายของเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่า ได้แก่ สารทำความเย็นที่ใช้คลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) ซึ่งเป็นสารประกอบที่เกิดจากคลอรีน (Cl), ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) ซึ่งสาร CFC นี้มีความเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) ส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องปรับอากาศ

วัตถุดิบหลัก	**น้ำหนักเฉลี่ยเครื่องปรับอากาศ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**
เหล็ก	55
พลาสติก	35
ทองแดง	17
อลูมิเนียม	7
อื่นๆ	10

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

2.2.5 เครื่องซักผ้า (Washing Machine)

ส่วนประกอบของเครื่องซักผ้า ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องซักผ้า

วัตถุดิบหลัก	**น้ำหนักเฉลี่ยเครื่องซักผ้า (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**
เหล็กและเหล็กกล้า	73.7
พลาสติก	36
ทองแดง	4
อะลูมิเนียม	4.5
อื่นๆ	4

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

2.2.6 โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีการใช้งานเพิ่มสูงมาก ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ แผงวงจรที่มี PCB (Printed Circuit Board), เสาอากาศทำมาจากโลหะและสายไฟ, หน้าจอผลึกเหลว (LCD), แก้ว และแบตเตอรี่ (Nickel Cadmium (NiCd); Nickel Metal Hydride (NiMH) และ Lithium Ion (Li-ion) ซึ่งมีความนิยมสูงสุด), กรอบหน้ากากทำมาจากพลาสติกโพลีคาร์บอเนต หรือ Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) และอาจมีโลหะเคลือบและอุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น หูฟัง สายชาร์จไฟ เป็นต้น ส่วนประกอบที่เป็นอันตรายใน

โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ ได้แก่ จอภาพ LCD และแบตเตอรี่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ส่วนประกอบของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ

วัตถุดิบหลัก	**น้ำหนักเฉลี่ยโทรศัพท์มือถือ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)**
พลาสติก	~ 40
แก้วและเซรามิกส์	~ 15
ทองแดง	~ 15
อะลูมิเนียม	~ 3
เหล็ก	~ 3
ดีบุก	~ 1
โบรมีน	~ 1
โครเมียม	~ 1
ตะกั่ว	~ 1
ทองคำ	~ 1
โลหะเงิน	~ 1
แพลเลเดียม	~ 1
สารหนู	~ 1
แบเรียม	~ 1
เบริลเลียม	~ 1
โลหะชนิดอื่นๆ	~ 0.1

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2553

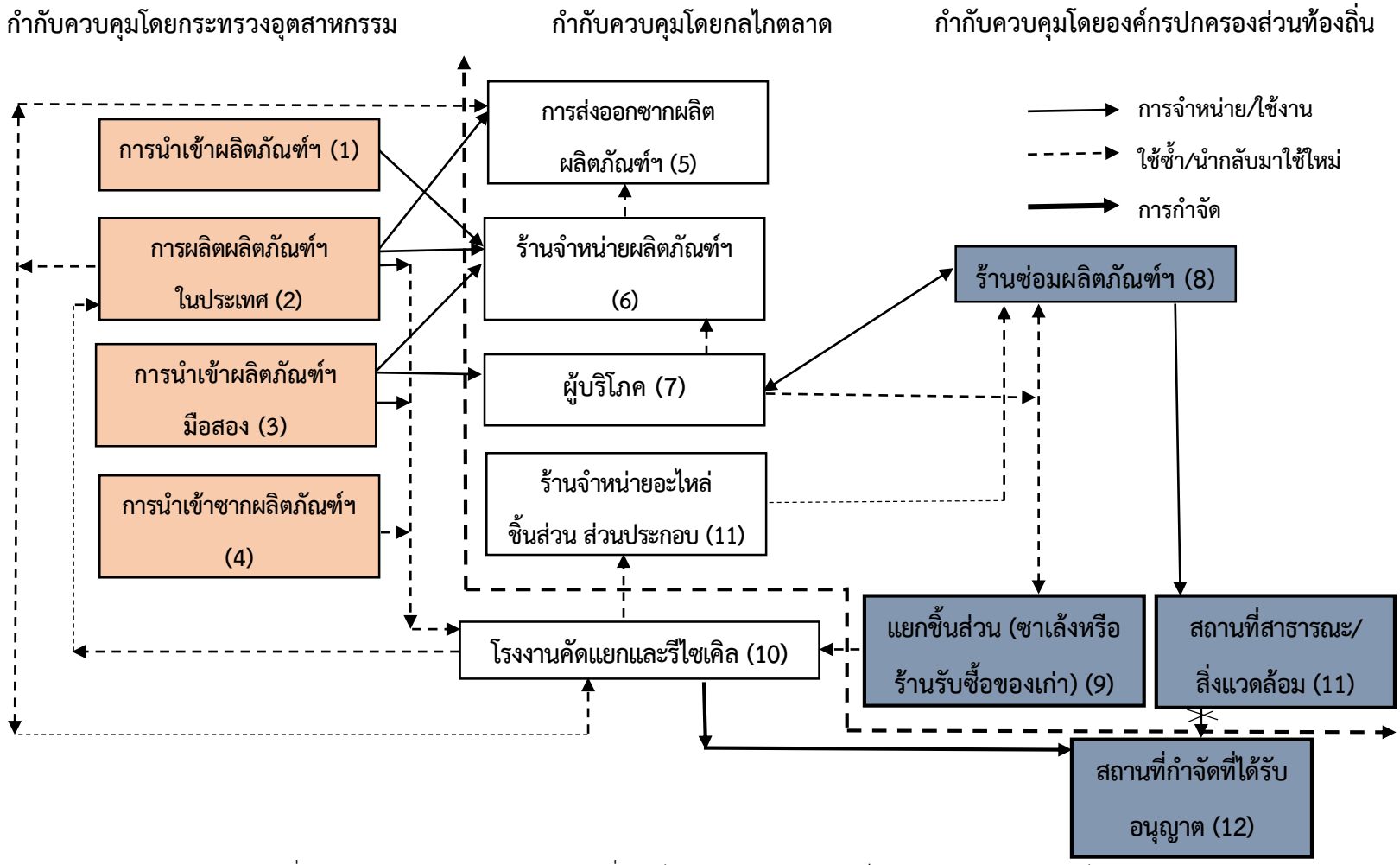
2.3 วงจรผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งกำเนิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การใช้สารพิษที่เป็นอันตรายอย่างโลหะหนัก (ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม) และสารทนไฟ (PBDEs) ในกระบวนการผลิต ที่สามารถก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารอันตรายเหล่านี้ ในสิ่งแวดล้อมและส่งผลต่อสุขภาพของคนงาน วงจรผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นแหล่งกำเนิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลากหลายทาง โดยเริ่มตั้งแต่การนำเข้าผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มือสอง โดยผลิตภัณฑ์เหล่านั้นถูกนำมาจำหน่ายแก่ผู้บริโภค โดยผ่านร้านจำหน่ายอีกทอดหนึ่ง ภายหลังจากการบริโภคแล้ว เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมสภาพแต่ยังสามารถใช้งานได้อยู่ จะถูกนำไปซ่อมที่ร้านซ่อมและนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมสภาพจนไม่สามารถใช้งานได้อีก ผู้บริโภคจะขายให้แก่ซาเล้งหรือร้านรับซื้อของเก่า ซึ่งเป็นแหล่งรวบรวมและแยกชิ้นส่วนซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยแยกชิ้นส่วนและซากที่มีมูลค่าสามารถรีไซเคิลได้ก็จะขายแก่โรงงานรีไซเคิล สำหรับชิ้นส่วนหรือซากที่ไม่มีมูลค่าและจัดเป็นของเสียอันตรายที่ต้องได้รับการจัดการโดยวิธีเฉพาะจะถูกทิ้งรวมไปกับขยะทั่วไปและให้เทศบาลจัดเก็บไปกำจัดอย่างไม่ถูกหลักวิชาการ แผนภาพวงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สะท้อนให้เห็นปัญหา คือ การแยกชิ้นส่วนซากอย่างไม่ถูกต้องโดยซาเล้งหรือร้านรับซื้อของเก่า และการจัดการซากที่เหลือจากการแยกชิ้นส่วนอย่างไม่ถูกต้อง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2

2.4 อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากผลการศึกษาโครงการจัดทำมาตรการเรียกคืนผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งได้มีการสำรวจอายุการใช้งานเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ ที่ถูกทิ้งจากผู้ใช้งาน สรุปผลได้ดังตารางที่ 7



รูปที่ 2 รูปแบบวงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

ตารางที่ 7 อายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลิตภัณฑ์	อายุการใช้งานเฉลี่ย
โทรทัศน์	18 ปี
ตู้เย็น	14 ปี
เครื่องซักผ้า	12 ปี
เครื่องปรับอากาศ	10 ปี
เครื่องคอมพิวเตอร์	7 ปี
จอคอมพิวเตอร์แบบ CRT	9 ปี
เครื่องโทรศัพท์มือถือ	2 ปี
แบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ	1 ปี

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2547

2.5 การซ่อมแซมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

กระบวนการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้ (รูปที่ 3) (อรอนงค์ คงสวัสดิ์, 2560)

1) ขั้นตอนการรับงานจากลูกค้า ร้านซ่อมจะรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดจากลูกค้าผู้ใช้บริการ จากการสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พบว่ารูปแบบการบริการของร้านในการรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายจากลูกค้ามี 2 รูปแบบ คือ

1.1) ลูกค้านำเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายมาส่งที่ร้านด้วยตัวเอง

1.2) ช่างซ่อมจะไปรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายจากที่พักอาศัยของลูกค้า และนำมารวบรวมไว้ที่ร้าน หลังจากนั้นทางร้านจะจัดลำดับการซ่อมโดยเรียงตามลำดับการส่งและรับมาจากลูกค้า แล้วทำการสำรวจส่วนที่ชำรุดเสียหายเพื่อพิจารณาการซ่อมแซมต่อไป

2) ขั้นตอนการสำรวจสภาพปัญหาและจุดที่ชำรุดเสียหาย

ช่างผู้ปฏิบัติงานจะทำการตรวจสอบสภาพการชำรุดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพิจารณาความชำรุดเสียหายในเบื้องต้น ตลอดจนพิจารณารูปแบบและขั้นตอนในการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย

3) ขั้นตอนการถอดชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

หลังจากการตรวจสอบในเบื้องต้นแล้ว ช่างซ่อมจะทำการถอดชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละส่วนออก เพื่อตรวจสภาพภายในอย่างละเอียดและพิจารณาการซ่อมบำรุงให้ตรงจุด โดยหากไม่มีความเสียหายของระบบวงจรหรือแผงอิเล็กทรอนิกส์ จะทำการสำรวจชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความเสียหายและทำการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่ หากมีความเสียหายของแผงวงจร หรือเกิดการชำรุดของชิ้นส่วนจะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

4) ขั้นตอนการเชื่อม บัดกรี หลอมโลหะ

เป็นขั้นตอนที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสไอควัน (Fumes) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากช่างซ่อมจะต้องปฏิบัติงานโดยมีการเชื่อม การบัดกรี และในบางชิ้นงานจะมีขั้นตอนการหลอมโลหะด้วย ซึ่งในกระบวนการดังกล่าว จะส่งผลให้เกิดไอควันของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม แล้วเกิดการฟุ้งกระจายในสถานที่ปฏิบัติงาน

5) ขั้นตอนการเปลี่ยนอะไหล่

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีความเสียหายในส่วนของแผงวงจรไฟฟ้าหรือแผงอิเล็กทรอนิกส์ ช่างซ่อมจะทำการตรวจสอบและดำเนินการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ใหม่เพื่อให้สามารถใช้งานได้ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ในการปฏิบัติงานของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะเป็นพื้นที่แคบ และการปฏิบัติงานจะอยู่ในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงกัน ดังนั้นในขณะปฏิบัติงานในพื้นที่ที่แม้จะไม่ได้ทำการเชื่อมหรือบัดกรี ช่างซ่อมก็มีโอกาสสัมผัสไอควัน หรือฝุ่นโลหะ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่มีการฟุ้งกระจายและเกิดการตกสะสมบนพื้นที่ปฏิบัติงานได้ตลอดเวลา

นอกจากนี้ชิ้นงานบางส่วนที่ผ่านการเชื่อม การบัดกรี หรือการหลอมโลหะแล้วเสร็จ จะนำเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนอะไหล่ต่อเนื่องกันไป เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของชิ้นงานตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

6) ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

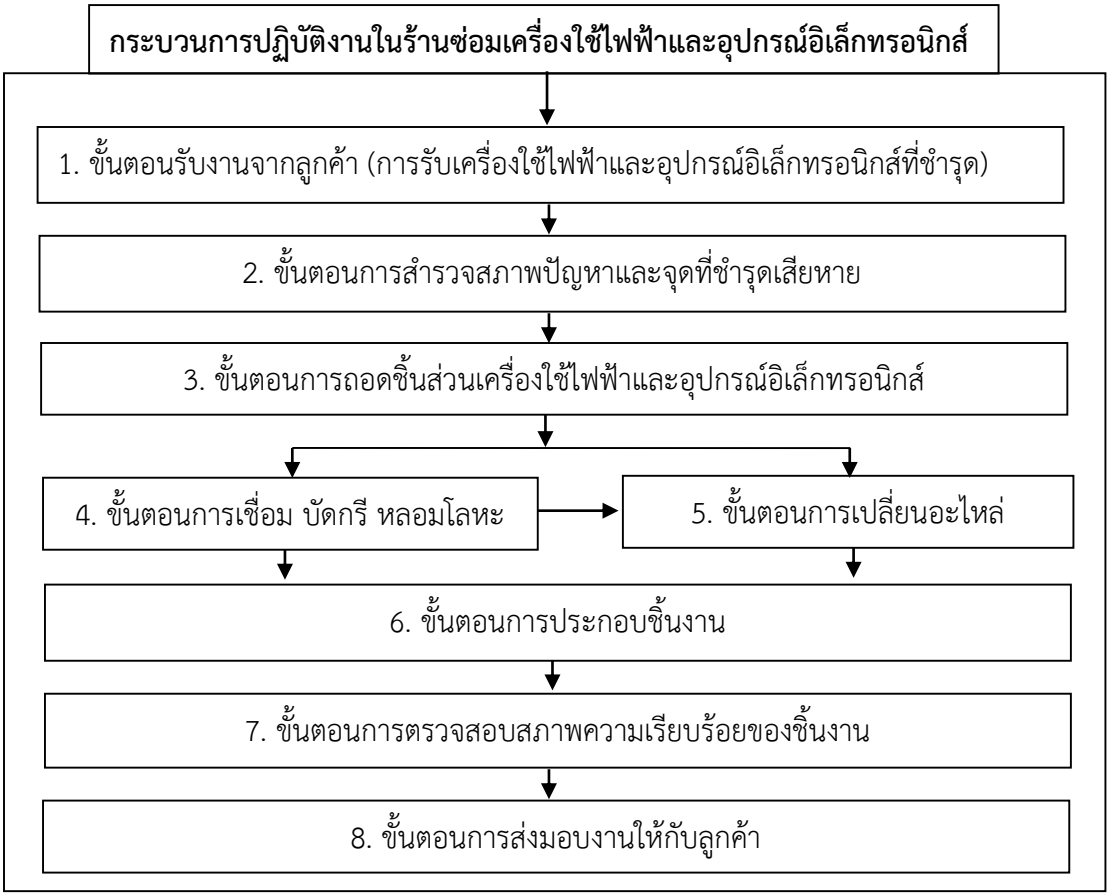
หลังจากช่างซ่อมดำเนินการซ่อมแซมความเสียหายและจุดชำรุดทุกจุดแล้วเสร็จ ก็จะดำเนินการประกอบชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เข้าสู่รูปแบบเดิม เพื่อเตรียมความพร้อมในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป

7) ขั้นตอนการตรวจสอบสภาพความเรียบร้อยของชิ้นงาน

ช่างซ่อมจะนำเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการซ่อมแซมเรียบร้อยแล้วมาทำการทดสอบการใช้งานและตรวจสอบสภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกครั้งหนึ่ง เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพการใช้งานก่อนถึงมือลูกค้า

8) ขั้นตอนการส่งมอบงานให้กับลูกค้า

เป็นขั้นตอนการส่งมอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการซ่อมแซม การทดสอบการใช้งาน และการตรวจสอบสภาพเรียบร้อยแล้วให้แก่ลูกค้าผู้ใช้บริการ



รูปที่ 3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: (อรอนงค์ คงสวัสดิ์, 2560)

2.6 โลหะหนัก

โลหะหนักส่วนใหญ่ จัดอยู่ในกลุ่ม Transition Metals และจัดอยู่ในกลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นธาตุที่คงตัว สลายตัวได้ช้าในกระบวนการธรรมชาติ แต่ลักษณะทางเคมีจะเปลี่ยนไปเป็นสารพิษ เป็นผลมาจากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญสารโลหะหนักและสารโลหะหนักจะไปสะสมในเนื้อเยื่ออ่อนได้ แม้ว่าในร่างกายจะมีปริมาณสารโลหะหนักที่ไม่มาก แต่ก็ส่งผลต่อร่างกายได้ เพราะสารโลหะหนักรบกวนการทำงานของแร่ธาตุต่างๆ ในร่างกาย เช่น การสร้างพลังงาน การใช้สารอาหาร และการสร้างฮอร์โมน เป็นต้น ส่งผลให้ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายหยุดชะงักไป ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ อายุ น้ำหนัก และความต้านทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ส่วนใหญ่โลหะหนักจะมีประโยชน์ต่อกิจกรรมของมนุษย์เพราะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม, เกษตรกรรม และยารักษาโรค เป็นต้น

โลหะหนักสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน การหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนัง โลหะหนักส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางปัสสาวะ โลหะหนักบางชนิดในรูปสารประกอบอินทรีย์ เช่น Methyl Mercury จะถูกดูดซึมกลับได้อีกโดยผ่านตับเข้าสู่น้ำดีไปยังลำไส้ (Enterohepatic Circulation) ดังนั้นจึงทำให้สามารถอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น นอกจากนี้โลหะหนักยังอาจถูกขับออกทางน้ำนม ผม เล็บ และการหลุดลอกของผิวหนัง (มธุรส รุจิรวัฒน์ และจุฑามาส สัตยาวิวัฒน์, 2549) ดังแสดงในรูปที่ 4

2.6.1 ตะกั่ว (Lead; Pb)

ตะกั่ว (Pb) เป็นโลหะสีเทาเงิน มีความอ่อนตัว เหนียว ตะกั่วมีเลขอะตอมลำดับที่ 82 เป็นธาตุที่ 5 ของหมู่ IVA ในตารางธาตุ จัดเป็นโลหะ น้ำหนักอะตอม 207.19 Atomic mass unit (amu) จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,737 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญคือ +2, +4 ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เนื่องจากเป็นสารที่นำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย และมีสมบัติที่อ่อน ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ตะกั่วที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 ประเภท คือ ตะกั่วอนินทรีย์ ได้แก่ โลหะตะกั่ว ใช้ผสมในแท่งโลหะผสมหรือผงเชื่อมบัดกรีโลหะ ใช้ทำแบตเตอรี่ และใช้ทำสีทาบ้าน เป็นต้น ส่วนตะกั่วอินทรีย์ ได้แก่ ตะกั่วเตทตระเอทธิล และตะกั่วเตทตระเมทธิล ซึ่งตะกั่วทั้งสองชนิดนี้ ใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ ตะกั่วเป็นสารประกอบหลักในลวดบัดกรี ในแบตเตอรี่, แผ่นวงจร, หน้าจอ CRT, หน้าจอ LCD และฮาร์ดดิสก์ (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553; กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

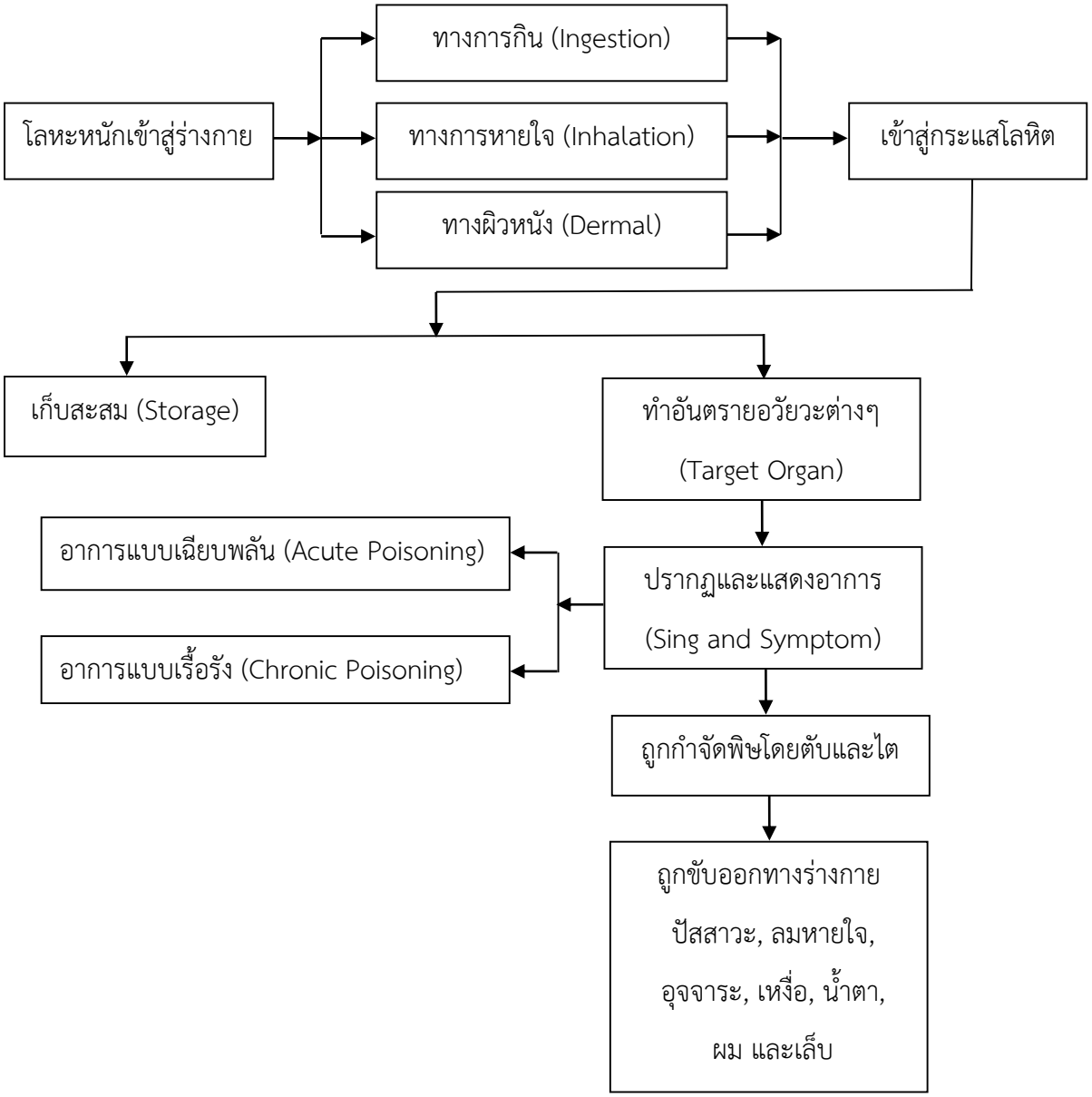
2.6.1.1 งานและอาชีพที่มีความเสี่ยงในการสัมผัส

งานและอาชีพที่เสี่ยงต่อการสัมผัสตะกั่ว ได้แก่ การทำเหมืองแร่ตะกั่ว การทำแบตเตอรี่ งานเชื่อมโลหะหรือดัดโลหะ งานขัดผิวโลหะ งานทาสีหรือพ่นสี งานทำเหล็กกล้า งานผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โรงพิมพ์ อุตสาหกรรมผลิตและบรรจุยากำจัดศัตรูพืช งานทำเซรามิก งานเครื่องประดับโลหะ งานซ่อมรถยนต์หรืออู่ซ่อมเรือ อุตสาหกรรมผลิตสี อุตสาหกรรมผลิตท่อ แผ่นโลหะ ชุบโลหะ โรงงานผลิตกระสุนปืน เป็นต้น

2.6.1.2 สาเหตุและกลไกการก่อโรค

ตะกั่วทำให้เกิดอันตรายได้อย่างรุนแรง มีผลต่อหลายระบบของร่างกาย 1) รบกวนการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในร่างกาย 2) รบกวนการทำงานของไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) และ 3) รบกวนการสร้างสารสื่อประสาทในเซลล์ มีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดในร่างกาย การทำงานของระบบประสาท ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และระบบหมุนเวียนโลหิต เป็นต้น ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ 1) ทางการกิน จากการปนเปื้อนของตะกั่ว พบว่าร้อยละ 70-85 ของตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายคนปกติได้จากอาหาร 2) ทางการหายใจ มักพบได้บ่อยในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเกิดจากการหายใจเอาไอควัน จากการหลอมตะกั่ว หรือเชื่อมโลหะ เข้าไป เนื่องจากไอควันตะกั่วมีโมเลกุลเล็กจึงดูดซึมผ่านปอดได้อย่างรวดเร็ว 3) การดูดซึมทางผิวหนัง เกิดเฉพาะตะกั่วอินทรีย์ อาชีพที่เสี่ยงต่อการรับสัมผัส ได้แก่ คนงานที่ทำงานในปั๊มน้ำมัน ช่างซ่อมเครื่องยนต์ เป็นต้น

ผลกระทบจากสารตะกั่ว ทั้งอาการเฉียบพลันและเรื้อรัง โดยตะกั่วจะถูกดูดซึมจากลำไส้แล้วเข้าสู่ตับโดยผ่านทางเส้นเลือดดำ บางส่วนจะถูกขับออกทางน้ำดีและอุจจาระ ถ้าหากตะกั่วเข้าสู่กระแสเลือดส่งผลให้ตะกั่วแพร่กระจายไปทั่วร่างกาย และไปสะสมอยู่ที่เส้นผมและตามเนื้อเยื่ออ่อน ทำให้มีอาการรุนแรงเฉียบพลันได้ ซึ่งเด็กจะดูดซึมตะกั่วได้ดีกว่าผู้ใหญ่ หลังจากเข้าสู่ร่างกายตะกั่วจะเข้าไปในกระแสเลือดโดยร้อยละ 99 จะเข้าไปเกาะกับเม็ดเลือดแดง ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 ของตะกั่วจะถูกขับทางปัสสาวะ และส่วนที่เหลือจะถูกขับทางอุจจาระ เส้นผม เล็บ และเหงื่อ



รูปที่ 4 แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของโลหะหนักและการกำจัดโลหะหนักออกจากร่างกาย

ที่มา: สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย, 2545

2.6.1.3 อาการและอาการแสดง

2.6.1.3.1 โรคพิษตะกั่วชนิดเฉียบพลัน

โรคพิษตะกั่วชนิดเฉียบพลัน เกิดขึ้นเมื่อได้รับสารตะกั่วเข้าไปในร่างกายปริมาณมากในช่วงเวลาสั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการกิน จะมีอาการ ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง และเลือดจาง เป็นต้น

2.6.1.3.2 โรคพิษตะกั่วชนิดเรื้อรัง

โรคพิษตะกั่วชนิดเรื้อรังซึ่งเกิดจากการได้รับสารตะกั่วปริมาณน้อยเป็นระยะเวลานานๆ โดยมีอาการ

1) ทางระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ปวดท้อง ท้องผูก

2) ทางระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ ปวดหัว สั่น เดินเซ

3) อาการทางระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ ปลายประสาทอักเสบ ทำให้เกิดข้อมือตก (Wrist Drop)

4) ระบบโลหิต ได้แก่ ภาวะโลหิตจาง ท่อกรวยไตอักเสบ เกิดพังผืดที่ไต

5) ระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ ทำให้เป็นหมัน ทำให้คลอดก่อนกำหนด พัฒนาการของสมองเด็กไม่ดี เป็นต้น (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

2.6.1.4 การขับถ่าย (Excretion) เมื่อตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย

ตะกั่วจะถูกสะสมที่กระดูกและฟันมากที่สุด คือ ร้อยละ 90 รองลงมา คือ อยู่ในเลือด ตะกั่วที่ถูกดูดซึมในร่างกายจะถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ รองลงมา คือ อุจจาระ และส่วนน้อยที่ขับออกทางผม เล็บ เหงื่อ (Internationnal Programme on Chemical Safety (IPCS), 1995) ค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ของตะกั่วในเลือด (Blood Cells) 35 วัน, ในกระดูก มากว่า 20 ปี และในเนื้อเยื่ออ่อน 19 วัน (Agency for toxic Subatances and Disease Registry (ATSDR), 2007a; ACGIH, 2017a)

2.6.1.5 คุณสมบัติก่อมะเร็ง (IARC)

International Agency for Research on Cancer (IARC) จำแนกสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว เป็นสารเคมีที่จัดว่าอาจจะก่อมะเร็งในมนุษย์ Group 2A carcinogens: The agent (mixture) is probably carcinogenic to humans (IARC, 1987)

2.6.1.6 การตรวจทางห้องปฏิบัติการ

1) ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (Complete Blood Count; CBC) จะพบได้ในผู้ป่วยโรคพิษตะกั่วเรื้อรัง มีภาวะเม็ดเลือดจางชนิด Normochromic Normocytic และเม็ดเลือดแดงมี Basophilic Stippling

2) การตรวจอื่นๆ เพื่อแยกโรคตามแต่อาการหรืออาการที่แสดง เช่น การตรวจการนำกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (Electromyogram) และการตรวจความเร็วการนำสัญญาณประสาท (Nerve Conduction Velocity)

3) การตรวจหาระดับตะกั่วในเลือดและปัสสาวะ เพื่อหาแนวทางป้องกัน

2.6.1.7 เกณฑ์การวินิจฉัยโรค

1) อาการของโรคพิษตะกั่ว ที่เกิดจากตะกั่วอนินทรีย์มีอาการ ได้แก่ ซีดอ่อนเพลีย ไม่มีแรง ปวดศีรษะ แขนขาอ่อนแรง และปวดท้อง เป็นต้น ส่วนที่เกิดจากตะกั่วอินทรีย์ ได้แก่ นอนไม่หลับ ซึม และหมดสติ เป็นต้น

2) ประวัติการทำงานที่มีการสัมผัสตะกั่ว

3) การตรวจผลกระทบของพิษตะกั่วที่มีผลต่อร่างกาย

- การตรวจนับเม็ดเลือด (CBC)
- พิษตะกั่วอนินทรีย์ ควรจะอาศัยการวิเคราะห์ระดับตะกั่วในเลือดควบคู่เพื่อยืนยันการวินิจฉัย
- มีการวินิจฉัยแยกโรคอื่นแล้ว (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

2.6.1.8 การควบคุมและป้องกัน ในกลุ่มคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับตะกั่ว

1) ควบคุมกระบวนการผลิต การควบคุมประกอบด้วยกระบวนการผลิตเป็นระบบปิด เพื่อลดการรับการสัมผัสให้น้อยที่สุด

2) การลดระยะเวลาการสัมผัสสารตะกั่ว โดยสัมผัสเฉพาะเมื่อจำเป็น จัดการเรื่องความสะอาดภายในโรงงานเพื่อให้พื้นที่ในโรงงานปราศจากฝุ่นตะกั่ว ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) ที่เหมาะสม เพื่อลดการปนเปื้อนของสารตะกั่ว

3) ให้ความรู้แก่คนงานเกี่ยวกับอันตราย และประโยชน์ในการป้องกันตะกั่ว เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ชุดหรืออุปกรณ์ป้องกันควรได้รับการทำความสะอาดหรือเปลี่ยนใหม่ทุกวัน เป็นต้น

4) การเฝ้าระวังทางการแพทย์ โดยมีการตรวจร่างกายก่อนรับเข้าทำงานและการตรวจร่างกายประจำปี

5) เฝ้าระวังด้านสภาวะแวดล้อมในการทำงาน โดยการตรวจวัดปริมาณสารตะกั่วในบรรยากาศการทำงาน

6) แนะนำให้ตรวจตะกั่วในเลือด โดยตรวจเวลาใดก็ได้ ค่ามาตรฐาน ไม่เกิน 0.3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (สตรีมีครรภ์ ควรควบคุมไม่ให้ตะกั่วในเลือดมีค่าเกิน 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) (ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา และคณะ 2540)

2.6.2 แคดเมียม (Cadmium; Cd)

แคดเมียม (Cd) เป็นธาตุที่ทนต่อการกัดกร่อน เช่น การบัดกรี และการหลอมเหล็ก เป็นต้น ทำให้มีไอควันของแคดเมียมออกมาในขั้นตอนที่มีการให้ความร้อน ซึ่งไอของแคดเมียมในอากาศจะถูกออกซิไดส์เปลี่ยนเป็นแคดเมียมออกไซด์ (CdO) นอกจากนี้แคดเมียมยังสามารถรวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้โดยเฉพาะเมื่อรวมกับ Cyanides และ Amines แคดเมียม มีเลขอะตอมหมายเลข 48 เป็นธาตุที่ 2 ของหมู่ IIB ในตารางธาตุ เป็นโลหะน้ำหนักอะตอม 112.40 amu จุดหลอมเหลว 321 องศาเซลเซียส จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญ +2 ในธรรมชาติพบแคดเมียมในรูปแบบของสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งจะพบร่วมกับสังกะสีและทองแดง โดยแคดเมียมมีการนำมาใช้ในชุบโลหะ เนื่องจากคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนของน้ำมัน เกลือโลหะของมันถูกใช้ในการทำเม็ดสีและการคงรูปพลาสติก แคดเมียมอัลลอยด์ถูกใช้ในการประสาน การเชื่อม และในแบตเตอรี่ แคดเมียมพบในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ในแบตเตอรี่, แผ่นวงจร, ชิ้นส่วนพลาสติก และโทนเนอร์ (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553; กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

2.6.2.1 งานหรืออาชีพที่เสี่ยง

งานและอาชีพที่เสี่ยงต่อการสัมผัสแคดเมียมได้แก่ การทำงานในโรงถลุงแร่สังกะสี การทำงานในโรงงานสังกะสี การทำงานในโรงงานแบตเตอรี่นิกเกิล-แคดเมียม การทำงานในโรงงานทำเม็ดสีสำหรับพลาสติก แก้ว เซรามิก และสีทาบ้าน การทำงานในอุตสาหกรรมย้อมและพิมพ์สิ่งทอ การทำงานในโรงงานสี การทำงานในโรงงานอัลลอยด์ การทำงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้า (Electroplating) การทำงานในโรงงานเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) การทำงานในโรงงานพลาสติก การทำงานในอุตสาหกรรมผลิตยาฆ่าเชื้อรา และการทำงานเชื่อม ตัด หรือบัดกรีโลหะที่มีแคดเมียมผสมอยู่ เป็นต้น

2.6.2.2 สาเหตุและกลไกการเกิดโรค

แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ 1) ทางการหายใจ ร้อยละ 10-40 โดยการหายใจเอาควัน หรือฝุ่นของแคดเมียมเข้าไปได้ ซึ่งขึ้นกับขนาดและสารประกอบของแคดเมียม 2) ทางการกิน ร้อยละ 5 โดยการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม

2.6.2.3 อาการและอาการแสดง

1) อาการเฉียบพลัน

โดยส่วนใหญ่เกิดจากการหายใจ เอาควันของแคดเมียม ที่สะสมอยู่ในบรรยากาศของสถานประกอบการที่มีระดับแคดเมียมที่มีปริมาณเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใน 8 ชั่วโมงของการทำงาน โดยจะก่อให้เกิดโรคปอดอักเสบสารเคมี และในกรณีที่รุนแรงจะเกิดภาวะปอดบวมน้ำ โดยทั่วไปจะเกิดอาการภายใน 1-8 ชั่วโมง หลังจากได้รับไอควันแคดเมียม มีอาการทั่วๆ ไปคล้ายโรคไข้หวัดใหญ่ ซึ่งอาการของโรคไข้ควันโลหะ (Metal Fume Fever) มีอาการหงุดหงิด คอและจมูกแห้ง ไอ ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย มีไข้หนาวสั่น แน่นเจ็บหน้าอก หายใจไม่สะดวก อาจมีอาการคลื่นไส้อาเจียนร่วมด้วย อาการของปอดอักเสบสารเคมี และภาวะปอดบวมน้ำ

ส่วนทางการกิน สามรถได้รับแคดเมียมมาจากการกินอาหารที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมอยู่ เกินกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลทำให้มีอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ไตวาย และอาจจะทำให้เสียชีวิตได้ หากได้รับแคดเมียม สูงเกิน 300 มิลลิกรัม

2) อาการเรื้อรัง

แคดเมียม มีผลกระทบต่อไตและกระดูก เริ่มจากส่งผลที่ท่อไตต่อด้วยการกรองของหน่วยไตเมื่อได้รับแคดเมียมมากๆ ส่งผลให้เกิดไตวายได้ ส่วนกระดูกอาจมาจากพิษของแคดเมียมโดยตรงหรือเป็นผลต่อเนื่องจากภาวะไตเสื่อม

ฝุ่นแคดเมียมออกไซด์ ทำให้เกิดพังผืดในเนื้อปอดและเกิดโรคถุงลมปอดโป่งพอง ซึ่งเกิดจากการประกอบอาชีพที่ได้รับสัมผัสไอควันของแคดเมียมสเตียร์เรต (Cadmium Stearate) เป็นระยะเวลานาน

2.1) ระบบทางเดินหายใจ

โรคถุงลมปอดโป่งพอง เกิดในผู้ปฏิบัติงานที่หายใจเอาไอควันของแคดเมียมเข้าไปในปอดเป็นระยะเวลานาน ในบรรยากาศการทำงานที่มีแคดเมียมมากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากการรายงานพบว่าได้มีผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับสัมผัสแคดเมียมผ่านทางการหายใจในบรรยากาศระดับที่สูงกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระยะเวลานาน 20 ปี เป็นสาเหตุให้เกิดโรคถุงลมปอดโป่งพอง

2.2) ระบบทางเดินปัสสาวะ

การที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับแคดเมียมในปริมาณต่ำๆ เป็นระยะเวลานานๆ อวัยวะแรกที่ได้รับผลกระทบ คือ ไต ระดับความเข้มข้นแคดเมียม 100-300 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่งผลต่อ Tubular Cell Dysfunction และการดูดซึมกลับของโปรตีนจากปัสสาวะลดน้อยลง สาเหตุเกิดจาก Tubular Proteinuria และเพิ่มการขับโปรตีนชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น Beta-2-Microglobulin ในปัสสาวะมากขึ้น เพิ่มการขับแคลเซียมและฟอสฟอรัสออกทางปัสสาวะจะมีผลกระทบต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) ของกระดูก ทำให้เกิดนิ่วที่ไตเนื่องจากมีการตรวจพบว่า Beta-2-microglobulin ในปัสสาวะ หลังจากมีการได้รับสัมผัสกับไอควันของแคดเมียมเป็นระยะเวลานาน 25 ปี (ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 224 วันต่อปี) จึงมีข้อแนะนำว่า ระดับของแคดเมียมในบรรยากาศในการทำงานควรมีระดับต่ำกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

2.6.2.4 การขับถ่าย (Excretion) เมื่อแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย

แคดเมียมเป็นธาตุโลหะที่ขับออกจากร่างกายได้ช้ามาก เนื่องจากสามารถสะสมอยู่ในเนื้อไต (Kidney) และจะค่อยๆ ขับออกจากร่างกายโดยใช้เวลานาน ค่าครึ่งชีวิตของแคดเมียมในปัสสาวะ 10-30 ปี การตรวจระดับแคดเมียมในปัสสาวะจึงเป็นการตรวจเพื่อประเมินการสัมผัสในระยะยาว (Long-term Exposure) ส่วนค่าครึ่งชีวิตของแคดเมียมในเลือด ประมาณ 2-3 เดือน (ACGIH, 2017a) แต่ในคนที่เคยสัมผัสในปริมาณสูงหรือมีแคดเมียมสะสมอยู่ในร่างกายมาก อาจพบมีค่าครึ่งชีวิตในลักษณะแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกประมาณ 75-128 วัน และช่วงที่สอง ประมาณ 7.4-16.0 ปี (Järup *et al*, 1983)

2.6.2.5 คุณสมบัติก่อมะเร็ง

IARC จำแนกคุณสมบัติก่อมะเร็ง ของแคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ Group 1 carcinogens: Considered to be carcinogenic to humans (IARC, 2012)

2.6.2.6 การตรวจทางห้องปฏิบัติการ (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

การตรวจวินิจฉัยโรค (Diagnostic Test) โดยการวิเคราะห์หาระดับแคดเมียมในปัสสาวะ เป็นตัวบ่งถึงปริมาณของแคดเมียมที่มีอยู่ในร่างกาย หากมีระดับของแคดเมียมในปัสสาวะที่สูงกว่า 7 µg/g Creatinine บ่งถึงการเพิ่มความเสี่ยงต่อการทำให้ไตผิดปกติ จึงควรมีมาตรการควบคุมไม่ให้คนงานมีระดับแคดเมียมในปัสสาวะเกินกว่า 3 µg/g Creatinine

2.6.2.7 เกณฑ์การวินิจฉัยโรค

1) มีอาการและอาการแสดงของโรคชัดเจน ได้แก่ ระยะเฉียบพลัน จะมีอาการปอดอักเสบหรือไตวาย และอาการมีโปรตีนในปัสสาวะ โรคกระดูกอ่อน (Osteomalacia) หลอดลมโป่งพอง และระยะเรื้อรัง จะทำให้เป็นมะเร็งปอด

2) มีประวัติการสัมผัส โดยทำงานที่มีการรับสัมผัสแคดเมียมเป็นเวลานาน

3) การตรวจปัสสาวะของคนงานที่ได้รับแคดเมียมพบ Beta-2-microglobulin เกิน 750 µg/g Creatinine บ่งว่าไตมีการทำงานผิดปกติ และการตรวจเลือดของคนงานที่ได้รับแคดเมียมพบ ตั้งแต่ 10 µg/mL เป็นระดับที่เป็นอันตรายต่อร่างกายของคนงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนงานที่มีประวัติการทำงานที่มีการรับสัมผัสแคดเมียมเป็นเวลานาน ระดับของแคดเมียมในเลือดไม่ควรสูงกว่า 5 µg/mL

4) มีข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของแคดเมียมในบรรยากาศการทำงานตามที่กฎหมายกำหนด

2.6.2.8 การควบคุมและป้องกัน

1) ให้ความรู้แก่ผู้ทำงานทุกระดับที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของพิษแคดเมียม และการป้องกัน

2) มีการกำจัดฝุ่น ไอควัน ที่ดี ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ

3) มีการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในกรณีจำเป็น เช่น หน้ากาก ถุงมือ หรือรองเท้านิรภัย

4) มีสถานที่สำหรับ ล้างมือ ล้างหน้า อาบน้ำ สระผม ที่เปลี่ยนชุดทำงาน พร้อมที่เก็บอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และชุดทำงานส่วนบุคคลอย่างเพียงพอ

5) ส่งเสริมให้ผู้ทำงานมีอนามัยส่วนบุคคลที่ดี ได้แก่ การเปลี่ยนชุดปฏิบัติงาน ล้างมือ ล้างหน้า อาบน้ำ สระผม อย่างเหมาะสมและถูกต้อง หากต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลก็ควรใช้ด้วย

6) มีการตรวจสุขภาพทางอาชีวเวชศาสตร์ให้สอดคล้องกับปัญหาจากแคดเมียมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการค้นพบความผิดปกติจากแคดเมียมได้ในระยะเริ่มต้น ได้แก่ การดำเนินงานทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิษแคดเมียมและการตรวจหา Beta-2-microglobulin ในปัสสาวะ (อรพรรณ์ เมธาดิลกกุล, 2558)

2.6.3 โครเมียม (Chromium; Cr)

โครเมียม (Cr) มีสถานะเป็นของแข็ง สถานะเป็นของแข็ง สีเงินมันวาว ไม่มีกลิ่น สามารถตีขึ้นรูปได้ มีเลขอะตอมหมายเลข 24 เป็นธาตุแรกของหมู่ VIB ในตารางธาตุ จัดเป็นธาตุโลหะและโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 51.996 amu จุดหลอมเหลว 1,875 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2,199 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญ +2, +3 และ +6 โครเมียม (Cr^{3+}) เป็นธาตุที่มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ โดยเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน ส่วนโครเมียม Cr^{6+} มีความเป็นพิษสูงสุด จัดเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ โครเมียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำโลหะผสมทำให้มีความแข็ง มีความเหนียว และทนทาน ป้องกันโลหะไม่ให้เกิดสนิม และทนต่อการผุกร่อน โครเมียมบริสุทธิ์ใช้ในการชุบโครเมียมด้วยไฟฟ้า ใช้ทำเหล็กกล้าสแตนเลสทำมาจากโลหะผสมของเหล็กกล้า และนิกเกิล โครเมียมยังใช้ในการทำสารประกอบโครเมตของตะกั่ว สังกะสี และแบเรียม ซึ่งใช้ในการทำสีต่าง ๆ ใช้ในการทำพรม น้ำมันยาง และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมการฟอกหนัง ย้อมขนสัตว์ เป็นต้น (วิทยา อยู่สุข, 2549; กรมควบคุมมลพิษ, 2551; อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

2.6.3.1 งานหรืออาชีพที่เสี่ยง

งานและอาชีพที่เสี่ยงต่อการสัมผัสโครเมียม ได้แก่ งานผลิตโลหะผสมโครเมียม งานเชื่อมและชุบโลหะ งานที่ต้องใช้สีที่มีสารโครเมียม เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ งานฟอกหนัง งานย้อมผ้า งานก่อสร้างที่ใช้ปูนซีเมนต์ และงานอื่นๆ ที่ใช้สารโครเมียมในการทำงาน เป็นต้น

2.6.3.2 สาเหตุและกลไกการเกิดโรค

สารประกอบของโครเมียมอาจเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง หลัก คือ 1) ทางการหายใจ โดยการสูดดมโครเมียมและสารประกอบโครเมียม พบมากในคนงานที่ทำงานเกี่ยวกับสารโครเมียมและสารประกอบโครเมียม 2) ทางการกิน ร่างกายจะได้รับโครเมียมและสารประกอบโครเมียมจากการบริโภคอาหารน้ำดื่ม และฝุ่นที่มีการปนเปื้อน

2.6.3.3 อาการและอาการแสดง

1) อาการเฉียบพลัน

ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ส่วนใหญ่ได้รับโดยการกิน มีอาการระคายเคือง คลื่นไส้อาเจียน ไตวายเสียชีวิตได้ ส่วนการหายใจเอาฟูมของสารโครเมียม (Chrome Fume) เข้าไปจะมีอาการปวดท้อง อาเจียน ภาวะไตล้มเหลว และหมดสติ

2) อาการเรื้อรัง

อาการผิวหนังอักเสบผื่นคัน, แผลเปื่อยโครเมียมที่ผิวหนัง (Chrome Hole, Chrome Ulcer, Tanner's Ulcer) ไซนัสอักเสบ หลอดลมอักเสบ หอบหืด อาการไตอักเสบ ตับอักเสบ และมะเร็งปอด (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

2.6.3.4 การขับถ่าย (Excretion) เมื่อโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย

เมื่อโครเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้วโครเมียมจะถูกขับออกทางปัสสาวะและอุจาระ มีเพียงส่วนน้อยที่สะสมอยู่ในร่างกาย โดย Cr^{6+} จะถูกถ่ายขับทางอุจาระ และ Cr^{3+} จะถูกถ่ายขับทางไต ทางปัสสาวะ นอกจากนี้โครเมียมถูกขับออกทางน้ำดี ประมาณร้อยละ 10 ของการขับออกทั้งหมด และมีปริมาณน้อยมากที่ขับออกทางผม เล็บ และเหงื่อ ค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ของโครเมียมในปัสสาวะแบ่งเป็น 3 ระยะ (Tri-Phasic) โดยระยะแรกเป็นเวลาประมาณ 7 ชั่วโมง ระยะที่สองเป็นเวลาประมาณ 15-30 วัน และระยะที่สามเป็นเวลานาน 3-5 ปี (ACGIH, 2017a) ระดับโครเมียมในปัสสาวะจะบ่งถึง Absorption of Chromium ในระยะเวลา 1-2 วัน (มลิวรรณ บุญเสนอ, 2549)

2.6.3.5 คุณสมบัติก่อมะเร็ง

IARC จำแนกคุณสมบัติก่อมะเร็ง ของโครเมียม Cr^{6+} เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ Group 1 Carcinogens: Considered to be carcinogenic to humans (IARC, 1990) ส่วน Cr^{3+} จัดว่าอยู่ใน Group 3 Carcinogens: Unclassifiable as to carcinogenicity to humans (IARC, 1990) ซึ่งไม่จัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์

2.6.3.6 การตรวจทางห้องปฏิบัติการ

การตรวจหาปริมาณสารโครเมียม สามารถตรวจโดยใช้ใน Whole Blood และปัสสาวะของผู้ป่วยที่ได้รับโครเมียม หรือสงสัยว่ามีการสัมผัสสารโครเมียมที่เป็นพิษ เพื่อช่วยในการติดตามการรักษาของแพทย์ (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550)

2.6.3.7 เกณฑ์การวินิจฉัยโรค

1) มีอาการและอาการแสดงของโรคชัดเจน

2) มีประวัติการรับสัมผัสโดยทำงาน พบระดับโครเมียมในปัสสาวะเกิน 10 $\mu g\ g^{-1}$ Creatinine

2.6.3.8 การควบคุมและป้องกัน

1) ปริมาณฝุ่นที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เก็บรวบรวมฝุ่น ไอระเหย และทำการขจัดให้ถูกวิธี

2) รักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของคนงาน

3) การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับแคดเมียมในรูปแบบต่าง ๆ

4) ให้มีห้องน้ำทำความสะอาดร่างกาย ให้คนงานรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำ และสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน

5) มีการตรวจวัดปริมาณแคดเมียมในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ และมีการตรวจสุขภาพประจำปี (วิทยา อยู่สุข, 2549)

2.6.4 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในบรรยากาศของสถานประกอบการ

ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในบรรยากาศของสถานประกอบการ ของแต่ละหน่วยงาน สรุปได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในสถานประกอบการ

โลหะหนัก	ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่ยอมให้มีได้ในสถานประกอบการ (mg/m^3)							
	ประกาศกระทรวงมหาดไทย		NIOSH		ACGIH		OSHA	
	TWA	Ceiling	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	Ceiling
ตะกั่ว	0.20	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-
แคดเมียม	0.20	0.60	-	-	0.01	-	0.005	-
โครเมียม	1.00	0.10	0.50	-	0.50	-	0.50	0.10

ที่มา: วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556; Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2013

หมายเหตุ 1. TWA (Time Weighted Average) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน

2. STEL (Short Term Exposure Limit) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด ซึ่งปกติในเวลา 15 นาที และไม่ควรเกิดขึ้น
มากกว่า 4 ครั้ง/วัน

3. Ceiling คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้

2.7 ตัวชี้วัดทางชีวภาพ

ตัวชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) เป็นตัวชี้วัดของการเปลี่ยนแปลงในส่วนประกอบของเซลล์หรือทางชีวเคมีหรือกระบวนการ โครงสร้าง หรือบทบาทหน้าที่ วัดได้ในระบบทางชีววิทยา ตัวชี้วัดทางชีวภาพอาจจะเป็นสัญญาณแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสและการเกิดโรค อีกทั้งเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัด เป็นสัญญาณของเหตุที่จะเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นแล้วในร่างกายของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังหมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสัมผัสสารกับสุขภาพที่ผิดปกติ โดยทั่วไปตัวชี้วัดทางชีวภาพ จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ตัวชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ (Biomarkers of Exposure), ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ (Biomarkers of Effect) และตัวชี้วัดความไวรับ (Biomarkers of Susceptibility) (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข, 2552)

2.7.1 ตัวชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ

ตัวชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ (Biomarkers of Exposure) คือ ตัวสารนั้นเอง สารอนุพันธ์ หรือสารที่เป็นผลิตผลจากปฏิกิริยาทางชีวเคมี ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ในตัวอย่างทางชีวภาพจากผู้ปฏิบัติงาน เช่น การตรวจสารตะกั่วและแคดเมียมในเลือดถือเป็น Direct Biomarker ของสารตะกั่วและแคดเมียมที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย หรือการตรวจ โครเมียมในปัสสาวะ ซึ่งเป็นสาร Metabolite ของโครเมียมที่พบในปัสสาวะ ก็ถือว่าเป็น Direct Biomarker ของสารโครเมียมที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายเช่นกัน ซึ่งตัวชี้วัดประเภทนี้จะมีการใช้มากในการประเมินการสัมผัสทางอาชีวอนามัย จากการศึกษาในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักพบว่า เลือดและปัสสาวะของมนุษย์ สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การรับสัมผัสโลหะหนักจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (Hinwood *et al.,* 2013; Gil *et al*., 2011; Zubero *et al.,* 2010; Aguilera *et al*., 2008)

2.7.1.1 เลือด

เลือด (Blood) เป็นตัวกลางที่นำพาสารอาหาร น้ำ เชื้อโรค สารพิษ หรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่ร่างกายได้รับนำไปสู่ร่างกาย การตรวจเลือดจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถตรวจวัด หาสารปนเปื้อนต่างๆ ที่เข้าอยู่ในร่างกายได้อย่างแม่นยำ และรวดเร็วที่สุด ดังนั้นการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) การรับสัมผัสกับสารโลหะหนักจากการประกอบอาชีพ เพื่อประเมินการสัมผัสให้กับคนงาน โดยการตรวจเลือด (Blood Test) เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวินิจฉัยโรคทางการแพทย์

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพโดยตรง (Direct Biological Markers) คือ สารเคมีหรือค่าการตรวจวัดจากร่างกายของคนงานเพื่อดูการได้รับสัมผัสสารเคมีที่อยู่ในสถานที่ทำงาน เช่น หากต้องการตรวจดูว่าคนงานมีการสัมผัสตะกั่ว ต้องมีการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด (Blood Lead Level) ซึ่งระดับตะกั่วในเลือดเป็น “Biomarker” ของตะกั่ว (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

แนวทางการเตรียมตัวอย่างเลือด มีดังนี้

เลือด เป็นตัวอย่างทางชีวภาพ (Specimen) ที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจหาระดับสารเคมีในร่างกาย เนื่องจากเลือดทำหน้าที่เป็นพาหนะขนส่งสารเคมีไปที่ส่วนต่างๆ จึงทำให้เราสามารถทำการตรวจระดับสารเคมีที่สนใจในเลือดได้ ข้อดีของการใช้เลือดเป็นตัวอย่างทางชีวภาพคือ มีโอกาสในการปนเปื้อนระหว่างการเก็บน้อยกว่าปัสสาวะ แต่ข้อเสียคือเป็นวิธีการที่ผู้ปฏิบัติงานต้องเจ็บตัว และการเจาะเลือดจะต้องทำโดยบุคลากรทางการแพทย์เท่านั้น (ACGIH, 2017a) แนวทางในการเตรียมตัวอย่างเลือดมีดังนี้

1) ผู้ที่ทำการเจาะเลือดเพื่อเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้ปฏิบัติงาน จะต้องเป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับอนุญาตตามกฎหมายให้ทำการเจาะเลือดได้เท่านั้น เช่น แพทย์ พยาบาล และนักเทคนิคการแพทย์

2) ตัวอย่างเลือดที่นำมาใช้ในการตรวจหาตัวบ่งชี้ทางชีวภาพตามค่าอ้างอิง Thai Biological Markers (TBM) ให้เก็บตัวอย่างเลือดที่เจาะจากหลอดเลือดดำ (Venous Blood) เท่านั้น ไม่ใช้ตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดแดง (Arterial Blood) และหลอดเลือดฝอย (Capillary Blood)

3) โดยทั่วไปให้ถือว่าการกระจายตัวของสารเคมีในเลือดของผู้ปฏิบัติงานนั้นมีความเข้มข้นเท่ากันทุกส่วน การเจาะเลือดเพื่อเก็บตัวอย่างเลือดไม่ว่าเก็บจากเส้นเลือดดำที่ตำแหน่งใดก็ตาม ให้ถือว่าสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ผลได้ (ข้อควรระวังมีในกรณีที่การสัมผัสสารเคมีในผู้ปฏิบัติงานนั้นเป็นการสัมผัสทางผิวหนังที่บริเวณแขนในปริมาณสูง ระดับสารเคมีที่ตรวจได้จากตัวอย่างเลือดที่เจาะมาจากหลอดเลือดบริเวณแขนอาจสูงกว่าตัวอย่างเลือดที่เจาะมาจากหลอดเลือดบริเวณอื่นของร่างกายได้)

4) ก่อนเจาะเลือดจะต้องมีการเช็ดทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะเจาะเลือดเสียก่อน ผู้ทำการเจาะเลือดจะต้องทำความสะอาดผิวหนังจนไม่มีฝุ่นหรือคราบสารเคมีติดอยู่ที่ผิวหนังของผู้ปฏิบัติงานในบริเวณที่จะเจาะเลือด เนื่องจากหากมีฝุ่นหรือคราบสารเคมีติดอยู่ที่ผิวหนัง อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนไปกับตัวอย่างเลือดที่จะเก็บได้ การทำความสะอาดผิวหนังต้องเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol)

5) ทำการตรวจระดับโลหะในเลือด ระดับโลหะบางชนิดในเลือดนั้น ปกติมีความเข้มข้นในปริมาณที่น้อยมาก เช่น มีความเข้มข้นในระดับไมโครกรัมต่อลิตร การปนเปื้อนเพียงเล็กน้อยอาจทำให้ผลการตรวจวิเคราะห์ที่ได้ผิดไปมากได้ แหล่งของการปนเปื้อนสามารถมาได้จากทั้งการเก็บตัวอย่างเลือดมาจากผิวหนังที่ไม่สะอาด (มีฝุ่นโลหะชนิดนั้นปนเปื้อนอยู่) และการปนเปื้อนจากหลอดเก็บเลือดที่มีธาตุโลหะชนิดนั้นปนเปื้อนอยู่ (ปนเปื้อนมาตั้งแต่ในขั้นตอนการผลิต) ดังนั้นการปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆ ที่ช่วยลดการปนเปื้อนได้ควรทำอย่างเคร่งครัด

6) ให้ใช้หลอดเก็บเลือดชนิดที่ไม่มีส่วนผสมของโลหะ (Trace Element Blood Collection Tubes)

7) เมื่อทำการเจาะเลือดใส่ในหลอดเก็บเลือดแล้ว ให้ทำการผสมเลือดกับสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดโดยการตะแคงหลอดไปมาอย่างนุ่มนวล ห้ามทำการเขย่าหลอดเก็บเลือดเด็ดขาด โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่ต้องการให้เกิดภาวะเม็ดเลือดแตกตัว (Hemolysis)

8) ควรส่งตัวอย่างเลือดที่เก็บได้ไปที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น ภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากเก็บตัวอย่างเลือดมาแล้ว ถ้าต้องมีการขนส่ง ควรจัดหีบห่อในการขนส่งด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้หลอดเก็บเลือดเกิดการเสียหาย หลอดเก็บเลือดควรวางตัวอยู่ในแนวตั้งเสมอ และควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส โดยประมาณ

9) ในการเก็บตัวอย่างเลือดไว้เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างเลือดไว้ข้ามคืน จะต้องเก็บตัวอย่างเลือดนั้นไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสโดยประมาณ (ACGIH, 2017a)

2.7.1.2 การตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด (Blood Lead Level)

เป็นการคัดกรองและวินิจฉัยที่ดีที่สุดในปัจจุบัน สามารถบอกถึงการดูดซึมตะกั่วของร่างกาย รวมทั้งภาวะสมดุลของตะกั่วในเลือด กระดูก และการขับถ่ายแต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ในช่วงระยะสั้นๆ เนื่องจากการแปรเปลี่ยนทางสรีระวิทยาและการสัมผัสตะกั่วอย่างเฉียบพลันเป็นครั้งคราวในการตรวจ ควรเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำ ส่วนการการเก็บจากหลอดเลือดฝอยนั้น ตรวจคัดกรองเท่านั้น เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนกับตะกั่วในสิ่งแวดล้อมได้มาก ส่วนการตรวจระดับตะกั่วในเนื้อเยื่อ (ฟัน ผม และเล็บ) ใช้เป็นตัวบ่งชี้สำหรับการได้รับตะกั่วเป็นระยะเวลานานและเป็นการเก็บตัวอย่างที่ง่าย โดยเฉพาะผมและเล็บ ส่วนฟันนั้นใช้ได้ดีเฉพาะในกรณีฟันน้ำนมของเด็กเท่านั้น (วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม, 2542)

ในกรณีที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสตะกั่ว ให้ตรวจประเมินการสัมผัสตะกั่วในเลือด (Blood) เป็นหลักเท่านั้น (ACGIH, 2017b) โดยการตรวจตะกั่วในเลือด ถือว่าเป็นการประเมินการสัมผัสตะกั่วในระยะยาว (Long-term Exposure) โดยหากระยะเวลาการสัมผัสตะกั่วนั้นน้อยกว่า 30 วัน ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดจะอยู่ที่ประมาณ 35 วัน แต่หากระยะเวลาการสัมผัสตะกั่วนั้นนานตั้งแต่ 30 วันขึ้นไป เช่น เป็นปี (ซึ่งพบได้บ่อยในกรณีของคนที่สัมผัสจากการทำงาน) ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเลือดจะยาวกว่า 35 วัน เพราะตะกั่วสามารถไปสะสม (Accumulation) อยู่ในกระดูก (Bone) และค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาให้ตรวจพบได้ในเลือดอีกเป็นเวลานาน ส่วนการตรวจตะกั่วในปัสสาวะนั้นไม่นิยม (ACGIH, 2017a) เนื่องจากเป็นการประเมินการสัมผัสในระยะสั้น (Recent Exposure) โดยตะกั่วที่ร่างกายได้รับเข้าไปจะถูกขับออกมาในปัสสาวะอย่างรวดเร็ว จึงไม่มีประโยชน์มากนักในการประเมินการสัมผัสทางด้านอาชีวอนามัย อีกทั้งตะกั่วในปัสสาวะยังมีระดับไม่สัมพันธ์กับในเลือด มีความแปรปรวนมากในแต่ละบุคคล และมีโอกาสปนเปื้อนในระหว่างการเก็บตัวอย่างได้ง่ายด้วย (Lauwerys and Hoet, 2001)

2.7.1.3 การตรวจวัดระดับแคดเมียมในเลือด (Blood Cadmium Level)

เพื่อตรวจประเมินการรับสัมผัสแคดเมียมนี้สามารถใช้ได้ทั้งการตรวจระดับในเลือด และในปัสสาวะ (ACGIH, 2017b) แคดเมียมเป็นธาตุโลหะที่ขับออกจากร่างกายได้ช้ามาก เนื่องจากสามารถสะสมอยู่ในเนื้อไต (Kidney) และจะค่อยๆ ขับออกจากร่างกายโดยใช้เวลานาน ค่าครึ่งชีวิตของแคดเมียมในปัสสาวะ 10-30 ปี การตรวจระดับแคดเมียมในปัสสาวะจึงเป็นการตรวจเพื่อประเมินการสัมผัสในระยะยาว (Long-term Exposure) ส่วนค่าครึ่งชีวิตของแคดเมียมในเลือด ประมาณ 2-3 เดือน (ACGIH, 2017a) แต่ในคนที่เคยสัมผัสในปริมาณสูงหรือมีแคดเมียมสะสมอยู่ในร่างกายมาก อาจพบมีค่าครึ่งชีวิตในลักษณะแบ่งเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกประมาณ 75-128 วัน และช่วงที่สอง ประมาณ 7.4-16.0 ปี (Järup *et al*, 1983) การตรวจระดับแคดเมียมในเลือดจึงถือว่าเป็นการประเมินการรับสัมผัสในระยะยาว (Long-term Exposure) เช่นกัน ในกรณีทั่วไปให้ใช้การตรวจระดับแคดเมียมในปัสสาวะเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัสแคดเมียม แต่แนะนำการตรวจระดับในเลือดด้วยถ้าเป็นช่วงปีแรกๆ ของการทำงาน และในกรณีที่สงสัยว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับการสัมผัสแคดเมียมจากระดับที่เคยสัมผัสอยู่เดิม เนื่องจากค่าระดับแคดเมียมในเลือดนั้นจะเปลี่ยนแปลงได้ไวกว่าระดับแคดเมียมในปัสสาวะ จึงให้ข้อมูลเพื่อประเมินการสัมผัสในระยะสั้น (Recent Exposure) ได้ดีกว่า (ACGIH, 2017a)

2.7.2.1 ปัสสาวะ

ปัสสาวะ (Urine) เป็นตัวอย่างทางชีวภาพอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ในการตรวจหาตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของสารเคมีอันตราย ปัสสาวะเป็นของเหลวที่เกิดจากการขับของเสียออกจากร่างกายผ่านทางไตและระบบทางเดินปัสสาวะ ข้อดีของการตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพจากปัสสาวะคือ เป็นวิธีการที่ผู้ปฏิบัติงานไม่ต้องเจ็บตัวและการเก็บตัวอย่างปัสสาวะทำได้ง่าย ข้อจำกัดคือ การตรวจ Creatinine (ครีอะตินีน) ในปัสสาวะ ถ้าไตยังทำงานได้ดี ก็จะขับทิ้งออกทางปัสสาวะและเหลือค้างในกระแสเลือดด้วยปริมาณคงที่ไม่มาก Creatinine จึงตกค้างอยู่ในเลือดน้อยและวัดค่าได้น้อยด้วย แต่ถ้าการทำหน้าที่ของไตเริ่มบกพร่องหรือเสียการทำงาน (เช่น เป็นโรคไตเรื้อรัง) ไตก็จะขับ Creatinine ออกทิ้งไม่ทันกับที่กล้ามเนื้อสร้างออกมา การตรวจค่า Creatinine จึงพบค่าที่สูงขึ้นผิดปกติ (ACGIH, 2013)

2.7.2.2 แนวทางในการเตรียมตัวอย่างปัสสาวะ มีดังนี้

1) ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ผู้ปฏิบัติงานเป็นผู้เก็บตัวอย่างปัสสาวะด้วยตนเอง

2) ผู้ปฏิบัติงานจะต้องล้างมือให้สะอาดก่อนเก็บตัวอย่างปัสสาวะทุกครั้ง เนื่องจากหากมีฝุ่นหรือคราบสารเคมีปนเปื้อนที่มือของผู้ปฏิบัติงาน อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนลงในตัวอย่างปัสสาวะได้ (เช่น ในระหว่างที่ผู้ปฏิบัติงานเปิดและปิดฝากระปุกเก็บปัสสาวะ) โดยเฉพาะในกรณีที่ทำการตรวจตัวบ่งชี้

ทางชีวภาพที่เป็นโลหะหนัก ซึ่งบางชนิดโดยปกติมีระดับความเข้มข้นในปัสสาวะอยู่ในระดับต่ำมาก (เช่น ในระดับไมโครกรัมต่อลิตร) การปนเปื้อนฝุ่นโลหะจากสิ่งแวดล้อมภายนอกเพียงเล็กน้อย อาจทำให้ค่าตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ตรวจได้ผิดไปจากความเป็นจริง

3) หากสามารถทำได้ควรให้ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝุ่นโลหะหรือคราบสารเคมีติดตามร่างกายและเสื้อผ้าอยู่จำนวนมาก ทำการอาบน้ำและเปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนที่จะเก็บตัวอย่างปัสสาวะซึ่งถือว่าเป็นการปฏิบัติที่ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจริงอาจทำได้ค่อนข้างยาก

4) การเก็บปัสสาวะเพื่อทำการตรวจหาระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนั้น โดยส่วนใหญ่ในทางปฏิบัติจะทำการเก็บแบบ ณ จุดเวลา (Spot Urine) คือการเก็บปัสสาวะครั้งเดียวในเวลาที่กำหนด การเก็บแบบนี้จะแสดงข้อมูลของปัสสาวะที่ร่างกายผลิตออกมาได้ในช่วง 2-4 ชั่วโมงก่อนทำการเก็บ ข้อสำคัญของการเก็บปัสสาวะแบบ ณ จุดเวลาก็คือ จะต้องให้ผู้ปฏิบัติงานเก็บปัสสาวะในเวลาที่กำหนดไว้เช่น หากกำหนดให้เก็บหลังเลิกกะ (End of Shift) ก็ต้องทำการเก็บในเวลาที่กำหนดนั้นจริงๆ โดยอาจต้องให้ผู้ปฏิบัติงานงดปัสสาวะอย่างน้อย 2–4 ชั่วโมงก่อนทำการเก็บด้วย เพื่อให้มีปริมาณปัสสาวะเพียงพอต่อการวิเคราะห์

5) การเก็บปัสสาวะให้เก็บใส่กระปุก โดยกระปุกใส่ปัสสาวะควรมีปริมาตรตั้งแต่ 50 มิลลิลิตรขึ้นไปและมีฝาที่ปิดได้สนิท ในระหว่างการเก็บปัสสาวะผู้ปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังการปนเปื้อนฝุ่นหรือคราบสารเคมีจากมือ ร่างกาย หรือเสื้อผ้าของตนเอง ไม่ให้ลงไปปนเปื้อนในกระปุกปัสสาวะ การเก็บสามารถถ่ายปัสสาวะทั้งหมดลงในกระปุกจนเต็มได้เลย ไม่จำเป็นต้องเก็บแต่ปัสสาวะช่วงกลาง (Midstream Urine) แบบเวลาที่ทำการตรวจวิเคราะห์ปัสสาวะ (Urine Analysis)

6) เมื่อผู้ปฏิบัติงานถ่ายปัสสาวะลงในกระปุกเก็บปัสสาวะจนได้ปริมาณที่เพียงพอ ให้ทำการปิดฝากระปุกเก็บปัสสาวะโดยเร็ว และในการเก็บปัสสาวะควรให้ปัสสาวะมีปริมาณเต็มพอดีหรือเกือบพอดีกระปุก เนื่องจากหากเก็บปริมาณน้อยจนเหลือพื้นที่ที่เป็นอากาศ (Head Space) ภายในกระปุกมากๆ แล้วสารอินทรีย์ระเหยง่ายจะระเหยออกมาจากปัสสาวะ มาอยู่ในพื้นที่ที่เป็นอากาศภายในกระปุกได้ ทำให้ค่าที่ตรวจวิเคราะห์ได้อาจต่ำกว่าความเป็นจริง

7) เมื่อได้รับตัวอย่างปัสสาวะมาแล้ว ควรนำตัวอย่างปัสสาวะที่ได้ส่งไปที่ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์โดยเร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ หากต้องมีการขนส่งเป็นระยะทางไกล ต้องควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสโดยประมาณ นอกจากนั้นควรทำการจัดหีบห่อในการขนส่งด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้กระปุกเก็บปัสสาวะตกและปัสสาวะหกรั่วไหล

8) ความเข้มข้นของตัวอย่างปัสสาวะมีผลต่อการตรวจวิเคราะห์ระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ หากตัวอย่างปัสสาวะมีความเจือจางหรือเข้มข้นมากเกินไป จะไม่สามารถนำมาใช้ตรวจวิเคราะห์หาระดับตัวบ่งชี้ทางชีวภาพอย่างน่าเชื่อถือได้ ระดับความเข้มข้นของตัวอย่างปัสสาวะที่ยอมรับให้นำมาใช้ตรวจวิเคราะห์ได้จะต้องมีความเข้มข้นของครีเอตินีน (Creatinine Concentration) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.3-3.0 กรัมต่อลิตร

9) ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะไว้เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องเก็บไว้ข้ามคืนควรเก็บตัวอย่างปัสสาวะนั้นไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสโดยประมาณ และหากต้องเก็บไว้นานมากกว่า 5 วันจะต้องเก็บแบบแช่แข็ง (Frozen Urine) (ACGIH, 2013)

2.7.2.3 การตรวจวัดระดับโครเมียมในปัสสาวะ (Urine Chromium Level)

การตรวจวัดระดับโครเมียมในปัสสาวะ เป็นการทำงานสัมผัสสารประกอบของธาตุโลหะชนิดนี้ที่ละลายน้ำได้ในรูปของฟูม (Water-soluble Fume) และให้ตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพโดยการตรวจระดับโครเมียมรวม (Total Chromium) ในปัสสาวะ (ACGIH, 2017b) ในการที่ร่างกายขับโครเมียมออกทางปัสสาวะนั้น จะมีค่าครึ่งชีวิตที่มีลักษณะแบ่งเป็น 3 ระยะ (Tri-Phasic) โดยระยะแรกเป็นเวลาประมาณ 7 ชั่วโมง ระยะที่สองเป็นเวลาประมาณ 15-30 วัน และระยะที่สามเป็นเวลานาน 3-5 ปี สำหรับการตรวจระดับโครเมียมในเลือดนั้น ไม่นิยมให้ใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการสัมผัสโครเมียม เนื่องจากมีข้อมูลทางวิชาการอยู่น้อยมาก (ACGIH, 2017a)

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ได้พัฒนาค่า ดัชนีชี้วัดการสัมผัสทางชีวภาพ (Biological Exposure Indices; BEIs) เพื่อใช้ประเมินการรับสัมผัสสารเคมีต่างๆ ควบคู่ไปกับการประเมินการรับสัมผัสทางสิ่งแวดล้อม โดยใช้ค่าความเข้มข้นของสารเคมี (Threshold Limit Values; TLVs) ซึ่งทั้ง BEIs และ TLVs เป็นค่ามาตรฐานอ้างอิงที่คาดว่ามีผลต่อความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานอย่างยิ่ง โดยค่า BEIs ที่กำหนดนี้ แสดงถึงการได้รับสัมผัสสารเคมีแพร่กระจายเข้าสู่ร่างกาย ทั้งทางการหายใจ ทางการกิน หรือทางการดูดซึมผ่านผิวหนัง ที่มาจากการทำงานและจากสิ่งแวดล้อมทั่วไป

แต่อย่างไรก็ตาม ค่า BEIs เป็นค่าที่ใช้ประเมินการรับสัมผัสสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน (Occupational Exposure) เท่านั้น โดยจะมีการเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ เช่น เลือด ปัสสาวะ เล็บ ฯลฯ เพื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารเคมีที่ได้จากการรับสัมผัส เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน BEIs ของสารนั้น ทั้งนี้หากไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ก็จะแสดงให้ทราบว่าผู้ปฏิบัติงาน

สามารถปฏิบัติงานที่รับสัมผัสสารเคมีภายใต้สภาพแวดล้อมถือว่าไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และถ้าปริมาณสารที่พบสูงเกินกว่าค่ามาตรฐาน BEIs ที่กำหนด ก็อาจจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

การทำงานที่สัมผัสกับสารโลหะ (Metal) จากการประกอบอาชีพ การตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เพื่อประเมินการสัมผัสให้กับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อเฝ้าระวังการสัมผัสสารโลหะในการทำงาน (ในทางอาชีวอนามัย) จะยึดตามองค์กรวิชาการที่เป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ ได้แก่ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ประเทศสหรัฐอเมริกา (ACGIH, 2017a) และ Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ประเทศเยอรมัน (DFG, 2016) เป็นหลัก ช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ สำหรับสารโลหะแต่ละชนิดมีการกำหนด BEIs นั้น ACGIH มีการเสนอแนะช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ เนื่องจากสารโลหะบางชนิดมีการดูดซึม เกิดปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางเคมี หรือสามารถขับออกจากร่างกายอย่างรวดเร็ว ทำให้มีค่าครึ่งชีวิตในร่างกาย (Biological Half-life) สั้น ดังนั้นองค์กรวิชาการ อันได้แก่ ACGIH หรือ DFG ได้แนะนำให้ตรวจตัวบ่งชี้ทางชีวภาพโดยใช้การตรวจในเลือด (Blood) และตรวจในปัสสาวะ (Urine) หรือสารโลหะใดตรวจได้ทั้งในเลือด และในปัสสาวะ รายละเอียดดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 9 การตรวจประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในเลือดและในปัสสาวะ

ชื่อ (Name)	**แนะนำให้ตรวจใน (Recommend medias)**	**ค่าอ้างอิง**	**เวลาเก็บ**
ตะกั่ว (Lead)	ในเลือด (Blood)	30 ug/dL	NC*
แคดเมียม (Cadmium)	ในเลือด (Blood)	0.5 ug/dL	NC*
	ในปัสสาวะ (Urine)	5 ug/g creatinine	NC*
โครเมียม (Total Chromium)	ในปัสสาวะ (Urine)	25 µg/g Creatinine	EWW**

ที่มา: ACGIH, 2017a

หมายเหตุ NC* = Not critical เก็บเวลาใดก็ได้

EWW** = End of shift at end of workweek (หลังเลิกกะสุดท้ายของสัปดาห์)

2.7.2 ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ

ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ (Biomarkers of Effect) คือตัวชี้ที่หาผลและขนาดของอันตรายที่เกิดขึ้นต่อร่างกาย ณ อวัยวะเป้าหมาย (Target Organ) หรือเป็นการวัดประสิทธิภาพการทำหน้าที่ของอวัยวะนั้นๆ (Effect of System) หรือกรณีที่ใช้เป็นตัวชี้วัดที่จะบอกสถานะหรือความสมดุลของร่างกายที่เกิดขึ้นหลังจากการสัมผัสสาร โดยมักจะบอกว่าตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพนี้เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกความผิดปกติที่เกิดขึ้นหลังจากการสัมผัสกับสารหรือสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกายหรือเป็นสัญญาณแสดงว่าจะเกิดความผิดปกติในร่างกายที่เกิดจากการสัมผัสสาร เป็นการตรวจวิเคราะห์การตอบสนองหรือการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายขั้นแรกเริ่มที่ยังไม่แสดงอาการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการได้รับสารเคมีหนึ่งๆ เป็นการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ทางชีวเคมี หรือการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ทำให้สามารถรับรู้ความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพหรือการเกิดโรค ตัวชี้วัดการตอบสนองของร่างกาย อาจหมายถึงการเป็นโรค หรือกระบวนการเริ่มต้นของการเกิดโรค หรือกระบวนการใดๆ ที่อาจไม่ใช่การเป็นโรคแต่มีความสัมพันธ์กับการพัฒนาการของโรค ตัวชี้วัดการตอบสนองของร่างกายเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นเชิงปริมาณหรือคุณภาพ ทำให้สามารถพยากรณ์ได้ถึงการเกิดโรคอันเนื่องมาจากการสัมผัส

ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพเกี่ยวข้องกับการสัมผัสสาร ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วไม่มีความจำเพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามในสถานการณ์ทางด้านอาชีวอนามัยก็มักจะตัดปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อระดับ Biomarker ออกไป ดังนั้นผลที่ได้จึงมีความจำเพาะมากยิ่งขึ้น ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ สามารถเป็นตัวบ่งชี้ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นก่อน ถือได้ว่าเป็นตัวชี้วัดที่ดีที่สุดของการเปลี่ยนแปลงก่อนที่จะนำไปสู่โรคทางคลินิก ตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพในอุดมคติจะสามารถบ่งบอกถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแล้วผันกลับได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพ เช่น สารประกอบ Organochlorine และระดับการเพิ่ม Metallothionein ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้การรับสัมผัสโลหะหนัก เช่น แคดเมียม นอกจากนี้ยังมีตัวชี้วัดผลกระทบทางชีวภาพอื่นๆ (ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข, 2552)

2.8 ทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์

เพนเดอร์ (Pender, 1987) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมสุขภาพไว้ว่า เป็นกิจกรรมที่กระทำอย่างต่อเนื่อง และจะต้องผสมผสานเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตของบุคคล และจะมีผลให้บุคคลเกิดการกระตุ้นตนเองอย่างเต็มที่ โดยมีผลในการเพิ่มความตระหนักในตนเอง (Self-awareness) ความพึงพอใจ (Self Satisfaction) ความเพลิดเพลิน และความยินดี นอกจากนี้ ยังเป็นพฤติกรรมที่แสดงออกถึงการกระทำของบุคคลที่บุคคลมุ่งไปสู่ภาวะสุขภาพในระดับที่สูงขึ้นมากกว่าการโต้ตอบอิทธิพลที่คุกคามสุขภาพที่มาจากภาวะแวดล้อม ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนารูปแบบในการส่งเสริมสุขภาพ (Health Promotion

Model) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการอธิบายหรือคาดการณ์ถึงส่วนประกอบของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของบุคคลที่เกิดขึ้น และรูปแบบที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน คือ รูปแบบการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Pender's Health Promotion Model) (Pender, 1996) โดยมีแนวคิดพื้นฐานจากทฤษฎีความคาดหวังกับคุณค่า (Expectancy-value Theory) โดยแนวคิดว่าบุคคลจะเกิดการเปลี่ยนแปลง เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นมีคุณค่า และการเปลี่ยนแปลงนั้นจะได้มาซึ่งผลประโยชน์ ซึ่งเพนเดอร์ (Pender, 1996) ได้มีการพัฒนาปรับปรุงจากรูปแบบการส่งเสริมสุขภาพเดิม (Pender, 1987) โดยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพมาพิจารณา และเสนอรูปแบบพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพของบุคคล โดยแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพและความสัมพันธ์ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในแต่ละปัจจัย ประกอบด้วย ดังนี้

1) ลักษณะและประสบการณ์ส่วนบุคคล (Individual Characteristics and Experiences) บุคลิกลักษณะและประสบการณ์ของแต่ละบุคคลจะมีผลต่อการกระทำที่แสดงออก การมีพฤติกรรมในอดีต จะมีผลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

1.1) ประสบการณ์ในอดีตที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม (Prior Related Behavior) เป็นประสบการณ์ทั้งทางบวกและทางลบที่บุคคลเคยปฏิบัติพฤติกรรมนั้นในอดีตซึ่งมีผลต่ออารมณ์หรือความคิดต่อพฤติกรรมนั้นๆ ถ้ามีประสบการณ์ทางบวกบุคคลมีแนวโน้มที่จะเกิดพฤติกรรมนั้นอีก

1.2) ปัจจัยส่วนบุคคล (Personal Factors) โดยแบ่งออกเป็น 3 หมวด คือ (Pender, 1996)

1.2.1) ปัจจัยด้านชีวภาพ เช่น เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย ภาวะหมดประจำเดือน สมรรถนะความแข็งแรงของร่างกาย เป็นต้น

1.2.2) ปัจจัยด้านจิตใจ เช่น ความรู้สึกมีคุณค่าในตนเอง แรงจูงใจในตนเอง สมรรถนะแห่งตน การรับรู้ภาวะสุขภาพ และการให้ความหมายหรือความสำคัญต่อสุขภาพของตนเอง

1.2.3) ปัจจัยด้านสังคมและวัฒนธรรม เช่น เชื้อชาติ สัญชาติ การศึกษา ภาวะเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรม ปัจจัยส่วนบุคคลดังกล่าวมีผลทั้งโดยตรงต่อพฤติกรรมสุขภาพและผลโดยอ้อมผ่านปัจจัยด้านความคิดและอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

2) ความคิดและอารมณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพฤติกรรม (Behavior-specific Cognitions and Affect) การรับรู้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการปฏิบัติหรือการคงไว้ซึ่งพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ประกอบด้วย 6 ด้านย่อยที่เป็นแรงจูงใจต่อการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ เพื่อส่งเสริมให้บุคคลมีพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพ (Pender, 1996) ได้แก่

2.1) การรับรู้ประโยชน์ของการกระทำ (Perceive Benefits of Action) คือ การที่บุคคลรับรู้ว่าการกระทำนั้นจะมีประโยชน์ต่อตนเองอย่างไร

2.2) การรับรู้อุปสรรคของการกระทำ (Perceive Barriers to Action) คือการที่บุคคลรับรู้ว่าการกระทำนั้นจะทำให้ตนเองเกิดความยากลำบากหรือไม่สะดวกสบายอย่างไร

2.3) การรับรู้สมรรถนะแห่งตนในการปฏิบัติกิจกรรมนั้น (Perceive Self-efficacy) คือ การที่บุคคลมีความเชื่อมั่นว่าตนเองมีความสามารถที่จะปฏิบัติกิจกรรมหรือแสดงพฤติกรรมนั้นๆได้ หรือเชื่อว่าตนเองจะกระทำได้สำเร็จ

2.4) อารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม (Activity-related Affect) เป็นความรู้สึกทั้งทางบวกและทางลบที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง หรือหลังการเกิดพฤติกรรม ความรู้สึกนี้จะเก็บไว้ในความทรงจำและจะมีผลต่อพฤติกรรมนั้นๆ

2.5) อิทธิพลจากปัจจัยระหว่างบุคคล (Interpersonal Influences) ปัจจัยระหว่างบุคคลเป็นความคิดที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ความเชื่อ ทัศนคติของผู้อื่น ได้แก่ ครอบครัว เพื่อน และผู้ให้บริการสุขภาพ อิทธิพลจากปัจจัยระหว่างบุคคล ประกอบด้วย บรรทัดฐานของสังคม การสนับสนุนทางสังคม และการมีบุคคลเป็นแบบอย่าง

2.6 อิทธิพลจากสถานการณ์ (Situational Influences) หมายถึง การรับรู้และความคิดของบุคคลต่อสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมหรือขัดขวางพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ อิทธิพลจากสถานการณ์ประกอบด้วย การรับรู้ว่ามีข้อเสนอที่สามารถทำได้ การมีคุณลักษณะที่ต้องการและปัจจัยแวดล้อมที่สร้างสุนทรียะในการปฏิบัติ

3) ผลลัพธ์ด้านพฤติกรรม (Behavior Outcome) ความตั้งใจที่จะปฏิบัติพฤติกรรมตามแผนที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย 3 ด้าน ดังนี้

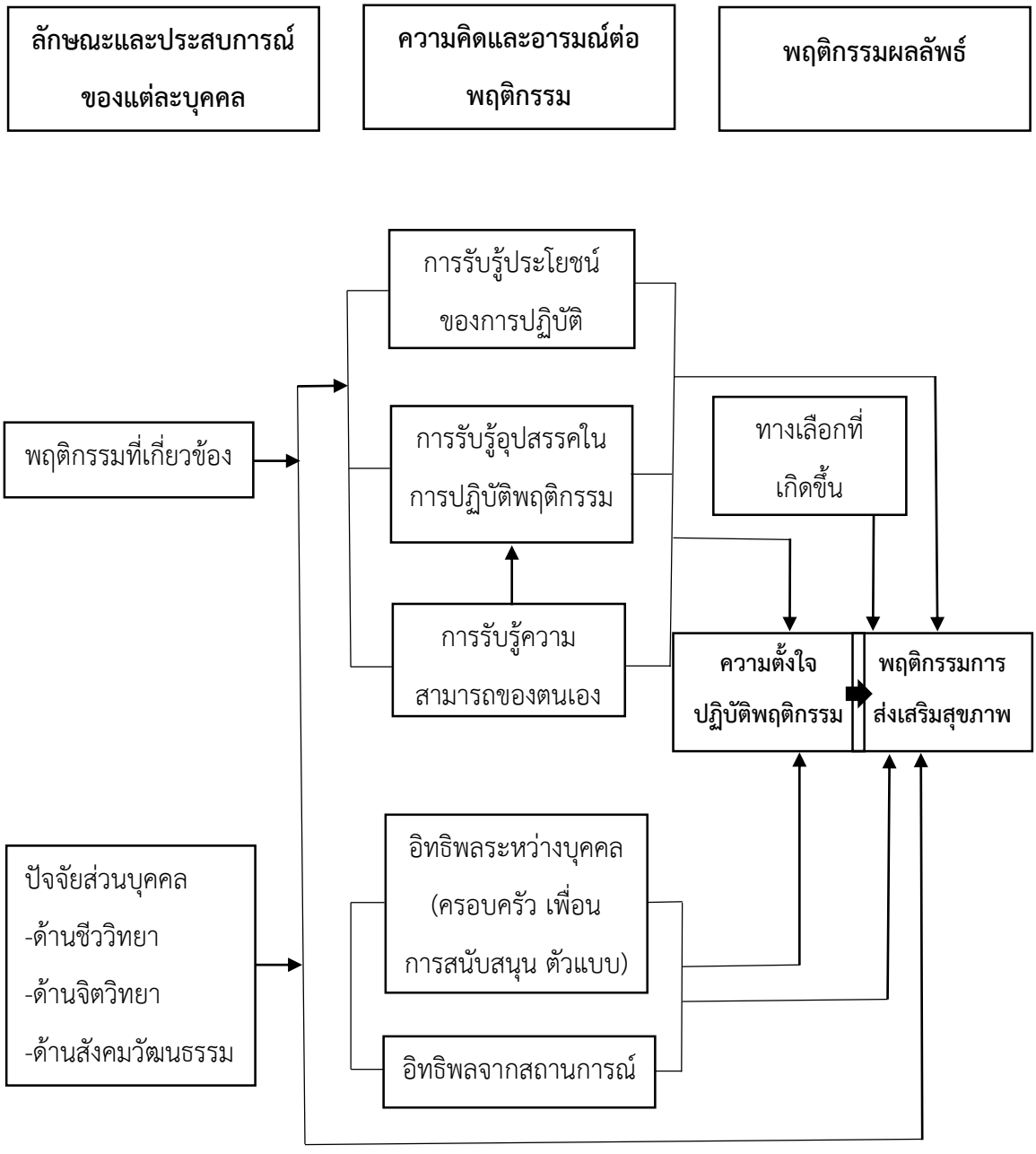
3.1) คำมั่นสัญญาต่อแผนการกระทำ (Commitment to a Plan of Action) เป็นกระบวนการคิดที่ประกอบด้วยการให้คำมั่นสัญญาว่าจะกระทำหรือปฏิบัติพฤติกรรมนั้นให้สำเร็จลุล่วง และการกำหนดกลวิธีในการกระทำ และให้การเสริมแรงต่อการปฏิบัติตามพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพ

3.2) ความชอบหรือความจำเป็นที่เกิดขึ้นทันที (Immediate Competing Demands and Preferences) หมายถึงพฤติกรรมทางเลือกอื่นๆ ที่เกิดขึ้นทันทีในจิตสำนึกของบุคคลก่อนที่จะวางแผนปฏิบัติกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพ เช่น จะไปออกกำลังกาย แต่ระหว่างการเดินทางไปออกกำลังกายผ่านห้างสรรพสินค้า จึงตัดสินใจไปเดินซื้อสินค้าไม่ไปออกกำลังกายเพราะชอบซื้อของมากกว่าการออกกำลังกาย หรือมีความจำเป็นไม่สามารถไปออกกำลังกายได้ เพราะจำเป็นต้องทำงานที่รับผิดชอบ

3.3) พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ (Health Promoting Behavior) เป็นความสามารถที่แท้จริงของบุคคลในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างต่อเนื่องเพื่อผลในการส่งเสริมสุขภาพ (Pender, 1987) พฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพเป็นผลลัพธ์ของการกระทำซึ่งเป็นจุดสุดท้ายในโมเดลการส่งเสริมสุขภาพ เป็นจุดมุ่งหมายสูงสุดในการบรรลุผลลัพธ์ทางบวกด้านสุขภาพสำหรับผู้รับบริการ เมื่อบุคคลสามารถแสดงพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพโดยผสมผสานเป็นส่วนหนึ่งของแบบแผนการดำเนินชีวิตได้ จะทำให้บุคคลมีประสบการณ์ด้านสุขภาพในทางบวก (Pender, 1996) แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าแบบจำลองดังกล่าวมุ่งเน้นการอธิบายปัจจัยที่จะนำไปสู่การปฏิบัติกิจกรรมที่ส่งเสริมให้มีภาวะสุขภาพดี การประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมสุขภาพเป็นการปฏิบัติที่จะนำไปสู่ความสำเร็จของมนุษย์ซึ่งหมายถึงความเป็นอยู่ที่ดีหรือความผาสุกสูงสุด การบรรลุเป้าหมายในชีวิต และการมีชีวิตอยู่อย่างมีคุณภาพ (Pender, 1996) เมื่อบุคคลสามารถผสมผสานการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพจนเป็นแบบแผนการดำเนินชีวิตที่ส่งเสริมสุขภาพในทุก ๆ ด้านของชีวิตจะทำให้บุคคลนั้นมีประสบการณ์ด้านสุขภาพในทางบวกตลอดช่วงชีวิต (Pender, 1996)

2.8.1 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมป้องกันการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Pender *et al*., 2006) เป็นการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพในผู้ที่มีสุขภาพดี และเพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมและคงไว้ซึ่งพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในส่วนที่ดีอยู่แล้วให้มีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจนเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ซึ่งเพนเดอร์กล่าวว่าการที่บุคคลจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไปสู่พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพนั้นเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากและมีแนวโน้มที่บุคคลอาจจะไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ ในการจูงใจให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือ ปัจจัยด้านความคิดและอารมณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพฤติกรรม (Behavior-specific Cognitions and Affect) ประกอบด้วย



รูปที่ 5 แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพ (Health Promotion Model) (Pender, 1996)

1) การรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

เป็นความเชื่อของแต่ละบุคคล โดยคาดหวังประโยชน์ที่จะได้รับภายหลังการปฏิบัติพฤติกรรมสุขภาพ ซึ่งมีความเชื่อที่มาจากทฤษฎีความคาดหวังกับคุณค่า (Expectancy-Value Theory) โดยการรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ เป็นแรงเสริมทำให้บุคคลเกิดแรงจูงใจในการปฏิบัติพฤติกรรมนั้น

2) การรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

เป็นการรับรู้ถึงสิ่งที่ทำให้บุคคลไม่สามารถปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ประกอบด้วย 1) อุปสรรคภายใน ได้แก่ ความขี้เกียจ ความไม่รู้ ไม่มีเวลา และไม่พึงพอใจ เป็นต้น 2) อุปสรรคภายนอก ได้แก่ สถานภาพทางเศรษฐกิจ ขาดแคลนสิ่งเอื้ออำนวยในการปฏิบัติพฤติกรรม เช่น ค่าใช้จ่ายสูง และความไม่สะดวกสบายในการปฏิบัติงาน เป็นต้น อุปสรรคเหล่านี้ มีผลต่อความตั้งใจที่จะกระทำพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ และมีผลต่อแรงจูงใจของบุคคลให้หลบเลี่ยงในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

3) การรับรู้ความสามารถของตนในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

เป็นความเชื่อมั่นของบุคคล ที่จะสามารถปฏิบัติพฤติกรรมใดๆ ภายใต้เงื่อนอุปสรรคหรือสภาวะต่างๆ ในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ เมื่อบุคคลเชื่อว่าตนเองสามารถปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพภายใต้เงื่อนอุปสรรคหรือสถานการณ์ต่างๆ ได้ และรับรู้ว่าตนเองมีความสามารถในการปฏิบัติพฤติกรรม ส่งผลต่อการรับรู้อุปสรรคและการรับรู้ความสามารถของตนเองในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพและมีผลทางอ้อมต่อพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ โดยผ่านกระบวนการการรับรู้อุปสรรคและความมุ่งมั่นต่อแผนการปฏิบัติพฤติกรรมที่วางไว้ในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

2.8.2 พฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

พฤติกรรม จำแนกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) พฤติกรรมเปิดเผย (Overt Behavior) เป็นการกระทำที่สามารถมองเห็นได้ แสดงออกโดยการกระทำ

2) พฤติกรรมปกปิด (Convert Behavior) เป็นความระลึกรู้ต่างๆ ที่อยู่ภายในตัวบุคคล แต่สามารถประมาณได้จากพฤติกรรมภายนอก เช่น ความรู้สึก ความคิด อารมณ์ การรับรู้ เป็นพฤติกรรมที่ไม่สามารถมองเห็นได้นอกจากใช้เครื่องมือวัด กระบวนการเกิดพฤติกรรมจะมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1) กระบวนการรับรู้ (Perception) คือ การที่ได้รับข้อมูลข่าวสารจากสภาพแวดล้อมโดยผ่านทางระบบประสาทสัมผัส

2.2) กระบวนการรู้ (Cognition) คือ กระบวนการทางจิตใจ ที่รวมถึงการเรียนรู้ การจดจำและการคิด

3.3) กระบวนการเกิดพฤติกรรมในสภาพแวดล้อม (Spatial Behavior) (สิทธิโชค วรานุสันติกุล, 2546)

พฤติกรรมการป้องกัน มีผู้ให้ความหมาย ดังนี้

Kaplan (1977) ให้ความหมาย พฤติกรรมสุขภาพ หรือพฤติกรรมการป้องกันโรค (Preventive Health Behavior) คือ กิจกรรมของบุคคลที่เชื่อว่าตนเองมีสุขภาพดี โดยมีวัตถุประสงค์ป้องกันโรคในระยะแรกเริ่มที่ยังไม่ปรากฏอาการ

เรวดี เพ็ญไพบูลย์เสถียร (2548) ให้ความหมาย พฤติกรรมการป้องกัน คือ การแสดงออกของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพ การป้องกันโรค และการรักษาพยาบาลการเจ็บป่วย

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า พฤติกรรมการป้องกัน หมายถึง การปฏิบัติตนของแต่ละบุคคลเพื่อให้ตนเองมีสุขภาพดี เสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย และป้องกันการเกิดโรค

จากการทบทวนเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม มีดังนี้

ผลการศึกษาแนวทางการควบคุมและป้องกันตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม พบว่า การดูแลพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน คือ เรื่องสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน ประกอบด้วย การล้างมือให้สะอาดก่อนรับประทานอาหาร ไม่นำอาหารหรือเครื่องดื่มเข้าไปรับประทานในขณะปฏิบัติงาน อาบน้ำชำระร่างกายหลังเสร็จงานทุกวัน การดูแลเรื่องการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสม และการตรวจสุขภาพ (กรรชิต คุณาวุฒิ, 2549)

Chuang และคณะ (1999) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับตะกั่วในเลือดกับพฤติกรรมการรักษาสุขอนามัยของพนักงานโรงงานแบตเตอรี่ในประเทศไต้หวัน ซึ่งดำเนินการโดยการให้โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ อันประกอบด้วย การหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยงของการรับสัมผัสตะกั่วจากมือสู่ปาก ได้แก่ การสูบบุหรี่ การรับประทานอาหารในที่ทำงาน รวมถึงการล้างมือ ล้างหน้า บ้วนปากก่อนรับประทานอาหาร การใช้สบู่ในการล้างมือ และการอาบน้ำ สระผมเปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน ผลการศึกษาพบว่า พฤติกรรมเสี่ยงต่างๆ ของการรับสัมผัสตะกั่วจากมือสู่ปากมีความสัมพันธ์กับกับระดับตะกั่วในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Decharat และคณะ (2011) ได้วิเคราะห์ระดับโลหะหนักในตัวอย่างชีวภาพของคนงานทำเครื่องถมในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม มีค่าเท่ากับ 7.30 µg/dL ซึ่งระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถมในกลุ่มศึกษามีระดับที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า รายได้ ตำแหน่งงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และสุขวิทยาส่วนบุคคลเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Decharat และคณะ (2012) ทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของคนงานเครื่องถมในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีการให้สุขวิทยาส่วนบุคคลแก่คนงาน ได้แก่ การไม่สูบบุหรี่ในที่ทำงานและการล้างมือก่อนรับประทานอาหาร หรือดื่มน้ำ ผลการตรวจวัดพบว่า ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Means) ของระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม เท่ากับ 16.25 µg/dL (4.59-39.33 µg/dL) และไม่มีคนงานที่มีระดับตะกั่วในเลือด มากกว่า 60 µg/dL นอกจากนี้ยังพบว่า การให้สุขวิทยาส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หทัยรัตน์ เมธนาวิน (2558) ได้ศึกษาผลของโปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว และระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานแบตเตอรี่ ซึ่งพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่วโดยใช้โปรแกรมสุขศึกษา ได้แก่ การสวมใส่หน้ากากอนามัยส่วนบุคคลขณะทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้ครบและเหมาะสมกับความเสี่ยงของงาน การมีสุขอนามัยส่วนบุคคล (การไม่ดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหารในที่ทำงาน การไม่สวมชุดทำงานซ้ำ การทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การล้างมือก่อนดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหาร และการไม่สูบบุหรี่บริเวณที่ทำงาน) โดยมีการนำโปรแกรมสุขศึกษามาใช้ร่วมด้วย ดังนี้ 1) มีการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้พนักงานสร้างความตระหนักและปรับเปลี่ยนเจตคติ 2) ทำกิจกรรมกระตุ้นเตือน โดยการควบคุมและกำกับ 3) ทำแบบประเมินพฤติกรรมและติดโปสเตอร์เตือนเพื่อป้องกันการรับสัมผัสตะกั่วด้วยตัวเอง 4) มีการมอบรางวัลให้แก่พนักงานที่มีพฤติกรรมป้องกันการรับสัมผัสตะกั่วดีเด่น ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการใช้โปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการสัมผัสตะกั่ว และระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานแบตเตอรี่ กลุ่มศึกษา มีความรู้เรื่องโรคพิษตะกั่ว เจตคติต่อการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว และพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มศึกษามีระดับตะกั่วในเลือดลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กำจัด ทองปลั่งวิจิตร (2551) ซึ่งได้ศึกษาการลดปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานโรงงานเซรามิก จังหวัดชัยนาท ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานโรงงานเซรามิก ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล มีค่าเท่ากับ 5.01 และ 4.13 µg/dL ตามลำดับ และจากการทดสอบทางสถิติโดยใช้ Paired t-test พบว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) ซึ่งแสดงว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลสามารถทำให้ปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานเซรามิกลดลงได้

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการส่งเสริมสุขภาพรวมถึงพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมข้างต้นจะเห็นได้ว่าทฤษฎีดังกล่าวมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต่าง ๆ ของบุคคล ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ทฤษฎีดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการวิจัยนี้

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่มีผู้ศึกษาระดับของโลหะหนักในตัวอย่างชีวภาพมาก่อนแล้ว และเชื่อมโยงกับงานวิจัยนี้มีดังนี้

Gil และคณะ (2011) ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ระดับแคดเมียม, โครเมียม, แมงกานีส, นิกเกิล และตะกั่วในปัสสาวะ, เลือด, ขนรักแร้ และน้ำลายของคนงานในอุตสาหกรรมเหล็ก ประเทศสเปน โดยใช้เครื่อง AAS (Atomic Absorption Spectrometry) พบว่า ระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในปัสสาวะ มีค่าเท่ากับ 22.28 (2.25-219.5), 0.25 (0.02-1.67) และ 0.95 (0.1-19.65) µg/g Creatinine ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างระดับตะกั่วในปัสสาวะและระดับตะกั่วในเลือด, ระดับแคดเมียมในปัสสาวะและระดับแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะและระดับโครเมียมในเลือด

Hinwood และคณะ (2013) ได้ศึกษาการรับสัมผัสตะกั่ว, แคดเมียม และปรอทในหญิงตั้งครรภ์ชาวออสเตรเลียที่ไม่สูบบุหรี่จำนวน 157 คน ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วและแคดเมียมในปัสสาวะเท่ากับ 0.87 (<0.1-7.06) และ 0.98 (0.16-4.65) µg/g Creatinine ตามลำดับ ผลการศึกษายังพบว่าระดับของแคดเมียมในปัสสาวะมีความสัมพันธ์กับระดับแคดเมียมในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับตะกั่วในเลือดกับระดับตะกั่วในปัสสาวะ

Zubero และคณะ (2010) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กับเตาเผาขยะในเขตเมืองของประเทศสเปน โดยใช้เครื่อง AAS ผลการตรวจวัดพบว่า ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Means) ของแคดเมียมและโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะที่เก็บในปี ค.ศ. 2006 มีค่าเท่ากับ 0.37 และ 0.18 µg/g Creatinine ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างปัสสาวะที่เก็บในปี ค.ศ. 2008 มีค่าเท่ากับ 0.35 และ 0.22 µg/g Creatinine ตามลำดับ ผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมและโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะที่เก็บในปี ค.ศ. 2006 กับ ค.ศ. 2008 และจากการวิเคราะห์โดยใช้ Multiple Linear Regression ไม่พบการเพิ่มขึ้นของระดับแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะตามระยะเวลาที่อยู่อาศัยของประชากร

Becker และคณะ (2003) ทำการสำรวจระดับสารมลพิษสิ่งแวดล้อมในปัสสาวะของประชากรชาวเยอรมนี ในปี ค.ศ. 1998 ผลการวิเคราะห์ระดับแคดเมียมในปัสสาวะของประชากรที่ไม่เคยสูบบุหรี่, ประชากรที่เคยสูบบุหรี่ในอดีต (แต่ปัจจุบันเลิกสูบบุหรี่แล้ว) และประชากรที่สูบบุหรี่ โดยใช้เครื่อง AAS พบว่า มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Means) เท่ากับ 0.225 (ค่าสูงสุด 22.4), 0.288 (ค่าสูงสุด 4.62) และ 0.310 (ค่าสูงสุด 2.75) µg/g Creatinine ตามลำดับ

Aguilera และคณะ (2008) ทำการเปรียบเทียบระดับแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมกับประชากรทั่วไปในประเทศสเปน ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม มีค่าเท่ากับ 0.65 และ 0.56 µg/g Creatinine ตามลำดับ ส่วนในปัสสาวะของประชากรทั่วไป มีค่าเท่ากับ 0.74 และ 0.77 µg/g Creatinine ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีการปนเปื้อนของมลพิษสูงไม่แตกต่างจากของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่อ้างอิง

Vitayavirask และคณะ (2005) ได้ศึกษาระดับตะกั่วในเลือดและระดับแคดเมียม และโครเมียมในปัสสาวะของช่างพ่นสีในอู่พ่นสีรถยนต์ในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดของช่างพ่นสีที่ไม่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ (Respirator) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 10.42 (5.27-26.00) µg/dL ส่วน ระดับตะกั่วในเลือดของช่างพ่นสีที่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.97 (0.08-5.75) µg/dL ตามลำดับ ส่วนระดับแคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของช่างพ่นสีที่ไม่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.76 (0.29-3.42) และ 1.25 (0.11-3.9) µg/g Creatinine ตามลำดับ ส่วนในปัสสาวะของช่างพ่นสีที่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.57 (0.15-1.05) และ 0.87 (0.19-2.44) µg/g Creatinine ตามลำดับ ผลการศึกษายังพบว่า ระดับของ

แคดเมียมและโครเมียมในปัสสาวะของกลุ่มศึกษาสูงกว่าของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยที่ทำให้ช่างพ่นสีมีโอกาสได้รับสัมผัสสารโลหะหนักเหล่านี้เข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ การใช้เครื่องป้องกันสารพิษ, การที่ไม่มีห้องพ่นสี และการมีสุขลักษณะส่วนบุคคลที่ไม่ดี

สิริพร สมจ๊ะ (2545) ทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของประชาชนที่มีหรือไม่มีอาชีพเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนัก ในจังหวัดเชียงใหม่ ผลการตรวจวัดพบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในกลุ่มที่มีอาชีพเสี่ยง เท่ากับ 6.0±3.2 µg/dL และกลุ่มที่ไม่มีอาชีพเสี่ยง เท่ากับ 4.3±3.25 µg/dL จากการทดสอบทางสถิติโดยใช้ Student's t-test (Unpaired) พบว่า ระดับตะกั่วในเลือดของประชาชนที่มีหรือไม่มีอาชีพเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

2.10 ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของมนุษย์

ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะ ดังที่ทบทวนไว้ในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้สรุปไว้ในตารางที่ 9

ตารางที่ 10 ตารางสรุป ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด (µg/dL) และระดับโครเมียมในปัสสาวะ (µg/g Creatinine) ดังที่รายงานไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถานที่	ประชากรที่ศึกษา	โลหะหนักในปัสสาวะ			วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง
		Pb	Cd	Cr		
ประเทศสเปน (n=161, Pb และ Cd), (n=177, Cr)	คนงานในอุตสาหกรรมเหล็ก	22.28[ก] (2.25-219.5)	0.25[ก] (0.02-1.67)	0.95[ก] (0.1-19.65)	AAS*	Gil และคณะ, 2011
ประเทศออสเตรเลีย (n=157)	หญิงตั้งครรภ์ที่ไม่สูบบุหรี่	0.87[ก] (<0.1-7.06)	0.98[ก] (0.16-4.65)	-	ICP-MS**	Hinwood และคณะ, 2013
ประเทศสเปน, 2006 (n=46)	ประชากรที่อยู่ใกล้เตาเผาขยะในเขตเมือง	-	0.37[ข]	0.18[ข]	AAS*	Zubero และคณะ, 2010
ประเทศสเปน, 2008 (n=52)	ประชากรที่อยู่ใกล้เตาเผาขยะในเขตเมือง	-	0.35[ข]	0.22[ข]	AAS*	Zubero และคณะ, 2010
Ria of Huelva, ประเทศสเปน (n=857)	ประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม	-	0.65[ก]	0.56[ก]	AAS*	Aguilera และคณะ, 2008

หมายเหตุ: [ก] ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (Mean Concentration)

[ข] ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Means)

* Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

** Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

ตารางที่ 10 ตารางสรุป ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด (µg/dL) และระดับโครเมียมในปัสสาวะ (µg/g Creatinine) ดังที่รายงานไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

สถานที่	ประชากรที่ศึกษา	โลหะหนักในปัสสาวะ			ตะกั่วหนักในเลือด	วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง
		Pb	Cd	Cr	Pb		
ประเทศเยอรมนี (n=2102)	ประชากรที่ไม่เคยสูบบุหรี่	-	0.225[ค]	-	-	AAS*	Becker และคณะ, 2003
ประเทศเยอรมนี (n=1018)	ประชากรที่เคยสูบบุหรี่ในอดีต (แต่ปัจจุบันไม่สูบแล้ว)	-	0.288[ค]	-	-	AAS*	Becker และคณะ, 2003
ประเทศเยอรมนี (n=1606)	ประชากรที่สูบบุหรี่	-	0.31[ค]	-	-	AAS*	Becker และคณะ, 2003
(อู่เคาะ พ่นสีรถยนต์, จ. สงขลา, ประเทศไทย (n=50)	ช่างพ่นสีที่ไม่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ	-	0.76[ก] (0.29-3.42)	1.25[ก] (0.11-3.9)	10.42[ก] (5.27-26.00)	GFAAS***	Vitayavirasuk และคณะ, 2005
(อู่เคาะ พ่นสีรถยนต์, จ. สงขลา, ประเทศไทย (n=20)	ช่างพ่นสีที่ใส่เครื่องป้องกันสารพิษ	-	0.57[ก] (0.15-1.05)	0.87[ก] (0.19-2.44)	0.97[ก] (0.08-5.75)	GFAAS***	Vitayavirasuk และคณะ, 2005

หมายเหตุ: [ก] ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (Mean Concentration)

[ค] ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Means)

*AAS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

*** Graphite furnace atomic absorption spectroscopy (GFAAS)

ตารางที่ 10 ตารางสรุป ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด (µg/dL) และระดับโครเมียมในปัสสาวะ (µg/g Creatinine) ดังที่รายงานไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

สถานที่	ประชากรที่ศึกษา	โลหะหนักในปัสสาวะ			ตะกั่วในเลือด	วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง
		Pb	Cd	Cr	Pb		
เมืองสำคัญอื่นๆ ของแคว้น Andalusia, ประเทศสเปน (n=861)	ประชากรทั่วไป	-	0.74[ก]	0.77[ก]	-	AAS*	Aguilera และคณะ, 2008
จ. นครศรีธรรมราช ประเทศไทย (n=45)	คนงานทำเครื่องถม	-	-	-	7.30[ก]	AAS*	Decharat และคณะ, 2011
จ. นครศรีธรรมราช, ประเทศไทย (n=45)	คนงานทำเครื่องถม	-	-	-	16.25[ค]	FAAS****	Decharat และคณะ, 2012

หมายเหตุ: [ก] ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (Mean Concentration)

[ค] ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Means)

*AAS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

*** Graphite furnace atomic absorption spectroscopy (GFAAS)

*****Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS)

ตารางที่ 10 ตารางสรุป ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด (µg/dL) และระดับโครเมียมในปัสสาวะ (µg/g Creatinine) ดังที่รายงานไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

สถานที่	ประชากรที่ศึกษา	โลหะหนักในปัสสาวะ			ตะกั่วในเลือด	วิธีการวิเคราะห์	อ้างอิง
		Pb	Cd	Cr	Pb		
จ. เชียงใหม่, ประเทศไทย (n=241)	กลุ่มประชากรที่มีอาชีพเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนัก	-	-	-	6.0[ก] (1.2-19.0)	GFAAS***	สิริพร สมจ๊ะ, 2545
จ. เชียงใหม่, ประเทศไทย (n=218)	กลุ่มประชากรที่ไม่มีอาชีพเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนัก	-	-	-	4.3[ก] (1.1-11.8)	GFAAS***	สิริพร สมจ๊ะ, 2545
อ. เมือง จ. ชัยนาท, ประเทศไทย (n=25)	คนงานโรงงานเซรามิก ก่อน-หลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล	-	-	-	5.01-4.13[ก]	AAS*	กำจัด ทองปลั่ง วิจิตร, 2551

หมายเหตุ: [ก] ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย (Mean Concentration)

*AAS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

*** Graphite furnace atomic absorption spectroscopy (GFAAS)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

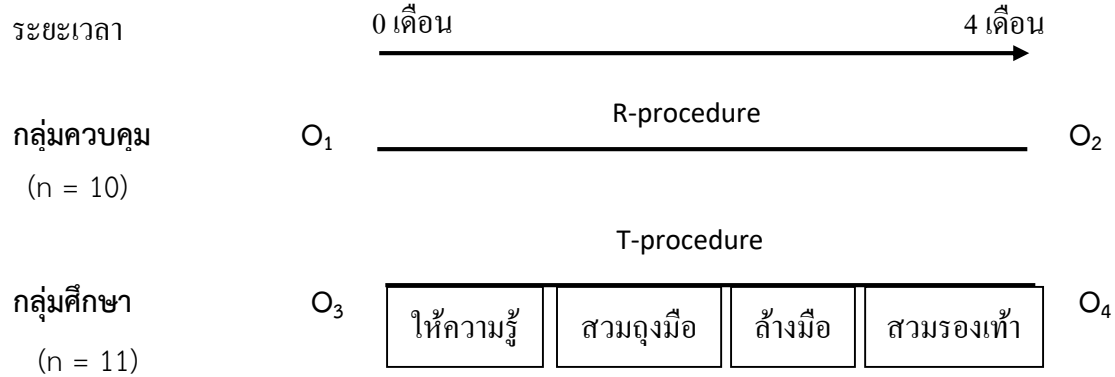
งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) โดยศึกษาระดับตะกั่ว (Total Lead: Pb^{2+} และ Pb^{4+}) และแคดเมียม (Total Cadmium: Cd^{2+}) ในเลือด และระดับโครเมียม (Total Chromium: Cr^{3+} และ Cr^{6+}) ในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ (กลุ่มศึกษา) จำนวน 11 คน และในเขตเทศบาลนครสงขลา (กลุ่มควบคุม) จำนวน 10 คน รวมถึงเปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน ซึ่งวิธีดำเนินการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แบบแผนการทดลอง

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) แบบ 2 กลุ่ม โดยวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (Two Group Pre Test-Post Test Design) ประกอบด้วยกลุ่มศึกษา เป็นกลุ่มที่ได้รับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน 1) การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว 2) การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงานและก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และ 3) การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) และกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ได้รับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน ผู้วิจัยได้ทำการวัดผลระดับความเข้มข้นตะกั่ว แคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนและหลังการทดลอง เป็นระยะเวลา 0-4 เดือน โดยมีรูปแบบการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 6 และตารางที่ 11

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ประกอบร่วมกับข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ อาทิเช่น ตัวชีวัดทางชีวภาพ ทฤษฎีการส่งเสริมคุณภาพ วิธีวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และวิธีวิเคราะห์ระดับโครเมียมในปัสสาวะ เป็นต้น



รูปที่ 6 รูปแบบวิจัยการศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

<u>หมายเหตุ</u>: ความหมายของสัญลักษณ์

O_1 หมายถึง ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มควบคุม ในเดือนที่ 0

O_2 หมายถึง ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มควบคุม ในเดือนที่ 4

O_3 หมายถึง ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา ในเดือนที่ 0

O_4 หมายถึง ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา ในเดือนที่ 4

ตารางที่ 11 การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงานแก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของกลุ่มศึกษา (n=11) ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่

เรื่อง	ข้อควรปฏิบัติ	เหตุผลในการปฏิบัติ	ระยะเวลา
สุขวิทยาส่วนบุคคล	ให้ความรู้เรื่องสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน แก่กลุ่มศึกษา โดยให้ข้อมูลเท่าที่จำเป็น เพื่อผู้ปฏิบัติงานนำความรู้ที่ได้ไปสู่การปฏิบัติจริง เป็นการกระตุ้นให้เกิดทัศนคติที่ดีเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถตนเองในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการ ดังนี้	เพื่อการปฏิบัติตัวที่ถูกต้องในการป้องกันอันตราย	4 เดือน
	- ให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม รวมถึงวิธีป้องกันและโรคที่เกิดจากการทำงานที่สัมผัสกับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม		
	-การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การเชื่อมโลหะและการบัดกรีตะกั่ว		
	- ล้างมือทุกครั้งก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ โดยล้างมือตั้งแต่ปลายนิ้วมือทุกนิ้วของมือทั้ง 2 ข้าง จนถึงกึ่งกลางของข้อศอกบริเวณเหนือจากข้อมือ ประมาณ 5-6 นิ้ว จำนวน 2 เที่ยวต่อครั้งด้วยน้ำสบู่และด้วยน้ำสะอาด		
	- สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน		

3.3 การสำรวจพื้นที่สำหรับการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อม

พื้นที่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ คือ ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ (กลุ่มศึกษา; n=11) และเทศบาลนครสงขลา (กลุ่มควบคุม; n=10) จังหวัดสงขลา ดังรูปที่ 6

รูปที่ 7 แผนที่สถานที่เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ (กลุ่มศึกษา; E_1-E_{11}) และ (กลุ่มควบคุม; C_1-C_{10}) ในจังหวัดสงขลา ประเทศไทย

สำหรับการคัดเลือก (Selection) ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย จะใช้วิธีการคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่อาสาเข้ามามีส่วนร่วมเป็นหน่วยตัวอย่างด้วยความเต็มใจ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543)

จากการสำรวจพบว่ามีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ในเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 32 ร้าน โดยมีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 14 ร้าน ได้แก่

ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 1 คน จำนวน 11 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 2 คน จำนวน 2 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 4 คน จำนวน 1 ร้าน

ส่วนการสำรวจมีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลา พบว่ามี จำนวน 29 ร้าน โดยมีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย จำนวน 12 ร้าน ได้แก่

ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 1 คน จำนวน 10 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 2 คน จำนวน 2 ร้าน

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ได้คำนวณตามสูตรหลักการหาขนาดตัวอย่างของงานวิจัย 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (Two Independent Samples) โดยใช้สูตรคำนวณของ Glass (1976) และคำนวณค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Vitayavirask และคณะ (2005) ที่ศึกษาระดับตะกั่วในเลือดและระดับแคดเมียม และโครเมียมในปัสสาวะของช่างพ่นสีในอู่พ่นสีรถยนต์ ในประเทศไทย ซึ่งเป็นตัวแปรเดียวกับการศึกษาครั้งนี้ ค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.44 โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$d = \frac{X_E - X_c}{SDc}$$

$$= \frac{10.42 - 8.62}{2.72}$$

$$= 0.44$$

d คือ ขนาดอิทธิพล

X_E คือ คะแนนเฉลี่ยของตัวแปรของกลุ่มศึกษา

X_c คือ คะแนนเฉลี่ยของตัวแปรของกลุ่มควบคุม

SDc คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

เมื่อนำค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) = 0.44 ที่ได้จากการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และกำหนดขนาดตัวอย่างจากตารางสำเร็จรูป โดยกำหนด Effect size = 0.66, α (Level of significant) = .05 และ Power of Test = .80 ไปเปิดตารางประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างของ (Cohen, 1988) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 18 คน ผู้วิจัยจึงพิจารณาเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 20 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งหมด 20 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มศึกษา 10 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน เนื่องจากในช่วงทำการวิจัยอาสาสมัครมีความสนใจที่จะเข้าร่วมโครงการวิจัย เพิ่มอีก 1 คน ซึ่งอาสาสมัครสนใจที่จะเข้าร่วมนี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมตรงตามกลุ่มศึกษา ดังนั้น จึงได้กลุ่มศึกษา 11 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน

การกำหนดกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ได้ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างแบบ Cluster Random Sampling คือ เป็นแบ่งประชากรออกตามพื้นที่ โดยแต่ละพื้นที่มีลักษณะในภาพรวมที่คล้ายคลึงกัน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2542) เนื่องจากร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และในเขตเทศบาลนครสงขลามีลักษณะโดยทั่วไปเหมือนกัน คือ เป็นร้านซ่อมขนาดเล็กที่มีช่างซ่อมประจำ 1 คน, มีการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (พัดลม ตู้เย็น คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ และเครื่องซักผ้า เป็นต้น) และมีการใช้พัดลมในการเป่าฝุ่นโลหะในเวลาการบัดกรีหรือเชื่อม ซึ่งมีบริบทต่างๆ ที่เหมือนกัน นอกจากนี้กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมยังอาศัยอยู่ในจังหวัดเดียวกัน คือ จังหวัดสงขลา ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศเหมือนกัน ดังนั้นจึงแบ่งพื้นที่กลุ่มศึกษาเป็นเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และกลุ่มควบคุมเป็นเขตเทศบาลนครสงขลา

การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในร้านซ่อมขนาดเล็ก ในเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลาที่มีช่างประจำเพียงคนเดียวทั้งหมด ดังนั้นจะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 11 คน (กลุ่มศึกษา) และในเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลาที่มีช่างประจำเพียงคนเดียวทั้งหมด ดังนั้นจึงได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 คน (กลุ่มควบคุม)

3.4 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมป้องกันการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้กลุ่มประชากรศึกษาทั้งในเทศบาลนครหาดใหญ่ (กลุ่มศึกษา) และเขตเทศบาลนครสงขลา (กลุ่มควบคุม) ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะดำเนินการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงานของกลุ่มศึกษา (n=11) โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ (Pender et al., 2006) ในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมป้องกันการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ เป็นการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพเพื่อให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพที่เหมาะสมและคงไว้ซึ่งพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพในส่วนที่ดีอยู่แล้วให้มีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจนเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ซึ่งเพนเดอร์ กล่าวว่า การที่บุคคลจะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไปสู่พฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพนั้นเป็นสิ่งที่กระทำได้ยากและมีแนวโน้มที่บุคคลอาจจะไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ ในการจูงใจให้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือ ปัจจัยด้านความคิดและอารมณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพฤติกรรม (Behavior-specific Cognitions and Affect) ประกอบด้วย

1) การรับรู้ประโยชน์ของพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

ผู้วิจัยมีการให้ความรู้และฝึกทักษะพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการให้กลุ่มศึกษาได้รับรู้ถึงอันตรายและผลกระทบต่อการรับสัมผัสโลหะหนักที่มีต่อร่างกาย ซึ่งก่อให้เกิดโรค ความเจ็บป่วย ความพิการและอาจส่งผลต่อชีวิตได้ รวมทั้งการรับรู้ถึงประโยชน์ของการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนัก ส่งผลให้ช่างซ่อมเกิดแรงจูงใจ และเชื่อมั่นในการที่จะปฏิบัติพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนักในการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้ (1) การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว (2) การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และ (3) การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ให้ความรู้และวิธีการล้างมือที่ถูกวิธีแก่กลุ่มศึกษา จากการศึกษาของ Chuang และคณะ (1999) พบว่า การให้โปรแกรมส่งเสริมสุขภาพ คือ การให้ความรู้และฝึกทักษะพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสจากตะกั่ว อันประกอบไปด้วย 1) พฤติกรรมเสียงต่อการรับสัมผัสตะกั่วจากมือสู่ปาก คือ การสูบบุหรี่ และการรับประทานอาหารในที่ทำงาน 2) พฤติกรรมการรักษาสุขภาพอนามัยก่อนการรับประทานอาหาร คือ การล้างมือ ล้างหน้า บ้วนปากก่อนรับประทานอาหาร อีกทั้งการอาบน้ำ สระผม และเปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) การรับรู้อุปสรรคในการปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพ

การรับรู้เกี่ยวกับอุปสรรคหรือความไม่สะดวกต่อการปฏิบัติพฤติกรรมของช่างซ่อม เช่น การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว เป็นผลทำให้เกิดความไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน ตลอดจนการล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ทำให้เกิดความไม่สะดวกสบาย และเสียเวลา แต่เมื่อช่างซ่อมมีความเชื่อต่อโอกาสเสี่ยงของการก่อให้เกิดโรค ความเจ็บป่วย ความพิการ และอาจส่งผลต่อชีวิตได้ เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะคุกคามนั้นก็ส่งผลให้ช่างซ่อมเกิด

แรงจูงใจ ยอมรับ และเชื่อมั่นในการที่จะปฏิบัติพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นผลมาจากความเชื่อว่าเป็นทางออกที่เหมาะสมและดี ที่จะไม่ก่อให้เกิดโรค ความเจ็บป่วย ความพิการ และอาจส่งผลต่อชีวิตต่อช่างซ่อม (ประภาเพ็ญ สุวรรณ, 2536)

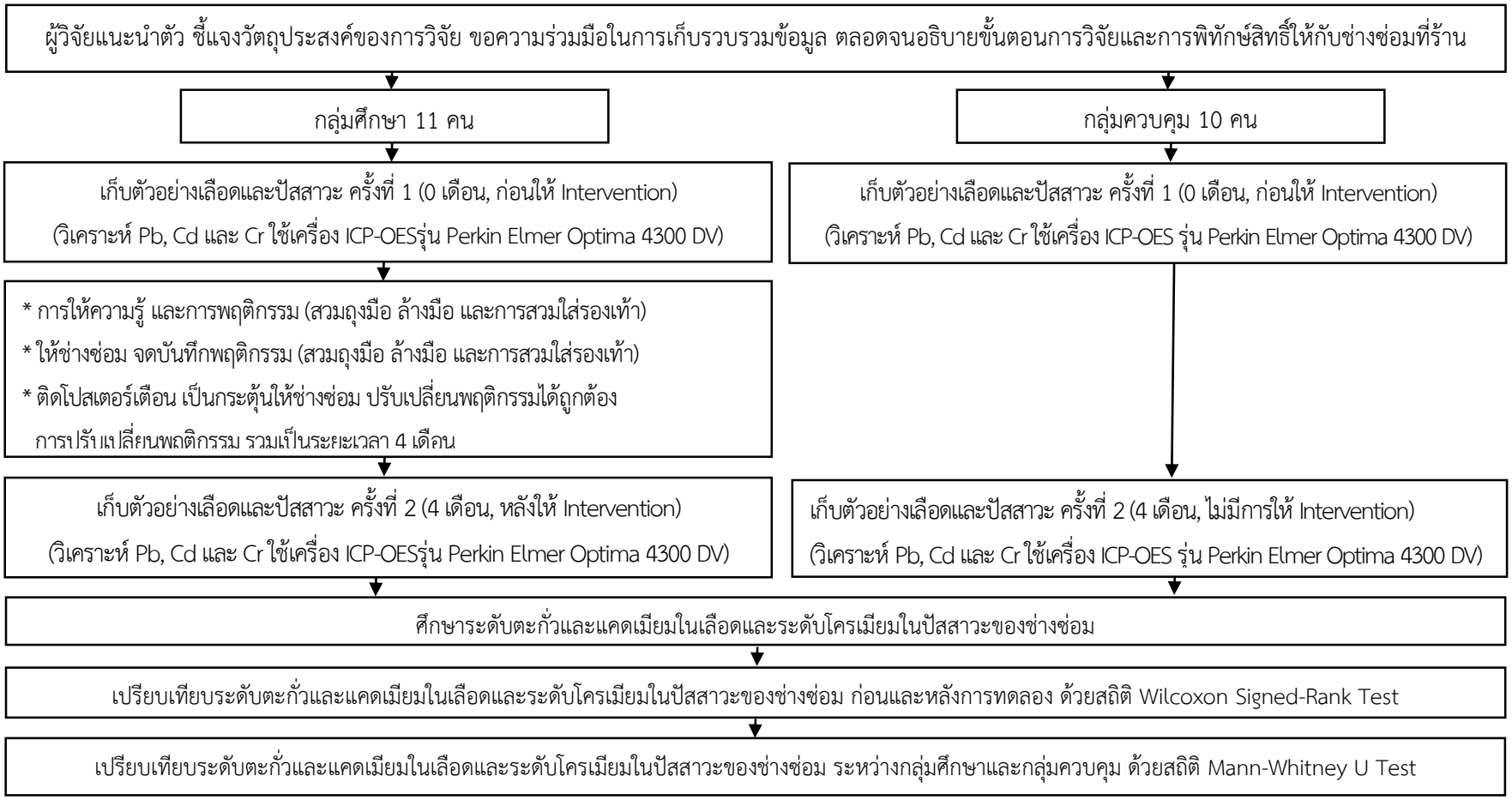
3) การรับรู้ความสามารถของตน

ผู้วิจัยได้มีการติดตามเพื่อกระตุ้นเตือนช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในทุกๆ สัปดาห์สุดท้ายของเดือน ซึ่งเป็นขั้นตอนของการพูดชักจูง (Verbal Persuasion) และการกระตุ้นทางอารมณ์ (Emotional Arousal) ให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานทุกครั้ง ทำให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พยายามที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการป้องกันตัวเองจากการรับสัมผัสตะกั่วแคดเมียม และโครเมียมจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้ประสบความสำเร็จได้

การกระตุ้นเตือนโดยการติดตามให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษาจดบันทึกพฤติกรรมการสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ลงในตารางแบบบันทึกพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นประจำทุกวันจนครบ 4 เดือน โดยผู้วิจัยจะมีการติดตามในสัปดาห์แรกของทุกเดือน เป็นจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ติดโปสเตอร์ ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดและอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่เกิดมาจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในบริเวณปฏิบัติงานของกลุ่มศึกษา เพื่อความมั่นใจว่าได้ปฏิบัติอย่างถูกต้อง (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550) ตลอดจนฝึกทักษะในการส่งเสริมการปฏิบัติที่ถูกต้อง (กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2545) ได้แก่ การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานให้แก่กลุ่มศึกษา ซึ่งโปสเตอร์เป็นสื่อที่จัดทำขึ้นเพื่อมีจุดมุ่งหมายในการดึงดูดสายตาความสนใจ และสามารถสื่อสารให้เข้าใจเนื้อหาได้ในเวลาอันรวดเร็ว โน้มน้าวใจหรือเปลี่ยนแนวความคิดที่มีอยู่เดิมได้ (กิดานันท์ มลิทอง, 2544)

สรุปภาพรวมแผนงานวิจัยการเก็บตัวอย่างตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8



รูปที่ 8 สรุปภาพรวมแผนงานวิจัยการเก็บตัวอย่างตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

3.5 วิธีการดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ

3.5.1 <u>ระยะเตรียมการวิจัย</u>

ผู้วิจัยนำหนังสือขอจริยธรรมการวิจัย และการจัดส่งโครงการวิจัยไปยังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขออนุมัติให้พิจารณาจริยธรรมการวิจัย รหัสโครงการ HSc-HREC-60-004-09-2 หลังจากการผ่านการพิจารณาจริยธรรมแล้ว ผู้วิจัยเข้าพบช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ร้านกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมทั้งหมด เพื่อแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ตลอดจนขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และอธิบายขั้นตอนการวิจัยและการพิทักษ์สิทธิ์ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ หากกลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะให้ผู้สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ก)

3.5.2 <u>ระยะดำเนินการวิจัย</u>

3.5.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1) ส่วนที่ 1 เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามสุขศาสตร์ส่วนบุคคล

แบบสอบถามสุขศาสตร์ส่วนบุคคล ได้ดัดแปลงแบบสอบถามมาจากการทบทวนวรรณกรรม (หทัยรัตน์ เมธนาวิน, 2558) ที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป สุขวิทยาส่วนบุคคล และการจัดการสภาพแวดล้อมในสถานประกอบการ

2) ส่วนที่ 2 ขั้นตอนส่งเสริมสุขภาพ โดยการให้ความรู้และฝึกทักษะพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และการส่งเสริมการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค และการรับรู้ความสามารถของตน โดยการให้กลุ่มศึกษาเห็นประโยชน์ของการปฏิบัติพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้

2.1) การสร้างสัมพันธภาพและประเมินพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.2) การสร้างความตระหนักถึงความสำคัญของพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และอันตรายจากโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม) ด้วยตนเอง โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม) และพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แก่กลุ่มศึกษาเป็นรายบุคคล 11 คน เพื่อให้รับรู้ถึงพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อันได้แก่ การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

โดยผู้วิจัยเป็นผู้ให้ความรู้เกี่ยวกับแหล่งกำเนิดและอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่เกิดมาจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550) พฤติกรรมการป้องกัน ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม และทำการสาธิตวิธีการล้างมือที่ถูกสุขลักษณะ (กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2545) ด้วยโปสเตอร์ ซึ่งโปสเตอร์เป็นสื่อที่จัดทำขึ้นเพื่อมีจุดมุ่งหมายในการดึงดูดสายตาความสนใจ และสามารถสื่อสารให้เข้าใจเนื้อหาได้ในเวลาอันรวดเร็ว โน้มน้าวใจ หรือเปลี่ยนแนวความคิดที่มีอยู่เดิมได้ (กิดานันท์ มลิทอง, 2544) โดยผู้วิจัยจะมอบโปสเตอร์ให้แก่กลุ่มศึกษาติดไว้บริเวณที่ปฏิบัติงาน เพื่อความมั่นใจว่าได้ปฏิบัติอย่างถูกต้อง ซึ่งการเรียนรู้จากการสังเกต โดยผ่านกระบวนการตั้งใจ กระบวนการเก็บจำ (Retention Processes) ทำให้กลุ่มศึกษาเกิดการเรียนรู้และจดจำได้

2.3) การฝึกทักษะพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ (1) การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว (2) การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และ (3) การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ให้คำแนะนำให้กลุ่มศึกษาได้ได้รับความรู้และวิธีการล้างมือที่ถูกสุขลักษณะ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการใช้ประสบการณ์ความสำเร็จของตนเอง (Enactive Mastery Experience) และกระบวนการจูงใจ (Motivational Processes)

3) ส่วนที่ 3 ขั้นตอนการกระตุ้นเตือนโดยการติดตาม โดยการให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษา จดบันทึกพฤติกรรมการสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธี และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ลงในตารางแบบบันทึกพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นประจำทุกวันจนครบ 4 เดือน โดยผู้วิจัยจะติดตามในสัปดาห์แรกของทุกเดือน เป็นจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง

4) ส่วนที่ 4 เครื่องมือกำกับการทดลอง คือ การเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยมีพยาบาลวิชาชีพ จากโรงพยาบาลหาดใหญ่ที่ชำนาญการทางด้านการเจาะเลือดมาเจาะเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.5.2.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ตอบแบบสอบถามสุขศาสตร์ส่วนบุคคล (รูปที่ 9) ส่วนผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยมีพยาบาลวิชาชีพ จากโรงพยาบาลหาดใหญ่ ที่ชำนาญการทางด้านการเจาะเลือดมาเจาะเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 10 และรูปที่ 11

3.5.2.3 สำหรับกลุ่มศึกษา (n=11) ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ ครั้งที่ 1 (0 เดือน, ก่อนให้ Intervention) พร้อมทั้งมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ได้แก่ การให้ความรู้ การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน โดยการประยุกต์ทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง หลังจากนั้นอีก 4 เดือนถัดมา คณะผู้วิจัยก็ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของกลุ่มศึกษา ครั้งที่ 2 (4 เดือน, หลังให้ Intervention)

ในส่วนของกลุ่มควบคุม (n=10) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและเลือด ครั้งที่ 1 (0 เดือน, ไม่มีการให้ Intervention) หลังจากนั้นอีก 4 เดือนถัดมา ก็ดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ ครั้งที่ 2 โดยไม่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (4 เดือน, ไม่มีการให้ Intervention) ซึ่งหลังจากการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้มอบคู่มือซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของและอันตรายตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่เกิดมาจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนวิธีการล้างมือที่ถูกวิธีให้แก่กลุ่มควบคุม (รูปที่ 12)

3.5.2.4 การเก็บตัวอย่างเลือดและการวิเคราะห์ระดับของตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด

<u>1) การเก็บตัวอย่างเลือด</u> มีขั้นตอนดังนี้

1.1) พยาบาลวิชาชีพ จากโรงพยาบาลหาดใหญ่ เป็นผู้ทำการเจาะเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำเป็นปริมาณ 8 มิลลิลิตร

1.2) ตัวอย่างเลือด ได้แบ่งวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ถ่ายเลือดลงในหลอดบรรจุ Ethylene diamine tetra acetic acid (EDTA) 2 มิลลิลิตร แล้วแช่ในภาชนะบรรจุน้ำแข็ง จากนั้นส่งตรวจ Complete Blood Count (CBC) ที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชน ในจังหวัดสงขลา ภายในเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ

ส่วนที่ 2 ถ่ายเลือด 6 มิลลิลิตร ลงในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene Bottles) แล้วแช่ในภาชนะบรรจุน้ำแข็งเพื่อตรวจระดับโลหะหนักที่ศึกษา ได้แก่ ตะกั่วและแคดเมียม ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดย

การนำตัวอย่างเลือดมาปั่น (Centrifuged) แล้วแยกซีรั่มจากเลือด (Blood Serum) ด้วยด้วยเครื่อง Thermoreactor ที่ความเร็ว 3500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 148 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างซีรั่ม ไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20^{0}C เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับของตะกั่วและแคดเมียม โดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น Perkin Elmer Optima 4300 DV ต่อไป ระดับของตะกั่วและแคดเมียมในเลือดคำนวณโดยใช้สูตร

สูตร ปริมาณโลหะหนัก (ตะกั่ว และแคดเมียม) ในเลือด (µg/dL) = $\frac{A \times V}{B}$

เมื่อ A = ค่าความเข้มข้นที่วัดได้ (µg/dL)

B = ปริมาตรของเลือด (mL)

V = ปริมาตรของสารละลาย (mL)

2) การวิเคราะห์ระดับของตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด

การวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด จะดำเนินการตามวิธีของ National Institute for Occupational Safety and Health Method 8005 (NIOSH, 1994a) โดยมีการปรับเปลี่ยนบางส่วนเพื่อเพิ่มคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีการคือ นำตัวอย่างเลือด 6 มิลลิลิตร มาย่อยด้วยกรดไนตริก (HNO_3), กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) และกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ตามสัดส่วนปริมาตร 3:1:1 (v/v/v) โดยใช้ตัวอย่างเลือด 6 มิลลิลิตร บนเครื่อง Thermoreactor ที่อุณหภูมิ 148 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนเป็นสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วกรองด้วยกระดาษกรอง (Watchman Filter No.1 Ø 125 mm) จากนั้นทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร ซึ่งสารละลายสุดท้ายที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียม โดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น Perkin Elmer Optima 4300 DV

3.5.2.5 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะและการวิเคราะห์ระดับของโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ

1) การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

การเก็บตัวอย่างปัสสาวะจะเก็บตามวิธีของ NIOSH Method 8310 (NIOSH, 1994b) และ Aguilera และคณะ (2008) ซึ่งการเก็บตัวอย่างปัสสาวะจะทำการเก็บแบบ Random Specimen (Spot Urine Specimen) เป็นการเก็บปัสสาวะถ่ายครั้งเดียวเวลาใดก็ได้ โดยจะเก็บตัวอย่างปัสสาวะของช่างซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 11 ร้าน และในเขตเทศบาลนครสงขลา จำนวน 10 ร้าน ช่วงเวลาบ่ายของวันเสาร์ควบคู่ไปกับการกรอกแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ การศึกษา ประวัติการทำงาน และการ

สูบบุหรี่หรือไม่สูบบุหรี่ ฯลฯ ดังแสดงไว้ในแบบสอบถาม 1 (ภาคผนวก ข) ซึ่งการเก็บตัวอย่างปัสสาวะมีขั้นตอนดังนี้

1.2) ช่างซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นผู้ดำเนินการเก็บตัวอย่างปัสสาวะด้วยตัวเอง โดยก่อนการเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะต้องล้างมือให้สะอาดด้วยสบู่ เมื่อเก็บตัวอย่างเสร็จแล้ว ตัวอย่างปัสสาวะจะถูกเก็บไว้ในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน (Polyethylene Bottles) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่แช่ในภาชนะพลาสติกบรรจุน้ำแข็งเพื่อเป็นการรักษาสภาพ

2) การวิเคราะห์ระดับของโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ส่งตรวจ ระดับ Creatinine ที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชน ในจังหวัดสงขลา ตามวิธีของ Jaffe Hitachi 717 Autoanalyzer โดยหลังจากเก็บตัวอย่างปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แล้วคณะผู้วิจัยนำตัวอย่างปัสสาวะที่แช่น้ำแข็งส่งตรวจที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชนภายในเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ

ส่วนที่ 2 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ส่งตรวจระดับโลหะหนักที่ศึกษา ได้แก่ โครเมียม ที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยนำตัวอย่างปัสสาวะมากรองด้วยกระดาษกรอง (Watchman Filter) แล้วนำตัวอย่างปัสสาวะที่ผ่านการกรองนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ -20^{0}C เพื่อวิเคราะห์หาระดับของโครเมียมโดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น Perkin Elmer Optima 4300 DV ระดับของโครเมียมในปัสสาวะ คำนวณโดยใช้สูตร

สูตร โครเมียมในปัสสาวะ (µg/dL) = $\frac{A \times V}{B}$

เมื่อ A = ค่าความเข็มข้นที่วัดได้ (µg/dL)

B = ปริมาตรของปัสสาวะ (mL)

V = ปริมาตรของสารละลาย (mL)

เนื่องจากผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างปัสสาวะแบบ Random Specimen หรือ Spot Urine Specimen เป็นการเก็บปัสสาวะถ่ายครั้งเดียวเวลาใดก็ได้ ซึ่งในแต่ละวันร่างกายของแต่ละคนจะขับของเสียออกของไตทางปัสสาวะไม่เท่ากันดังนั้นจึงต้องมีการปรับค่าปัสสาวะด้วยครีเอตินีนที่ร่างกายขับออกมา วิธีการคำนวณการปรับตัวอย่างปัสสาวะ ดังสูตร

สูตร ผลโลหะหนักที่วัดได้ (µg/g creatinine) = $\frac{\text{โครเมียมในปัสสาวะ (µg/dL)}}{\text{ครีเอตินีน (g/dL)}}$

2.1) การวิเคราะห์ระดับของโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ

การวิเคราะห์ระดับของโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ ดำเนินการตามวิธีของ NIOSH Method 8310 (NIOSH, 1994b) โดยมีการปรับเปลี่ยนบางส่วนเพื่อเพิ่มคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งมีวิธีการคือ นำตัวอย่างปัสสาวะมากรองด้วยกระดาษกรอง (Watchman Filter) ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น โดยปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร ซึ่งสารละลายสุดท้ายที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ระดับของโครเมียมโดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น Perkin Elmer Optima 4300 DV

อนึ่ง ก่อนทำการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะทุกครั้ง จะต้องนำอุปกรณ์ทุกอย่างที่ทำด้วยแก้วและพลาสติกไปแช่ในกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 10% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้นำมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน (Milli-Q water) แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง และเมื่อทำการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะเรียบร้อยแล้วต้องทำลายตัวอย่างเลือดและปัสสาวะหลังจากวิเคราะห์ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงวิธีการทำลายตัวอย่างปัสสาวะและเลือดหลังจากวิเคราะห์

ตัวอย่างเลือด แบ่งวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ	**ตัวอย่างปัสสาวะ** แบ่งวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ
<u>ส่วนที่ 1</u> ส่งตรวจ Complete Blood Count (CBC) ที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชน ในจังหวัดสงขลา โดยทางคลินิกจะเป็นผู้รับผิดชอบในการทำลาย <u>ส่วนที่ 2</u> ส่งตรวจระดับโครเมียม ส่งตรวจที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยหน่วยเครื่องมือกลางจะเป็นผู้รับผิดชอบในการทำลาย	<u>ส่วนที่ 1</u> ส่งตรวจ ระดับ Creatinine ที่หน่วยเคมี คลินิกเอกชน ในจังหวัดสงขลา โดยทางคลินิกจะเป็นผู้รับผิดชอบในการทำลาย <u>ส่วนที่ 2</u> ส่งตรวจระดับตะกั่วและแคดเมียม ส่งตรวจที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยหน่วยเครื่องมือกลางจะเป็นผู้รับผิดชอบในการทำลาย
เข็ม และ Syringe ที่ใช้สำหรับการเก็บตัวอย่าง หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเสร็จแล้วทุกครั้ง จะถูกนำไปทิ้งในขวดแก้วที่มีฝาปิด หลังจากนั้นจะนำไปทิ้งในถังขยะติดเชื้อ (สีแดง) โดยฝากโรงพยาบาลหาดใหญ่กำจัดอย่างถูกวิธี	

<u>หมายเหตุ</u>

การเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำ ได้มีพยาบาลวิชาชีพ ที่มีความเชี่ยวชาญการเจาะเลือด โดยประเมินจากการทำงานที่แผนกเวชกรรมสังคม โรงพยาบาลหาดใหญ่ และมีประสบการณ์การเจาะเลือดมาตั้งแต่ พ.ศ. ปี2535-ปัจจุบัน ระยะเวลาประมาณ 26 ปี เป็นผู้เจาะเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และดำเนินการเก็บตัวอย่างเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เองถึงร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จำนวน 11 ร้าน และในเขตเทศบาลนครสงขลา จำนวน 10 ร้าน

3.5.2.6 ผู้วิจัยดำเนินการติดตามเพื่อกระตุ้นเตือนกลุ่มศึกษา โดยจัดเป็นกิจกรรมที่สนับสนุน ส่งเสริม และกระตุ้นให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ดังนี้

1) ให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษา จดบันทึกพฤติกรรมการสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธี และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ลงในตารางแบบบันทึกพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ภาคผนวก ค) เป็นประจำทุกวัน จนครบ 4 เดือน โดยผู้วิจัยจะติดตามในสัปดาห์แรกของทุกเดือน เป็นจำนวนทั้งหมด 4 ครั้ง

2) การติดโปสเตอร์เตือน ซึ่งในโปสเตอร์ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับอันตรายจากโลหะหนัก (ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม) และพฤติกรรมการป้องกันโลหะหนักจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยมีภาพและข้อความที่เข้าใจง่าย ซึ่งการใช้โปสเตอร์เตือน เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่คณะกรรมการควบคุมการติดเชื้อนำไปใช้กระตุ้นและส่งเสริมบุคคลกรในองค์กร และพบว่าโปสเตอร์เตือนเป็นสื่อที่เป็นปัจจัยเสริมในการกระตุ้นผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น (Jenner *et al.,* 2005) (รูปที่ 13)

(ก) **(ข)**

รูปที่ 9 การสัมภาษณ์แบบสอบถามสุขศาสตร์ส่วนบุคคล

(ค) (ง)

รูปที่ 10 ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ เพื่อวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

(จ) (ฉ)

รูปที่ 11 พยาบาลวิชาชีพ ที่ทำเจาะเลือดให้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

(ช)

รูปที่ 12 ผู้วิจัยมอบคู่มือซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมและวิธีป้องกัน

(ซ) **(ฌ)**

รูปที่ 13 การติดโปสเตอร์เพื่อเป็นสื่อในการกระตุ้นให้สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

3.6 การพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยดำเนินการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่าง ตามขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยนำหนังสือขอจริยธรรมการวิจัย และการจัดส่งโครงการวิจัยไปยังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เพื่อขออนุมัติให้พิจารณาจริยธรรมการวิจัย

2) ภายหลังโครงการผ่านการพิจารณาจริยธรรมเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยเข้าพบช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ร้าน กลุ่มศึกษา 11 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน รวมทั้งหมด 21 คน เพื่อแนะนำตัวและชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ตลอดจนขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล อธิบายขั้นตอนการวิจัย และการพิทักษ์สิทธิ์ให้กลุ่มตัวอย่างทราบ เมื่อกลุ่มตัวอย่างสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ผู้วิจัยจะให้ผู้สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัยซึ่งมีประเด็นดังนี้

2.1) เนื่องจากงานวิจัยนี้จำเป็นต้องเจาะเลือด เพื่อหาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าร่วมการวิจัย โดยช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของการเจาะเลือด และมีพยาบาลวิชาชีพเป็นผู้เจาะเลือด ซึ่งจะไม่มีอันตรายต่อช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.2) คำตอบและข้อมูลทุกอย่างถือเป็นความลับ จะไม่มีการเปิดเผยให้แก่ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง และนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการวิจัยเท่านั้น

2.3) ผลการวิจัยจะนำเสนอในภาพรวม และระหว่างการดำเนินการวิจัยถ้าหากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ประสงค์จะเข้าร่วมการวิจัยต่อไป ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถถอนตัวออกจากโครงการวิจัยได้ตลอดเวลา ซึ่งการถอนตัวออกจากโครงการวิจัย จะไม่มีผลใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

3) สำหรับกลุ่มควบคุม ในเดือนที่ 4 ของการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้มอบคู่มือซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดและอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่เกิดมาจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงวิธีการล้างมือที่ถูกวิธี เพื่อความเท่าเทียมกันในการรับสิ่งทดลอง

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 16 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนี้

3.7.1 วิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการวัดการกระจายของข้อมูล (Measures of dispersion) มัธยฐาน (Median), ค่าพิสัยควอไทล์ (Interquartile Range, IQR) และร้อยละ

3.7.2 หาค่ามัธยฐาน (Median) และค่าพิสัยควอไทล์ (Interquartile Range, IQR) ของระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.7.3 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษา ก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test

3.7.4 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาที่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล (มีการให้ Intervention) และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล (ไม่มีการให้ Intervention) ด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 เป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งได้ทำการสุ่มตัวอย่างโดยวิธีการคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) ได้ทำการศึกษาช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวนทั้งสิ้น 21 คน โดยแบ่งออกเป็น 1) กลุ่มศึกษา คือ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ที่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (มีการให้ Intervention) จำนวน 11 คน และ 2) กลุ่มควบคุม คือ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครสงขลา ที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ไม่มีการให้ Intervention) จำนวน 10 คน ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะได้เก็บจากกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม เพื่อวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและโครเมียมในปัสสาวะ โดยใช้เครื่อง ICP-OES รุ่น Perkin Elmer Optima 4300 DV นอกจากนี้ยังมีการใช้แบบสอบถาม เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผลการวิจัยมีดังนี้

4.1 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ระดับตะกั่วในเลือด

ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11) ก่อนการทดลอง คือ ก่อนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ก่อนการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (Median), พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile range) เท่ากับ 15.75 (0.05-22.5) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนหลังการทดลอง คือ หลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (หลังการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 9.25 (0.25-16.25) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร สำหรับในกลุ่มควบคุม (n=10) พบว่า ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 12.76 (8.92-16.75) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนหลังการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 13.50 (10.19-20.94) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 13 และรูปที่ 14 (ก)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ระดับแคดเมียมในเลือด

ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11) ก่อนการทดลอง คือ ก่อนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ก่อนการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 4.25 (4.25-8.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนหลังการทดลอง คือ หลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (หลังการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 2.75 (2.00-5.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร สำหรับในกลุ่มควบคุม (n=10) พบว่า ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 2.62 (2.12-3.12) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ส่วนหลังการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 3.25 (2.62-4.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 14 และรูปที่ 14 (ข)

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ระดับโครเมียมในปัสสาวะ

ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11) ก่อนการทดลอง คือ ก่อนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (ก่อนการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.60 (0.00-0.93) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ส่วนหลังการทดลอง คือ หลังการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน (หลังการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.20 (0.00-0.41) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน สำหรับในกลุ่มควบคุม (n=10) พบว่า ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 0 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.25 (0.00-0.55) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ส่วนหลังการทดลอง (ไม่มีการให้ Intervention; 4 เดือน) มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.76 (0.69-1.46) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 15 และรูปที่ 14 (ค)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ระดับตะกั่วในเลือดข้างต้นจะเห็นได้ว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2017b) คือ 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร พบว่า ค่ามัธยฐานของระดับตะกั่วในเลือดของทั้งกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ACGIH สอดคล้องกับการศึกษาของ Decharat และคณะ (2012) ศึกษาตะกั่วในเลือดของคนงานเครื่องถม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ

16.25 (4.59-39.33) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานของ ACGIH ด้วยเช่นกัน

ระดับแคดเมียมในเลือด เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งกำหนดโดย ACGIH คือ 0.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร พบว่า มีค่ามัธยฐานของระดับแคดเมียมในเลือดช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ACGIH เนื่องจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (การบัดกรีและการเชื่อม) ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 400-500 องศาเซลเซียส ซึ่งจุดเดือดและจุดหลอมเหลว ของตะกั่ว มีค่าเท่ากับ 1,749 และ 327.46 องศาเซลเซียส, แคดเมียม มีค่าเท่ากับ 767 และ 321.07 องศาเซลเซียส และโครเมียม มีค่าเท่ากับ 2,671 และ 1,907 องศาเซลเซียส (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553) จะเห็นได้ว่าแคดเมียม มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่ต่ำที่สุด ดังนั้น แคดเมียมสามารถที่จะฟุ้งกระจายออกสู่ภายในสิ่งแวดล้อมภายในร้านได้มากกว่า ตะกั่วและโครเมียม ช่างซ่อมจึงมีโอกาสที่จะได้รับสัมผัสแคดเมียมได้มากด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังพบว่า ช่างซ่อมในกลุ่มศึกษา รหัส E_2, E_6, E_9, และ E_{10} และกลุ่มควบคุม รหัส C_2, C_3, C_4, C_6, C_7, C_9 และ C_{10} ตั้งอยู่ใกล้กับสถานประกอบการณ์อู่พ่นสีรถยนต์, ร้านเชื่อมโลหะขนาดเล็ก และร้านปริ้นไวนิล ซึ่งกระบวนการการขัดสีและเชื่อมโลหะทำให้มีฝุ่นที่มีปนเปื้อนแคดเมียมฟุ้งกระจายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งมีลมจากธรรมชาติพัดเข้า-ออกอยู่ตลอดเวลา จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นแคดเมียมไปยังร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่ใกล้เคียง และช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก็อาจจะได้รับสารแคดเมียมด้วยเช่นกัน ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของเจริญศักดิ์ งานไตรไร (2545) ที่พบตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม และสารอื่นๆ จากสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์และร้านปริ้นไวนิล มีการฟุ้งกระจายของละอองสีไปยังที่พักอาศัยของประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงได้ และการศึกษาของ Mulyana และคณะ (2015) พบว่ากระบวนการเชื่อมโลหะทำให้เกิดเป็นอนุภาคเหล็กออกไซค์และไอระเหยขนาดเล็ก (Metal Oxide Particles and Gases) ที่มีการปนเปื้อนของเหล็ก แมงกานีส โครเมียม อลูมินัม นิกเกิล และแคดเมียม ทั้งภายในอาคารและออกสู่บรรยากาศ ซึ่งง่ายต่อการที่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับสารแคดเมียมผ่านทางการหายใจ อีกทั้ง สารแคดเมียมเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับผู้ที่สูบบุหรี่ ซึ่งระดับแคดเมียมในเลือดที่มีค่าสูงอาจจะมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการสูบบุหรี่ร่วมด้วย ดังจะเห็นได้จากการศึกษาของ Mulyana และคณะ (2015) ซึ่งได้รายงานว่าผู้ที่ไม่ได้ประกอบอาชีพเสี่ยงต่อการสัมผัสแคดเมียม แต่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่มากกว่า 12 มวน ต่อวัน มีระดับแคดเมียมในเลือด (Whole Blood) มากกว่า 5 ไมโครกรัมต่อลิตร และระดับแคดเมียมในเลือดจะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามจำนวนมวนของบุหรี่ที่สูบ โดยบุหรี่ 1 มวน มีแคดเมียมอยู่ประมาณ 1-2 ไมโครกรัม (Friberg *et al.,* 1986) และร่างกายสามารถดูดซึมแคดเมียมในบุหรี่เข้าไปได้ร้อยละ 10 โดยผ่านระบบทางเดินหายใจ (Goyer, 1986)

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุมเป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ร้อยละ 36.36 และ 40.00 ตามลำดับ

ระดับโครเมียมในปัสสาวะ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งกำหนดโดย ACGIH คือ 25 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน พบว่า ค่ามัธยฐานของระดับโครเมียมในปัสสาวะช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของ ACGIH และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Abubakar (2014) ที่ศึกษาระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60±6.51 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมที่ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.69±14.75 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน และการศึกษาของ Decharat (2015) ศึกษาโครเมียมในปัสสาวะจากคนงานปริ้นสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.68±1.93 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานของ ACGIH ด้วยเช่นกัน

4.2 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

4.2.1 เปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $P>0.05$ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หลังการทดลองระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13

4.2.2 เปรียบเทียบระดับแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อม

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

4.2.3 เปรียบเทียบระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ด้วยวิธีทางสถิติโดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 15

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษาถึงแม้ว่าระดับตะกั่วในเลือดหลังการทดลองในกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม แต่เมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากในกระบวนการซ่อมและบัดกรีเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ช่างซ่อมสามารถรับสัมผัสตะกั่วได้ 2 ทางเป็นหลัก คือ 1) ผ่านทางการหายใจ ประมาณกันว่าถ้าหากปริมาณตะกั่วในอากาศ 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะทำให้ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดเพิ่มสูงขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร 2) ผ่านทางการกิน ผู้ใหญ่จะดูดซึมเข้าไปในร่างกายประมาณ 10% (Thomas and Ashton, 1991) ซึ่งจากการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ยังไม่ครอบคลุมการรับสัมผัสตะกั่ว ผ่านทางการหายใจ เอาควัน ฟูมของตะกั่ว หรือฝุ่นผงไอตะกั่วเข้าไป โดยจากการศึกษาของ Lormphongs และคณะ (2004) และการศึกษาของ Vitayavirasuk และคณะ (2005) พบว่า พนักงานที่ใส่หน้ากากป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ส่งผลให้ระดับตะกั่วในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษา การเปรียบเทียบระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14 สอดคล้องกับการศึกษา Abubakar (2014) ที่ศึกษาระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พบ ระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.85±0.95 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมที่ไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.51±11.25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่จะพบว่า ในกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง มีระดับของโครเมียมในปัสสาวะเพิ่มสูงขึ้นจากก่อนการทดลอง เนื่องจากร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มควบคุม รหัส C_2, C_3, C_4, C_6, C_7, C_9 และ C_{10} ตั้งอยู่ใกล้กับสถานประกอบการอู่พ่นสีรถยนต์ ซึ่งกระบวนการการขัดสีและพ่นสีรถยนต์ เป็นแหล่งที่มาของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม (เจริญศักดิ์ งานไตรไร, 2545) และร้านเชื่อมโลหะขนาดเล็ก ซึ่งกระบวนการเชื่อมโลหะ เป็นแหล่งที่มาของแคดเมียมและโครเมียม (Mulyana *et al.,* 2015) และร้านปริ้นไวนิล เป็นแหล่งที่มาของ Cd และ Cr (IARC, 1996) จากการสอบถามช่างซ่อมในกลุ่มควบคุม รหัส C_1, C_3, C_4, C_6, C_8 และ C_9 ในช่วงหลังการทดลอง ช่างซ่อมมีปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น จากผลการศึกษา ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่ใกล้กับอุตสาหกรรม (อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล) และร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น พบว่า มีความสัมพันธ์ระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 13 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มศึกษา (n=11)	Pb ในเลือด (µg/dL)		กลุ่มควบคุม (n=10)	Pb ในเลือด (µg/dL)		Pb ในเลือด (µg/dL)	
						กลุ่มศึกษา	กลุ่มควบคุม
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง
E_1	18.00	10.75	C_1	12.50	11.50	7.25	1
$E_2^{*,***}$	30.05	22.50	$C_2^{*,**,***}$	15.75	21.50	7.55	-5.75
E_3	0.50	ND	C_3^{**}	22.00	10.25	ND	11.75
E_4	24.50	8.25	$C_4^{*,***}$	12.01	21.75	16.25	-9.74
E_5	14.60	20.75	C_5	0.50	0.50	-6.15	0
$E_6^{*,**}$	15.75	16.25	C_6^{*}	13.03	20.75	-0.5	-7.72
E_7	10.00	5.00	C_7^{**}	14.25	14.25	5	0
E_8	21.75	9.85	C_8	19.75	12.75	11.9	7
E_9^{**}	ND	ND	$C_9^{**,***}$	8.98	17.25	ND	-8.27
E_{10}^{***}	ND	0.25	C_{10}^{**}	8.75	10.00	ND	-1.25
E_{11}	22.75	9.25				13.5	
Median (IQR)	15.75 (0.50-22.75)	9.25 (0.25-16.25)	Median (IQR)	12.76 (8.92-16.75)	13.50 (10.19-20.94)	5.00 ((-0.23)-11.90)	-0.63 ((-7.86)-2.50)
p-value	0.062[1]		p-value	0.484[1]		0.049[2]	

หมายเหตุ: ทดสอบด้วยสถิติ [1]Wilcoxon Signed-Rank Test และ [2]Mann-Whitney U Test ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

: *ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้อู่พ่นสี, **ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านปริ้นไวนิล และ ***ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านเชื่อมเหล็ก

: ค่ามาตรฐานของตะกั่วในเลือด ไม่เกิน 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ACGIH, 2017a)

: ND (non-detectable): ค่าความเข้มข้นน้อยกว่าขีดความสามารถของการวิเคราะห์ Limit of Detection (LOD)=0.05 µg/dL

ตารางที่ 14 ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มศึกษา (n=11)	Cd ในเลือด (µg/dL)		กลุ่มควบคุม (n=10)	Cd ในเลือด (µg/dL)		Cd ในเลือด (µg/dL)	
						กลุ่มศึกษา	กลุ่มควบคุม
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง
E_1	4.25	2.5	C_1	2.25	2.25	1.75	0
$E_2^{*,***}$	15.02	13.0	$C_2^{*,**,***}$	2.5	3.0	2.02	-0.5
E_3	3.25	1.75	C_3^{**}	3.0	4.5	1.5	-1.5
E_4	2.75	2.0	$C_4^{*,***}$	1.75	3.25	0.75	-1.5
E_5	8.5	1.75	C_5	1.75	1.75	6.75	0
$E_6^{*,**}$	4.25	3.25	C_6^{*}	2.75	2.75	1	0
E_7	8.00	5.0	C_7^{**}	3.5	4.0	3	-0.5
E_8	3.25	2.5	C_8	3.0	3.75	0.75	-0.75
E_9^{**}	3.25	2.75	$C_9^{**,***}$	2.5	3.25	0.5	-0.75
E_{10}^{***}	5.0	5.0	C_{10}^{**}	3.75	4.0	0	-0.25
E_{11}	3.75	4.0				-0.25	
Median (IQR)	4.25 (4.25-8.00)	2.75 (5.00-2.00)	Median (IQR)	2.62 (2.12-3.12)	3.25 (2.62-4.00)	1.00 (0.50-2.02)	-0.50 ((-0.94)-0.00)
p-value	0.007		p-value	0.017		0.000	

หมายเหตุ: ทดสอบด้วยสถิติ [1]Wilcoxon Signed-Rank Test และ [2]Mann-Whitney U Test ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

: *ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้อู่พ่นสี, **ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านปริ้นไวนิล และ ***ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านเชื่อมเหล็ก

: ค่ามาตรฐานของแคดเมียมในเลือด ไม่เกิน 0.5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ACGIH, 2017a)

ตารางที่ 15 ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มศึกษา (n=11)	Cr ในปัสสาวะ (µg/g Creatinine)		กลุ่มควบคุม (n=10)	Cr ในปัสสาวะ (µg/g Creatinine)		Cr ในปัสสาวะ (µg/g Creatinine)	
						กลุ่มศึกษา	กลุ่มควบคุม
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง	ก่อน-หลังทดลอง
E_1	0.5673	0.3086	C_1	0.7011	1.7806	0.2587	-1.0795
E_2 [*, ***]	0.1571	0.0043	C_2 [*, **, ***]	0.0801	0.4716	0.1528	-0.3915
E_3	0.6	0.201	C_3 [**]	ND	0.9195	0.399	ND
E_4	0.7666	0.0042	C_4 [*, ***]	0.5377	1.5149	0.7624	-0.9772
E_5	1.312	0.405	C_5	ND	ND	0.907	ND
E_6 [*, **]	0.9275	0.4052	C_6 [*]	0.6004	1.4451	0.5223	-0.8447
E_7	0.0032	ND	C_7 [**]	0.0978	0.1457	ND	-0.0479
E_8	1.5271	0.804	C_8	ND	ND	0.7231	ND
E_9 [**]	ND	0.0071	C_9 [**, ***]	0.3009	1.001	ND	-0.7001
E_{10} [***]	ND	0.0089	C_{10} [**]	0.2217	0.3303	ND	-0.1086
E_{11}	0.7845	0.1031				0.6814	
Median (IQR)	0.60 (0.00-0.93)	0.20 (0.00-0.41)	Median (IQR)	0.25 (0.00-0.55)	0.76 (0.69-1.46)	0.56 ((-0.01)-0.78)	-0.69 ((-1.43)-(-1.39))
p-value	0.013[1]		p-value	0.011[1]		0.005[2]	

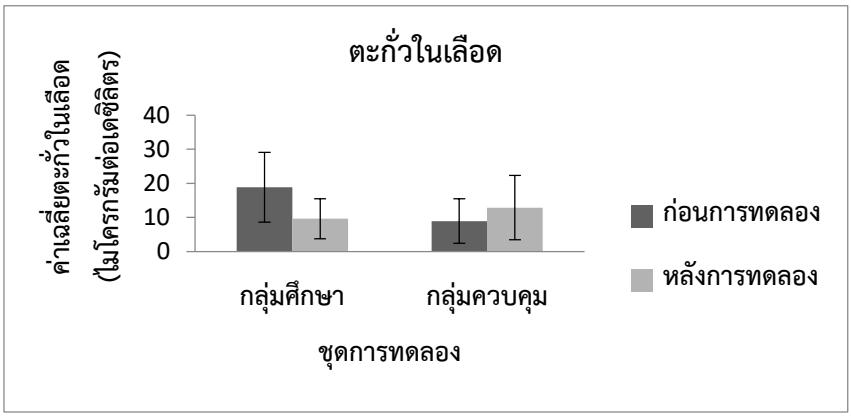
หมายเหตุ: ทดสอบด้วยสถิติ [1]Wilcoxon Signed-Rank Test และ [2]Mann-Whitney U Test ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p<0.05

: *ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้อู่พ่นสี, **ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านปริ้นไวนิล และ ***ร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้ร้านเชื่อมเหล็ก

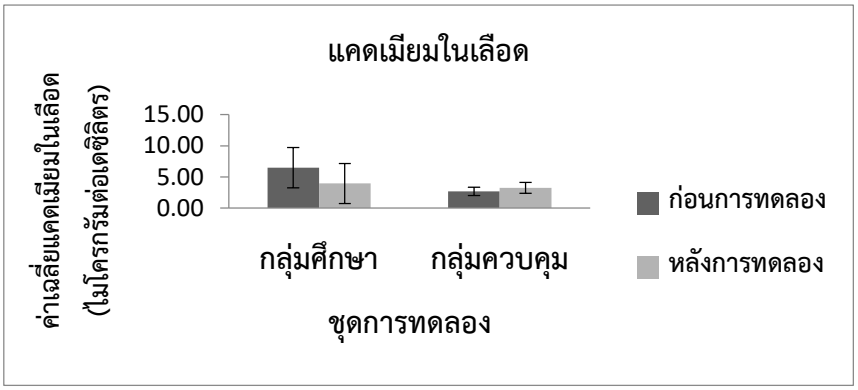
: ค่ามาตรฐานของโครเมียมในปัสสาวะ ไม่เกิน 25 ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน (ACGIH, 2017a)

: ND (non-detectable): ค่าความเข้มข้นน้อยกว่าขีดความสามารถของการวิเคราะห์ Limit of Detection (LOD)=0.03 µg/g Creatinine

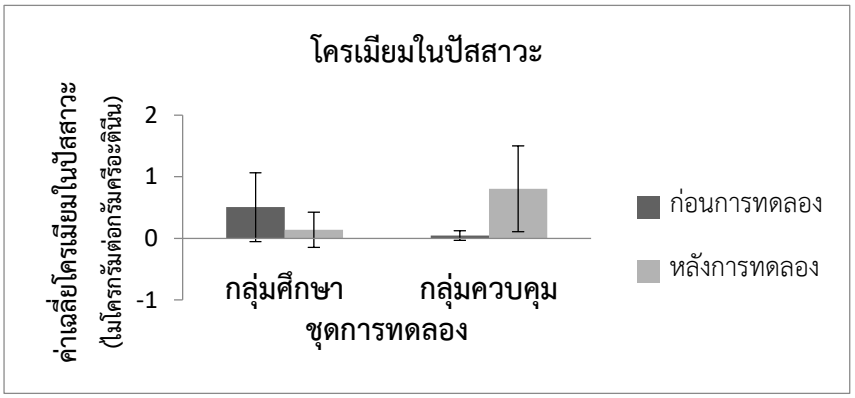
รูปที่ 14 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์



(ก)



(ข)



(ค)

4.3 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

4.3.1 ผลการเปรียบเทียบระดับของตะกั่วของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 15.75 (0.50-22.75) และ 12.76 (8.92-16.75) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ส่วนหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 9.25 (0.25-16.25) และ 13.50 (10.19-20.64) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และเปรียบเทียบผลต่างระดับของตะกั่วในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 5.00 ((-0.23)-11.90) และ -0.63 ((-7.86)-2.50) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลต่างระดับของตะกั่วในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม จะเห็นได้ว่า ระดับของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16

4.3.2 ผลการเปรียบเทียบระดับของแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 4.25 (3.25-8.00) และ 2.62 (2.12-3.12) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ส่วนหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 2.75 (2.00-5.00) และ 3.25 (2.62-4.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และเปรียบเทียบผลต่างระดับของแคดเมียมในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 1.00 (0.50-2.02) และ -0.50 ((-0.94)-0.00) ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลต่างระดับของแคดเมียมในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม จะเห็นได้ว่า ระดับของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test

จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.57 (0.00-0.78) และ 0.00 (0.00-0.11) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ ส่วนหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.01 (0.01-0.20) และ 0.70 (0.11-1.46) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ และเปรียบเทียบผลต่างระดับของโครเมียมในปัสสาวะ (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) เท่ากับ 0.56 ((-0.01)-0.78) และ -0.69 ((-1.43)-(-1.39)) ไมโครกรัมต่อกรัมครีเอตินิน ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลต่างระดับของโครเมียมในปัสสาวะ (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม จะเห็นได้ว่า ระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษา การเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลต่างระดับของตะกั่วในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 17 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Decharat และคณะ (2012) ที่ทำการตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือดของคนงานเครื่องถมในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีการให้สุขวิทยาส่วนบุคคล ได้แก่ การไม่สูบบุหรี่ในที่ทำงานและการล้างมือก่อนรับประทานอาหาร หรือดื่มน้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม เท่ากับ 16.25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (4.59-39.33 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) และการให้สุขวิทยาส่วนบุคคลมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ หทัยรัตน์ เมธนาวิน (2558) ซึ่งได้ศึกษาผลของโปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว ได้แก่ การสวมใส่หน้ากากอนามัยส่วนบุคคลขณะทำงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้ครบและเหมาะสมกับความเสี่ยงของงาน การมีสุขอนามัยส่วนบุคคล (การไม่ดื่มน้ำ หรือรับประทานอาหารในที่ทำงาน การไม่สวมชุดทำงานซ้ำ

การทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล การล้างมือก่อนดื่มน้ำหรือรับประทานอาหาร และการไม่สูบบุหรี่บริเวณที่ทำงาน) และระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานโรงงานแบตเตอรี่ ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังการใช้โปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว และระดับตะกั่วในเลือดของพนักงาน กลุ่มศึกษา มีความรู้เรื่องโรคพิษตะกั่ว เจตคติต่อการป้องกันการสัมผัสตะกั่ว และพฤติกรรมการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่วดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มศึกษามีระดับตะกั่วในเลือดลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การเปรียบเทียบผลต่างระดับของตะกั่วในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) มีความสัมพันธ์กับระดับแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 18

ระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การเปรียบเทียบผลต่างระดับของโครเมียมในปัสสาวะ (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (การสวมถุงมือในขณะที่ซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และบัดกรีตะกั่ว การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) มีความสัมพันธ์กับระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Decharat (2015) ที่ได้ตรวจวัดระดับโครเมียมในปัสสาวะของคนงานปริ้นสี (Printing Workers) และจากผลการตรวจวัดพบว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล (การปรับปรุงสภาพการทำงาน ให้ความรู้ และการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล) สามารถลดระดับโครเมียมในปัสสาวะของคนงานปริ้นสีได้

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

กลุ่มเปรียบเทียบ	Median (IQR)	p-value
1) ตะกั่ว Pb ในเลือด (µg/dL)		
กลุ่มศึกษา, ก่อนทดลอง vs กลุ่มควบคุม, ก่อนทดลอง	15.75 (0.50-22.75) vs 12.76 (8.92-16.75)	0.481
กลุ่มศึกษา, หลังทดลอง vs กลุ่มควบคุม, หลังทดลอง	9.25 (0.25-16.25) vs 13.50 (10.19-20.64)	0.084
กลุ่มศึกษา, (ก่อน-หลังทดลอง) vs กลุ่มควบคุม, (ก่อน-หลังทดลอง)	5.00 ((-0.23)-11.90) vs -0.63 ((-7.86)-2.50)	0.049
2) แคดเมียม Cd ในเลือด (µg/dL)		
กลุ่มศึกษา, ก่อนทดลอง vs กลุ่มควบคุม, ก่อนทดลอง	4.25 (3.25-8.00) vs 2.62 (2.12-3.12)	0.002
กลุ่มศึกษา, หลังทดลอง vs กลุ่มควบคุม, หลังทดลอง	2.75 (2.00-5.00) vs 3.25 (2.62-4.00)	0.804
กลุ่มศึกษา, (ก่อน-หลังทดลอง) vs กลุ่มควบคุม, (ก่อน-หลังทดลอง)	1.00 (0.50-2.02) vs -0.50 ((-0.94)-0.00)	0.000
3) โครเมียม Cr ในปัสสาวะ (µg/g Creatinine)		
กลุ่มศึกษา, ก่อนทดลอง vs กลุ่มควบคุม, ก่อนทดลอง	0.57 (0.00-0.78) vs 0.00 (0.00-0.11)	0.020
กลุ่มศึกษา, หลังทดลอง vs กลุ่มควบคุม, หลังทดลอง	0.01 (0.01-0.20) vs 0.70 (0.11-1.46)	0.049
กลุ่มศึกษา, (ก่อน-หลังทดลอง) vs กลุ่มควบคุม, (ก่อน-หลังทดลอง)	0.56 ((-0.01)-0.78) vs -0.69 ((-1.43)-(-1.39))	0.005

หมายเหตุ: ทดสอบด้วยสถิติ Mann-Whitney U Test ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

4.4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษา (n=11) จากแบบสอบถาม สรุปได้ว่า

ช่างซ่อมเป็นเพศชายทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนใหญ่เป็นวัยทำงาน คือ มีอายุเฉลี่ย 31-40 ปี ร้อยละ 19.05 และช่างซ่อมในกลุ่มศึกษา มีสถานภาพในร้านซ่อมเจ้าของกิจการทั้งหมด ร้อยละ 100

ด้านประวัติทำงานที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน (ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, โรงงานผลิตสี หรือโรงงานผลิตแบตเตอรี่) ช่างซ่อมเคยทำงานในที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนัก ร้อยละ 45.45 และไม่เคยทำงานในที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนัก ร้อยละ 54.55

ด้านอายุการทำงาน ช่างซ่อมทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบันนี้เป็นเวลา 1-10 ปี ร้อยละ 81.82 และ 11-20 ปี ร้อยละ 18.18

ด้านพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ ช่างซ่อมที่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 27.27 และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 72.73, พฤติกรรมการสูบบุหรี่ ช่างซ่อมที่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 36.36 และไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 63.64

ด้านการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล (การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) (ภาคผนวก ตารางที่ ค-1) ทำ (บ่อย-ประจำ) ร้อยละ 90.91 ไม่ทำ (บางครั้ง-ไม่เคย) ร้อยละ 9.09

ด้านปัจจัยอื่นๆ ที่ตั้งของร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของโลหะหนักอื่นๆ ได้แก่ อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล ใช่ ร้อยละ 36.36 ไม่ใช่ ร้อยละ 63.64, ปริมาณงานของช่างซ่อมที่เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น ร้อยละ 27.27 ไม่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 72.73

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มควบคุม(n=10) จากแบบสอบถาม สรุปได้ว่า

ช่างซ่อมเป็นเพศชายทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนใหญ่เป็นวัยทำงาน คือ มีอายุเฉลี่ย 20-30 ปี ร้อยละ 50.00 และมีสถานภาพในร้านซ่อมเจ้าของกิจการ ร้อยละ 40.00 ลูกจ้าง ร้อยละ 60

ด้านประวัติทำงานที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน (ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, โรงงานผลิตสี หรือโรงงานผลิตแบตเตอรี่) ช่างซ่อมเคยทำงานในที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนัก ร้อยละ 60.00 และไม่เคยทำงานในที่ต้องรับสัมผัสกับโลหะหนัก ร้อยละ 40.00

ด้านอายุการทำงาน ช่างซ่อมทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ปัจจุบันนี้เป็นเวลา 1-10 ปี ร้อยละ 90.00 และ 11-20 ปี ร้อยละ 10.00

ด้านพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ ช่างซ่อมที่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 40.00 และไม่ดื่มแอลกอฮอล์ ร้อยละ 60.00, พฤติกรรมการสูบบุหรี่ ช่างซ่อมที่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 40.00 และไม่สูบบุหรี่ ร้อยละ 60.00

ด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล (การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน) ทำ ร้อยละ 50.00 ไม่ทำ ร้อยละ 50.00

ด้านปัจจัยอื่นๆ ที่ตั้งของร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของโลหะหนักอื่นๆ ได้แก่ อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล ใช่ ร้อยละ 70.00 ไม่ใช่ ร้อยละ 30.00, ปริมาณงานของช่างซ่อมที่เพิ่มขึ้น เพิ่มขึ้น ร้อยละ 60.00 ไม่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 40.00 รายละเอียดของข้อมูลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และ ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดและโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากแบบสอบถาม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 17, 18 และ 19

4.4.3 จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วในเลือด ช่างซ่อมที่มีประวัติการทำงานที่สัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน, การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า), ที่ตั้งของร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของโลหะหนักอื่นๆ ได้แก่ อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล ตลอดจนปริมาณงานของช่างซ่อมที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 17

ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับแคดเมียมในเลือด ช่างซ่อมที่มีพฤติกรรมการสูบบุหรี่, การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า), ที่ตั้งของร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดของโลหะหนักอื่นๆ ได้แก่ อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล ตลอดจนปริมาณงานของช่างซ่อมที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับระดับแคดเมียมในเลือดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 18

ความสัมพันธ์ของข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับโครเมียมในปัสสาวะ ช่างซ่อมที่มีประวัติการทำงานที่สัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน, การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า), ที่ตั้งของร้านซ่อมที่ตั้งอยู่ใกล้กับ

แหล่งกำเนิดของโลหะหนักอื่นๆ ได้แก่ อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ และร้านปริ้นไวนิล ตลอดจนปริมาณงานของช่างซ่อมที่เพิ่มขึ้น มีความสัมพันธ์กับระดับโครเมียมในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 20

4.5 ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC)

ระดับความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (Hematocrit) และระดับฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ระดับความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง และระดับฮีโมโกลบินของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งสองกลุ่มมีค่ามัธยฐาน อยู่ในเกณฑ์ปกติ (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานในคนปกติ ซึ่ง Kathleen และTimothy (1995) รายงานว่า ระดับความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงในผู้ชาย มีค่าปกติ ร้อยละ 42-52 และระดับฮีโมโกลบินในผู้ชาย มีค่าปกติ 14-18 กรัมต่อเดซิลิตร เนื่องมาจากการที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดงและและระดับฮีโมโกลบินจนผิดปกตินั้น ต้องมีการได้รับและสะสมของตะกั่วในปริมาณมากเป็นระยะเวลานาน แต่ในกลุ่มช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีระดับตะกั่วในเลือดที่ตรวจพบ มีค่ามัธยฐานอยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับตะกั่วของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

คุณลักษณะ Pb **Characteristics**	คน (ร้อยละ)	กลุ่มศึกษา ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	คน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	p-value
<u>ข้อมูลทั่วไป</u>					
เพศ					
ชาย	11 (100)	11.75 (13.50-1.00)	10 (100)	-3.50 ((-0.18)-(-7.86))	-
อายุ					
20-30	2 (18.18)	11.75 (13.50-1.00)	5 (50.00)	-6.94 ((-1.35)-(-8.13))	0.117
31-40	6 (54.55)	9.38 (12.30-0.75)	2 (20.00)	-3.74 (0.25-(-7.72))	
41-50	3 (27.27)	5.00 (18.75-0.00)	3 (30.00)	-5.75 ((-0.50)-(-8.27))	
สถานภาพในร้านซ่อม					
เจ้าของกิจการ	11 (100)	11.75 (13.50-1.00)	4 (40.00)	-6.94 ((-1.35)-(-8.13))	-
ลูกจ้าง	-	-	6 (60.00)	-0.88 ((-0.18)-(-6.75))	
เคยทำงานที่สัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน					
ใช่	5 (45.45)	1.00 (16.00-0.00)	6 (60.00)	-6.94 ((-4.37)-(-8.64))	0.049*
ไม่ใช่	6 (54.55)	11.83 (14.94-6.50)	4 (40.00)	-0.25 (0.19-(-1.06))	

คุณลักษณะ Pb **Characteristics**	คน (ร้อยละ)	กลุ่มศึกษา ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	คน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	p-value
ปัจจุบันทำงานในสถานประกอบการนี้เป็นเวลา					
1-10 ปี	9 (81.82)	11.90 (16.13-0.50)	9 (90.00)	-1.25 ((-0.12)-(-6.94))	0.841
11-20 ปี	2 (18.18)	6.00 (7.00-5.00)	1 (10.00)	-8.27 (-8.27)	
พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์					
ดื่มแอลกอฮอล์	3 (27.27)	13.50 (18.75-0.00)	4 (40.00)	-0.88 ((-0.31)-(-4.93))	0.794
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์	8 (72.73)	9.38 (12.91-2.00)	6 (60.00)	-0.6.73 (0.06-(-8.64))	
<u>สุขวิทยาส่วนบุคคล</u>					
พฤติกรรม (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า)					
ทำ	10 (90.91)	11.83 (14.81-4.00)	5 (50.00)	-0.25 (0.13-(-4.76))	0.004*
ไม่ทำ	1 (9.09)	0.00 (0.00)	5 (50.00)	-6.15 ((-3.15)-(-8.73))	
<u>ปัจจัยอื่นๆ</u>					
ร้านซ่อมใกล้กับ (อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ, ร้านปริ้นไวนิล)					
ใช่	4 (36.36)	13.38 (18.88-8.93)	7 (70.00)	-5.75 ((-0.13)-(-7.95))	0.018*
ไม่ใช่	7 (63.64)	5.00 (9.38-0.50)	3 (30.00)	-1.25 ((-0.12)-(-7.99))	
ปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น					
เพิ่มขึ้น	3 (27.27)	1.00 (11.75-0.00)	4 (40.00)	-7.99 ((-6.25)-(-9.37))	0.050*
ไม่เพิ่มขึ้น	8 (72.73)	12.58 (17.44-5.50)	6 (60.00)	-0.37 (0.06-(-2.48))	

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

คุณลักษณะ Cd **Characteristics**	คน (ร้อยละ)	กลุ่มศึกษา ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	คน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	p-value
ข้อมูลทั่วไป					
เพศ ชาย	11 (100)	1.00 (5.00-0.50)	10 (100)	-0.50 (0.00-(-0.94)	-
อายุ					
20-30	2 (18.18)	1.00 (5.00-0.50)	5 (50.00)	-0.75 ((-0.19)-(-1.31))	0.076
31-40	6 (54.55)	0.63 (2.81-(-0.63))	2 (20.00)	-0.38 (0.00-(-0.75))	
41-50	3 (27.27)	5.00 (10.02-1.00)	3 (30.00)	-0.50 ((-0.50)-(-0.75))	
สถานภาพในร้านซ่อม					
เจ้าของกิจการ	11 (53.38)	1.00 (5.00-0.50)	4 (40.00)	-0.75 ((-0.19)	-
ลูกจ้าง	-	-	6 (60.00)	-0.38 (0.00-(-0.75))	
เคยทำงานที่สัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน					
ใช่	5 (45.45)	1.00 (5.89-0.25)	6 (60.00)	-0.63 (0.00-(-1.50))	0.501
ไม่ใช่	6 (54.55)	1.13 (5.44-0.50)	4 (40.00)	-0.38 ((-0.06)-(-0.69))	
ปัจจุบันทำงานในสถานประกอบการนี้เป็นเวลา					
1-10 ปี	9 (81.82)	0.75 (4.25-0.25)	9 (90.00)	-0.50 (0-(-1.13))	0.512
11-20 ปี	2 (18.18)	3.25 (5.00-1.50)	1 (10.00)	-0.75 (-0.75)	

คุณลักษณะ Cd **Characteristics**	คน (ร้อยละ)	กลุ่มศึกษา ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	คน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	p-value
พฤติกรรมการสูบบุหรี่					
สูบบุหรี่	4 (36.36)	5.88 (9.20-1.81)	4 (40.00)	-0.63 ((-0.13)-(-1.31))	0.018
ไม่สูบบุหรี่	7 (63.64)	0.75 (1.50-0.00)	6 (60.00)	-0.38 (0.00-(-0.94))	
พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์					
ดื่มแอลกอฮอล์	3 (27.27)	-0.52 (5.50-(-2.75))	4 (40.00)	-0.38 ((-0.06)-(-1.25))	0.204
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์	8 (72.73)	4.50 (8.77-0.81)	6 (60.00)	-0.63 (0.00-(-0.94))	
<u>การปรับเปลี่ยนสุขวิทยาส่วนบุคคล</u>					
พฤติกรรม (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า)					
ทำ	10 (90.91)	1.13 (5.44-0.38)	5 (50.00)	-0.25 (0.00-(-0.75))	0.046*
ไม่ทำ	1 (9.09)	1.00 (1.00)	5 (50.00)	-0.50 ((-0.25)-(-1.50))	
<u>ปัจจัยอื่นๆ</u>					
ร้านซ่อมใกล้กับ (อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ, ร้านปริ้นไวนิล)					
ใช่	5 (45.45)	0.88 (3.82-0.50)	6 (60.00)	-0.75 ((-0.50)-(-1.50))	0.050*
ไม่ใช่	6 (54.55)	1.50 (5.87-0.25)	4 (40.00)	0.00 (0.00-(-0.50))	
ปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น					
เพิ่มขึ้น	3 (27.27)	1.00 (6.75-0.00)	4 (40.00)	-0.63 ((-0.13)-(1.31))	0.010*
ไม่เพิ่มขึ้น	8 (72.73)	1.13 (4.19-0.56)	6 (60.00)	-0.38 (0.00-(-0.94))	

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไป พฤติกรรมสุขวิทยาส่วนบุคคล และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม

คุณลักษณะ Cr Characteristics	กลุ่มศึกษา (n=11)	Median (IQR)	กลุ่มควบคุม (n=10)	Median (IQR)	p-value
ข้อมูลทั่วไป					
เพศ ชาย	11 (100)	0.56 (0.78-(-0.01))	10 (100)	-0.69 ((-0.04)-(-1.43))	-
อายุ					
20-30	2 (18.18)	0.56 (0.78-(-0.01))	5 (50.00)	-1.73 ((-0.23)-(-1.44))	
31-40	6 (54.55)	0.69 (1.21-(-0.01))	2 (20.00)	-0.72 (0-(-1.44))	0.076
41-50	3 (27.27)	-0.35 (0.00-(-0.92))	3 (30.00)	-0.47 (-0.05-(-1.43))	
สถานภาพในร้านซ่อม					
เจ้าของกิจการ	11 (53.38)	0.56 (0.79)	4 (40.00)	-1.17 (1.21)	-
ลูกจ้าง	-	-	6 (60.00)	-0.29 ((-0.04)-((-0.04)-(-1.48))	
เคยทำงานที่สัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน					
ใช่	5 (45.45)	-.001 (0.28-(-0.64))	6 (60.00)	-1.40 ((-0.81)-(-1.53))	0.001*
ไม่ใช่	6 (54.55)	0.77 (1.21-0.45)	4 (40.00)	-0.02 (0.00-(-0.09))	
ปัจจุบันทำงานในสถานประกอบการนี้เป็นเวลา					
1-10 ปี	9 (81.82)	0.56 (0.94-(-0.18))	9 (90.00)	-0.47 ((-0.02)-(-1.41))	0.841
11-20 ปี	2 (18.18)	0.30 (0.59-0.00)	1 (10.00)	-1.43 (-1.43)	

คุณลักษณะ Cr Characteristics	คน (ร้อยละ)	กลุ่มศึกษา ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	คน (ร้อยละ)	กลุ่มควบคุม ก่อน-หลังทดลอง (Median, IQR)	p-value
พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์					
ดื่มแอลกอฮอล์	3 (27.27)	-0.01 (0.78-(-0.35))	4 (40.00)	-0.51 ((-0.06)-(-1.56))	0.371
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์	8 (72.73)	0.58 (1.02-(-0.01))	6 (60.00)	-0.92 (0-(-1.43))	
<u>สุขวิทยาส่วนบุคคล</u>					
พฤติกรรม (สวมถุงมือ, ล้างมือ และสวมรองเท้า)					
ทำ	10 (9.91)	0.58 (0.86-(-0.01))	5 (50.00)	-0.11 (0.00-(-1.60))	0.013*
ไม่ทำ	1 (9.09)	-0.92 (-0.92)	5 (50.00)	-0.92 ((-0.26)-(-1.41))	
<u>ปัจจัยอื่นๆ</u>					
ร้านซ่อมใกล้กับ (อู่พ่นสี, ร้านเชื่อมโลหะ, ร้านปริ้นไวนิล)					
ใช่	5 (45.45)	0.52 (0.91-(-0.01))	6 (60.00)	0.33 (0.71-0.04)	0.011*
ไม่ใช่	6 (54.55)	-0.77 ((-0.47)-(-9.44))	4 (40.00)	-0.08 (0.00-(-0.96))	
ปริมาณงานที่เพิ่มขึ้น					
เพิ่มขึ้น	2 (18.18)	0.60 (0.73-0.23)	6 (60.00)	-0.39 ((-0.02)-(-0.95))	0.004*
ไม่เพิ่มขึ้น	9 (81.82)	0.003 (0.65-(-0.01))	4 (40.00)	-0.70 ((-0.05)-(-0.96))	

จากผลการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้รับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะ สามารถเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพ (Biomarkers) ถึงการได้รับสัมผัสโลหะหนักดังกล่าวในร่างกายได้ การที่ผลต่างระดับระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะ (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษาเป็นกลุ่มที่ได้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน อันได้แก่ การสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน มีประสิทธิผลสามารถลดระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะได้ การได้รับความรู้ถึงอันตรายและผลกระทบต่อการรับสัมผัสโลหะหนักที่มีต่อร่างกาย ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรค ความเจ็บป่วย ความพิการ และอาจส่งผลต่อชีวิตได้ รวมทั้งการรับรู้ถึงประโยชน์ของการป้องกันการรับสัมผัสโลหะหนัก อีกทั้งมีการคอยติดตามกระตุ้นเตือน จึงทำให้เกิดความน่าสนใจและอยากเรียนรู้ ในขณะเดียวกันกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้รับการให้ความรู้และทักษะในการส่งเสริมการปฏิบัติที่ถูกต้อง จึงไม่ได้รับการเน้นย้ำถึงประโยชน์ของพฤติกรรมการป้องกัน ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม จากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อีกทั้งกลุ่มควบคุมยังไม่ได้รับการติดตามเพื่อกระตุ้นเตือน หรือให้กำลังใจ จึงส่งผลให้ระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง ลดลงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการส่งเสริมสุขภาพตามทฤษฎีของเพนเดอร์ (Pender's Health Promotion Model) โดยช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษา ปฏิบัติตนเพื่อป้องกันสารโลหะหนัก จากการรับรู้ต่อความเสี่ยงของการก่อให้เกิดโรค ความเจ็บป่วย ความพิการ และอาจส่งผลต่อชีวิตได้ เมื่อเกิดการรับรู้นี้จะผลักดันให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษาหลีกเลี่ยงภาวะคุกคามของโรค โดยการเลือกวิธีปฏิบัติที่คิดว่าเป็นทางออกที่ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบประโยชน์ที่จะได้รับจากการปฏิบัติกับผลเสีย ค่าใช้จ่าย หรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนการได้รับแรงจูงใจและสิ่งชักนำสู่การปฏิบัติ ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติสุขภาพของบุคคลนั้นๆ ด้วย (Perez *et al.,* 2006) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Decharat *et al.* (2012) พบว่า การสูบบุหรี่ในที่ทำงานและการไม่ล้างมือก่อนรับประทานอาหารหรือดื่มน้ำ มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือดของคนงานทำเครื่องถม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดมีค่าลดลงเมื่อมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้าน

สุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน ซึ่งสมมติฐานของการศึกษาในครั้งนี้เป็นไปตามแนวคิดทฤษฎีส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ ที่กล่าวว่า การการรับรู้ประโยชน์ การรับรู้อุปสรรค และการรับรู้ความสามารถของตนนั้นเป็นความเชื่อมั่นของบุคคลเกี่ยวกับความสามารถของตนเองทำให้บุคคลนั้นเกิดพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพมากยิ่งขึ้น (Pender *et al.,* 2006) ดังนั้นเมื่อช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทราบว่าตนเองสามารถรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ได้ทางหายใจ และทางการกินเป็นหลัก และเมื่อมีระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะสูงจะมีผลกระทบต่อระบบการทำงานของร่างกาย ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะหาวิธีการป้องกันการรับสัมผัสตะกั่ว โดยการสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ ตลอดจนการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงานทุกครั้ง เป็นต้น ซึ่งตรงกับการศึกษาของ (Chuang *et al.,* 1999) ที่มีการให้สุขศึกษาแก่ผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสตะกั่ว และพบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีพฤติกรรมการรักษาสุขอนามัยดีขึ้น และสามารถลดระดับตะกั่วในเลือดได้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและแนวทางการจัดการเพื่อลดการปนเปื้อน

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาระดับความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1) ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดเฉลี่ยของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานกำหนดโดย American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

2) ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดเฉลี่ยของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานซึ่งกำหนดโดย ACGIH

3) ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะเฉลี่ยของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งกำหนดโดย ACGIH

5.1.2 เปรียบเทียบระดับแคดเมียมในเลือด ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed-Rank Test

1) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $P>0.05$ แต่อย่างไรก็ตามพบว่า หลังการทดลองระดับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม

2) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและ

กลุ่มควบคุม พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่า ทั้งในกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง มีค่ามัธยฐานระดับความเข้มข้นของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

5.1.3 ผลการเปรียบเทียบระดับของตะกั่วของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U Test

1) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของตะกั่วในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่าผลต่างระดับของตะกั่วในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของแคดเมียมในเลือดของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่าผลต่างระดับของแคดเมียมในเลือด (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3) จากการเปรียบเทียบค่ามัธยฐานของระดับของโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการทดลอง ระหว่างกลุ่มศึกษาและกลุ่มควบคุม พบว่าผลต่างระดับของโครเมียมในปัสสาวะ (ก่อน-หลังการทดลอง) ระหว่างกลุ่มศึกษาลดลงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

5.2 แนวทางการจัดการเพื่อป้องกันและแก้ไขการปนเปื้อน และการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

1) การควบคุมที่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นการป้องกันไม่ให้สารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่

- ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควรมีการรักษาสุขวิทยาส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำและสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน ฯลฯ เพื่อลดการปนเปื้อนที่จะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย

- มีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงที่อาจจะได้รับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เช่น การตรวจหาระดับตะกั่ว และแคดเมียม ในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะ

2) การควบคุมที่ทางผ่าน ได้แก่

- การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ทำการเก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และมีการกำจัดที่ถูกวิธี

- การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

- การแยกสถานที่รับประทานอาหารออกจากสถานที่ทำงาน

3) การควบคุมที่แหล่งกำเนิด ได้แก่

- วางแผนการปฏิบัติงานในขั้นตอนบัดกรี เชื่อม หรือหลอมโลหะ โดยการศึกษาสภาพการชำรุดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก่อนที่จะทำการบัดกรี เชื่อม หรือหลอมโลหะ เพื่อลดระยะเวลาการรับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

4) มาตรการอื่นๆ ในการป้องกันความเสี่ยง ได้แก่

- เมื่อสิ้นสุดการวิจัย ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควรปฏิบัติพฤติกรรมส่งเสริมสุขภาพอย่างต่อเนื่องเพื่อเป็นการป้องกันการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม และเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม

- ควรมีการตรวจวัดปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในบรรยากาศของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Environmental Monitoring) เป็นระยะ ตลอดจนมีการตรวจวัดระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อม (Biological Monitoring) เป็นประจำทุกปี

- ภาครัฐหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับความเสี่ยงทางสุขภาพและความปลอดภัยที่เกิดจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างสม่ำเสมอ

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะในระยะยาวเพื่อเป็นการติดตามอย่างต่อเนื่อง และเป็นประเมินการคงอยู่ของการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะได้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนขึ้น

2) ควรมีการศึกษาระดับของตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะ (Biological Monitoring) ควบคู่ไปกับการตรวจความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม เช่น อากาศ ฝุ่นพื้น ฯลฯ (Environmental Monitoring) ทั้งนี้เพื่อเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างโลหะหนักในตัวอย่างชีวภาพ (Biological Sample) กับตัวอย่างในสิ่งแวดล้อม (Environmental Sample)

3) การศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง และศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น ต่างเพศ ต่างกลุ่มอายุ และต่างพื้นที่ เพื่อจะได้นำผลวิจัยไปอ้างอิงถึงกลุ่มประชากรได้มากขึ้น

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2541. *แคดเมียม (Cadmium).* พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2547. *โครงการการจัดทำมาตรการเรียกคืนซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. *โครงการสำรวจปริมาณและชนิดของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์.* เดือน กรกฎาคม 2551. กระทรวงธรรมชาติทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. *รายงานหลัก:โครงการศึกษาหลักเกณฑ์ วิธีการ เงื่อนไข และอัตราการจัดเก็บค่าธรรมเนียมการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.* กรุงเทพมหานคร.กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. *อนุสัญญาบาเซลว่าด้วยการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้ามแดนของของเสียอันตรายและการกำจัด.* กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ. 2557. *Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย : แผนบริหารจัดการขยะมูลฝอยจังหวัดสงขลาระยะ 5 ปี (2558 –2562).* กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.

กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2545. *ดัชนีวัดการสัมผัสทางชีวภาพ*. คู่มือค่ามาตรฐานทางอาชีวอนามัย Occupational Health Standard Manual.

กรรชิต คุณาวุฒิ. 2549. *คุณภาพและมาตรฐานหน่วยบริการในระบบหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.* ในการสร้าง หลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ.

กิดานันท์ มลิทอง. 2544. *สื่อการสอนและการฝึกอบรม*: จากสื่อพื้นฐานถึงสื่อดิจิตทัล. หน้า 39-45. กรุงเทพมหานคร:อรุณการพิมพ์

กำจัด ทองปลั่งวิจิตร. 2551. *การลดปริมาณตะกั่วในเลือดโดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลของคนงานโรงงานเซรามิก กรณีศึกษา: อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท.* วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. *การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ.* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

เขมชิต ธนากิจชาญเจริญ, นงนาถ เมฆรังสิมันต์ และสุรชัย ศิลามณีโชติ. 2551. *ประโยชน์และความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียม*. โครงการเคมี. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

เจริญศักดิ์ งานไตรไร. 2545. *การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมของช่างพ่นสีในบรรยากาศภายในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมาหาบัณฑิต สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณรงค์ศักดิ์ อังคะสุวพลา, สสิธร เทพตระการพร และปรียานุช บูรณะภักดี. 2540. อาชีวอนามัยในบรรณาธิการ เอิบบุญ สุทธิประภา (บรรณาธิการ). *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน.* กรุงเทพมหานคร.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2543. *พรมแดนความรู้ด้านการวิจัยและสถิติ.* ชลบุรี: วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. 2536. พฤติกรรมศาสตร์ พฤติกรรมสุขภาพ และสุขศึกษา. กรุงเทพมหานคร: เจ้าพระยาการพิมพ์.

มลิวรรณ บุญเสนอ. 2549. *พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.* พิมพ์ครั้งที่ 4. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร. หน้า 74-76.

มธุรส รุจิรวัฒน์ และจุฑามาส สัตยาวิวัฒน์. 2549. *พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม.* กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทรินิตี้ พับลิชชิ่ง จำกัด.

โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ. 2550. *มาตรฐานการวินิจฉัยโรคจากการทำงาน (ฉบับเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในโอกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550).*

เรวดี เพ็ญไพบูลย์เสถียร . 2548. *ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารตะกั่วในเลือดของผู้ปฏิบัติงานในสถานประกอบการเสี่ยงต่อโรคพิษตะกั่ว อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์.* วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการพยาบาลสาธารณสุข, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิทยา อยู่สุข. 2542. *อาชีวอนามัย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม.* ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร. หน้า 87-99.

วิทยา อยู่สุข. 2549. *อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.* ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร. หน้า 78 – 85.

วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ และสุรจิต สุนทรธรรม. 2542. *อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิษวิทยา.* นนทบุรี: โครงการตำรากรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 207 หน้า ; 26 ซม.

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ. 2556. *พิษวิทยาอาชีพ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. ชลบุรี: สัมมาอาชีวะ. 292 หน้า.

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตสุข. 2552. *Biomarkers กับบทบาทที่สำคัญในงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย.*วารสาร มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิชาการ 99. ปีที่ 12 ฉบับที่ 24 มกราคม-มิถุนายน 2552.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. 2548. *โครงการศึกษาผลกระทบต่ออุตสาหกรรมไทยและเสนอแนวทางในการรับมือกับมาตรการภายใต้ระเบียบ WEEE และ ROH ของสหภาพยุโรป.* กระทรวงอุตสาหกรรม.

สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย. 2545. *เอกสารวิชาการหมวดที่ 5 ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน.* กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.

สมศักดิ์ ศรีภักดี. 2544. *การเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานซ่อมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์กับผู้ปฏิบัติงานในการผลิตแบตเตอรี่*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตร มหาบัณฑิตสาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สิทธิโชค วรานุสันติกุล. 2546. จิตวิทยาสังคม: *ทฤษฎีและการประยุกต์.* กรุงเทพมหานคร: เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

สิริพร สมจ๊ะ. 2545. *ระดับตะกั่วในเลือดของประชาชนทั่วไปและกลุ่มเสี่ยงในจังหวัดเชียงใหม่.* รายงานการวิจัย: ภาควิชาเคมีคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสงขลา. 2557. *ข้อมูลการตลาดจังหวัดสงขลา ประจำปี 2556.* http://pcoc.moc.go.th/wappPCOC/90/. (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2558)

สำนักงานสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครหาดใหญ่. 2557. *รายงานผลการพัฒนาสุขาภิบาล และการออกใบอนุญาตสถานประกอบการในเขตเทศบาลที่ต้องควบคุมตามกฎหมาย.* เทศบาลนครหาดใหญ่. สงขลา, ประเทศไทย.

สำนักงานสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครสงขลา. 2558. *รายงานผลการพัฒนาสุขาภิบาล และการออกใบอนุญาตสถานประกอบการในเขตเทศบาลที่ต้องควบคุมตามกฎหมาย.* เทศบาลนครสงขลา. สงขลา, ประเทศไทย.

สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา. 2558. *สถิติจำนวนราษฎรจังหวัดสงขลา ประจำปี 2558.* http://www.songkhladopa.go.th/index.php. (สืบค้นเมื่อวันที่ 29 กันยายน 2558)

แสงโฉม เกิดคล้าย. 2547. *แนวทางการวินิจฉัยเพื่อการรายงานโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม.* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข: 22-33.

หทัยรัตน์ เมธนาวิน. 2558. ผลของโปรแกรมสุขศึกษาร่วมกับการมีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากร ต่อความรู้ เจตคติ พฤติกรรมการป้องกันการสัมผัสตะกั่ว และระดับตะกั่วในเลือดของ พนักงานโรงงานแบตเตอรี่. วิทยานิพนธ์หลักสูตรพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาการพยาบาลอาชีวอนามัย. มหาวิทยาลัยบูรพา.

อรพรรณ์ เมธาดิลกกุล. 2558. *โรคจากการทำงาน.* สำนักงานอาชีวเวชศาสตร์และสิ่งแวดล้อม.

อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง. 2553. ความเป็นพิษของขยะอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารพิษวิทยาไทย*, 25(1): 67-76.

อรอนงค์ คงสวัสดิ์. 2560. *การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Abubaka, M. 2014. Levels of lead, cadmium and chromium in blood, urine, nail and hair samples of electronic repairers in Kaduna Metropolis, Nigeria. Master of in analytical chemistry. Ahmadu bello university, Zaria, Nigeria.

Agency for toxic Subatances and Disease Registry (ATSDR). 2007a. *Toxicological Profile for Lead*. UnitedStates Department of Health and Human Services. Washington. D.C., USA. Agency for toxic Subatances and Disease Registry (ATSDR). 2007a. *Toxicological Profile for Cadmium*.

Agency for toxic Subatances and Disease Registry (ATSDR). 2007b. *Toxicological Profile for Lead*. United States Department of Health and Human Services. Washington. D.C., USA. Agency for toxic Subatances and Disease Registry (ATSDR). 2007b. *Toxicological Profile for Cadmium*.

Aguilera, I., Daponte, A., Gil, F., Hernandez, A. F., Godoy, P., Pla, A. and Ramos, J. L. 2008. Biomonitoring of urinary metals in a population living in the vicinity of industrial sources: A comparison with the general population of Andalusia, Spain. *Science of the Total Environment*, 407: 669-78.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2013. *Documentation of the threshold limit values for biological exposure indices. 7th ed.* Cincinnati: ACGIH

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2017a. *Documentation of the threshold limit values for biological exposure indices, 7th ed.* Cincinnati: ACGIH

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2017b. *TLVs and BEIs*. Cincinnati: ACGIH

Babu, B. R., Parande, A. K. and Basha, C. A. 2007. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. *Waste Management and Research*, 25: 307-18.

Becker, K., Schulz, C., Kaus, S., Seiwert, M. and Seifert, B. 2003. German environmental survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in the urine of the German population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 206: 15-24.

Chaiwong, T., Tangkawanich, T. and Jantarawijit, C. 2010. The Effect of Education Program Based on Health Belief Model on Prevention Cadmium Exposure among High-Risk Female Students. *Thai Journal of Nursing Council*, 25(1) 67-76.

Chuang, H. Y. L., Mei, L. t., Chao, K. Y., Wang, J. D. and Howard, H. 1999. Relationship of blood lead level to personal hygiene habits in lead battery worker: Taiwan, 1991-1997. *American Journal of Industrial Medicine, 35*, 595-603.

Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for Behavioral Sciences*. New York: Academic Press.

Dahal, B. M., Fuerhacker, M., Mentler, A., Karki, K. B., Shrestha, R. R. and Blum, W. E. 2008. Arsenic contamination of soils and agricultural plants through irrigation water in Nepal. *Environmental Pollution*, 155: 157-163.

Decharat, S., Kongtip, P., Phakthongsuk, P., Worakhunpiset, S., Thetkathuek, A. and Thampoophasiam, P. 2011. Biomonitoring of Heavy Metals among Nielloware Workers in Nakhon Sri Thammarat Province. *Medical Association of Thailand*, 94(12): 1521-32.

Decharat, S., Kongtip, P., Thampoophasiam, P. and Thetkathuek, A. 2012. An Examination of Blood Lead Levels in Thai Nielloware Workers. *Safety Health Work Journal,* 3:216-23.

Decharat, S. 2015. Chromium Exposure and Hygienic Behaviors in Printing Workers in Southern Thailand. *Journal of Toxicology*. Article ID 607435, 9 pages.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). 2016. List of MAK and BAT values, 2016. Report 52, *Permanent Senate Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area*. Weinheim: Wiley-VCH

Dube, M.E., Green, A.L., Angel, E.W. and Best, F.W. 1986. *Comparison of unaged, 6-month aged, 12- month aged, 18- month and 24- month aged flue-cured tobaccos*. R and DM, No. 40, August 23.

Esteban, M. and Castano, A. 2009. Non-invasive matrices in human biomonitoring: A review. *Environment International*, 35: 438-49.

Friberg, L., Kjellstrom, T. and Nordberg, G.F. 1986. *"Cadmium",* in Handbook on the Toxicology of Metals. Volume ll : Specific Metals, pp.185-210. Friberg, L., G.F. Nordberg and V.B. Vouk, eds. Amsterdam : Elsevier.

Fu, J. J., Zhou, Q. F., Liu, J. M., Liu, W., Wang, T. and Zhang, Q. H., 2008. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa L*.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*, 71:1269-75.

Gil, F., Hernandez, A. F., Marquez, C., Femia, P., Olmedo, P., Lopez-Guarnido, O. and Pla, A. 2011. Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. *Science of the Total Environment*, 409: 1172-80.

Glass, G .V. 1976. Primary, secondary and meta-analysis of research. *Educational Researcher*,5:3-8.

Goyer, R.A., 1986. "*Toxic effects of metals*", In Casarett and Doull's Toxicology : the Basic Science of Poisons, pp. 582-635. Klaassen, C.D., M.O. Amdur and J. Doull, eds. New York : Macmillan Publishing Company.

Hinwood, A. L., Callan, A. C., Ramalingam, M., Boyce, M., Heyworth, J., McCafferty, P. and Odland, J. O. 2013. Cadmium, lead and mercury exposure in non smoking pregnant women. *Environmental Research*, 126: 118-24.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1987. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Agents Classified by The IARC Monographs*, Vol. 1-114. Lyon, France: IARC.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1990. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Agents Classified by The IARC Monographs*, Vol. 1-114. Lyon, France: IARC.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 1996. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans:* Printing Processes and Printing Inks. Carbon Black and Some Nitro Compounds, vol. 65 Lyon, France: IARC.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 2012. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Agents Classified by The IARC Monographs*, Vol. 1-114. Lyon, France: IARC.

Internationnal Programme on Chemical Safety (IPCS). 1995. *Inorganic Lead Environmenttal Health Criteria 165.* World Health Organization. Geneva Switzerland.

Järup. L., Rogenfelt, A., Elinder, C.G., Nogawa, K and Kjellström, T. 1983. *Biological half-time of cadmiumin the blood of workers after cessation of exposure*. Scand J Work Environ Health 9(4):327-31.

Jenner, E. A., Jones, F., Fletcher, B.C., Miller, L. and Scott, G. M. 2005. Hand hygiene poster: Selling the massage. Jounal of Hospital Infection, 59, 77-82.

Kaplan, B. H. 1977. Social support and health. *Medical Care, 15,* 47-58.

Kathleen, D. P. and Timothy, J. P. 1995. *Mosby's Diagnostic and Laboratory Test Reference*. St. Louis, Missouri: Mosby-Year Book, Inc.

Leung, A. O. W., Duzgoren-Aydin, N. S., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2008. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in Southeast China. *Environmental Science & Technology*, 42(7): 2674-80.

Lauwerys RR and Hoet P. 2001. Industrial chemical exposure: *Guidelines for biological monitoring*. 3rd ed. Florida: CRC Press.

Lormphong, S, Morioka, I, Miyai, N., Yamamoto, H., Chaikittiporn, C., Thiramanus, T., and Miyashita, K. 2004. Occupational health education and collaboration for reducing the risk of lead poisoning of worker in a battery manufacturing plant in Thailand. *Industrial Health*, 42:440-445.

Lyn, P. N. D. 2006. Lead toxicity. *Alternative Medicine Review*, 11(1): 2-22.

Mulyana, Reismala, M., Nikopama, C., Wulandari, A., Chandra, F., Panjaitan, T. N., Krisiana, D., Sukma, M., Rachmawati, I., Purnomo, T. A., Ratnawati, D., Sari, W. P., Pratami, V. N. and Pangaribuan B. 2015. Biomonitoring for iron, manganese, chromium, aluminum, nickel and cadmium in workers exposed to welding fume:a preliminary study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, ISSN 2304-3415.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994b. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 8310, Metals in Urine*. 4th ed., NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994a. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 8005, Elemnts in blood or tissue*. 4th ed., NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

Pender, N.J. 1987. Health promotion in Nursing Paractice. 2nd ed. Stamford, CT: Appleton and Lange.

Pender, N.J. 1996. Health Promotion in Nursing Practice. 3rd ed. Connecticut : Appleton and Lange.

Pender, N.J., Merdaugh, C.L. and Parsons, M.A. 2002. Health promoting in nursing practice. 4th ed. USA: peason Education.

Pender, N. J., Murdaugh, C. L. and Parsons, M. A. 2006. Health promotion innursing practice. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Perez, H.R., Frank, A.L and Zimmerman, N.J. 2006. Health effects associated with organic dust exposure during the handling of municipal solid waste. Indoor Built Environ, 15:207-12.

Thomas, P.S. and Ashton, C. 1991. An oral treatment for lead toxicity. *Postgrad Med J*, 67:63-65.

Vitayavirasuk, B., Junhom, S. and Tantisaeranee, P. 2005. Exposure to lead, cadmium and chromium among spray painters in automobile body repair shops. *Journal of Occupational Health*, 47: 518-22.

Wang, T., Fu, J. J., Wang, Y. W., Liao, C. Y., Tao, Y. Q. and Jiang, G. B. 2009. Use of scalp hair as indicator of human exposure to heavy metals in an electronic waste recycling area. *Environmental Pollution*, 157: 2445-51.

Zubero, M. B., Aurrekoetxea, J. J., Ibarluzea, J. M., Arenaza, M. J., Rodriguez, C. and Saenz, J.R. 2010. Heavy metals levels (Pb, Cd, Cr and Hg) in the adult general population near an urban solid waste incinerator. *Science of the Total Environment*, 408: 4468-74.

ภาคผนวก ก
เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) <u>การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา</u>

ชื่อผู้วิจัย.....นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร.....

สถานที่วิจัย <u>เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และเขตเทศบาลนครสงขลา จังหวัดสงขลา</u>

ผู้ให้ทุน <u>ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์</u>

ก่อนที่ท่านจะลงนามในหนังสือแสดงเจตนายินยอมร่วมวิจัย ท่านควรได้รับทราบว่า

- โครงการนี้เป็นโครงการวิจัย <u>ไม่ใช่</u> การรักษา/การเก็บข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐ
- ท่าน <u>ไม่จำเป็น</u>จะต้องเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ และ<u>สามารถถอนตัว</u>ออกจากโครงการได้ทุกเมื่อ โดยจะไม่มีผลกระทบต่อสิทธิประโยชน์ใดๆ ที่ท่านพึงได้รับ
- ในเอกสารนี้อาจมีข้อความที่ท่านอ่านแล้วยังไม่เข้าใจ โปรดสอบถามหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้แทนให้ช่วยอธิบายจนกว่าจะเข้าใจดี
- นักวิจัยผู้ขอความยินยอมต้องให้ข้อมูลและเวลาที่เพียงพอในการตัดสินใจอย่างอิสระ ก่อนที่ท่านจะเข้าร่วมโครงการวิจัย ท่านอาจจะขอเอกสารนี้กลับไปอ่านที่บ้านเพื่อปรึกษาหารือกับญาติพี่น้อง เพื่อนสนิท แพทย์ หรือบุคลากรด้านสุขภาพ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย

- **ปัญหาหรือเรื่องที่ทำวิจัยนี้ เป็นอย่างไร**

เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยโลหะหนัก ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงมีความเสี่ยงสูงต่อการรับสัมผัสไอควัน (Fumes) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม จากขั้นตอนการเชื่อม บัดกรี หลอมโลหะ รวมถึงการสัมผัสกับฝุ่นโลหะที่มีการฟุ้งกระจายและเกิดการตกสะสมบนพื้นที่ปฏิบัติงานได้ตลอดเวลา นอกจากนี้การระบายอากาศภายในร้านที่ไม่เหมาะสม และการขาดการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ส่งผลให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอาชีพที่เสี่ยงต่อการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย

- **เหตุใดท่านจึงได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้**

- ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ เนื่องจากท่านมีคุณสมบัติของอาสาสมัครที่เหมาะสมสำหรับทำการศึกษาวิจัยนี้ครบถ้วน กล่าวคือ 1) มีสุขภาพกายและจิตใจที่แข็งแรงสมบูรณ์ 2) เป็นช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นอาชีพที่เสี่ยงต่อการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกายโดยตรง และ 3) ท่านได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้
- ระยะเวลาที่จะทำการวิจัยทั้งสิ้นของโครงการนี้ (4 เดือน) จะมีผู้เข้าร่วมการวิจัยนี้ทั้งสิ้น...21..คน

- **ข้อมูลที่ได้จากการทำวิจัยจะนำไปทำอะไร**

- ข้อมูลระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือดรวมทั้งระดับโครเมียมในปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนข้อมูลปัญหาสุขภาพอนามัยเบื้องต้นของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ทราบถึงสถานการณ์ปัญหาสุขภาพในปัจจุบันของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ปัญหาสุขภาพ พฤติกรรมเสี่ยงต่างๆ ในขณะปฏิบัติงานของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวัง ป้องกัน แก้ไข และลดปัญหาการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- เป็นการกระตุ้นให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสนใจเกี่ยวกับมลพิษสิ่งแวดล้อมและโรคที่เกิดขึ้นจากการทำงาน เพื่อให้มีการเฝ้าระวัง ป้องกัน แก้ไข และลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

- **วิธีการทดลองที่ใช้ในโครงการนี้**

- เครื่องมือที่ใช้ ชื่อว่า “แบบสอบถามและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในการทำงาน” ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- วิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

กลุ่มศึกษา ได้แก่ ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใน เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ ซึ่งเป็นเพศชายและอยู่ในวัยผู้ใหญ่ทั้งหมด จำนวน 11 คน โดยคณะผู้วิจัยทำการ เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษา ครั้งที่ 1 หลังจากนั้นได้มีการให้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ได้แก่ การให้ความรู้ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดและอันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่เกิดมาจากกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550) ตลอดจนฝึกทักษะในการส่งเสริมการปฏิบัติที่ถูกต้อง (กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2545) ได้แก่ การสวมถุงมือ การล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังการปฏิบัติงาน และก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการส่งเสริมสุขภาพดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง สำหรับการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มศึกษา ครั้งที่ 2 คณะผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่าง หลังจากการเก็บตัวอย่างครั้งแรกเป็นระยะเวลา 4 เดือน

กลุ่มควบคุม ได้แก่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลเมืองสงขลา ซึ่งเป็นเพศชายและอยู่ในวัยผู้ใหญ่ทั้งหมด จำนวน 10 คน โดยคณะผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มควบคุม ครั้งที่ 1 แต่ไม่มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลหลังการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ส่วนการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในกลุ่มควบคุม ครั้งที่ 2 คณะผู้วิจัยทำการเก็บตัวอย่าง หลังจากการเก็บตัวอย่างครั้งแรกเป็นระยะเวลา 4 เดือน

หลังจากการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะแต่ละครั้ง ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะส่งตรวจห้องปฏิบัติการที่หน่วยเครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เพื่อทำการวิเคราะห์หาระดับตะกั่วและแคดเมียมในเลือด และโครเมียมในปัสสาวะต่อไป

- **ขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อท่านเข้าร่วมโครงการ**

- ถ้าท่านสมัครใจเข้าร่วมโครงการและลงนามในเอกสารยินยอมแล้ว ผู้วิจัยจะขอให้ท่าน
  1) ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและเลือด ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยจะแจกขวดเก็บตัวอย่างปัสสาวะให้แก่ท่าน และขอให้ท่านทำความสะอาดผิวหนังจนไม่มีฝุ่นหรือคราบสารเคมีติดอยู่ที่ผิวหนัง เนื่องจากหากมีฝุ่นหรือคราบสารเคมีติดอยู่ที่ผิวหนัง อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนไปกับตัวอย่างเลือดและปัสสาวะที่จะเก็บได้ การทำความสะอาดผิวหนังโดยการล้างมือให้สะอาด หรือเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) หรือไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ (Isopropyl Alcohol) เป็นต้น แล้วทำการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ การเก็บตัวอย่างปัสสาวะเป็นการเก็บปัสสาวะแบบถ่ายครั้งเดียวเวลาใดก็ได้ โดยตัวอย่างปัสสาวะถูกเก็บในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน ส่วนการเก็บตัวอย่างเลือดเลือด เป็นการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณด้านหน้าของข้อพับแขน โดยมีนางสาวรำภาภรณ์ หอมตีบ ซึ่งเป็นพยาบาลวิชาชีพจากโรงพยาบาลหาดใหญ่ มีความเชี่ยวชาญด้านการเจาะเลือด โดยประเมินจากการทำงานแผนกเวชกรรมสังคม โรงพยาบาลหาดใหญ่ ซึ่งมีประสบการณ์การเจาะเลือด ประมาณ 26 ปี ตั้งแต่ ปี 2535-ปัจจุบัน เป็นผู้เจาะเลือดให้ ซึ่งการเก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ มีการดำเนินการในวันเสาร์สุดสัปดาห์ของการทำงานของซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคู่ไปกับการทำแบบสอบถามเพื่อให้ทราบถึงข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ การศึกษา และประวัติการทำงาน ฯลฯ

- **ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ**

ท่านจะได้รับการตรวจคัดกรองและทราบผลการตรวจวัดระดับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างเลือดและปัสสาวะของท่าน ซึ่งหากท่านมีระดับโลหะหนักดังกล่าวเกินค่ามาตรฐาน ก็จะทำให้ท่านได้รับการดูแลช่วยเหลือ/แก้ปัญหาตั้งแต่เนิ่นๆ

- **ความเสี่ยงและความไม่สะดวกสบายที่อาจจะเกิดจากการเข้าร่วมโครงการ และวิธีการป้องกัน/แก้ไขที่ผู้วิจัยเตรียมไว้หากมีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้น**

- การเจาะเลือด อาจทำให้รู้สึกเจ็บบริเวณที่เจาะ อาจมีเลือดออก รอยช้ำเขียวได้ภายในระยะเวลา 3-4 วัน อาจจะมีการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือด (พบน้อย) หรือหน้ามืดเป็นลม ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามลดความเสี่ยงโดยการให้พยาบาลวิชาชีพผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ทำการเจาะให้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมพยาบาลวิชาชีพอีก 1 ท่าน คอยช่วยเหลือในกรณีเหตุฉุกเฉินระหว่างการเก็บตัวอย่างเลือดอีกด้วย

- **หน้าที่ของท่านในฐานะของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

- ท่านต้องแจ้งผู้วิจัยทันทีที่พบว่ามีอาการผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย

- **ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะถูกเก็บไว้อย่างไร และจะมีใครนำไปใช้หรือไม่**

- ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลของท่านลงในแบบบันทึกข้อมูลและเก็บในตู้ที่ล็อคอย่างปลอดภัย (สำหรับไฟล์อิเล็กทรอนิกส์จะถูกเก็บในคอมพิวเตอร์ของโครงการวิจัยซึ่งต้องใช้รหัสผ่านในการเข้าถึงข้อมูล)
- เพื่อรักษาความลับของข้อมูล ในแบบบันทึกข้อมูลจะใช้รหัสแทนการใช้ ชื่อ นามสกุล ของท่าน เพื่อไม่ให้ระบุตัวตนได้โดยง่าย นอกจากนี้ จะไม่มีการเผยแพร่ผลการวิจัยที่มีข้อมูลที่ระบุถึงตัวตนของท่าน แต่จะนำเสนอเป็นข้อมูลวิชาการในภาพรวมเท่านั้น จะไม่มีการส่งต่อข้อมูลของท่านไปให้กับบุคคลอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
- ผู้ตรวจสอบมาตรฐานโครงการวิจัย และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อาจขอตรวจสอบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร เพื่อให้มั่นใจว่าโครงการวิจัยมีการดำเนินการที่ถูกต้องและเหมาะสม

- **ท่านมีสิทธิถอนตัวจากโครงการหรือไม่ และต้องทำอย่างไร**

- ท่านมีสิทธิถอนตัวออกจากโครงการได้ทุกเมื่อ โดยท่านสามารถแจ้งความประสงค์ของท่านต่อผู้วิจัยตามที่อยู่ที่ให้ไว้ และลงนามยืนยันการถอนตัวจากโครงการ ซึ่งการถอนตัวของท่านจะไม่มีผลกระทบต่อสิทธิประโยชน์ใดๆ ที่ท่านพึงได้รับ อย่างไรก็ดี ท่านไม่ควรถอนตัวโดยไม่แจ้งให้ผู้วิจัยทราบ เพราะบางครั้งความไม่สะดวกสบายที่อาจจะเกิดจากการเข้าร่วมโครงการ อาจจะเกิดขึ้น

หลังจากท่านถอนตัวจากโครงการ ดังนั้น ท่านอาจจำเป็นต้องได้รับการติดตามอาการระยะหนึ่ง เพื่อให้มั่นใจว่าสุขภาพของท่านยังคงเป็นปกติ

- หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่นๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมโครงการวิจัยได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

  กรณีการวิจัยมีการให้ท่านตอบแบบสอบถามที่มีความอ่อนไหว ควรอนุญาตให้ท่านข้ามข้อนั้นหรือหยุดทำได้ เช่น ขณะที่ท่านตอบแบบสอบถาม (หรือให้สัมภาษณ์) หากท่านรู้สึกไม่สบายใจที่จะตอบคำถามบางข้อ ท่านสามารถข้ามข้อคำถามนั้นไปได้ หรืออาจจะหยุดการทำแบบสอบถาม (หรือสัมภาษณ์) ได้ทุกเมื่อ

- **กรณีที่ผู้วิจัยอาจขอให้ท่านออกจากโครงการวิจัยโดยที่ท่านไม่ได้ถอนตัว**

  ผู้วิจัยอาจขอถอนท่านออกจากการเข้าร่วมวิจัยเพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินการวิจัย หรือในกรณีที่ เช่น ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามแผนการทดลองในงานวิจัยได้ครบถ้วน

- **ท่านต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมโครงการวิจัยหรือไม่ และอย่างไร**

- ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าธรรมเนียมทางการแพทย์และค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ผู้สนับสนุนการวิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด
- ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับ ค่าเครื่องมือ และค่าการทดลองที่ใช้เฉพาะในส่วนของงานวิจัย ได้แก่ ค่าวิเคราะห์ตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ แต่ท่านอาจต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการบริการที่ท่านได้รับอยู่เดิมก่อนจะเข้าร่วมโครงการ
- ท่านจะไม่ได้รับค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย แต่ท่านจะได้รับของที่ระลึกตอบแทน ได้แก่ ผ้าขนหนู และร่ม

- **หากท่านได้รับอันตรายที่เกี่ยวข้องกับการร่วมโครงการวิจัย**

  หากขณะร่วมโครงการวิจัย ท่านได้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัยแล้วเกิดผลกระทบ ความไม่สะดวกสบาย หรือการบาดเจ็บทางร่างกายใดๆ อันเป็นผลโดยตรงจากการวิจัย ท่านควรแจ้งผู้วิจัยที่รับผิดชอบโครงการทันที เพื่อที่จะได้รับการช่วยเหลือที่เหมาะสม โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลและชดเชยการบาดเจ็บที่เกิดจากการวิจัยตามที่กฎหมายระบุไว้

- **จะเกิดอะไรขึ้น หากผู้วิจัยพบข้อมูลใหม่ที่เกิดขึ้นในขณะกำลังทำวิจัยนี้**

- หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่เกี่ยวกับสาร/เครื่องมือ/วิธีการทดลองที่เป็นมาตรฐานอื่นๆ หรือข้อมูลใหม่ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้

ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไป หรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย หากท่านมีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัยหรือได้รับผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับ น.ส. ปิยฉัตร หนูคงบัตร (หัวหน้าโครงการ) และ ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ (อาจารย์ที่ปรึกษา) **ได้ที่** คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ **หมายเลขโทรศัพท์** 090-8249378 **ได้ตลอด 24 ชั่วโมง**

หากท่านได้รับการปฏิบัติที่ไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยฉบับนี้ ท่านสามารถขอรับคำปรึกษา/แจ้งเรื่อง/ร้องเรียน ได้ที่สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โทรศัพท์ 0-7428-6954 หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ arom.r@psu.ac.th

อาสาสมัครโปรดให้ความสำคัญ

- ท่านจะได้รับเอกสารชี้แจงและหนังสือแสดงเจตนายินยอมที่มีข้อความเดียวกันกับที่นักวิจัยเก็บไว้ 1 ชุด ท่านควรเก็บไว้กับตัวเพื่อเป็นหลักฐานและอ่านเมื่อมีข้อสงสัย
- ส่วนท้ายของหนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมโครงการ จะต้องมี 1) ลายมือชื่อของท่าน 2) ลายมือชื่อผู้วิจัยที่ให้คำอธิบายเกี่ยวกับโครงการ และ 3) วันที่ที่ลงนาม <u>ซึ่งท่านจะต้องเป็นผู้ลงวันที่ด้วยตนเอง</u>

หนังสือแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

(Informed Consent Form)

แบบฟอร์มนี้ใช้สำหรับ (1) อาสาสมัครอายุ 18 ปีขึ้นไป

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ข้าพเจ้า (นาย).....นามสกุล.....อายุ.....ปี อยู่บ้านเลขที่.....หมู่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด..... ขอแสดงเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย ในโครงการวิจัยเรื่อง.....การติดตามตรวจสอบทางด้านชีวภาพของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคลในช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในจังหวัดสงขลา...

โดยข้าพเจ้าได้อ่านเอกสารคำอธิบายโครงการวิจัยและได้รับฟังคำอธิบายจาก น.ส. ปิยฉัตร หนูคงบัตร และได้รับทราบถึงรายละเอียดของโครงการวิจัยเกี่ยวกับ วัตถุประสงค์และระยะเวลาที่ทำการวิจัย ขั้นตอนและวิธีการปฏิบัติตัวที่ข้าพเจ้าต้องปฏิบัติ ผลประโยชน์ที่ข้าพเจ้าจะได้รับ ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบจ่ายเอง อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมโครงการที่ เช่น อาจมีเลือดออก รอยช้ำเขียวได้ภายในระยะเวลา 3-4 วัน อาจจะมีการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือด (พบน้อย) หรือหน้ามืดเป็นลม ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามลดความเสี่ยงโดยการให้พยาบาลวิชาชีพผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ทำการเจาะเลือดให้ นอกจากนี้ยังเตรียมพยาบาลวิชาชีพอีก 1 ท่าน คอยช่วยเหลือในกรณีเหตุฉุกเฉินระหว่างการเก็บตัวอย่างเลือดอีกด้วย

และข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าที่ได้รับจากการวิจัย โดยให้นำเสนอเป็นข้อมูลโดยรวมจากการวิจัยนั้น แต่จะไม่เผยแพร่ต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล ทั้งนี้ข้าพเจ้าสามารถถอนตัวหรืองดเข้าร่วมการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยจะไม่มีผลกระทบและไม่เสียสิทธิ์ใดๆ ในการรับการบริการและการรักษาพยาบาลที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อไปในอนาคต

หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัยหรือเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัยกับตัวข้าพเจ้า ข้าพเจ้าสามารถติดต่อกับ น.ส. ปิยฉัตร หนูคงบัตร (หัวหน้าโครงการ)

และ ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ (อาจารย์ที่ปรึกษา) ได้ที่ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ หมายเลขโทรศัพท์ 090-8249378 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถขอรับคำปรึกษา/แจ้งเรื่อง/ร้องเรียน ได้ที่สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โทรศัพท์ 0-7428-6954 หรือทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ arom.r@psu.ac.th

ข้าพเจ้า เข้าใจข้อความในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และหนังสือแสดงเจตนายินยอมนี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการ

ลายมือชื่อผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย .....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลายมือชื่อผู้อธิบาย/ ผู้ขอความยินยอม .....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

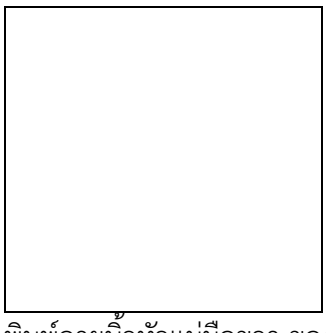
ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย คือ.....
จึงได้ลงลายมือชื่อไว้ในฐานะพยาน ว่าอาสาสมัครเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ

ลงชื่อ..... วันที่.....

(.....) (ววว/ดด/ปปปป)

พยาน (ผู้อ่านข้อความให้อาสาสมัครฟัง)

ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่าน เขียนหนังสือได้ แต่มีผู้อ่านข้อความในแบบคำยินยอมนี้ให้แก่ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดี ข้าพเจ้าจึงพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือขวาของข้าพเจ้าในแบบคำยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ



พิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือขวา ของ นาย/นาง/นางสาว..... (อาสาสมัครผู้ร่วมวิจัย)

ลงชื่อ..... วันที่ .....

(.....) (วว/ดด/ปปปป)

พยานคนที่ 1

ลงชื่อ..... วันที่ .....

(.....) (วว/ดด/ปปปป)

พยานคนที่ 2

หมายเหตุ (1) ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเป็นเด็กโตอายุ 13 ถึงก่อน 18 ปี สามารถตัดสินใจเองได้ ให้ลงลายมือชื่อ ทั้งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย (เด็ก) และผู้ปกครองด้วย

(2) พยานต้องไม่ใช่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

(3) ผู้ให้ข้อมูลหรือผู้อ่านข้อความต้องไม่เป็นผู้มีอำนาจ/ผู้บังคับบัญชาของอาสาสมัคร เพื่อป้องกันการเข้าร่วมโครงการด้วยความเกรงใจ

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามการเก็บตัวอย่างงานวิจัย

แบบสอบถามที่ 1: สุขศาสตร์ส่วนบุคคล

วันที่.....เดือน.....ปี..... (สำหรับการสัมภาษณ์)

คำชี้แจง: แบบสอบถามมี 4 ตอน กรุณาทำเครื่องหมายถูก (/) หน้าข้อความที่ตรงประเด็นมากที่สุด

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

1. ชื่อสถานประกอบการ.....
2. ที่อยู่สถานประกอบการ.....หมู่.....ตำบล.....อำเภอ..... จังหวัด.....
3. ชื่อ.....นามสกุล.....
4. อายุ (ถึงปัจจุบัน).....ปี.....เดือน (วัน เดือน ปี เกิด.....)
5. ส่วนสูง.....เซนติเมตร
6. น้ำหนัก.....กิโลกรัม
7. เพศ
   7.1 (.....) ชาย 7.2 (.....) หญิง
8. การศึกษา
   8.1 (.....) ประถมศึกษา 8.2 (.....) มัธยมศึกษาตอนต้น
   8.3 (.....) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. 8.4 (.....) ปวส.
   8.5 (.....) ปริญญาตรี 8.6 (.....) อื่นๆ ระบุ.....
9. สถานภาพในสถานประกอบการ
   9.1 (.....) เจ้าของกิจการ 9.2 (.....) ลูกจ้าง
   9.3 (.....) ฝึกงานชั่วคราว 9.4 (.....) อื่นๆ ระบุ.....
10. คุณเคยทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อื่นมาก่อนหรือไม่
    10.1 (.....) ไม่เคยทำ 10.2 (.....) เคยทำ ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
11. คุณเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องสัมผัสกับโลหะหนัก (เช่น โรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, โรงงานผลิตสี หรือโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ฯลฯ) มาก่อนหรือไม่
    11.1 (.....) ไม่เคยทำ 11.2 (.....) เคยทำ ระยะเวลา.....ปี.....เดือน
12. การใช้สถานประกอบการเป็นที่อยู่อาศัย
    12.1 (.....) ใช้ 12.2 (.....) ไม่ใช้
13. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เป็นเวลา.....ปี.....เดือน.....วัน
14. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เฉลี่ย .....ชั่วโมง/วัน

15. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เฉลี่ย.....วัน/สัปดาห์ หรือ .....วัน/ปี

16. คุณมีโรคประจำตัวหรือไม่

16.1 (.....) มี ระบุ..... 16.2 (.....) ไม่มี

ส่วนที่ 2: หมวดสุขวิทยาส่วนบุคคล

17. สวมถุงมือทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน

17.1 (.....) ไม่เคย

17.2 (.....) บางครั้ง

17.3 (.....) ทุกครั้ง

18. ล้างมือที่ถูกวิธีทุกครั้งหลังปฏิบัติงาน ก่อนรับประทานอาหาร หรือสูบบุหรี่ หรือไม่

18.1 (.....) ไม่เคย (ถ้าเลือกข้อนี้ให้ข้ามไปทำข้อ 21)

18.2 (.....) บางครั้ง

18.3 (.....) ทุกครั้ง

19. แหล่งน้ำที่ใช้ทำความสะอาดมือ

19.1 (.....) น้ำจากคลอง ระบุ ชื่อ..... 19.2 (.....) น้ำบ่อตื้น

19.3 (.....) น้ำบ่อบาดาล 19.4 (.....) น้ำฝน

19.5 (.....) น้ำประปา 19.6 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

20. ทำความสะอาดมือโดย

20.1 (.....) น้ำเปล่าอย่างเดียว

20.2 (.....) น้ำเปล่าและสบู่

20.3 (.....) บางครั้งใช้น้ำเปล่าอย่างเดียว แต่บางครั้งใช้น้ำเปล่าและสบู่

20.4 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

21. สวมรองเท้าทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน

21.1 (.....) ไม่เคย

21.2 (.....) บางครั้ง

21.3 (.....) ทุกครั้ง

22. มีการจัดสถานที่รับประทานอาหารแยกจากสถานที่ทำงานหรือไม่

22.1 (.....) มี 22.2 (.....) ไม่มี

23. ปัจจุบันคุณสูบบุหรี่หรือไม่ (ถ้าไม่ ข้ามไปทำข้อ 24)

23.1 (.....) ไม่

23.2 (.....) ใช่ จำนวน.....มวน/วัน

24. ปัจจุบันคุณดื่มแอลกอฮอล์หรือไม่

24.1 (.....) ไม่ 24.2 (.....) ใช่

ส่วนที่ 3: การจัดการสภาพแวดล้อมในสถานประกอบการ

25. เศษเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตกหล่นบนพื้นในสถานประกอบการ

25.1 (.....) กวาดทิ้งหน้าร้าน 25.2 (.....) กวาดรวบรวมไว้รอกำจัด

25.3 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

26. การจัดการกับอุปกรณ์ที่ชำรุด เช่น แผงวงจร จอภาพ เป็นต้น

26.1 (.....) เก็บไว้แยกเอาชิ้นส่วน 26.2 (.....) ขายของเก่า

26.3 (.....) ทิ้งในถังขยะเทศบาล 26.4 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

27. การกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์และเศษอุปกรณ์ของสถานประกอบการ

27.1 (.....) เผา 27.2 (.....) ฝัง

27.3 (.....) ทิ้งในถังขยะเทศบาล 27.4 (.....) อื่นๆ ระบุ.....

28. พฤติกรรมอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

แบบบันทึกพฤติกรรมในการสวมถุงมือ การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่ และการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

แบบบันทึกพฤติกรรมในการสวมถุงมือ ขณะปฏิบัติงาน

เดือน..... พ.ศ. .....

เวลาปฏิบัติงาน	ตารางบันทึก การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
08.00																															
09.00																															
10.00																															
11.00																															
12.00																															
13.00																															
14.00																															
15.00																															
16.00																															

หมายเหตุ ／ การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน

╳ ไม่การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน

แบบบันทึกพฤติกรรมการล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่

เดือน.....พ.ศ. .....

เวลาปฏิบัติงาน	ตารางบันทึก การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
08.00																															
09.00																															
10.00																															
11.00																															
12.00																															
13.00																															
14.00																															
15.00																															
16.00																															

หมายเหตุ ／ การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่

╳ การไม่ล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่

แบบบันทึกพฤติกรรมการสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

เดือน.....พ.ศ. .....

เวลาปฏิบัติงาน	ตารางบันทึก การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
08.00																															
09.00																															
10.00																															
11.00																															
12.00																															
13.00																															
14.00																															
15.00																															
16.00																															

หมายเหตุ ／ สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

╳ ไม่สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

ตารางที่ ค-1 สรุปการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11)

กลุ่มศึกษา (n=11)	พฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล (ระยะเวลา 4 เดือน/ 96 วัน)					
	การสวมถุงมือขณะปฏิบัติงาน		การล้างมือก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่		การสวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน	
	บ่อย-ประจำ	บางครั้ง-ไม่เคย	บ่อย-ประจำ	บางครั้ง-ไม่เคย	บ่อย-ประจำ	บางครั้ง-ไม่เคย
E_1	93.75	6.25	95.83	4.17	100	0.0
E_2	84.38	15.63	83.33	16.67	100	0.0
E_3	88.54	11.46	89.58	10.42	100	0.0
E_4	89.58	10.42	88.54	11.46	100	0.0
E_5	95.83	4.17	93.75	6.25	100	0.0
E_6	42.71	57.29	42.71	57.29	42.71	57.29
E_7	88.54	11.46	88.54	11.46	100	0.0
E_8	89.58	10.42	89.58	10.42	100	0.0
E_9	93.75	6.25	83.33	16.67	100	0.0
E_{10}	88.54	11.46	83.33	16.67	100	0.0
E_{11}	88.54	11.46	84.38	15.63	100	0.0
รวม	10	1	10	1	10	1

หมายเหตุ: ช่างซ่อม E_6 หลังจากได้เก็บตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ ครั้งที่ 1 ได้ประสบอุบัติเหตุ จึงได้ลาหยุดงานและไม่ได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล เป็นเวลา 1 เดือน/24 วัน

ภาคผนวก ง

การรักษาสภาพตัวอย่างในตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ และ

การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ

1. การรักษาสภาพตัวอย่างเลือดและปัสสาวะ

1.1 การรักษาสภาพตัวอย่างเลือด

ตารางที่ ง-1 การรักษาสภาพตัวอย่างเลือด

การรักษาสภาพตัวอย่างเลือด (แบ่งเป็น 2 ส่วน)	
<u>ตัวอย่างเลือดส่วนที่ 1</u> ส่งตรวจ Complete Blood Count (CBC)	<u>ตัวอย่างเลือดส่วนที่ 2</u> ส่งตรวจตะกั่วและแคดเมียม
หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเลือดถูกนำมาแช่ในภาชนะบรรจุน้ำแข็งและส่งตรวจที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชนภายในเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ	หลังจากเก็บตัวอย่างเลือดจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างเลือดถูกนำมาปั่นด้วยด้วยเครื่อง Thermoreactor ที่อุณหภูมิ 148 ^{0}C เป็นเวลา 2 ชม. จนเป็นสารละลายใสที่ผ่านการกรอง แล้วแช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ -20^{0}C เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับของตะกั่วและแคดเมียม

1.2 การรักษาสภาพตัวอย่างปัสสาวะ

ตารางที่ ง-2 การรักษาสภาพตัวอย่างปัสสาวะ

การรักษาสภาพตัวอย่างปัสสาวะ (แบ่งเป็น 2 ส่วน)	
<u>ตัวอย่างปัสสาวะส่วนที่ 1</u> ส่งตรวจครีเอตินิน (Creatinine)	<u>ตัวอย่างปัสสาวะส่วนที่ 2</u> ส่งตรวจโครเมียม
หลังจากเก็บปัสสาวะจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างปัสสาวะถูกนำมาแช่ในภาชนะบรรจุน้ำแข็งและส่งตรวจที่หน่วยเคมีคลินิกเอกชนภายในเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ	หลังจากเก็บปัสสาวะจากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างปัสสาวะถูกนำมากรองด้วยกระดาษกรอง (Watch man filter) แล้วนำตัวอย่างปัสสาวะที่ผ่านการกรองมาแช่เย็น -20^{0}C เพื่อรอการวิเคราะห์ระดับของโครเมียม

หมายเหตุ ในการเก็บตัวอย่างปัสสาวะและเลือดไว้เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องเก็บไว้ข้ามคืนควรเก็บตัวอย่างปัสสาวะและเลือดนั้นไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส โดยประมาณ และหากต้องเก็บไว้นานมากกว่า 5 วัน จะต้องเก็บแบบแช่แข็ง (Frozen urine) (ACGIH, 2013)

2. การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ

การวิเคราะห์ระดับตะกั่วและแคดเมียมในตัวอย่างเลือด และโครเมียมในตัวอย่างปัสสาวะ ได้ดำเนินการที่ ศูนย์เครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่าง ซ้ำ 3 ครั้ง โดยมีค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และค่าขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) ตลอดจนการวิเคราะห์รีเอเจนต์แบลงค์ (Reagent Blank) โดยการใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน (Deionized Water) ดังนี้

2.1 ค่า Limit of Detection (LOD) คือ ปริมาณต่ำสุดที่ตรวจพบ

ตารางที่ ง-3 ค่า Limit of Detection (LOD)

สารที่วิเคราะห์	ค่า LOD (µg/dL)
ตะกั่ว (Pb)	0.05
แคดเมียม (Cd)	0.03
โครเมียม (Cr)	0.03

2.2 ค่า Limit of Quantitation (LOQ) คือ ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ

ตารางที่ ง-4 ค่า Limit of Quantitation (LOQ)

สารที่วิเคราะห์	ค่า LOQ (µg/dL)
ตะกั่ว (Pb)	0.16
แคดเมียม (Cd)	0.10
โครเมียม (Cr)	0.10

2.3 รีเอเจนต์แบลงค์ (Reagent Blank)

ตารางที่ ง-5 รีเอเจนต์แบลงค์ (Reagent Blank)

สารที่วิเคราะห์	Blank ในตัวอย่างเลือด (mg/L)		blank ในตัวอย่างปัสสาวะ (mg/L)	
	ค่าเฉลี่ยตรวจวัด 3 ครั้ง	SD	ค่าเฉลี่ยตรวจวัด 3 ครั้ง	SD
ตะกั่ว (Pb)	0.002	0.004	-	
แคดเมียม (Cd)	0.001	0.0003	-	
โครเมียม (Cr)	-		0.007	0.0005

ภาคผนวก จ

โปสเตอร์

อันตรายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมที่เกิดจากการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ตะกั่ว (Pb) ใช้บัดกรีบนแผงวงจรและเป็นส่วนประกอบในจอคอมพิวเตอร์และจอโทรทัศน์

พิษเรื้อรังของตะกั่ว

- ปวดท้อง เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน
- ชาปลายมือปลายเท้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง
- ภาวะเลือดจาง ความดันโลหิตสูง
- ปวดเมื่อย ท้องผูก ซีด ไม่มีแรง อ่อนเพลีย ความจำเสื่อม น้ำหนักลด

แคดเมียม (Cd) เป็นส่วนประกอบของสี การคงรูปพลาสติก พบในแบตเตอรี่ และกระบวนการเชื่อม/หลอมโลหะ

พิษเรื้อรังของแคดเมียม

- ระคายเคืองต่อผิวหนังและตา
- การสูดดมแคดเมียมระยะเวลานานจะเกิดการสะสม และเกิดโรคมะเร็งปอด
- เมื่อมีการสะสมแคดเมียมในกระดูกทำให้เกิดโรคอิไตอิไต (Itai-itai) ทำให้กระดูกเปราะหักง่าย มีอาการเจ็บปวดกระดูกทั่วทั้งร่างกาย และเกิดโรคไตเสื่อม

โครเมียม (Cr) ใช้ผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทานไม่เป็นสนิม

พิษเรื้อรังของโครเมียม

- ไอ น้ำมูกไหล ไซนัสอักเสบ
- หลอดลมอักเสบ หอบหืด
- อาการไตอักเสบ ตับอักเสบ
- ก่อให้เกิดมะเร็งปอดในมนุษย์

ที่มา: โยธิน เบญจวัง และวิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, 2550

ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ด้านสุขวิทยาส่วนบุคคล

ล้างมือให้สะอาดปราศจากโรค

1. ฝ่ามือถูฝ่ามือ
2. ฝ่ามือถูหลังมือและนิ้วถูซอกนิ้ว
3. ฝ่ามือถูฝ่ามือและนิ้วถูซอกนิ้ว
4. หลังนิ้วถูฝ่ามือ
5. ถูนิ้วหัวแม่มือโดยรอบด้วยฝ่ามือ
6. ปลายนิ้วถูฝ่ามือ
7. ถูรอบข้อมือ

ที่มา:กองอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2545

ล้างมือทุกครั้งก่อนรับประทานอาหาร ดื่มน้ำ หรือสูบบุหรี่

สวมใส่รองเท้าขณะปฏิบัติงาน

สวมใส่ถุงมือขณะปฏิบัติงาน

ภาคผนวก ฉ

ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC)

ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC) ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มศึกษา (n=11) และกลุ่มควบคุม (n=10)

ตาราง ฉ-1 ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด Complete Blood Count (CBC)

กลุ่มตัวอย่าง (n=21)	ความเข้มข้นของเม็ดเลือดแดง (Hematocrit) (ร้อยละ)	ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) (กรัมต่อเดซิลิตร)
E_1	41.70	14.30
E_2	43.70	14.40
E_3	40.30	13.50
E_4	46.30	15.80
E_5	49.00	16.20
E_6	47.00	14.90
E_7	41.00	14.30
E_8	51.00	17.20
E_9	43.00	18.30
E_{10}	42.00	14.20
E_{11}	44.00	12.80
C_1	43.00	14.50
C_2	48.00	16.40
C_3	43.00	14.30
C_4	41.00	14.10
C_5	47.00	13.90
C_6	41.00	13.70
C_7	51.00	13.80
C_8	43.00	14.20
C_9	42.00	14.20
C_{10}	44.00	12.80
Median (IQR)	**43.00 (6.00)**	**14.30 (1.50)**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวปิยฉัตร หนูคงบัตร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610920022

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2556

ทุนการศึกษา

-ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2560

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Kanabkaew, T., Nookongbut, P. and Soodjai, P. 2013. Preliminary Assessment of Particulate Matter Air Quality Associated with Traffic Emissions in Nakhon Si Thammarat, Thailand. Procedia Engineering, 53: 179-84.

การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ “ขับเคลื่อนงานวิจัยโดยนวัตกรรมจากภูมิปัญญา” **ระดับตะกั่วในปสสาวะของชางซอมเครื่องใชไฟฟาและอุปกรณอิเล็กทรอนิกส์** วันที่ 2 ธันวาคม 2560 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.