

## ผลของการมีระดับตะกั่วในเลือดสูงของผู้ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับการทำประมงต่อ ค่าพารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด และภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

สมิตา ภูกันหา<sup>1</sup> วิยดา กวานเหียน<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> หลักสูตรชีวเวชศาสตร์ สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

<sup>2</sup> หลักสูตรเทคนิคการแพทย์ สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

### บทคัดย่อ

ผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับทำประมง เป็นผู้มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสตะกั่ว ส่งผลให้มีภาวะตะกั่วในเลือดสูง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับตะกั่วในเลือด พารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด และประสิทธิภาพของกระบวนการฟาโกไซโตซิส ในกลุ่มผู้มีอาชีพเกี่ยวข้องกับทำประมง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าระดับตะกั่วในเลือดของผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับทำประมง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเรียงลำดับอาชีพที่มีระดับตะกั่วจากสูงไปต่ำคือ ตอกหมัน ฆากอวน ทำความสะอาดอู่เรือ ช่างไม้ และซ่อมเครื่องยนต์ ตามลำดับ ค่าพารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดของกลุ่มตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบแนวโน้มที่ลดลงของจำนวนเม็ดเลือดขาว นิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโทคริต และค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง ส่วนพารามิเตอร์ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นได้แก่ ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เซลล์ชนิดอื่น ความแตกต่างของขนาดของเม็ดเลือดแดง และจำนวนเกล็ดเลือด นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการฟาโกไซโตซิส ในกลุ่มตัวอย่าง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาทั้งหมดบ่งชี้ว่าผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับทำประมงที่มีค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดสูง มีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด และลดความสามารถของกระบวนการฟาโกไซโตซิสของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ

**คำสำคัญ:** ระดับตะกั่วในเลือดสูง ตอกหมัน ฆากอวน ฟาโกไซโตซิส

### \*ผู้รับผิดชอบบทความ

วิยดา กวานเหียน

หลักสูตรเทคนิคการแพทย์ สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ 222 ตำบลไทรบุรี

อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

Email: wiyadakwanhian@gmail.com

## **The Effect of High Blood Lead Level Among Fishery Related Occupational Worker on Complete Blood Count Parameters and Non-Specific Immunity**

**Samita Pukunhaa<sup>1</sup> Wiyada Kwanhian<sup>2,\*</sup>**

<sup>1</sup> Biomedical Science Program, School of Allied Health Sciences, Walailak University

<sup>2</sup> Medical Technology Program, School of Allied Health Sciences, Walailak University

### **Abstract**

Fishery related occupational workers have many roles, but they are vulnerable to lead exposure, resulting in high blood lead conditions. In this study, the hematological parameters from complete blood count (CBC) and phagocytosis efficiency were determined in fishery related occupational workers and compare with control related group. The results showed that the fishery related occupational workers had the average blood lead level higher than the control group. The careers with high levels of blood lead are sorted by descending level of blood lead are caulker, fishery net sinker, janitor, carpenters and mechanic, respectively. The results showed that all the CBC parameters compared between fishery related occupational workers and control group were not significantly different. However, the decreasing trends were found in the white blood cell number, red blood cell number, hemoglobin, hematocrit and mean cell volume. In other hand, the lymphocytes number, monocytes, other cell types, platelets and red cell distribution width were trendy increasing. In addition, the results of the study showed the efficacy of the phagocytic activity of fishery related occupational workers was significantly lower than controls. The study suggests that the risky occupation causes high blood lead levels that may lead to the trend of changes in some CBC parameters and reduction of phagocytic activity of innate immune system.

**Key words:** Lead, High blood lead level, Caulker, Fishery net sinker, Phagocytosis

### **\*Corresponding author**

Wiyada Kwanhian

Medical Technology Program, School of Allied Health Sciences, Walailak University, 222 Thaiburi, Thasala district, Nakhon si Thammarat province, Thailand, 80160

Email: wiyadakwanhian@gmail.com

## บทนำ

ตะกั่ว (lead; Pb) เป็นโลหะหนักที่มีสีเทาเงิน เตตระเอทิลเลด (tetraethyllead) เคยถูกใช้เพื่อเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน ปัจจุบันยังพบการใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ผสมในสีทาบ้าน นอกจากนี้ยังพบมีการใช้ที่เกี่ยวข้องในการประมงทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ได้แก่ การนำเลดออกไซด์ (PbO) มาใช้ในกระบวนการต่อเรือ และซ่อมเรือ เรียกว่าการตอกหมัน คือการนำฝ้ายดิบหรือเชือกชุบเลดออกไซด์มาตอกเข้าไปในเนื้อเรือไม้ เพื่อป้องกันการเกาะของเฟรียง สามารถยึดอายุของเรือได้ นอกจากนี้ยังมีกรรมอดอวน หรือการนำลูกตะกั่วมาร้อยอวนเพื่อเป็นการถ่วงน้ำหนักให้อวนการใช้ตะกั่วทั้งในเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม นอกจากนี้เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนตะกั่วลงสู่สิ่งแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ แล้วยังสามารถเข้าสู่ร่างกายของผู้สัมผัสทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางการกิน ทางการหายใจ และทางผิวหนัง ในปี ค.ศ. 2007 Thanapop และคณะ รายงานการพบตะกั่วในเลือดสูง มีค่าเฉลี่ย มากกว่า 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$  ในคนงานที่มีหน้าที่ตอกหมัน ซึ่งพบสูงกว่าในคนงานทาสีและซ่อมเครื่องยนต์<sup>(1)</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าคนงานอู่ต่อเรือเป็นผู้ที่นำตะกั่วแพร่จากสถานที่ทำงานกลับบ้านเรือน (take home lead)<sup>(2)</sup> ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้สมาชิกในครอบครัวได้รับสัมผัสตะกั่วแม้ว่าจะไม่ได้ทำงานที่สัมผัสตะกั่วโดยตรงก็ตาม ในประเทศไทยมีรายงานว่าระดับตะกั่วในเลือดของผู้ที่ไม่มีอาชีพเสี่ยงมีค่า 3.2  $\mu\text{g}/\text{dL}$ <sup>(3)</sup>

ตะกั่วในเลือดสูงมีผลกระทบทำให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติของหลายระบบในร่างกายมนุษย์<sup>(4,5)</sup> ค่า cut-off ของระดับตะกั่วในเลือดที่ทำให้เกิดพิษจากตะกั่ว นั้นยังเป็นที่ถกเถียงกันมานาน โดยในช่วงแรกใช้ระดับที่ 60  $\mu\text{g}/\text{dL}$  แต่ได้ลดระดับมาเรื่อยๆจนถึง ปี ค.ศ. 2012 Centers for Disease Control and Prevention (CDC) ได้ประกาศเปลี่ยนแปลงระดับตะกั่วในเลือดที่ต้องให้ความระมัดระวัง หรือ “blood lead level of concern” มีค่าระหว่าง 4.5 - 10  $\mu\text{g}/\text{dL}$ <sup>(6)</sup> อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาใดที่จะยืนยันระดับตะกั่วในเลือดเท่าใดที่ถือว่าปลอดภัยและไม่ มีผลกระทบต่อร่างกาย<sup>(7-9)</sup>

มีรายงานการศึกษาที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตะกั่วในเลือดกับการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด จากการตรวจ complete blood count (CBC) ตัวอย่างเช่น Jacob และคณะ ทำการศึกษาในประเทศเยอรมันในช่วงปี ค.ศ. 1992-1993 โดยตรวจเลือดเด็กอายุ 5-14 ปี จำนวน 791 ราย ที่มีค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือด 33.3  $\mu\text{g}/\text{L}$  ซึ่งกระจายอยู่ในช่วง 7.5-239  $\mu\text{g}/\text{L}$  พบว่าตะกั่วในเลือดที่สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย 10  $\mu\text{g}/\text{L}$  มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของจำนวนเม็ดเลือดแดงในเด็กหญิงพร้อมกับมีค่า ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV) และ ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักฮีโมโกลบิน (MCH) ที่ลดลง โดยการศึกษาที่สรุปถึงผลกระทบที่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ แต่สามารถบอกถึงรูปร่างและการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดแดงที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น น่าจะเกิดจากการมีตะกั่วในเลือดที่สูงขึ้น<sup>(10)</sup> ในปี ค.ศ. 2013 มีการศึกษาในประเทศจอร์แดน

โดยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนักโทษ พบว่ามีระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 9.24  $\mu\text{g/dL}$  ซึ่งไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่มีระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 5.70  $\mu\text{g/dL}$  อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเพิ่มขึ้นของตะกั่วในเลือดในกลุ่มตัวอย่างพบมีผลต่อค่าพารามิเตอร์ในเลือดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดขาว จำนวนเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต และจำนวนเกล็ดเลือด<sup>(11, 12)</sup>

สำหรับการศึกษาผลกระทบจากการประกอบอาชีพที่มีความเสี่ยงในการสัมผัสตะกั่วต่อภาวะตะกั่วในเลือดสูง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในเลือดนั้นก็มิใช่อยู่หลายการศึกษา ยกตัวอย่างเช่น Kalahasthi และคณะ (2012) ศึกษาตะกั่วในเลือดของผู้ทำงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ที่มีระดับตะกั่วในเลือด 30  $\mu\text{g/dL}$  ขึ้นไปโดยเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของการตรวจ CBC ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้พบระดับ urinary- $\gamma$ -ALA (Delta-aminolevulinic acid dehydratase) ของกลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม<sup>(13)</sup>

มีหลายการศึกษาที่รายงานผลกระทบของการมีตะกั่วในเลือดสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (innate immunity) โดยทำให้เกิดการแสดงออกของยีนของที่เกี่ยวข้องกับ innate immunity ที่ผิดปกติ<sup>(14)</sup> พบการลดลงของการสร้างไนตริกออกไซด์ในเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโคฟาจของหนูในสภาวะที่มีตะกั่ว และยังยับยั้งการสร้าง proinflammatory cytokine ที่สำคัญ ได้แก่ tumor necrosis factor alpha (TNF- $\alpha$ ), interleukin-1 alpha (IL-1 $\alpha$ ) และ

interleukin-6 (IL-6)<sup>(15)</sup> ซึ่งทั้งหมดนี้จะทำให้เกิดความผิดปกติของการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงมีโอกาสสัมผัสตะกั่วเข้าสู่ร่างกายสูงกว่าคนทั่วไป ซึ่งจะเป็นสาเหตุของความผิดปกติจากพิษตะกั่วได้ โดยเฉพาะถ้าระดับสูงขึ้นและระยะเวลาการรับสัมผัสยาวนานขึ้น ดังนั้นการศึกษารังนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับตะกั่วในเลือดของผู้ที่ทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประมงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พร้อมกับเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด และประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซต์ที่เป็นตัวบ่งชี้การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ (innate immunity)

## วัตถุประสงค์ และวิธีการศึกษา

### กลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้เป็นผู้ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับการประมง 21 ราย เป็นผู้ที่ทำงานในอู่ต่อเรือ และมาดอวน ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับกลุ่มควบคุม 11 ราย เป็นผู้ที่อาศัยในจังหวัดนครศรีธรรมราช มีอายุเฉลี่ยไม่แตกต่างจากกลุ่มตัวอย่าง และประกอบอาชีพอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการประมง นอกจากนี้ทั้งกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุมไม่เป็นโรคที่มีความบกพร่องของระบบภูมิคุ้มกัน และไม่ได้ได้รับการรักษาด้วยยากดภูมิคุ้มกัน การศึกษารังนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เลขที่รหัสโครงการ  
57/057

### **การเก็บตัวอย่างเลือด**

เจาะเลือดจากหลอดเลือดดำที่แขน ปริมาตร 10 มิลลิลิตรแบ่งใส่หลอดที่มีสารกันเลือดแข็ง EDTA จำนวน 2 หลอด หลอดละ 5 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการตรวจระดับตะกั่วในเลือด และตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC) และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซท์

### **การตรวจตะกั่วในเลือด**

เลือดในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็ง EDTA นำไปตรวจระดับตะกั่วในเลือดที่ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา โรงพยาบาลรามารชิบดี โดยวิธี graphite-furnance atomic-absorption spectrometry

### **การตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด**

เลือดที่เก็บในหลอดที่มีสารกันเลือดแข็ง EDTA อีกหนึ่งหลอดนำไปตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด (CBC) โดยเครื่องตรวจอัตโนมัติหลักการ electrical impedance ที่ห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

### **การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซท์**

ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซท์ตรวจวัดโดยใช้เลือดที่เก็บในหลอด EDTA นำมาปั่นและดูดชั้น buffy coat ซึ่งเป็นชั้นของเม็ดเลือดขาว ปริมาตร 500  $\mu$ L ผสมให้เข้ากันกับ 1 $\times$

FACs lysing solution ปริมาตร 1 mL ที่งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาทีเพื่อให้เม็ดเลือดแดงแตก นำไปปั่น 400 g นาน 5 นาที ที่งส่วนใส นำตะกอนเซลล์มานับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว และปรับให้ได้จำนวนประมาณ  $1 \times 10^6$  cells/mL ใน PBS buffer นำเซลล์ใส่ในหลอด polypropylene เต็ม 1 $\times$  Latex Beads – Rabbit IgG – FITC solution ปริมาตร 10  $\mu$ L (Cayman Chemical, USA) ผสมให้เข้ากัน และบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืด 1 ชั่วโมง นำมาตรวจวัดเซลล์ฟาโกไซท์เรืองแสงที่จับกินเม็ดลาเท็กซ์ด้วยโฟลไซโตมิเตอร์ FACS Calibur™ (Becton, Dickinson and Company, USA)

### **การวิเคราะห์ทางสถิติ**

ค่าเฉลี่ยอายุ ระดับตะกั่วในเลือด ค่าพารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดจากการตรวจ CBC และ % phagocytic active cell ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการประมง และกลุ่มควบคุม คำนวณเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มโดยใช้ t-test ที่ระดับความแตกต่าง  $P$ -value < 0.05 สำหรับค่าระดับตะกั่วในเลือดภายในของกลุ่มอาชีพย่อยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการประมง เปรียบเทียบความแตกต่างโดยสถิติอนพาราเมตริกซ์ Kruskal Wallis test

### **ผลการวิจัย**

#### **ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง**

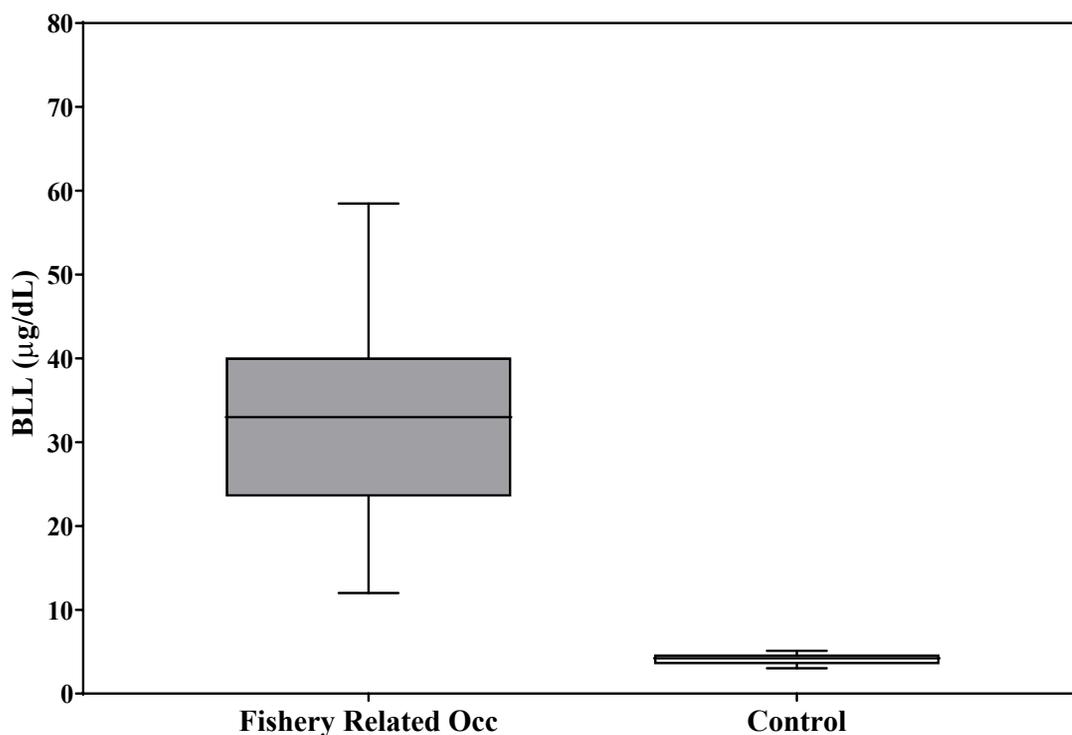
อาสาสมัครในโครงการรวมทั้งหมด 32 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 21 คน แบ่งเป็นเพศ

ชาย 17 คน คิดเป็นร้อยละ 80.95 เพศหญิง 4 คน คิดเป็นร้อยละ 19.05 เป็นผู้ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงทั้งหมด โดยประเภทของงาน มีอาชีพตอกหมัน 13 คน มาดอวน 4 คน อาชีพช่างเครื่องยนต์ กิ่ง ซ่อมแบตเตอรี่ 1 คน ช่างไม้ 2 คน และ พนักงานทำความสะอาดตู้เรือ 1 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 11 คน โดยเป็นเพศชายทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 100 โดยประกอบอาชีพ ข้าราชการ หรือ พนักงานรัฐ 5 คน รับจ้าง 2 คน เกษตรกร หรือชาวสวน 3 คน และค้าขาย 1 คน อายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวกับการประมง 51.60 ปี ในขณะที่กลุ่มควบคุม มีอายุเฉลี่ย 50.64 ปี โดยอายุของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} = 0.520$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ดังแสดงในตารางที่ 1

#### ระดับตะกั่วในเลือด

ระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ยของประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงเท่ากับ  $31.82 \pm 12.17 \mu\text{g/dL}$  โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 12.00 ถึง  $58.49 \mu\text{g/dL}$  ในขณะที่ระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมเท่ากับ  $4.11 \pm 0.71 \mu\text{g/dL}$  โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.02 ถึง  $5.10 \mu\text{g/dL}$  โดยค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} = 0.000$  ในรูปที่ 1 แสดงการกระจายตัวของระดับตะกั่วในเลือดของทั้งสองกลุ่ม



รูปที่ 1. ระดับตะกั่วในเลือด (BLL; blood lead level) ของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับประมง (Fishery Related Occ) และกลุ่มควบคุม (Control) พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P\text{-value} = 0.000$

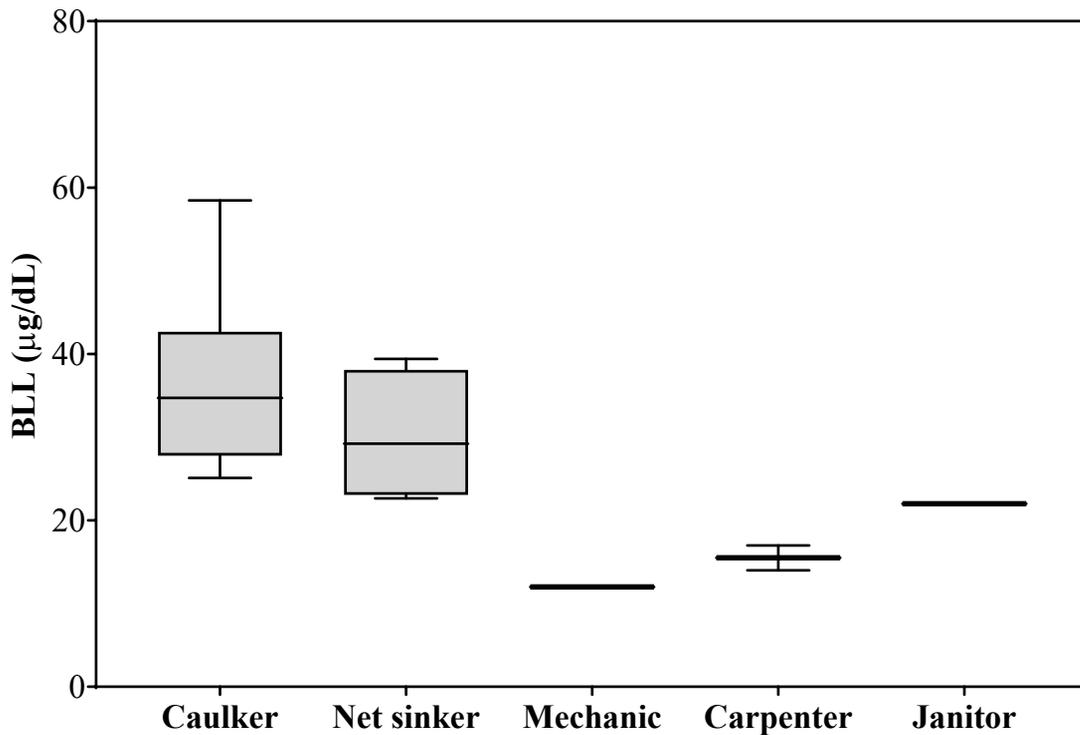
ตารางที่ 1. คุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพเกิดข้องกับประมงและกลุ่มความคุมที่ใช้ในการศึกษาและระดับตะกั่วในเลือด

ลักษณะตัวอย่าง	ทั้งหมด	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มควบคุม	P-value <sup>a</sup>
<b>เพศ (คน)</b>				
ชาย (ร้อยละ)	28(87.50)	17 (80.95)	11 (100)	
หญิง (ร้อยละ)	4 (12.50)	4 (19.05)	0 (0.00)	
<b>รวม</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	
<b>อายุเฉลี่ย (ปี)</b>	51.76±10.04	51.60	50.64	0.520
<b>ระดับตะกั่วในเลือด (µg/dL)</b>	<b>22.29±16.57</b>	<b>31.82±12.17</b>	<b>4.11±0.71</b>	<b>0.000*</b>
<b>อาชีพเกี่ยวข้องกับประมง (คน)</b>	<b>21</b>			
ตอกหมอน		13		
มาดอาน		4		
ช่างเครื่องยนต์ กิ่ง ซ่อมมอเตอร์		1		
ช่างไม้		2		
พนักงานทำความสะอาดเรือ		1		
<b>อาชีพที่ไม่เกี่ยวข้องกับประมง (คน)</b>	<b>11</b>			
ข้าราชการ พนักงานรัฐ			5	
รับจ้าง			2	
เกษตรกร ชาวสวน			3	
ค้าขาย			1	

<sup>a</sup>P-value คำนวณด้วยสถิติ t-test กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 %, \*แตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวข้องกับประมง พบว่าในอาชีพตอกหมันมีค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือด 37.13  $\mu\text{g/dL}$  รองลงมาคืออาชีพมาคฮวน ทำความสะอาดตู้ต่อเรือ งานไม้ และซ่อมเครื่องยนต์ ค่าเฉลี่ยของ

ระดับตะกั่วในเลือด 30.13, 21.99, 15.50 และ 12.00  $\mu\text{g/dL}$  ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่างนี้ด้วยสถิติ Kruskal Wallis test พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} = 0.03$  ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2. ระดับตะกั่วในเลือด (BLL; blood lead level) ของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับประมง (Fishery Related Occ) ประเภทต่างๆ ได้แก่ ตอกหมัน (caulker), มาคฮวน (net sinker) , ซ่อมเครื่องยนต์ (mechanic) , ช่างไม้ (carpenter) และทำความสะอาด (janitor) พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P\text{-value} = 0.03$  คำนวณด้วยสถิติ Kruskal Wallis test

#### ค่าพารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด

พารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดในการศึกษานี้ได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดขาว (white blood cell) ซึ่งพบว่าในกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงมีค่าเฉลี่ย  $7.38 \pm 1.87 \times 10^3$  cells/ $\mu\text{L}$  และกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย  $7.97 \pm 2.52 \times 10^3$  cells/ $\mu\text{L}$  ซึ่งไม่มีความ

แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $P\text{-value} = 0.505$  เมื่อนับแยกชนิดของเม็ดเลือดขาว (WBC differentiation) เป็นชนิดนิวโทรฟิล ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ และเซลล์ชนิดอื่น (เบโซฟิล และอีโอซิโนฟิล) ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างเมื่อเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงกับกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ที่

เกี่ยวข้องกับเม็ดเลือดแดงและภาวะซีด คือ จำนวนเม็ดเลือดแดง (red blood cell) ฮีโมโกลบิน และฮีมาโตคริต ผลการศึกษาไม่พบความแตกต่างเมื่อเทียบกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงกับกลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาเพื่อดูความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV; mean cell volume) และความแตกต่างของขนาดของเม็ดเลือดแดง (RDW; red cell distribution width) ก็ไม่พบความแตกต่างของทั้งสองกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามพบแนวโน้มของค่าจำนวนเม็ดเลือดขาว เซลล์นิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต และ ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV) มีค่าลดลงร้อยละ 7.40, 1.16, 0.20, 2.09 และ 0.92 ตามลำดับ ส่วนลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เซลล์ชนิดอื่น (เบโซฟิลและอีโอซิโนฟิล) และความแตกต่างของขนาดของเม็ดเลือดแดง (RDW) มีค่าเพิ่มขึ้นที่ร้อยละ 2.11, 8.91, 20.46, 0.95 และ 28.21 ตามลำดับ นอกจากนี้จำนวนเกล็ดเลือด (platelet) ของทั้งสองกลุ่มก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน สรุปผลการศึกษารามิเตอร์แสดงความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดทั้งหมดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเทียบกับค่าปกติของพารามิเตอร์แสดงความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดแดงพบว่าค่าเฉลี่ยของทุกพารามิเตอร์ของทั้งกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุมอยู่ในช่วงปกติทั้งหมด ดังแสดงค่าของแต่ละพารามิเตอร์ และ *P-value* ในตารางที่ 2

### ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซตส์

เซลล์นิวโทรฟิลที่เป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวส่วนใหญ่ที่พบในชั้น buffy coat นำมาทดสอบประสิทธิภาพการทำงานที่เป็นฟาโกไซตส์ โดยการบ่มรวมกับเม็ดลาเท็กซ์ที่ติดฉลากด้วยสารเรืองแสง และวัดเซลล์ที่มีความสามารถจับกินเม็ดลาเท็กซ์ เทียบเป็นร้อยละของเซลล์นิวโทรฟิลทั้งหมดโดยใช้หลักการโพลไซโตเมตรี ผลการศึกษาพบว่า นิวโทรฟิลของผู้ที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงที่มีค่าเฉลี่ยตะกั่วในเลือดสูง นั้น มีความสามารถในการทำหน้าที่เป็นฟาโกไซตส์ที่จับกินเม็ดลาเท็กซ์ได้ต่ำกว่าเซลล์นิวโทรฟิลของกลุ่มควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยของ % phagocytic active cell เท่ากับ  $85.06 \pm 1.13$  และ  $95.96 \pm 3.18$  ตามลำดับ โดยพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ *P-value* = 0.011 โดยเมื่อพิจารณาร้อยละที่ลดลง พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงมีประสิทธิภาพของการทำงานของฟาโกไซตส์เซลล์ลดลงร้อยละ 11.36 ดังแสดงในรูปที่ 3

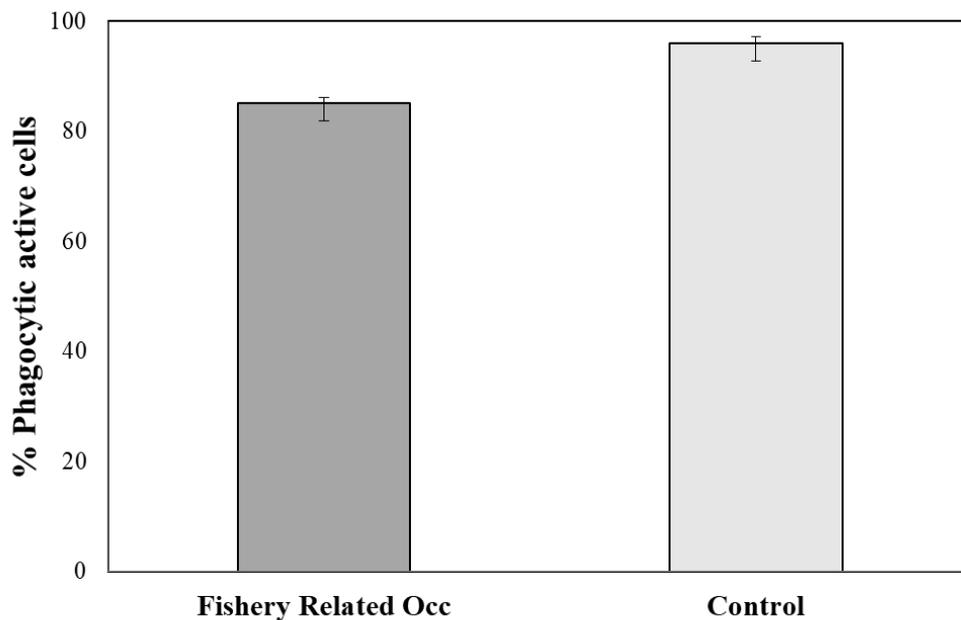
### วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการประมง ได้แก่ผู้ที่ทำงานในอู่ต่อเรือ มีอาชีพ ตกหมัน ซ่อมเครื่องยนต์ ซ่อมแบตเตอรี่ ช่างไม้ และผู้ที่มีหน้าที่ทำความสะอาดอู่เรือ และอีกอาชีพที่เกี่ยวข้องคือ การร้อยอวนด้วยตะกั่ว หรือการมาควอน ทุกอาชีพที่กล่าวมามีโอกาสรับสัมผัสตะกั่วเข้าไปในร่างกายได้หลายช่องทาง ได้แก่ การหายใจ การสัมผัสทางผิวหนัง และการปนเปื้อนเข้าทางปาก ซึ่งการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าอาชีพตกหมันที่มี

ตารางที่ 2. พารามิเตอร์ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับประมงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

พารามิเตอร์	ช่วงค่าปกติ	กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มควบคุม	ค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลง (%)	P-value <sup>a</sup>
WBC $\times 10^3$ (cells/ $\mu$ L)	4.50-11.00	7.38 $\pm$ 1.87	7.97 $\pm$ 2.52	0.59 (7.40)	0.505
WBC differentiation (%)					
Neutrophil		52.71 $\pm$ 9.51	55.00 $\pm$ 10.68	2.29 (1.16)	0.558
Lymphocyte		34.81 $\pm$ 8.04	34.09 $\pm$ 10.04	0.72 (2.11)	0.840
Monocyte		6.24 $\pm$ 2.00	5.73 $\pm$ 1.68	0.51 (8.91)	0.452
Others		6.24 $\pm$ 4.15	5.18 $\pm$ 4.38	1.06 (20.46)	0.517
RBC $\times 10^6$ (cells/ $\mu$ L)	Male: 4.30-5.90 Female: 3.50-5.50	4.95 $\pm$ 0.71	4.96 $\pm$ 0.63	0.01 (0.20)	0.952
Hemoglobin (g/dL)	Male: 13.50-17.50 Female: 12.00-16.00	13.61 $\pm$ 1.30	13.90 $\pm$ 1.20	0.29 (2.09)	0.541
Hematocrit (%)	Male: 41-53 Female: 36-46	41.22 $\pm$ 3.75	41.55 $\pm$ 2.76	0.33 (0.79)	0.779
MCV (fL)	80-100	84.01 $\pm$ 7.45	84.79 $\pm$ 10.36	0.78 (0.92)	0.828
RDW (%)	12.00-14.60	14.50 $\pm$ 1.66	13.55 $\pm$ 1.29	0.95 (7.01)	0.087
Platelet $\times 10^3$ (cells/ $\mu$ L)	150-450	272.62 $\pm$ 110.64	260.09 $\pm$ 67.28	73.91 (28.21)	0.694

ค่าพารามิเตอร์แสดงเป็น mean  $\pm$  standard deviation, <sup>a</sup>P-value เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test, กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 %



รูปที่ 3. ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซต์ แสดงเป็นค่า % Phagocytic active cells ของกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับประมง (Fishery Related Occ) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Control) พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  $P\text{-value} = 0.011$

ลักษณะการทำงานโดยการใช้ผ้าดิบหรือเชือกชุบ เลดออกไซด์ ตอกเข้าไปที่เนื้อไม้ของเรือประมง พบมีตะกั่วในเลือดสูงที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 37.13  $\mu\text{g}/\text{dL}$  เมื่อเทียบกับอาชีพอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Thanapop และคณะ (2017) ที่รายงานว่าผู้ตกหมันมีตะกั่วในเลือดสูงมีค่าเฉลี่ยมากกว่า 40  $\mu\text{g}/\text{dL}$ <sup>(1)</sup> ใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ อาชีพที่มีระดับตะกั่วในเลือดสูงเป็นอันดับรองลงมาคือการมาดอวน มีระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 30.13  $\mu\text{g}/\text{dL}$  การมาดอวนเป็นการทำงานที่บ้าน ส่วนใหญ่ผู้ทำอาชีพนี้เป็นเพศหญิงที่ใช้เวลาว่างจากการทำงานบ้าน รับอวนและลูกตะกั่วจากอู่หรือนายทุนนำมามาดอวนที่บ้าน โดยใช้มือเปล่าจับลูกตะกั่วและใช้เอ็นร้อยเข้าไปถ่วงตามจุด

ที่กำหนด จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า พบผงฝุ่นของตะกั่วติดที่มือของทำงานมาดอวน และคาดว่าจะเป็นเส้นเสื้อผ้า มือ และกระจายทั่วไปในบริเวณบ้าน ทำให้ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายทั้งทางการสัมผัส การหายใจ และทางการปนเปื้อนเข้าทางอาหารและน้ำได้เช่นเดียวกัน ซึ่งควรต้องมีการศึกษาและรายงานการพบการปนเปื้อนของตะกั่วในบ้านและสิ่งแวดล้อมของผู้ทำงานมาดอวนนี้ต่อไป โดยผลกระทบการมีตะกั่วในบ้านจากการทำงานจะทำให้สมาชิกในครอบครัวนั้นโดยเฉพาะเด็กที่มีความไวในการรับสัมผัสตะกั่วสูง รวมทั้งระดับความเป็นพิษของตะกั่วในเด็กยังมีระดับที่ต่ำกว่าผู้ใหญ่ โดยในเด็กมีรายงานระดับความเป็นพิษของตะกั่วใน

เลือดที่ 10  $\mu\text{g/dL}$  และในปัจจุบันมีระดับตะกั่วในเลือดที่ต้องตระหนัก มีค่าลดต่ำลงเป็น 5  $\mu\text{g/dL}$ <sup>(16)</sup> เพื่อเป็นการเฝ้าระวังและป้องกันได้อย่างทันทั่วถึง เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อพัฒนาการด้านสมองและการเจริญเติบโตของเด็ก สำหรับอาชีพอื่นๆที่เป็นอาชีพที่ทำงานในอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงในการรับฝุ่นตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้เช่นเดียวกัน แม้จะไม่มีสัมผัสผงหรือลูกตะกั่วโดยตรง เนื่องจากตะกั่วในอุตสาหกรรมมีการกระจายสู่สิ่งแวดล้อมภายในและรอบๆได้

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการตรวจความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดนั้น ผลการศึกษาแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ตรวจได้ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการประมง กับกลุ่มควบคุมที่มีอาชีพอื่นๆ อย่างไรก็ตามก็ยังพบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ที่แสดงความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด คือ พบจำนวนเม็ดเลือดขาว (WBC) นิวโทรฟิล ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต และค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV) ลดลง ในขณะที่พารามิเตอร์บางค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ได้แก่ ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เซลล์ชนิดอื่น ความแตกต่างของขนาดของเม็ดเลือดแดง (RDW) และจำนวนเกล็ดเลือด โดยแนวโน้มพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงในการศึกษาครั้งนี้ คาดว่าเนื่องมาจากผลของตะกั่วที่กระทบต่อระบบการสร้างเม็ดเลือด (hematopoiesis) โดยแนวโน้มจำนวนเม็ดเลือดขาวและนิวโทรฟิลที่ลดลง แสดงถึงตะกั่วส่งผลทำให้เกิดความผิดปกติของการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยเฉพาะในระบบ innate immunity คือภูมิคุ้มกันแบบไม่จำเพาะ<sup>(15, 17)</sup> ที่มีกลไกการใช้นิวโทรฟิลทำหน้าที่หลักในการ

จับกินและทำลายสิ่งแปลกปลอม เรียกว่าฟาโกไซโตซิส (phagocytosis) ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการทำงานของนิวโทรฟิลในการจับกินสิ่งแปลกปลอมด้วย และให้ผลการศึกษาว่าความสามารถในการจับกินสิ่งแปลกปลอมที่วัดโดย % phagocytic active cell ของกลุ่มตัวอย่างที่ทำอาชีพเกี่ยวกับประมง มีประสิทธิภาพต่ำกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นถึงความบกพร่องทั้งเชิงปริมาณ (จำนวนเม็ดเลือดขาว และนิวโทรฟิลลดลง) และเชิงคุณภาพ เนื่องมาจากการมีระดับตะกั่วในเลือดสูง โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Krocova และคณะ (1996) ที่ทำการศึกษาผลของตะกั่วและโลหะหนักอื่นๆ ต่อประสิทธิภาพของกระบวนการฟาโกไซโตซิส ในกลุ่ม arthropod พบว่าในภาวะที่มีตะกั่วความสามารถในการจับกินยีสต์และสิ่งแปลกปลอมของเซลล์ฟาโกไซต์ลดลง ร่วมกับการทำงานของเอนไซม์ phenoloxidase ต่ำลงเช่นเดียวกัน<sup>(18)</sup> นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงผลของตะกั่วส่งผลให้การทำหน้าที่ฟาโกไซโตซิสของเซลล์นิวโทรฟิลในเลือดคนลดประสิทธิภาพลง<sup>(19, 20)</sup> ส่วนการพบร้อยละของเซลล์ลิมโฟไซต์ที่สูงขึ้นอาจเป็นผลจากการมีสัดส่วนของเซลล์นิวโทรฟิลที่ลดลง ค่าพารามิเตอร์จำนวนเม็ดเลือดแดงที่ลดต่ำลงร่วมกับค่าฮีโมโกลบิน และฮีมาโตคริต ที่มีแนวโน้มลดต่ำลงด้วยนั้น แม้จะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้าที่แสดงให้เห็นว่าตะกั่วส่งผลต่อระบบเม็ดเลือดแดงมีการลดลงของการสังเคราะห์ฮีโมโกลบินโดยการยับยั้งเอนไซม์ที่สำคัญต่างๆที่เกี่ยวข้องในเส้นทางการสังเคราะห์ฮีโมโกลบิน ทำให้อายุของเม็ดเลือดแดงสั้นลง โดยการทำให้เมมเบรนของเม็ดเลือด

แดงมีความเปราะบางและแตกง่าย ซึ่งเมื่อรวมทั้งสองกลไกนี้ ผลของตะกั่วในเลือดที่สูงจะทำให้เกิดภาวะซีดได้<sup>(21, 22)</sup> การเปลี่ยนแปลงของเมมเบรน เป็นสาเหตุที่ส่งผลให้เม็ดเลือดแดงแตก และส่งผลให้ค่าความแตกต่างของขนาดของเม็ดเลือดแดง (RDW) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาที่รายงานว่า ภาวะตะกั่วในเลือดสูงในเด็กทำให้เกิดภาวะ microcytosis คือ เม็ดเลือดแดงมีขนาดเล็กกว่าปกติ ค่าพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงลดลงคือ ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดเลือดแดง (MCV)<sup>(23)</sup> ซึ่งจะสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับแนวโน้มของจำนวนเกล็ดเลือดที่สูงขึ้นในการศึกษานี้ พบสอดคล้องกับการศึกษาของ Alwaleedi (2015) และ Yagminas และคณะ (1990) ที่พบว่าหนูที่ได้รับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายนั้น พบการสร้างเกล็ดเลือดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม<sup>(24, 25)</sup> การเปลี่ยนแปลงค่าเกล็ดเลือดอาจเกิดขึ้น ตะกั่วไปมีผลต่อ intracellular  $Ca^{2+}$  homeostasis เนื่องจากตะกั่วหรือ  $Pb^{2+}$  มีประจุบวกเช่นเดียวกัน จึงสามารถทำหน้าที่ทั้ง mimicking  $Ca^{2+}$  action หรือ antagonizing  $Ca^{2+}$ -dependent cellular functions และ กระตุ้น protein kinase C<sup>(26)</sup> นอกจากนั้นยังทำให้เกิด endothelial tissue injury ลดการทำงานของ nitric oxide, tissue plasminogen activator และ เพิ่มระดับของ plasminogen activator inhibitor-1 ได้<sup>(27)</sup>

### สรุปผลการศึกษา

ผู้ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงมีความเสี่ยงในการรับสัมผัสตะกั่วสูง ส่งผลให้เกิดภาวะตะกั่วในเลือดสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเรียงลำดับ

อาชีพที่มีระดับตะกั่วในเลือดจากมากไปน้อยได้ดังนี้ อาชีพตกหมัน อาชีพมาดอวน อาชีพทำความสะอาดในอู่เรือ อาชีพช่างไม้ และอาชีพซ่อมเครื่องยนต์ตามลำดับ พารามิเตอร์แสดงความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดทั้งหมดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมง กับกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ที่เห็นได้ คือพบแนวโน้มพารามิเตอร์ที่ลดลงได้แก่ จำนวนเม็ดเลือดขาว นิวโทรฟิล จำนวนเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต และ MCV ส่วนพารามิเตอร์ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นได้แก่ ลิมโฟไซต์ โมโนไซต์ เซลล์ชนิดอื่น RDW และ จำนวนเกล็ดเลือด โดยเมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซต พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ฟาโกไซตของกลุ่มตัวอย่างผู้ประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการประมงนั้น ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า การประกอบอาชีพที่ทำให้ตะกั่วในเลือดสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อระบบเลือด ทั้งเม็ดเลือดขาว เม็ดเลือดแดง และเกล็ดเลือด ซึ่งจะเป็นสาเหตุของภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ภาวะซีด และภาวะและภาวะอื่นที่เกี่ยวข้องได้

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ เลขที่สัญญา 18/2557 และ 15/2559

### เอกสารอ้างอิง

1. Thanapop C, Geater AF, Robson MG, *et al.* Exposure to lead of boatyard workers in

- southern Thailand. *J Occup Health.* 2007;49(5):345-52.
2. Thanapop C, Geater AF, Robson MG, *et al.* Elevated lead contamination in boat-caulkers' homes in southern Thailand. *Int J Occup Environ Health.* 2009;15(3):282-90.
  3. Sirivarasai J, Kaojaren S, Wananukul W, *et al.* Non-occupational determinants of cadmium and lead in blood and urine among a general population in Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2002;33(1):180-7.
  4. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull.* 2003;68:167-82.
  5. Shah F, Kazi TG, Afridi HI, *et al.* Environmental exposure of lead and iron deficit anemia in children age ranged 1-5 years: a cross sectional study. *Sci Total Environ.* 2010;408(22):5325-30.
  6. Blood Lead Levels in Children [https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/lead\\_levels\\_in\\_children\\_fact\\_sheet.pdf](https://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/lead_levels_in_children_fact_sheet.pdf): Centers for Disease Control and Prevention; [cited 2019].
  7. Needleman H. Lead poisoning. *Annu Rev Med.* 2004;55:209-22.
  8. Needleman HL, Landrigan PJ. What level of lead in blood is toxic for a child? *Am J Public Health.* 2004;94(1):8; author reply 9.
  9. Wigle DT, Lanphear BP. Human health risks from low-level environmental exposures: no apparent safety thresholds. *PLoS Med.* 2005;2(12):e350.
  10. Jacob B, Ritz B, Heinrich J, *et al.* The effect of low-level blood lead on hematologic parameters in children. *Environ Res.* 2000;82(2):150-9.
  11. Khatib A, University M, Mohammed Al Asseiri A'aesha J, *et al.* Hematological changes in prisoners with higher blood lead levels compared with general population. *Euro Scientific Journal.* 2019;9(36):342-7.
  12. Kalahasthi R, Barman T, Rao HR. Assessment of the relationship between blood lead levels and hematological parameters among lead acid - storage battery plant workers. *J Environ Occup Sci.* 2012;1(1):1-5.
  13. Kalahasthi R, Barman T. Assessment of Lead Exposure and Urinary-delta-aminolevulinic Acid Levels in Male Lead Acid Battery Workers in Tamil Nadu, India. *J Health Pollut.* 2018;8(17):6-13.
  14. Cobbina SJ, Xu H, Zhao T, *et al.* A multivariate assessment of innate immune-related gene expressions due to exposure to low concentration individual and mixtures of four kinds of heavy metals on zebrafish (*Danio rerio*) embryos. *Fish Shellfish Immunol.* 2015;47(2):1032-42.
  15. Krocova Z, Macela A, Kroca M, *et al.* The immunomodulatory effect(s) of lead and

- cadmium on the cells of immune system in vitro. *Toxicol In Vitro*. 2000;14(1):33-40.
16. Bernard SM. Should the Centers for Disease Control and Prevention's childhood lead poisoning intervention level be lowered? *Am J Public Health*. 2003;93(8):1253-60.
17. Mishra KP. Lead exposure and its impact on immune system: A review. *Toxicology in vitro : an international journal published in association with BIBRA*. 2009;23:969-72.
18. Kazimirova M, Slovak M. Effects of heavy metals and fluorine on phagocytosis and phenoloxidase activity in *Mamestra brassicae* (Lepidoptera: Noctuidae). *EJE*. 1996;93(3):467-73.
19. Valentino M, Governa M, Marchiseppe I, *et al*. Effect of lead on polymorphonuclear leucocyte (PMN) functions in occupationally exposed workers. *Arch Toxicol*. 1991;65:685-8
20. Governa M, Valentino M, Visona I. *In vitro* impairment of human granulocyte functions by lead. *Arch Toxicol*. 1987;59:421-5.
21. Byczkowski J. Handbook of Elemental Speciation II - Species in the Environment, Food, Medicine and Occupational Health. 2005. p. 715-27.
22. Guidotti TL, McNamara J, Moses MS. The interpretation of trace element analysis in body fluids. *Indian J Med Res*. 2008;128(4):524-32.
23. Zareifar S, Mazloomi S, Zahmatkeshan M, *et al*. The Association Between Blood Lead Level and Microcytic Hypochromic Anemia in Children. *Int J School Health*. 2016;3(4):e36589.
24. Alwaleedi SA. Haemato-biochemical changes induced by lead intoxication in male and female albino mice. *International Journal of Recent Scientific Research* 2015;6(5s):3999-4004.
25. Yagminas AP, Franklin CA, Villeneuve DC, *et al*. Subchronic oral toxicity of triethyl lead in the male weanling rat. Clinical, biochemical, hematological, and histopathological effects. *Fundam Appl Toxicol*. 1990;15(3):580-96.
26. Tintinger Gr TAJ. Harmful Interactions of Non-Essential Heavy Metals with Cells of the Innate Immune System. *Journal of Clinical Toxicology*. 2011;3.
27. Vaziri ND. Mechanisms of lead-induced hypertension and cardiovascular disease. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2008;295(2):H454-65.