วารสารควบคุมโรค ปีที่ 40 ฉบับที่ 1 ม.ค. - มี.ค. 2557 Disease Control Journal Vol 40 No.1 Jan - Mar 2014

บทความฟื้นวิชา **Review Article**

สารตะกั่ว: ผลกระทบต่อสุขภาพจากอาชีพและสิ่งแวดล้อม

Lead exposure: occupational and environmental health effect

อรพันธ์ อันติมานนท์* วท.บ., วท.ม., ปร.ด. (ระบาดวิทยา)
วีระศักดิ์ จงสู่วิวัฒนวงศ์** พ.บ., ปร.ด. (ระบาดวิทยา)
*สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค
**ภาควิชาระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Orrapan Untimanon* B.Sc, M.Sc, Ph.D. (Epidemiology)
Virasakdi Chongsuvivatwong** M.D., Ph.D. (Epidemiology)
*Bureau of Occupational and Environmental Diseases, Department of Disease Control
**Epidemiology Unit, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University

บทคัดย่อ

สารตะกั่วหรือโลหะตะกั่ว มีสีเทา อ่อนตัวสูง สามารถทำเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ ทนทานต่อการกัดกร่อน ผสมเข้ากับโลหะอื่น ๆ ได้ง่าย โดยการปนเปื้อนสารตะกั่วมาจาก 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ซึ่งได้แก่ การประกอบอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยอุตสาหกรรมที่มีการนำสารตะกั่วมาใช้งาน เช่น การหลอมโลหะ การผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่ ก่อสร้าง ผลิตและซ่อมรถยนต์ ผลิตเซรามิก ซ่อมและผลิตเรือไม้ ผลิตกระสุนปืน ฯลฯ การนำตะกั่วมาใช้งาน ทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ดิน ฝุ่น อากาศ น้ำผิวดิน น้ำดื่ม และอาหาร โดยตะกั่วในดินนั้นปริมาณค่อนข้างคงที่ เนื่องจากมีการเคลื่อนตัวได้น้อย จะพบสูงสุดบริเวณที่อยู่ใกล้แหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตะกั่ว และจะมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ เมื่ออยู่ห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมเหล่านี้ออกไป สำหรับการปนเปื้อนของตะกั่วในฝุ่น โดยเฉพาะในฝุ่นบ้าน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากดิน ตะกั่วในบรรยากาศ และการติดตามเสื้อผ้า ร่างกาย เครื่องมือ ของสมาชิกในบ้านที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว ทำให้เกิดการปนเปื้อนในบ้าน สำหรับการปนเปื้อนของตะกั่วในอากาศ น้ำผิวดิน น้ำดื่ม ปัจจุบันพบปริมาณน้อย หลังจากมีการลด/เลิกการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีสารตะกั่ว ทำให้ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในบรรยากาศ น้ำผิวดิน ดินและในอาหารลดลงด้วย คุณสมบัติของสารตะกั่วที่ละลายน้ำได้น้อย ทำให้พบเป็นปริมาณน้อยในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ แต่ก็สามารถพบตะกั่วในน้ำและในตะกอนดินในปริมาณที่สูงได้ โดยเฉพาะในแหล่งที่มีการปนเปื้อนตะกั่วจากการทำเหมืองแร่ สำหรับตะกั่วในน้ำดื่ม หลังจากปัจจุบันมีการเปลี่ยนมาใช้ท่อน้ำที่ทำจากสารอื่นทดแทน ทำให้ปริมาณตะกั่วในน้ำดื่มส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สารตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลต่อระบบในร่างกายหลายระบบ ซึ่งระบบที่สำคัญ ได้แก่ ระบบประสาท ทั้งระบบประสาทส่วนกลางและรอบส่วนกลาง โดยเฉพาะในเด็กเล็กจะส่งผลกระทบต่อสมอง ทำให้พัฒนาการและการเรียนรู้ลดลง สำหรับในผู้ใหญ่นั้นอาจจะทำให้เกิดภาวะซีด มีผลต่อท่อไต เกิดความดันโลหิตสูง ระบบสืบพันธุ์ผิดปกติ เป็นต้น หน่วยงานที่ดูแลทางด้านอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการกำหนดกลยุทธ์ ที่จะนำมาใช้เพื่อควบคุมการสัมผัสสารตะกั่ว โดยการกำหนดกลุ่มเสี่ยงสำหรับกลุ่มเสี่ยงกลุ่มแรก ได้แก่ กลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว ซึ่งต้องได้รับการเฝ้าระวังทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อมและทางด้านสุขภาพ และการทำงานที่สัมผัสสารตะกั่ว หากไม่มีการอาบน้ำ เปลี่ยนเสื้อผ้า หรือซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน ตะกั่วจะถูกนำจากที่ทำงานไปที่บ้าน เกิดการปนเปื้อนบริเวณต่าง ๆ ภายในบ้าน สมาชิก

ครอบครัวของผู้ที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว เหล่านี้จึงเป็นกลุ่มเสี่ยงอีกกลุ่มหนึ่ง สมาชิกในบ้านจะสัมผัสและรับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย โดยเฉพาะในเด็กเล็กที่มีพฤติกรรมการเล่นบนพื้น และพฤติกรรมที่ชอบหยิบจับสิ่งของเข้าปาก สำหรับแนวทางในการลดความเสี่ยงจากการสัมผัสสารตะกั่ว กลุ่มเสี่ยงทุกกลุ่มจะต้องได้รับการเฝ้าระวังทั้งสิ่งคุกคาม และเฝ้าระวังสุขภาพเพื่อนำไปสู่การควบคุมป้องกันการเกิดโรคพิษตะกั่วอย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

Lead is a soft, gray, heavy metal widely distributed in the earth's crust. The common sources of human exposure can be divided into two main types, namely purely natural sources and sources involving anthropogenic or industrial activity. Specific industries and work activities have been associated with occupational lead exposure, including metal smelting, battery manufacturing and recycling, construction, automotive manufacture and repair, ceramics manufacture, wooden-boat building and repair, and work involving ammunition and guns. Lead from such sources can contaminate the surrounding environments including soil, dust, air, surface water, drinking water and food. Soil contains lead from many sources and this can remain for centuries, as lead has a low mobility in soil. Soil lead concentrations have been found to peak at the location of industrial sources and decrease with increasing distance from the point sources. Contributions to the lead content of household dust derive from soil, airborne emissions and take-home lead by lead-exposed workers. Ingestion of house dust and soil which contain small amounts of lead is one source of lead intake in humans. Environmental air lead levels have fallen worldwide, as leaded petrol has been phased out. The toxic effects of lead can be manifested in multiple organs. The major targets of lead toxicity are the peripheral and central nervous system. It is particularly harmful to the developing brain and nervous system of foetuses and young children. Moreover, lead may produce anemia both by inhibiting heme synthesis and by accelerating erythrocyte destruction. It also induces interstitial nephritis, tubular damage, hyperuricaemia and an increase in systolic blood pressure or hypertension. Lead-exposed workers are the first group that requires to be monitored to limit exposure. Household members of workers are also at risk for lead poisoning if lead is carried home on a worker's body, clothes or shoes. Children may have elevated blood lead concentrations as a result of accessing potential sources such as lead paint, bare soil and household dust. Hazard surveillance and health surveillance should be recommended to control lead exposure for all risk groups.

ประเด็นสำคัญ	Key words
การสัมผัสสารตะกั่วจากการประกอบอาชีพ,	*Occupational lead exposure,*
การสัมผัสสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อม	*Environmental lead exposure*

บทนำ

สารตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่ใช้กันมานาน สัญลักษณ์ทางเคมีของธาตุตะกั่ว คือ Pb มาจากภาษาละตินว่า plumbun ซึ่งแปลว่าโลหะอ่อน คำนี้ถูกแผลงเป็นภาษาอังกฤษว่า plumbing แปลว่า ท่อประปา และ plumber แปลว่า ช่างประปา สารตะกั่ว หรือโลหะตะกั่ว มีเลขอะตอมหรือตัวเลขที่บ่งชี้จำนวนโปรตอนของธาตุตะกั่วเท่ากับ 82 สีเทาแกมฟ้า มันวาวแบบโลหะ ความหนาแน่น 11.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าเหล็กประมาณ 1.40 เท่า (เหล็กมีความหนาแน่น 7.87 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีลักษณะที่สำคัญที่รู้จักกันดีคือ อ่อน มีจุดหลอมละลายต่ำ สามารถทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ มีความทนทานต่อการกัดกร่อน ผสมเข้ากับโลหะอื่นๆ ได้ง่าย จึงมีการนำสารตะกั่วมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง[1]

นอกจากสารตะกั่วที่อยู่ในรูปของโลหะแล้ว ยังมีสารประกอบของตะกั่วอีกหลายชนิด ทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น โดยแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ตะกั่วอนินทรีย์ (inorganic lead) นำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การหลอมโลหะ การผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่ ก่อสร้าง ผลิตและซ่อมรถยนต์ ผลิตเซรามิก ซ่อมและผลิตเรือไม้ และตะกั่วอินทรีย์ (organic lead) สารประกอบของตะกั่วอินทรีย์ที่นำมาใช้งานมาก ได้แก่ Tetraethyllead, Tetramethyllead โดยใช้ผสมในน้ำมันเชื้อเพลิง มนุษย์ได้รับสารตะกั่วจาก 2 แหล่งใหญ่ที่สำคัญ ได้แก่

1. จากการประกอบอาชีพ

เนื่องจากตะกั่วถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้ผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานในอุตสาหกรรมเหล่านี้มีโอกาสสัมผัสสารตะกั่วจากการทำงาน ระดับความเสี่ยงในการสัมผัสสารตะกั่วของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทแสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงกลุ่มอาชีพในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่มีการใช้สารตะกั่วในกระบวนการทำงาน[2]

กลุ่มเสี่ยงสูง	เสี่ยงปานกลาง	เสี่ยงต่ำ
- ผลิตหรือรีไซเคิลตะกั่ว - เผาตะกั่ว - ผสม lead salt เพื่อผลิตโพลีไวนิลคลอไรด์ - หลอม หรือตัดตะกั่ว - ซ่อมหม้อน้ำยานยนต์ - ผลิตหรือซ่อมเรือไม้ - ก่อสร้าง	- เซรามิก - พ่นสีซ่อมรถยนต์ - ผลิตรถยนต์ - ผลิตสายเคเบิล - เหมืองตะกั่ว - ผลิตทองเหลือง/ทองบรอนซ์ - ขัดเงา - ซ่อมท่อน้ำ - ผลิตกระสุนปืน	- ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ - อู่ซ่อมรถทั่วไป - โรงพิมพ์ - เจียระไน

ที่มา: Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Occupational sources of exposure Available from< http://orion.oac.uci.edu/~epinet/The_ Lead_ Page/ exposure.htm>l

2. จากสิ่งแวดล้อม

2.1 การปนเปื้อนตะกั่วในอากาศ

ตะกั่วที่พบในอากาศ หมายถึง สารตะกั่วที่ฟุ้งกระจาย มีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น และแขวนลอยตัวอยู่ในอากาศ ส่วนใหญ่มาจากไอเสียรถยนต์ที่ใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่วเจือปน แต่ปัจจุบันมีน้อยมาก เนื่องจากการลด/เลิกใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่ว นอกจากนี้ ตะกั่วในอากาศยังมาจากโรงถลุงโลหะตะกั่ว (รวมถึงโลหะชนิดอื่นด้วยที่มีตะกั่วเจือปน) เตาเผาต่าง ๆ เช่น เผาขยะ เผาเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า เผาน้ำมัน เพื่อผลิตไอน้ำ เป็นต้น สารตะกั่วจากไอเสียรถยนต์ มักจะมีขนาดเล็กมาก แต่มักจะจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น

และอยู่ในอากาศได้นานหลายวัน สามารถปลิวไปได้ไกล อย่างไรก็ตาม มักจะตกลงดินในระยะทางไม่เกิน 30-100 เมตรจากถนน ส่วนสารตะกั่วที่มาจากโรงถลุงโลหะเตาเผาหรืออื่น ๆ มักจะมีขนาดใหญ่ มักตกลงบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิด[3]

สำหรับประเทศไทย กรมควบคุมมลพิษได้ตรวจวัดปริมาณของตะกั่วในอากาศในกรุงเทพมหานคร โดยมีจุดตรวจหลายแห่ง ข้อมูลปี 2555 พบว่ามีปริมาณของตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานทุกพื้นที่และทุกช่วงเวลา[4]

ผลจากการใช้น้ำมันไร้สารตะกั่วมีผลให้ตะกั่วในเลือดลดลงตามไปด้วย โดยมีการศึกษาในหลาย ๆ ประเทศ เช่น จากการศึกษาในประเทศอุรุกวัย เปรียบเทียบระดับตะกั่วในเด็กโดยจับคู่ อายุ เพศ ที่อยู่อาศัย กับข้อมูลระดับตะกั่วในเลือดเมื่อ 10 ปี ก่อนปี 2547 ซึ่งเป็นปีที่มีการงดการใช้สารตะกั่วในน้ำมันเชื้อเพลิง พบระดับตะกั่วในเด็กลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[5] ประเทศอินเดียก็เช่นกัน มีการศึกษาในเมืองบอมเบย์ พบว่า ร้อยละของเด็กที่มีตะกั่วในเลือดเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ลดลงจากร้อยละ 61.80 ในปี 2540 เป็นร้อยละ 33.20 ในปี 2546 หลังจากไม่ใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่ว[6]

สำหรับประเทศไทยไม่มีข้อมูลเปรียบเทียบระดับตะกั่วในเลือดช่วงที่มีการใช้น้ำมันที่มีสารตะกั่ว แต่จากการสำรวจในปี 2547-2548 ซึ่งงดการใช้น้ำมันสารตะกั่วแล้วพบว่า ระดับตะกั่วในเลือดของพนักงานที่ขับรถเมล์องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ อายุการทำงานเฉลี่ย 10 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 2.50-16.20 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร[7]

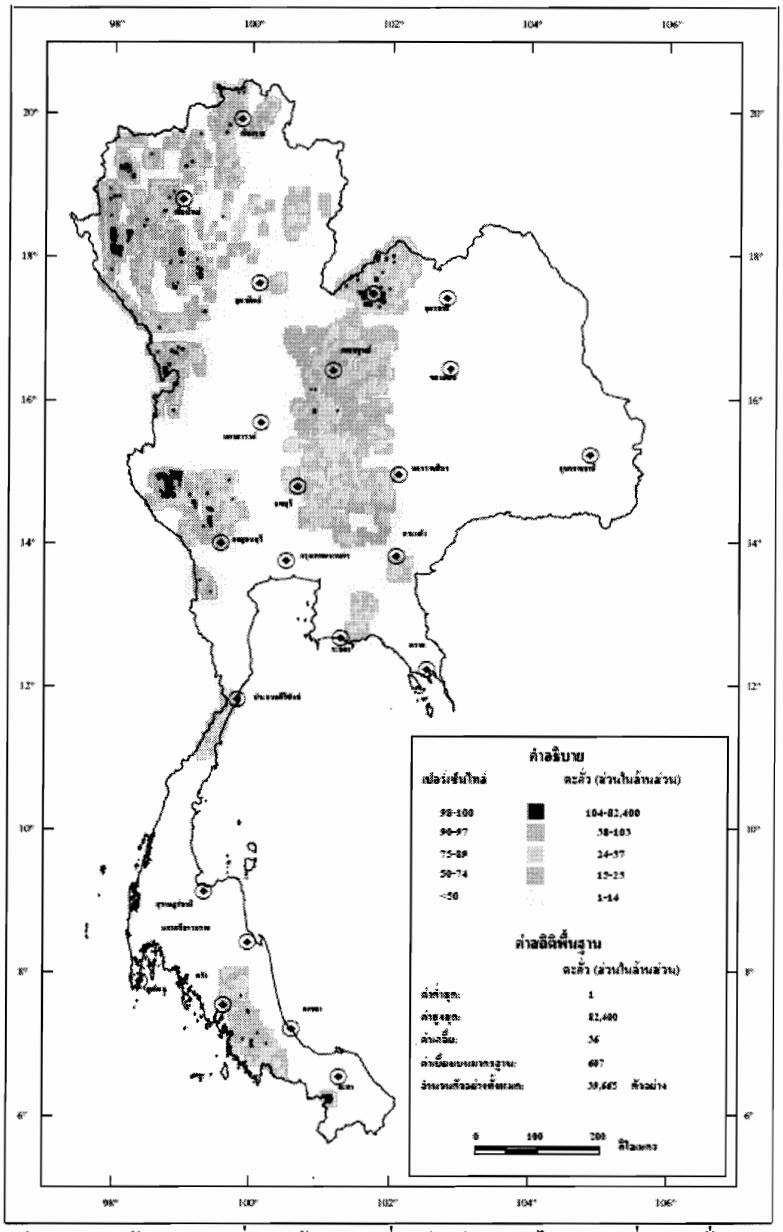
สำหรับตะกั่วในเด็ก จุฬธิดา และคณะ[8] ทำการศึกษาระดับตะกั่วในเลือดเด็กอายุ 6 เดือน ถึง 4 ปี ในปี 2548 ในเขตกรุงเทพมหานคร และกาญจนบุรี จำนวน 296 คน พบระดับตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 5.65 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร อัตราชุกของเด็กทั้งหมด และเด็กที่อาศัยอยู่ในชุมชนคลองเตยที่มีตะกั่วในเลือดเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ร้อยละ 8.10 และ 12.50 ตามลำดับ

ล่าสุดจากการสำรวจในปี 2556 ของ ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย สำรวจเด็กที่อาศัยอยู่ในจังหวัดเขตอุตสาหกรรม 4 จังหวัด ได้แก่ ระยอง สมุทรปราการ สมุทรสาคร และฉะเชิงเทรา จำนวน 1,526 คน พบว่า ร้อยละ 12.90 ของเด็กทั้งหมด มีตะกั่วในเลือดเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร[9]

2.2 การปนเปื้อนของตะกั่วในดิน

การเคลื่อนตัวของตะกั่วในดินนั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน เช่น ชนิดของดิน ปริมาณของตะกั่ว ความเป็นกรดเป็นด่าง ความชื้น การแทรกซึมของน้ำ เป็นต้น ทำให้ตะกั่วเคลื่อนที่ออกไปจากจุดเดิมได้ อย่างไรก็ตาม โดยธรรมชาติของสารตะกั่วมักจะเกาะหรือรวมตัวกับแร่ดินหรือกับสารประกอบอื่น กลายเป็นของแข็ง ดังนั้นจึงเคลื่อนตัวได้น้อยมาก ทั้งนี้รวมถึงการเคลื่อนตัวของสารตะกั่วจากผิวดินลงในระดับลึกด้วย โดยตะกั่วจะพบในดินชั้นบน การเคลื่อนตัวลงในระดับลึกได้ไม่เกิน 70 เซนติเมตร ในระยะเวลา 200 ปี แม้ว่าบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ที่มีสารตะกั่วในดินสูงมากก็ตาม สำหรับการทดสอบการผุกร่อนของสารตะกั่วในดิน พบว่าตะกั่วผุกร่อนในดินเหนียวที่เป็นกรดและมีความชื้นสูงกับดินที่มีซากพืชและเป็นกรดมากกว่าดินชนิดอื่น[3] ประเทศไทย กรมทรัพยากรธรณีได้เก็บตัวอย่างตะกอนธารน้ำ วิเคราะห์หาปริมาณของสารตะกั่ว ในพื้นที่ที่มีศักยภาพแร่ต่าง ๆ เกือบทั่วประเทศ ในปี 2551 จำนวน 39,665 ตัวอย่าง พบว่า มีค่าเฉลี่ยที่ 36 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และค่าเปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 อยู่ที่ 15 ส่วนในล้านส่วน (ppm)[10] ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกับปริมาณที่พบในเปลือกโลกทั่วไป โดยพื้นที่ที่พบปริมาณสูง ๆ จะอยู่ในเขตภาคเหนือ และภาคตะวันตก ของประเทศ แสดงรายละเอียดตามรูปที่ 1

รูปที่ 1 แผนที่ธาตุตะกั่ว



ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม แผนที่ธรณีเคมีประเทศไทย: แผนที่ธาตุตะกั่ว 2551 Available from <http://www.dmr.go.th/more_news.php?cid=177&filename =index>

จากการวิเคราะห์หาตะกั่วในดินชั้นบน ในเมือง Pueblo และ Colorado ในประเทศอเมริกาพบว่าระดับตะกั่วในดินมีค่าเกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในหลายๆ ชุมชนของเมือง Pueblo[11] นอกจากนี้ จากการเก็บตัวอย่างดิน (surface soil 0-2 cm) ในศูนย์เด็กเล็ก เมืองเบอรเก้น ประเทศนอร์เวย์ จำนวน 87 แห่ง พบว่าร้อยละ 45 มีค่าตะกั่วในดินเกินค่ามาตรฐานของ EPA (400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยตะกั่วในดินที่พบในศูนย์เด็กเล็กเขตเมืองสูงกว่าเขตนอกเมือง ซึ่งอาจเป็นเพราะในเมืองมีแหล่งการปนเปื้อนตะกั่วมากกว่า

เช่น จากอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมทั้งการตกค้างจากตะกั่วที่เติมในน้ำมันเชื้อเพลิงในอดีต[12]

2.3 การปนเปื้อนของตะกั่วในฝุ่น

ตะกั่วในดินที่อยู่บริเวณบ้านสามารถปนเปื้อนเข้าบ้านในลักษณะของฝุ่น การปนเปื้อนตะกั่วในฝุ่นบ้านจึงเป็นช่องทางที่สำคัญในการสัมผัสสารตะกั่วของประชาชนทั่วไป[13] โดยตะกั่วในฝุ่นจะพบปริมาณสูงบริเวณบ้านเรือน ที่ตั้งอยู่ใกล้สถานประกอบการที่มีการใช้สารตะกั่ว โดยจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นจาก 4 แหล่งของเมือง Guiyu ประเทศจีน ได้แก่ ร้านรับซื้อของเก่า บริเวณที่ติดถนน บริเวณที่ห่างจากร้านรีไซเคิล 8 และ 30 กิโลเมตร พบฝุ่นตะกั่วบริเวณร้านรีไซเคิลมีค่า 110,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงมากกว่า 300 เท่าเมื่อเทียบกับปริมาณฝุ่นตะกั่วที่เก็บจากบริเวณที่ห่างจากร้านรีไซเคิล 8 กิโลเมตร[14]

สำหรับประเทศไทย ในปี พ.ศ.2544 นิภา มหารัชพงศ์ ได้ศึกษารูปแบบสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในอากาศดินและฝุ่น บริเวณที่อยู่อาศัยบริเวณอู่ซ่อมเรือ ผลการศึกษาพบว่า ระดับตะกั่วในตัวอย่างฝุ่นและตัวอย่างดินมีค่าระหว่าง 10 ถึง 3,025 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 10 ถึง 7,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ระดับตะกั่วในดินมีค่าสูงในบริเวณอู่ซ่อมเรือและบริเวณที่ห่างจากอู่ซ่อมเรือเป็นบางแห่ง สำหรับระดับตะกั่วในฝุ่นมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อระยะห่างจากอู่ซ่อมเรือเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เมตร โดยจะลดลงระหว่างร้อยละ 7 ถึง 14 ขึ้นกับทิศทางจากอู่ซ่อมเรือ[15]

2.4 การปนเปื้อนของตะกั่วในแหล่งน้ำผิวดิน

ฝุ่นตะกั่วในบรรยากาศ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากชุมชนเมือง และกากแร่ตะกั่วอาจเป็นแหล่งที่มาของการปนเปื้อนในน้ำ หรือการชะตะกั่วจากอนุภาคของดินหลังจากฝนตก น้ำฝนจะพาตะกั่วปนเปื้อนในน้ำได้ อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปแล้วปริมาณตะกั่วจะปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติค่อนข้างน้อย จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษในปี 2555[16] พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำผิวดินแต่ละภาค ส่วนใหญ่ไม่เกินค่ามาตรฐาน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณตะกั่วที่พบในแหล่งน้ำผิวดินของประเทศไทย ปี 2555

ภาค	ปริมาณที่พบ มิลลิกรัมต่อลิตร	จำนวนการตรวจวัดทั้งหมด	จำนวน (ร้อยละของตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐาน: 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร)
เหนือ	ไม่พบ - 0.19	175	6 (1.2)
ตะวันออกเฉียงเหนือ	ไม่พบ - 0.041	ไม่ได้ระบุ	0
กลาง	ไม่พบ - 0.034	ไม่ได้ระบุ	0
ตะวันออก	ไม่พบ - 0.014	75	1 (1.3)
ใต้	ไม่พบ - 0.093	50	1 (2.0)

ที่มา: รวบรวมจากรายงานการดำเนินงาน สำนักจัดการคุณภาพน้ำ ประจำปี 2555 กรมควบคุมมลพิษ

จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินจะพบปริมาณตะกั่วต่ำ เนื่องจากสารตะกั่วไม่ละลายน้ำ และมีน้ำหนักมากจึงตกสะสมที่ตะกอนดิน การปนเปื้อนตะกั่วจึงพบในตะกอนธารน้ำ กรณีคลิตี้ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุตะกั่ว และมีโรงแต่งแร่ตั้งอยู่บริเวณนี้ เมื่อโรงแต่งแร่ได้รับผลกระทบจากพายุดีเปรสชั่นในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม 2540 ทำให้น้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ่อเก็บกักกากตะกอนและกัดเซาะทำนบ คันดินพังทลาย เกิดตะกอนดิน และน้ำขุ่นข้นที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วจากบ่อเก็บกัก ไหลลงสู่ลำห้วยคลิตี้เป็นจำนวนมาก และสะสมตามลำห้วยตั้งแต่จุดเกิดเหตุเรื่อยลงไปจนถึงท้ายน้ำ โดยในปี 2555 พบค่าตะกั่วในตะกอนดินมากกว่า 10,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สูงสุด 70,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตะกั่วในน้ำผิวดินโดยส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุข (0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร)[16]

2.5 การปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำดื่ม

ตะกั่วอาจจะปนเปื้อนในน้ำประปา เนื่องจากท่อประปาสมัยเก่ายังใช้ตะกั่วเชื่อมในท่อ ถ้าน้ำในท่อบริเวณนั้น ๆ มีสภาพเป็นกรด จะทำให้ตะกั่วจากรอยเชื่อมออกมาปนเปื้อนในน้ำได้ โดยประเทศเยอรมันได้เก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกน้ำดื่มของบ้าน หรือตึกที่อยู่อาศัยที่สร้างก่อนปี ค.ศ. 1974 จำนวน 2,436 ตัวอย่าง พบว่าจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ร้อยละ 6.49 มีค่าตะกั่วเกินค่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลก (0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) และร้อยละ 2.79 เกินค่ามาตรฐานของประเทศเยอรมัน (0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนตะกั่วในน้ำดื่ม เยอรมันจึงได้ดำเนินโครงการเปลี่ยนท่อน้ำที่ทำจากตะกั่วอย่างเร่งด่วน[17]

สำหรับประเทศไทยในปี 2550 ได้มีการสำรวจน้ำดื่มในโรงเรียนต่าง ๆ จำนวน 4,000 แห่งทั่วประเทศ พบว่ามีค่าตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน (มาตรฐานกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กำหนดไว้ที่ 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในโรงเรียนบางแห่ง เช่น ที่สงขลาพบ 0.10-0.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ภูเก็ตพบ 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ชลบุรีพบ 0.006-0.67 มิลลิกรัมต่อลิตร พิษณุโลกพบ 0.115-0.153 มิลลิกรัมต่อลิตร เชียงรายพบ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสาเหตุการปนเปื้อนมาจากตู้กดน้ำดื่มที่ใช้ในโรงเรียน ซึ่งการเชื่อมรอยต่อของตู้แต่ละด้านจะต้องใช้สารตะกั่วและดีบุกในสัดส่วน 60:40 ทำให้ตะกั่วออกมาปนเปื้อนในน้ำดื่ม หลังจากผลการสำรวจนี้ออกมา โรงเรียนต่าง ๆ ได้เลิกใช้ตู้กดน้ำดื่มแบบเก่า และหันมาใช้ตู้กดน้ำดื่มแบบใหม่ที่ใช้วิธีการเชื่อมแบบไม่ใช้สารตะกั่วแทน เรียกว่า Tungsten Inert Gas Welding technique (TIG welding) ซึ่งเทคนิคนี้ได้นำใช้ในการเชื่อมหม้อต้มน้ำซุปก๋วยเตี๋ยวด้วย เพื่อไม่ให้มีการปนเปื้อนตะกั่วจากภาชนะบรรจุอาหารและน้ำดื่ม[18]

2.6 การปนเปื้อนของตะกั่วสู่ห่วงโซ่อาหาร

2.6.1 การปนเปื้อนของตะกั่วในอาหารบริโภค

จากการสำรวจปริมาณสารตะกั่วตกค้างในอาหาร 20 กลุ่ม เช่น ขนมปัง นม ฯลฯ ใน 24 เมืองของประเทศอังกฤษ ในปี 2006 พบว่า มีตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐานโดยมีค่าลดลงในทุกกลุ่มอาหารเมื่อเปรียบเทียบจากการสำรวจเมื่อ 30 ปีที่แล้ว[19]

ส่วนประเทศจีนในมณฑลเจียนซู มีการสำรวจอาหารที่บริโภคของประชาชน จำนวน 3,879 คน อายุตั้งแต่ 2-80 ปี แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณสารตะกั่วที่ได้รับในแต่ละรายการอาหาร พบว่าร้อยละ 16 ในกลุ่มเด็กได้รับตะกั่วเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ในขณะที่ผู้ใหญ่พบประมาณร้อยละ 0.10-0.50 โดยข้าวแป้งสาลีและผลิตภัณฑ์ถั่ว จะเป็นอาหารที่ผู้บริโภคได้รับสารตะกั่วมากที่สุด[20] และจากการเก็บตัวอย่างชาสำหรับเด็ก 6 ชนิด ในประเทศสโลวาเกีย เพื่อวิเคราะห์หาสารตะกั่วตกค้างพบว่า มีค่าไม่เกินมาตรฐานของ Codex Alimentarius[21]

2.6.2 การปนเปื้อนของตะกั่วในผัก

จากการสำรวจอาหารบริโภคในประชาชนที่อาศัยอยู่ในเขตอุตสาหกรรมของเมือง Huludao ประเทศจีน พบว่ากลุ่มอาหารทะเล ผัก และธัญพืชเป็นกลุ่มอาหารที่มีการปนเปื้อนโลหะหนัก ซึ่งรวมทั้งสารตะกั่วด้วย มากกว่ากลุ่มอาหารจำพวกนม ถั่ว และไข่[22]

สำหรับประเทศอินเดีย มีการทดลองปลูกผักใน organic farm แบบเปิด (open field) และ organic farm แบบปิด (glasshouse) หลังจากนั้นวิเคราะห์หาสารตะกั่วจากผัก 6 ชนิด ได้แก่ มะเขือเทศ มะเขือยาว ผักขม ผักโหม แครอท และหัวไชเท้า พบการปนเปื้อนตะกั่วในพืชรับประทานใบสูงสุด (ผักขม ผักโหม) รองลงมา ได้แก่ ผักรับประทานผล (มะเขือเทศ มะเขือยาว) และน้อยสุด ได้แก่ ผักรับประทานหัวหรือราก (แครอท หัวไชเท้า) จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพบว่าการปนเปื้อนของตะกั่วในผักชนิดรับประทานใบ ส่วนใหญ่มาจากการปนเปื้อนตะกั่วในบรรยากาศ ส่วนการปนเปื้อนตะกั่วในผักชนิดกินหัวหรือราก ส่วนใหญ่มาจากการปนเปื้อนตะกั่วในดิน[23]

ประเทศไทย ชลาลัย เสน่ห์ทอง และคณะ ทำการศึกษาในปี 2551[24] โดยทดลองปลูกผัก เพื่อ

เปรียบเทียบปริมาณการดูดใช้และสะสมตะกั่วในผักเศรษฐกิจ 7 ชนิด ได้แก่ ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักคะน้า ผักกาดขาวปลี ขึ้นฉ่าย สะระแหน่ กะเพรา และผักบุ้ง ที่ปลูกบนดินปนเปื้อนโลหะหนัก จากพื้นที่ผลิตผักริมถนน ขอบชุมชนเมือง จังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นผลจากการตกสะสมของอนุภาคตะกั่วซึ่งในอดีตเคยใช้เติมในน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มค่าออกเทน จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในดินของพื้นที่ริมถนนสายหลักอยู่ในช่วง 16.10-30.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากนั้นทดลองปลูกผัก ทั้ง 7 ชนิด ๆ ละ 4 ต้น โดยมีการควบคุมชนิดของดิน น้ำ และปุ๋ย เมื่อผักเจริญเติบโตถึงระยะเก็บเกี่ยวทำการเก็บตัวอย่างผักเฉพาะส่วนเหนือดินที่นำไปใช้บริโภค เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว พบว่าปริมาณตะกั่วในเนื้อเยื่อผักอยู่ในช่วง 0.65-2.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด สารตะกั่วที่พบเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ผักกาดขาวปลี คื่นช่าย ผักกาดเขียวกวางตุ้ง ผักคะน้า สะระแหน่ ผักบุ้ง และกะเพรา โดยมีค่า 2.23, 2.14, 1.76, 1.60, 0.93, 0.75 และ 0.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักสดตามลำดับ ดังนั้นดินที่มีโอกาสปนเปื้อนสารตะกั่ว ผู้ศึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะในการส่งเสริมการปลูกผักบุ้ง กระเพรา หรือสาระแหน่ ว่าน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดการปนเปื้อนสารตะกั่วในผัก

ในประเทศอิหร่านมีการเก็บตัวอย่างผักหลายชนิด เช่น ต้นหอม ผักชีฝรั่ง โหระพา ฯลฯ ที่ปลูกอยู่รอบๆ เมือง Sanandaj เพื่อวิเคราะห์หาสารตะกั่ว พบปริมาณตะกั่วเฉลี่ย 13.60±2.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน[25]

สำหรับในพื้นที่คลิตี้ของประเทศไทย ที่เป็นพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนตะกั่วในดินและตะกอนท้องน้ำ กรมควบคุมมลพิษได้เก็บตัวอย่างผัก ได้แก่ มะเขือเปาะ กระเพรา ตะไคร้ ใบมะกรูด ยี่หร่า ถั่วฝักยาว บวบ ผักชีฝรั่ง ฯลฯ จำนวน 48 ตัวอย่าง ในปี 2555 พบว่ามีแค่เพียง 4 ตัวอย่าง คือ ตะไคร้ ผักชีฝรั่ง และกระเพรา ที่เกินมาตรฐาน (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)[16]

2.6.3 การปนเปื้อนของตะกั่วในสัตว์น้ำ

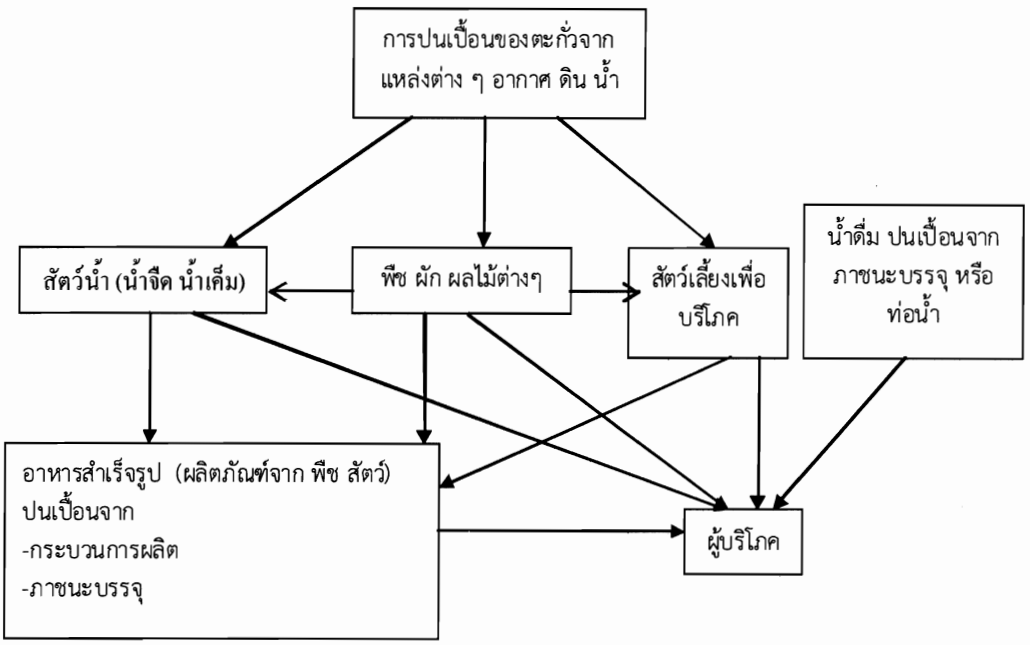
จากการเก็บตัวอย่างปลาทูน่าสดและปลาทูน่ากระป๋อง ในประเทศอิตาลี เพื่อวิเคราะห์หาสารตะกั่วพบว่า ไม่เกินค่ามาตรฐานที่องค์การอนามัยโลกกำหนด ในขณะที่ปรอทมีค่าเกินมาตรฐาน[26] สอดคล้องกับการศึกษาของ Has-Schon ที่วิเคราะห์หาสารตะกั่วในเนื้อปลา และส่วนต่างๆ ของปลาน้ำจืด 6 ชนิด ที่พบในทะเลสาบของประเทศโครเอเชียพบว่ามีค่าตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐาน[27]

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาถึงผลกระทบจากการรับประทานอาหารทะเล โดยวิเคราะห์ปริมาณสารตะกั่วจากสายสะดือของมารดาจำนวน 241 คน ที่อาศัยอยู่ที่เกาะ Polynesian ของฝรั่งเศสที่มีการบริโภคอาหารทะเลจำนวนมากพบว่า มีค่าตะกั่วไม่เกินค่ามาตรฐาน ในขณะที่ร้อยละ 82.50 ของมารดา มีค่าปรอทเกินค่ามาตรฐาน[28]

สำหรับในพื้นที่มลพิษ เช่น พื้นที่คลิตี้ กรมควบคุมมลพิษได้เก็บตัวอย่างปลา กุ้ง หอย ปู จำนวน 33 ตัวอย่าง ในปี 2555 พบตะกั่วในกุ้ง หอย ปู มีค่าเกินมาตรฐาน (1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เกือบทั้งหมด ส่วนตะกั่วในปลาไม่พบเกินค่ามาตรฐาน[16]

การปนเปื้อนของสารตะกั่วจากแหล่งต่าง ๆ โดยผ่านตัวกลางจนตะกั่วเข้าสู่ผู้บริโภค พอจะสรุปได้ดังนี้

รูปที่ 2 การปนเปื้อนตะกั่วจากอาหาร/น้ำดื่มสู่ผู้บริโภค



นอกจากนี้ตะกั่วยังปนเปื้อนในของใช้ เช่น ของเล่นเด็ก เนื่องจากมีการใช้ตะกั่วโครเมตเพื่อเพิ่มสีสันให้กับของเล่นเด็ก จึงได้มีการเก็บตัวอย่างของเล่นเด็กจากศูนย์เด็กเล็ก จำนวน 10 แห่ง ในเมืองลาสเวกัส ประเทศอเมริกา จาก 535 ตัวอย่าง ของเล่นที่นำมาทดสอบพบว่า 29 ตัวอย่าง มีค่าตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน (600 ppm) โดย 20 ตัวอย่าง เป็นของเล่นที่ทำจาก PVC และ 17 ตัวอย่าง เป็นของเล่นที่มีสีเหลือง[29] สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทยของจุฬธิดาและคณะ[8] ที่พบว่า การมีเปลือกสีที่หลุดร่อนในหรือนอกบ้าน การรับประทานเศษชิ้นส่วนของสี และสถานที่อยู่ของเด็กเป็นปัจจัยที่ทำให้ตะกั่วในเลือดเด็กสูงขึ้น และจากการศึกษาของราชวิทยาลัยกุมารแพทย์แห่งประเทศไทย ในปี 2550 ที่พบสารตะกั่วปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ของเล่นเด็ก ภาชนะจัดเก็บอาหารและน้ำดื่ม ในสีน้ำมันที่ใช้ทาบ้าน หรือศูนย์เด็กเล็ก ต่อมาในปี 2556 ราชวิทยาลัยกุมารแพทย์ฯ เช่นเดียวกัน ได้สำรวจบ้าน 49 หลัง ของเด็กที่มีระดับตะกั่วเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร พบถึง 45 หลัง ที่มีการใช้สีน้ำมันทาบางตำแหน่งในบ้าน และกว่าครึ่งของบ้านเหล่านี้มีสารตะกั่วในสีน้ำมันเกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[9] นอกจากนี้ นลินี ศรีพวง และคณะ ได้ทำการศึกษาในปี 2551 ที่พบว่าร้อยละ 90 ของตัวอย่างของเล่นเด็กมีระดับเสียงดังมากและมีสารตะกั่วเจือปน[30]

จากข้อมูลการศึกษาสถานการณ์การปนเปื้อนสารตะกั่วในสีน้ำมันทาอาคาร สำรวจล่าสุดปี 2556 ของมูลนิธิบูรณะนิเวศ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการความร่วมมือเพื่อเพิกถอนสารตะกั่วจากสีในเอเชียโดยการสุ่มตัวอย่าง สีน้ำมันทาอาคาร 2 กลุ่ม คือโทนสีสด โดยเฉพาะสีเหลืองซึ่งมักใช้เม็ดสีประเภทตะกั่วและโทนสีขาว ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยรวม 120 ตัวอย่าง 68 ยี่ห้อ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี อยุธยา ฉะเชิงเทรา และสมุทรปราการ พบว่า ประมาณ 95 ตัวอย่าง (ร้อยละ 79) จำนวน 63 ยี่ห้อ ของสีที่ใช้ในท้องตลาดมีปริมาณตะกั่วเกิน 100 ppm ซึ่งเป็นค่าเสนอแนะสำหรับปริมาณตะกั่วในสีน้ำมัน โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 327-2553 สีเคลือบเงา และมอก. 1406-2553 สีเคลือบด้าน)

โดยมี 83 ตัวอย่าง (ร้อยละ 69) เกิน 600 ppm และมีถึง 48 ตัวอย่าง 47 ยี่ห้อ ที่มีตะกั่วเกิน 10,000 ppm โดยพบค่าสูงสุดที่ 95,000 ppm[31]

นอกจากนี้พบการปนเปื้อนตะกั่วในยากวาดลิ้น เมื่อพบผู้ป่วยเด็กไทยอายุ 1 ขวบ มีระดับตะกั่วในเลือด 61 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซักประวัติพบว่าเมื่ออายุ 7 เดือน มารดาใช้ยากวาดลิ้นเพื่อขจัดฝ้าขาวที่อยู่ที่ลิ้นหลังเด็กดูดนม จึงได้เก็บตัวอย่างยากวาดลิ้นที่มีอยู่ในท้องตลาดมาวิเคราะห์หาสารตะกั่วด้วย x-ray fluorescence พบบางตัวอย่างมีค่าตะกั่วเกิน 9,000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และเป็นยาที่ยังไม่ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาของไทย จึงต้องทำการเฝ้าระวังและให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้ยาให้ถูกต้อง[32]

ค่ามาตรฐานระดับสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

การกำหนดค่ามาตรฐานโดยหน่วยงานทางกฎหมาย หรือค่าแนะนำโดยหน่วยงานทางวิชาการ จะกำหนดเป็นปริมาณสูงสุดที่มีได้ ซึ่งไม่ทำให้สัตว์ทดลองได้รับอันตราย แล้วจึงพิจารณาปรับเป็นค่าที่ไม่ก่ออันตรายในมนุษย์ โดยหน่วยงานส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยงานของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่แต่ละหน่วยงานมีบทบาทที่แตกต่างกันไปรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3[33]

ตารางที่ 3 บทบาทของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องในประเทศสหรัฐอเมริกา

หน่วยงาน	ชื่อย่อ	บทบาทที่เกี่ยวข้องกับสารตะกั่ว
- Center for Disease Control and Prevention	CDC	ป้องกันโรคพิษตะกั่วซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry	ATSDR	ป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วจากแหล่งอันตรายต่าง ๆ
- National Institute for Occupational Safety and Health	NIOSH	ศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดแนวทางในการควบคุมป้องกันอันตรายสารตะกั่วจากการทำงาน หรือเสนอข้อมูลให้กับ OSHA เพื่อกำหนดเป็นกฎหมาย
- Occupational Safety and Health Administration	OSHA	ออกกฎหมายและข้อกำหนดต่าง ๆ ทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยเพื่อป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วจากการทำงาน
- American Conference of Governmental Industrial Hygienist	ACGIH	กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับตะกั่วในสิ่งแวดล้อม และในตัวอย่างทางชีวภาพ (Threshold Limit Values: TLVs และ Biological Exposure Indices: BEIs)
- National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institutes of Health	NIEHS/NIH	อนามัยสิ่งแวดล้อม
- Food and Drug Administration	FDA	ควบคุมการปนเปื้อนสารตะกั่วในอาหารบริโภค
- U.S. Department of Housing and Urban Development	HUD	กำหนดแนวทาง ข้อเสนอแนะของการป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วในสีทาบ้าน
- Environmental Protection Agency	EPA	กำหนดแนวทาง ข้อเสนอแนะของการป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งกำหนดค่ามาตรฐานต่าง ๆ
- Consumer Product Safety Commission	CPSC	กำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยของสารตะกั่วในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ที่มา: Tinker T.L, Keiser N, Childhood lead poisoning prevention on overview of federal education programs and resources. J Prim Prev 1997;18:129-40

ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานต่าง ๆ ของสารตะกั่ว แสดงดังตารางที่ 4 สำหรับค่ามาตรฐานของประเทศไทย แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่ามาตรฐานระดับสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา

หน่วยงานอ้างอิง	แหล่ง	ค่ามาตรฐาน/ค่าแนะนำ (ปริมาณสูงสุดที่มีได้)	เอกสารอ้างอิง
EPA	ฝุ่นบริเวณพื้นบ้าน	40 ไมโครกรัมต่อตารางฟุต	EPA[34]
EPA	ฝุ่นที่ขอบหน้าต่าง	250 ไมโครกรัมต่อตารางฟุต	EPA[34]
EPA	ดิน (บริเวณที่เด็กเล่น)	400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm)	EPA[34]
EPA	ดินทั่วไป	1200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm)	EPA[34]
EPA	น้ำดื่มสาธารณะ	15 ไมโครกรัมต่อลิตร (ppb)	อ้างใน ATSDR[35]
EPA	อากาศทั่วไป	1.5 ไมโครกรัมต่อ ลบ.เมตร (เฉลี่ยตลอด 3 เดือน)	อ้างใน ATSDR[35]
NIOSH OSHA ACGIH	อากาศ (ที่ทำงาน)	0.05 มิลิกรัมกรัมต่อ ลบ.เมตร (เฉลี่ยตลอด 8 ชม.การทำงานต่อวัน)	อ้างในATSDR[35]
CPSC	สีทาบ้าน	90 ppm (dry weight) or 0.009%	CPSC [35]

ACGIH = American Conference of Governmental Industrial Hygienist
ATSDR = Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, CPSC = Consumer Product Safety Commission
EPA = Environmental Protection Agency,
NIOSH = National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA = Occupational Safety and Health Administration
Ppm = mg/L = mg/kg

ตารางที่ 5 ค่ามาตรฐานระดับสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

หน่วยงานอ้างอิง	แหล่ง	ค่ามาตรฐาน/ค่าแนะนำ (ปริมาณสูงสุดที่มีได้)	เอกสารอ้างอิง
- องค์การอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข	น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท	0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี 2534[36]
- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข	น้ำประปาดื่มได้	0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm)	ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ ปี 2543[37]
- องค์การอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข	อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท	1.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ppm)	ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี 2556[38]
- กระทรวงมหาดไทย	อากาศ (ที่ทำงาน)	0.20 มิลลิกรัมต่อ ลบ.เมตร (เฉลี่ยตลอด 8 ชม.การทำงานต่อวัน)	ประกาศกระทรวงมหาดไทยปี 2520[39](ปัจจุบันกฎหมายนี้ยกเลิกแต่ยังไม่มีฉบับใหม่แทน)

ผลกระทบของสารตะกั่วต่อสุขภาพ

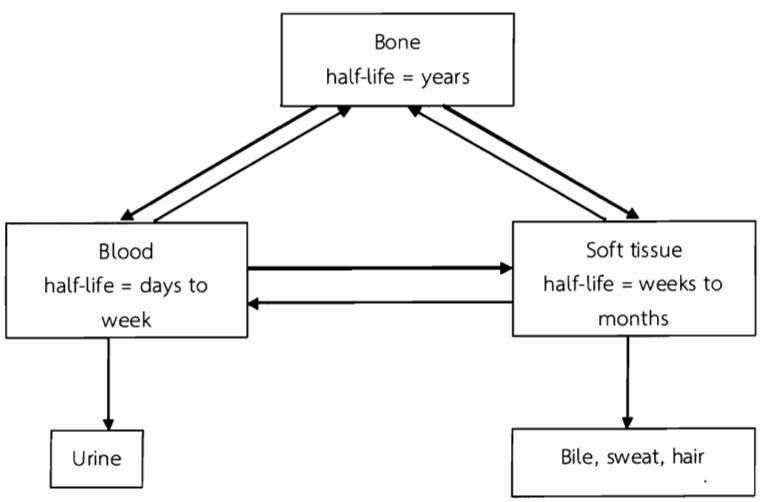
สารตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลต่อระบบในร่างกายหลายระบบ ซึ่งระบบที่สำคัญ ได้แก่ ระบบประสาท ทั้งระบบประสาทส่วนกลางและรอบส่วนกลาง โดยเฉพาะในเด็กจะส่งกระทบต่อสมอง ซึ่งทำให้พัฒนาการและการเรียนรู้ลดลง [40-43] สำหรับในผู้ใหญ่นั้นอาจจะทำให้เกิดภาวะซีด[44] มีผลต่อท่อไต เกิดความดันโลหิตสูง[45-46] ระบบสืบพันธุ์ผิดปกติในเพศชาย ทำให้จำนวนเชื้ออสุจิลดลง[47-50] หญิงตั้งครรภ์ที่มีระดับตะกั่วสะสมในร่างกายสูง จะส่งตะกั่วไปยังทารกในครรภ์ผ่านสายสะดือ และตะกั่วยังสามารถผ่านไปยังทารกทางน้ำนมในหญิงที่ให้นมบุตร[51] โดยตะกั่วถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ช่องทางหลัก ๆ คือ

- ทางการหายใจ โดยการหายใจเอาควันหรือฟูม (fume) ตะกั่วที่หลอมเหลวเข้าไป ซึ่งสามารถดูดซึมได้ดีกว่าการหายใจเอาตะกั่วที่เป็นอนุภาคเล็ก ๆ เข้าไป
- ทางปาก โดยพฤติกรรมนิสัยการรับประทานอาหารที่ไม่ถูกต้อง คือ รับประทานอาหารขณะทำงานโดยไม่ได้ล้างมือหรือชำระล้างร่างกายก่อน และจากตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหาร น้ำดื่ม หรือภาชนะ

สำหรับทางผิวหนัง มักจะเกิดกับผู้ที่ทำงานในปั๊มน้ำมันหรือช่างซ่อมเครื่องยนต์ เนื่องจากตะกั่วอินทรีย์ ในน้ำมันเบนซินสามารถดูดซึมผ่านผิวหนังได้ ส่วนตะกั่วอนินทรีย์สามารถซึมผ่านผิวหนังได้ในกรณีที่ผิวหนังมีแผล หรือรอยถลอก

ตะกั่วเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเข้าสู่กระแสเลือดและจับที่เซลล์เม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็ว จากนั้นก็จะมีการกระจายต่อไปยังของเหลวภายนอกเซลล์ และที่อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเป็นสัดส่วนมากน้อยขึ้นอยู่กับอวัยวะที่ตะกั่วชอบไปสะสม โดยกว่าร้อยละ 90 จะรวมตัวกับเม็ดเลือดแดง และส่วนที่เหลืออยู่ในน้ำเลือด ครึ่งช่วงชีวิต (half life) ของตะกั่วในเลือดประมาณ 2-4 สัปดาห์ จากนั้นจะเคลื่อนตัวไปยังแหล่งสะสม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ เนื้อเยื่อแข็ง เช่น กระดูก เส้นผม เล็บ ฟัน และเนื้อเยื่ออ่อน เช่น ไขกระดูก ระบบประสาท ไต ตับ ประมาณร้อยละ 90 ของตะกั่วในร่างกายจะอยู่ในกระดูกอย่างค่อนข้างเสถียรและมีครึ่งช่วงชีวิต 16-20 ปี ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายประมาณร้อยละ 70 จะสะสมในกระดูก การเกิดพิษหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของสารตะกั่วที่มีอยู่ในเนื้อเยื่ออ่อน และตะกั่วที่สะสมในกระดูกสามารถเข้ากระแสเลือดได้มากขึ้น ในภาวะที่ร่างกายมีการติดเชื้อ ดื่มสุรา หรือภาวะที่เลือดมีสภาวะเป็นกรด โดยร้อยละ 70 ของตะกั่วขับออกทางปัสสาวะ [52]

รูปที่ 3 The three-compartment model for distribution of lead in the body.

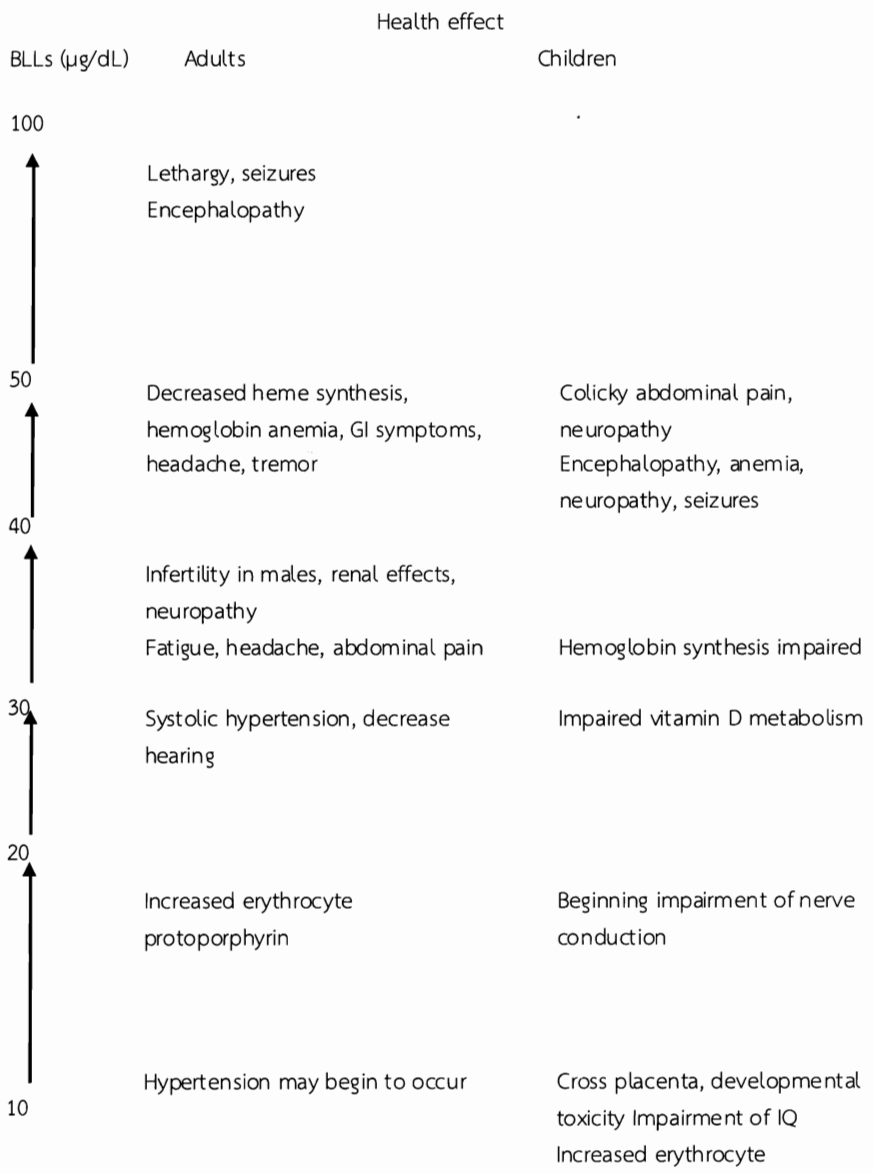


ที่มา: Rosenstock L and Cullen MR. Text book of clinical occupational and environmental medicine. Philadelphia: W.B Saunders Company, 1994.

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ใช้กันโดยทั่วไปในการตรวจสอบปริมาณสารตะกั่วในร่างกาย คือ ระดับตะกั่วในเลือด (blood lead levels: BLLs) และการตรวจเลือดหาระดับ erythrocyte protoporphyrin (EP) แต่การตรวจระดับ EP ในเลือดมีความไวน้อย ในกรณีที่ร่างกายมีระดับตะกั่วในเลือดต่ำกว่า 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ในขณะที่ระดับตะกั่วในเลือดสะท้อนการรับสัมผัสมาไม่นาน ภายในระยะเวลา 3-6 สัปดาห์ (recent exposure) ดังนั้น CDC ในสหรัฐอเมริกาจึงเสนอแนะให้ใช้การตรวจระดับตะกั่วในเลือดเพื่อการตรวจคัดกรองโรคพิษตะกั่ว

สำหรับระดับของสารตะกั่วในเลือดที่สูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งในเด็กและผู้ใหญ่จะแตกต่างกัน รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 The range of lead-induced health effects in adults and children



ที่มา: Sullivan JB, Krieger GR. Clinical environmental health and toxic exposure.2 nd Edition (2001).

หน่วยงานทางด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยที่สำคัญ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ ACGIH, OSHA และ NIOSH หน่วยงานเหล่านี้จะทำงานคล้ายกัน ในเรื่องการให้บริการทางด้านวิชาการ ด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัย และการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงาน รายละเอียดตามตารางที่ 3 ดังนั้น ค่ามาตรฐานระดับตะกั่วในเลือดที่อ้างอิงมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา จึงมาจากหน่วยงานเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม ค่ามาตรฐานตะกั่วในเลือดของประเทศไทย ล่าสุดกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดตะกั่วในเลือดไม่เกิน 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับ ACGIH ที่มีการปรับปรุงให้ทันสมัยทุกปี ในขณะค่าที่กำหนดโดย OSHA หรือค่าเสนอแนะของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพฯ (กองอาชีวอนามัย) เป็นค่าที่กำหนดมานานยังไม่ได้ปรับปรุงให้ทันสมัยสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน ดังนั้นกรณีมีค่ามาตรฐานหลายค่าและออกโดยหลายหน่วยงาน เพื่อความปลอดภัยควรพิจารณาใช้มาตรฐานที่ปลอดภัยเช่นที่ 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร สำหรับตะกั่วในเลือดของผู้ประกอบอาชีพ รายละเอียดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่ามาตรฐานระดับตะกั่วในเลือดของสหรัฐอเมริกา และประเทศไทย

ประเทศ	กลุ่มเป้าหมาย	ค่ามาตรฐาน	หน่วยงานอ้างอิง
สหรัฐอเมริกา	- ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว	เท่ากับหรือต่ำกว่า 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	OSHA[53]
	- ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว (ชายและหญิง) ที่ต้องการจะมีบุตร	ต่ำกว่า 30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	OSHA[53]
	- ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว	30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	ACGIH[54]
ไทย	- เด็ก	5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	CDC[55]
	- ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว	40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ค่าเสนอแนะในการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วในผู้ประกอบอาชีพ)	สำนักโรคจากการประกอบอาชีพฯ[56]
	- ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว	30 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	กระทรวงอุตสาหกรรม[57]
	- หญิงตั้งครรภ์ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว	10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	กระทรวงอุตสาหกรรม[57]

มาตรการป้องกันโรคพิษตะกั่วที่มีอยู่ในประเทศไทย

มาตรการป้องกันที่มีอยู่ในประเทศไทย เป็นมาตรการป้องกันโรคพิษตะกั่วในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว ดังนั้นการควบคุมป้องกันจึงใช้หลักการทางด้านอาชีวอนามัยคือ การควบคุมป้องกันที่แหล่งกำเนิด ทางผ่าน โดยการดูแลสภาพแวดล้อม การทำงานและตัวผู้ประกอบอาชีพ โดยการจัดสวัสดิการต่างๆ รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลเพื่อป้องกันการสัมผัส[58]

การดูแลสถานที่และสภาพแวดล้อมในการทำงาน

การควบคุมทางด้านวิศวกรรมโดยจัดให้มีระบบระบายอากาศ ในสถานที่ทำงานที่เหมาะสมทั้งชนิดเฉพาะที่และชนิดทั่วไป เพื่อกำจัดควัน ไอ หรือฝุ่นของสารตะกั่วออกไปจากจุดกำเนิด ระมัดระวังไม่ให้มีการพัดกลับของฝุ่นตะกั่วที่กำจัดออกไปแล้วกลับเข้ามาในสถานที่ทำงานอีก สิ่งสำคัญคือควรมีการเก็บรวบรวมควัน ไอ หรือฝุ่นของสารตะกั่วให้รวมอยู่ในที่เดียวกัน เพื่อป้องกันการกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมทั้งแยกกระบวนการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วให้ห่างจากที่ทำงานทั่วไป (ระบบปิด) หรือกั้นบริเวณให้เป็นสัดส่วน เพื่อป้องกันคนงานแผนกอื่นๆ ไม่ให้รับสารตะกั่ว

นอกจากนี้ ควรมีการทำความสะอาดบริเวณที่ทำงาน ตลอดจนอุปกรณ์ในการทำงานให้สะอาดปราศจากฝุ่นละอองของตะกั่ว โดยเฉพาะพื้นโรงงานต้องทำความสะอาดด้วยวิธีเปียกอย่างถูกต้อง และสม่ำเสมอ รวมทั้งจัดให้มีการตรวจระดับสารตะกั่วในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ และเมื่อพบว่าระดับ

สารตะกั่วในบรรยากาศการทำงานเกินค่ามาตรฐาน ต้องรีบดำเนินการแก้ไขปรับปรุง และโรงงานต้องมีวิธีการทำความสะอาด และกำจัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง

การดูแลสุขภาพคนงาน

1. ในบริเวณสถานที่ทำงาน ควรจัดให้มีที่ล้างมือ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า และห้องอาบน้ำ เพื่อให้คนงานใช้ล้างมือ เปลี่ยนเสื้อผ้า และอาบน้ำชำระร่างกายเมื่อเสร็จจากการปฏิบัติงานเป็นประจำทุกวัน

2. ให้ความรู้เรื่องสุขศึกษาส่วนบุคคลในการทำงานแก่คนงาน และดูแลให้คนงานปฏิบัติตาม เช่น วิธีการล้างมือให้สะอาดก่อนรับประทานอาหาร การไม่นำอาหารหรือเครื่องดื่มเข้าไปบริโภคในขณะปฏิบัติงาน เปลี่ยนเสื้อผ้าหรือชุดปฏิบัติงาน เก็บไว้ในที่เก็บเสื้อผ้าของโรงงานไม่ควรนำกลับไปซักที่บ้าน

3. โรงงานควรมีสวัสดิการซักชุดทำงาน

4. โรงงานมีการจัดหาเครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลให้คนงานสวมใส่ เช่น หน้ากากที่เหมาะสม ถุงมือ ชุดปฏิบัติงาน รองเท้าบู๊ต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงาน

5. ก่อนเข้าทำงานควรมีการตรวจสุขภาพคนงานที่ต้องทำงานสัมผัสกับสารตะกั่ว เพื่อคัดเลือกบุคคลที่เหมาะสมเข้าปฏิบัติงาน คือ ไม่ควรให้เด็กอายุต่ำกว่า 18 ปี หญิงที่ตั้งครรภ์ ผู้ที่เป็นโรคโลหิตจาง ฟันผุ เหงือกอักเสบ หรือโรคไต เข้าทำงานที่ต้องสัมผัสกับสารตะกั่ว

6. หลังจากเข้าทำงานแล้ว ควรจัดให้มีการตรวจสุขภาพคนงานเป็นระยะ ๆ เพื่อตรวจสอบและค้นหาอาการผิดปกติในระยะเริ่มแรก โดยตรวจร่างกายให้ครบทุกระบบอย่างน้อยปีละครั้ง และให้มีการตรวจตัวชี้วัดทางชีวภาพเป็นระยะ ๆ ตามความเหมาะสม

7. เมื่อพบผู้ได้รับสารตะกั่ว ให้ตรวจสอบสถานที่ทำงาน และพฤติกรรมการทำงานของคนงาน รวมทั้งย้ายคนงานออกจากงานดังกล่าว ไปทำงานในหน้าที่อื่นที่ไม่สัมผัสกับสารตะกั่ว

8. ควรจัดให้มีการเฝ้าระวังโรคโดยแพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์ จัดทำรายงานสรุปการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วเป็นประจำ

9. ในหญิงมีครรภ์ที่ต้องสัมผัสกับสารตะกั่ว ถ้ามีระดับตะกั่วในเลือดตั้งแต่ 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไปควรหยุดงานทันที และตรวจติดตามระดับตะกั่วในเลือดต่อไป

มาตรการต่าง ๆ มีความชัดเจนทางวิชาการ แต่ในทางปฏิบัติ สถานประกอบการยังมีปัญหาในการปรับปรุงทางด้านวิศวกรรมเพื่อให้สภาพแวดล้อมการทำงานมีความปลอดภัย เนื่องจากการปรับปรุงเหล่านี้ มีต้นทุนสูง ส่วนใหญ่จึงใช้วิธีการแก้ไขที่ตัวลูกจ้าง โดยเน้นการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ซึ่งประสิทธิภาพหรือความยั่งยืนในการลดการสัมผัสไม่ดีเท่าการปรับปรุงที่สภาพแวดล้อมการทำงาน ระดับตะกั่วในเลือดของลูกจ้างจึงยังคงสูง ดังนั้นการดูแลสภาพแวดล้อมการทำงานและดูแลสุขภาพลูกจ้างดังกล่าว จึงได้มีการกำหนดไว้ในกฎกระทรวงภายใต้ พ.ร.บ. ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมการทำงาน ปี 2554 เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการและดำเนินการความปลอดภัยอาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย ที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อ 29 พฤศจิกายน 2556 ซึ่งหวังว่ากฎกระทรวงฉบับนี้คงเป็นการขับเคลื่อนให้สถานประกอบการได้ปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยของลูกจ้างในการทำงานสัมผัสสารตะกั่ว ซึ่งเป็นสารเคมีอันตรายชนิดหนึ่งที่กำหนดไว้ในกฎหมาย[59] สำหรับเอกสารฉบับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะมาตรการป้องกันโรคพิษตะกั่วในมุมมองทางด้านการแพทย์และสาธารณสุข ซึ่งมีประเด็นสำคัญ ได้แก่ การกำหนดกลุ่มเสี่ยง การกำหนดมาตรการการเฝ้าระวังผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว และประชาชนทั่วไป ซึ่งรวมเด็กเล็ก และหญิงตั้งครรภ์ที่เป็นกลุ่มเสี่ยงของการสัมผัสสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อม

1. การกำหนดกลุ่มเสี่ยง

ตะกั่วส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อบุคคลแตกต่างกัน ขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น อาชีพ การเป็นสมาชิกของบ้านที่มีผู้ประกอบอาชีพสัมผัสสารตะกั่ว

สภาพแวดล้อมของที่อยู่อาศัย อายุ เป็นต้น ดังนั้น จึงจำแนกกลุ่มเสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่ว ได้ดังนี้

1.1 ผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว

กลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่ต้องสัมผัสสารตะกั่ว เช่น การผลิตแบตเตอรี่และหลอมตะกั่วเก่ากลับมาใช้ การเชื่อมหรือตัดโลหะที่มีตะกั่ว การทำเหมืองตะกั่ว การทำตะกั่วให้บริสุทธิ์ การผลิตตะกั่วผง การชุบโลหะ การตบแต่งด้วยการเจียหรือขัดมันโลหะที่มีตะกั่วผสม ช่างตอกหมันในอู่ซ่อมเรือ เป็นต้น กลุ่มนี้จะมีการใช้สารตะกั่วและมีโอกาสสัมผัสกับสารตะกั่วในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา การเฝ้าคุมทางสิ่งแวดล้อมหรือการควบคุมในกระบวนการผลิตยังไม่เคร่งครัด ประกอบกับสุขวิทยาส่วนบุคคลไม่ดี จึงทำให้ผู้ประกอบอาชีพดังกล่าวได้รับสัมผัสสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพได้ จำนงค์ และคณะ[60] ศึกษาในอู่ซ่อมเรือ 2 แห่ง ที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปี 2548 โดยเก็บตะกั่วในอากาศทั้งแบบพื้นที่ (area airborne lead) และแบบติดตัวบุคคล (personal airborne lead) พบค่าไม่เกินมาตรฐาน พร้อมทั้งเจาะเลือดหาระดับตะกั่วในเลือด ในคนงานกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 50 คน เป็นช่างตอกหมัน 36 คน ที่เหลือเป็นช่างไม้และช่างเทคนิคอื่นๆ อีก 14 คน ร้อยละ 67 ของช่างตอกหมันเรือ มีระดับตะกั่วในเลือดเกิน 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ที่ OSHA กำหนด และร้อยละ 14 ของช่างตอกหมันเรือ มีระดับตะกั่วเกิน 60 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

1.2 สมาชิกครอบครัวของผู้ประกอบอาชีพสัมผัสตะกั่ว

เนื่องจากฝุ่นตะกั่วสามารถติดอยู่ตามเสื้อผ้า ผิวหนัง ผม รวมทั้งเครื่องมือต่างๆ ของผู้ประกอบอาชีพ หากไม่มีการอาบน้ำเปลี่ยนเสื้อผ้า หรือซักล้างทำความสะอาดเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน ตะกั่วจะถูกนำจากที่ทำงานไปปนเปื้อนที่บ้านได้

จำนงและ คณะ[61] ได้ทำการศึกษาโดยเปรียบเทียบระดับฝุ่นตะกั่วของบ้านช่างตอกหมันเรือจำนวน 31 หลัง และบ้านกลุ่มควบคุม จำนวน 31 หลัง โดยจับคู่ เก็บข้อมูลโดยการใช้แบบสังเกต และแบบสอบถาม เก็บตัวอย่างฝุ่นตะกั่วด้วยวิธี Wipe technique เพื่อวัดระดับของฝุ่นตะกั่วต่อพื้นที่ เมื่อศึกษาถึงพฤติกรรมอนามัยส่วนบุคคลของช่างตอกหมันที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการนำตะกั่วกลับบ้าน พบว่าร้อยละ 74 ของช่างตอกหมันเรือ ล้างเฉพาะมือและหน้า หลังเลิกงานก่อนกลับบ้าน และร้อยละ 97 ไม่เคยเปลี่ยนเสื้อผ้าก่อนกลับบ้าน ร้อยละ 71 ไม่ได้ทำความสะอาดรองเท้า ร้อยละ 61 ไม่ได้นำเครื่องมือไปเก็บไว้ที่บ้าน และเมื่อถึงบ้าน ร้อยละ 81 ไม่ได้อาบน้ำทันที และร้อยละ 97 ซักเสื้อผ้าที่บ้าน ระดับฝุ่นตะกั่วในบ้านช่างตอกหมันเรือจึงสูงกว่าบ้านกลุ่มควบคุมอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติทุกพื้นที่

ต่อมาอรพันธ์ และคณะ[62] ได้ศึกษาระดับการปนเปื้อนฝุ่นตะกั่วของสมาชิกในบ้าน และความสัมพันธ์ระหว่างระดับตะกั่วบนผิวหนัง กับระดับฝุ่นตะกั่วในบ้าน ในปี 2550 โดยศึกษาในบ้านช่างตอกหมันเรือเริ่มที่อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา อำเภอปากพนัง อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้วิธีเปรียบเทียบ บ้านช่างตอกหมันเรือจำนวน 67 หลัง และบ้านควบคุม จำนวน 46 หลัง เลือกสมาชิกครอบครัวมาหลังละ 1 คน ที่แต่ละวันใช้ชีวิตในบ้านมากกว่าสมาชิกอื่นๆ วัดระดับของฝุ่นตะกั่วต่อพื้นที่ และความเข้มข้นของฝุ่นตะกั่วในบ้าน เก็บตะกั่วที่ผิวหนังของสมาชิกครอบครัว ทั้งบริเวณมือและเท้าด้วยวิธี Wipe technique ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของจำนงค์ และคณะ ที่พบว่าบ้านช่างตอกหมันเรือมีระดับฝุ่นตะกั่วสูงกว่า บ้านกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อศึกษาถึงระดับตะกั่วที่ปนเปื้อนสมาชิกครอบครัวพบว่า สมาชิกบ้านช่างตอกหมันเรือมีระดับตะกั่วบนผิวหนัง ทั้งมือและเท้าสูงกว่าบ้านกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ของระดับตะกั่วบนผิวหนังกับระดับตะกั่วในบ้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากควบคุมตัวแปรกวนอื่นๆ แล้ว

การศึกษาในครั้งนี้ ยืนยันได้ว่า สมาชิกครอบครัวช่างตอกหมันเรือมีความเสี่ยงสูงในการได้

รับสารตะกั่ว เพราะฉะนั้นการลดปริมาณการสัมผัสสารตะกั่วในกลุ่มเสี่ยงเหล่านี้ โดยเฉพาะสมาชิกครอบครัวที่เป็นเด็กเล็ก หรือหญิงตั้งครรภ์ ด้วยการให้ความรู้ที่เน้นในเรื่องสุขวิทยาส่วนบุคคลเป็นเรื่องสำคัญ

ต่อมาอรพันธ์ และคณะ[63] ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับช่องทางการสัมผัสสารตะกั่วในบ้าน พบว่า ช่องทางการนำตะกั่วกลับบ้านของสมาชิกครอบครัวและการอยู่ใกล้แหล่งที่มีสารตะกั่วเป็นช่องทางการปนเปื้อนที่สำคัญที่สุด หลังจากควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีผลทำให้ตะกั่วในบ้านสูง

1.3 ประชาชนทั่วไปที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งปนเปื้อนสารตะกั่ว

บุคคลเหล่านี้ ได้แก่ ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ศักยภาพทางแร่ตะกั่ว หรือบุคคลที่อาศัยอยู่ใกล้โรงงานหลอมตะกั่ว หรือโรงงานที่มีการใช้สารตะกั่ว โรงแต่งแร่ตะกั่ว หรือมีสถานประกอบการขนาดเล็กที่มีการหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าซึ่งมักจะตั้งอยู่ใกล้ชุมชนส่วนใหญ่ โรงงานหรือสถานประกอบการเหล่านี้มักจะให้ความสำคัญในการควบคุมสารตะกั่วปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมน้อย ส่งผลให้ไอ ควัน ฝุ่นตะกั่วจากกระบวนการผลิตปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมและมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั่วไป ทั้งเด็กและผู้ใหญ่ที่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง กรณีเด็กเล็ก ซึ่งหมายถึงเด็กแรกเกิดถึง 6 ปี โดยเฉพาะกลุ่มเด็กทารก และเด็กที่ดื่มนมมารดา ตะกั่วสามารถดูดซึมผ่านรกของมารดาสู่ทารกในครรภ์ ระดับตะกั่วในสายสะดือมีค่าเท่ากับระดับตะกั่วในเลือดของมารดา และหญิงที่มีระดับตะกั่วในเลือดสูงและกำลังให้นมบุตร ตะกั่วสามารถผ่านทางน้ำนมสู่ทารกได้ ดังนั้นในหญิงมีครรภ์จะต้องป้องกันการสัมผัสสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายเป็นพิเศษ นอกจากนี้ เด็กเล็กมักจะมีพฤติกรรมอม หรือใส่วัตถุ หรือของเล่นในปาก และพฤติกรรมของเด็กที่ชอบเล่นบนพื้นดิน มีโอกาสที่จะสัมผัสสารตะกั่วในฝุ่นและดินได้มาก และจากการที่เด็กดูดซึมตะกั่วได้มากกว่าผู้ใหญ่ ขับถ่ายตะกั่วออกได้น้อยกว่าเป็นผลให้ปริมาณตะกั่วที่ได้รับสัมผัสแม้เพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อเด็กที่กำลังเจริญเติบโตและกำลังมีพัฒนาการ

จากการศึกษาของ Freitas และคณะ ในปี 2007[64] โดยศึกษาในเด็กอายุน้อยกว่า 13 ปี ที่อาศัยอยู่บริเวณ 1 กิโลเมตร ห่างจากแหล่งผลิตตะกั่วรีไซเคิลในประเทศบราซิล จำนวน 850 คน พบว่า 311 คน มีค่าตะกั่วเกิน 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยจะพบในเด็กอายุ 1-5 ขวบ เป็นส่วนใหญ่ เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลทำให้ตะกั่วในเลือดสูงมากกว่า10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยใช้สมการถดถอยโลจิทติก ได้แก่ ปัจจัยการอาศัยอยู่ในบริเวณที่เป็นพื้นดิน บิดา มารดาทำงานอยู่ในโรงงานผลิตตะกั่วรีไซเคิล ระยะทางจากแหล่งผลิตตะกั่วรีไซเคิลกับบ้าน การเล่นบนพื้นดิน และพฤติกรรมการรับประทานดิน และการดื่มนมที่ผลิตในพื้นที่

ในปี พ.ศ. 2544 นิภา และคณะ[15] ได้ศึกษารูปแบบการปนเปื้อนของตะกั่วต่อสิ่งแวดล้อม และเด็กที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ศึกษาบริเวณชุมชนตามแนวชายฝั่งปากทะเลสาบสงขลา ระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร ในเขต ต.หัวเขา อ.สิงหนคร จ.สงขลา ซึ่งมีอู่ซ่อมเรือตั้งอยู่ 3 แห่ง สุ่มเด็กนักเรียนอายุระหว่าง 4 ถึง 14 ปี จำนวน 330 คน และสามารถเก็บตัวอย่างเลือดจากเด็กนักเรียนได้ 318 คน ระดับตะกั่วในเด็กมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง 36 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และพบว่า ร้อยละ 52 ของเด็กมีระดับตะกั่วในเลือดสูงกว่า 10 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าระดับตะกั่วในเด็กมีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในฝุ่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับตะกั่วในเด็กจะเพิ่มขึ้นประมาณ ร้อยละ 10 เมื่อระดับตะกั่วในฝุ่นเพิ่มขึ้น 2 เท่า แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับตะกั่วในเด็ก และระดับตะกั่วในดินที่ได้จากการประมาณค่าตรงตำแหน่งของบ้าน อย่างไรก็ตาม พบว่าเด็กที่เล่นบนพื้นหน้าบ้านจะมีระดับตะกั่วสูงขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเด็กที่นอนบนพื้นหรือบนเสื่อจะมีระดับตะกั่วเพิ่มขึ้น ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่นอนบนฟูกหรือบนเตียง

2. การเฝ้าระวังการเกิดโรคพิษตะกั่ว[56]

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดแนวทางการเฝ้าระวังสิ่งคุกคามและแนวทางการเฝ้าระวังทางด้านสุขภาพไว้ เพื่อนำข้อมูลการเฝ้าระวังทั้ง 2 ประเภท มาจัดลำดับความเสี่ยงและนำไปสู่การแก้ไขปัญหา ทั้งนี้การเฝ้าระวังด้านสิ่งคุกคาม ได้แก่ การเก็บตัวอย่างตะกั่วในสิ่งแวดล้อมที่นิยมมี 2 กรณี คือ

2.1 การเก็บตัวอย่างตะกั่วในอากาศ เก็บในสถานที่ทำงาน หรือสถานประกอบการที่มีการใช้สารตะกั่วในกระบวนการผลิต (occupational setting) ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์หาสารตะกั่ว มี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- การเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณทำงาน
- การเก็บตัวอย่างอากาศที่บริเวณระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน

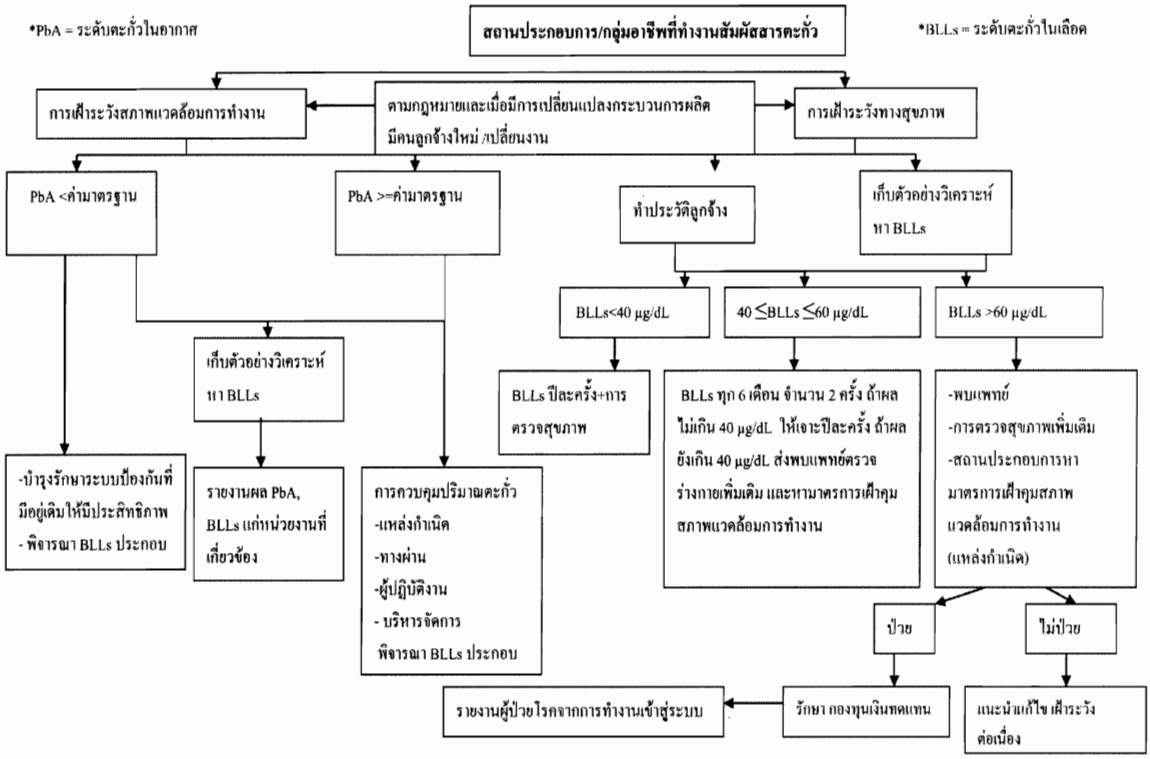
การเก็บตัวอย่างตะกั่วในสภาพแวดล้อมการทำงาน จะใช้การเก็บตามแบบประเภทที่ 2 ซึ่งจะคัดเลือกคนงานที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว โดยจะติดตั้งอุปกรณ์ที่สะสมสารตะกั่วในอากาศไว้ที่ตัวบุคคล ณ บริเวณที่เรียกว่าบริเวณการหายใจ ในทางปฏิบัติจะนำอุปกรณ์ดังกล่าวมาติดที่ปกเสื้อของผู้ปฏิบัติงาน โดยเชื่อมต่อกับปั๊มดูดอากาศ จากนั้นเก็บตัวอย่างต่อเนื่องมากกว่าหนึ่งตัวอย่าง คือ เก็บช่วงเวลาเช้า (ระหว่างเวลา 9.00-11.00 น.) 1 ตัวอย่าง และช่วงเวลาบ่าย (ระหว่างเวลา 13.30-15.30 น.) อีก 1 ตัวอย่าง ในตำแหน่งเดียวกันและนำผลที่วิเคราะห์ได้ทั้ง 2 ตัวอย่าง มารวมกันแล้วเฉลี่ยเป็นความเข้มข้นของตะกั่ว ณ จุดนั้น ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่วิเคราะห์และคำนวณได้ คือปริมาณตะกั่วที่ผู้ปฏิบัติงานคนนั้นมีโอกาสหายใจเข้าสู่ร่างกาย หน่วยเป็นไมโครกรัมหรือมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 การเก็บตัวอย่างฝุ่นตะกั่วบริเวณพื้นผิวของสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่วบนพื้นในบ้าน สำหรับการเฝ้าระวังตะกั่วในสิ่งแวดล้อมนอกสถานประกอบการ เช่น วิธี Wipe technique สำหรับเก็บตะกั่วในบ้านตามวิธีของ NIOSH 9100/1996[65] ปริมาณตะกั่วที่ได้จากวิธี Wipe technique หน่วยเป็นไมโครกรัมหรือมิลลิกรัมต่อพื้นที่ (ตารางฟุต หรือตารางเมตร) ค่ามาตรฐานตะกั่วในฝุ่นบ้านที่กำหนดโดย EPA แสดงในตาราง ที่ 3

สำหรับการเฝ้าระวังทางด้านสุขภาพ ประกอบด้วยการซักประวัติตามแบบฟอร์มที่กำหนดการตรวจสุขภาพทั่วไป การตรวจร่างกายหาอาการและอาการแสดงของโรคพิษตะกั่ว พร้อมทั้งการตรวจระดับตะกั่วในเลือดเป็นระยะ ๆ

การตรวจระดับตะกั่วในสภาพแวดล้อมการทำงานและการตรวจตะกั่วในเลือดต้องมีการดำเนินการไปพร้อม ๆ กัน ตามประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่องกำหนดสารเคมีอันตรายที่นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพของลูกจ้าง พ.ศ 2552[66] สำหรับแนวทางการเฝ้าระวังนี้ได้ดัดแปลงมาจากแนวทางปฏิบัติการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วสำหรับผู้ประกอบอาชีพของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพฯ[56] รายละเอียดตามรูปที่ 5

รูปที่ 5 สรุปแนวทางการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วในผู้ประกอบอาชีพ



การเปรียบเทียบผลสภาพแวดล้อมการทำงาน กับผลการตรวจสุขภาพ เพื่อนำมาสรุปผลการจัดลำดับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่วในสถานประกอบการ

การประมาณระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในสภาพแวดล้อมการทำงาน	ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในเลือด
0	ไม่เกินมาตรฐาน	ไม่เกินมาตรฐาน
1	ไม่เกินมาตรฐาน	เกินมาตรฐาน
2	เกินมาตรฐาน	ไม่เกินมาตรฐาน
3	เกินมาตรฐาน	เกินมาตรฐาน

การจัดระดับความเสี่ยงจะช่วยให้สถานประกอบการให้ความสนใจที่จะจัดให้มีการควบคุม หรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคพิษตะกั่วของลูกจ้าง

ระดับความเสี่ยงและแนวทางการปฏิบัติในการควบคุมป้องกัน

ระดับ 0	ไม่ต้องดำเนินการใด ๆ เพิ่มเติม แต่ต้องดูแลระบบเดิมให้มีประสิทธิภาพ และทำการเฝ้าคุมเฝ้าระวังโดยเก็บตัวอย่างตะกั่วในสภาพแวดล้อมการทำงานและวิเคราะห์ตะกั่วในเลือดของลูกจ้างอย่างสม่ำเสมอ หรือทันทีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานใหม่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงการใช้สารตะกั่วในการทำงานในปริมาณที่เพิ่มขึ้น
ระดับ 1	ต้องลดปริมาณตะกั่วที่ฟุ้งกระจายอยู่ในสภาพการทำงานลง ใช้มาตรการควบคุมที่แหล่งกำเนิด หรือการใช้ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ หรือถ้ามีอยู่แล้วต้องทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด
ระดับ 2	ต้องลดความเสี่ยงลง โดยจัดการให้ลูกจ้างที่มีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่ามาตรฐาน ไม่ได้รับสารตะกั่วเพิ่มขึ้น เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลอย่างเคร่งครัด การสับเปลี่ยนงาน การย้ายงาน และรักษาให้ปริมาณตะกั่วในเลือดลดลงเหลือต่ำกว่า 25 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จึงจะอนุญาตให้กลับเข้าทำงานในหน้าที่เดิม และต้องปฏิบัติตนป้องกันไม่ให้ได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายอีก เป็นการลดโอกาสที่จะได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย และติดตามผลการตรวจตะกั่วในเลือดเป็นระยะ ๆ ตามรูปที่ 4
ระดับ 3	ต้องลดความเสี่ยงลงก่อนจะเริ่มทำงานต่อไป ต้องมีการแก้ไขความเสี่ยงที่เกิดจากกระบวนการผลิตหรือระหว่างการปฏิบัติงานอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะกรณีสารตะกั่วต้องพยายามลดปริมาณสารตะกั่วที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศของการทำงานลง พัฒนาประสิทธิภาพของระบบดูดอากาศเฉพาะที่การเปลี่ยนไปใช้สารตัวอื่นที่มีอันตรายน้อยกว่าในกรณีที่เป็นไปได้ สำหรับคนงานที่มีปริมาณตะกั่วในเลือด เกินมาตรฐานให้หยุดการสัมผัส ให้ออกไปทำงานในบริเวณที่ไม่มีสารตะกั่ว ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล โดยเฉพาะอุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ให้การรักษาเพื่อลดระดับปริมาณสารตะกั่วในเลือด ถ้ายังไม่ได้ตามเกณฑ์ ต้องห้ามทำงานอีกต่อไป

3. แนวทางการจัดการทางการแพทย์สำหรับผู้ใหญ่ที่สัมผัสสารตะกั่ว[67]

ผู้ใหญ่ที่สัมผัสสารตะกั่ว ในที่นี้หมายถึงผู้ที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว อาจจะทำงานนอกบ้านหรือที่บ้าน งานอดิเรก สัมผัสสารตะกั่วจากชุมชน การใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารตะกั่ว หรือการใช้กระสุนปืนหรือการสัมผัสแหล่งตะกั่วอื่น ๆ ซึ่งเป็นการสัมผัสทั้งจากการประกอบอาชีพและจากสิ่งแวดล้อม โดยสมาคมคลินิกอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม (Association of Occupational and Environmental Clinics, AOEC) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดแนวทางการดูแลรักษาทางการแพทย์ของผู้ใหญ่ที่สัมผัสสารตะกั่วตามระดับตะกั่วในเลือด แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แนวทางการดูแลสุขภาพของผู้ใหญ่ที่สัมผัสตะกั่ว

ระดับตะกั่วในเลือด (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)			
5-9	10-29	30-79	≥80 ขึ้นไป
• ให้ความรู้เกี่ยวกับสารตะกั่ว • ติดตามเพื่อตรวจระดับตะกั่วในเลือด	พิจารณาประเมินอาการและอาการแสดงของพิษตะกั่ว - ซักประวัติ - ตรวจร่างกายและตรวจทางห้องปฏิบัติการ - ระบุปัจจัยเสี่ยง - ตรวจระดับตะกั่วในเลือดของคนในครอบครัว • ประเมินการสัมผัส - ศึกษาข้อมูลสารเคมี - ตรวจวัดตะกั่วในอากาศ - การสื่อสารในสถานประกอบการ • พิจารณาเพื่อขอรับคำปรึกษาจากแพทย์อาชีวเวชศาสตร์, นักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม, หน่วยงานสาธารณสุขที่เกี่ยวข้อง • ติดตามระดับตะกั่วในเลือด • ให้ความรู้ • พิจารณาให้ออกจากการสัมผัสตะกั่ว	• ให้ความรู้เกี่ยวกับสารตะกั่ว • ประเมินอาการและอาการแสดงของพิษตะกั่ว - ซักประวัติ - ตรวจร่างกายและตรวจทางห้องปฏิบัติการ (Cr, BUN, CBC) • ประเมินการสัมผัส • ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ • ลดอันตรายจากสารตะกั่ว • ออกจากการสัมผัสสารตะกั่ว • อาจให้ยาขับตะกั่ว ถ้า BLLs>50 ร่วมกับมีอาการและการแสดงของพิษตะกั่ว • เฝ้าระวังทางการแพทย์ ต่อเนื่อง - ติดตามระดับตะกั่วในเลือด - ติดตามประเมินอาการและอาการแสดงของพิษตะกั่ว	• ออกจากการสัมผัสตะกั่วทันที • ส่งต่อทันทีเพื่อทำการประเมินทางการแพทย์อย่างเร่งด่วน และพิจารณาให้ยาขับตะกั่ว (Chelation therapy) • ประเมินการสัมผัส • ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ • ลดอันตรายจากสารตะกั่ว • ให้ความรู้ • ประเมินอาการและอาการแสดงของพิษตะกั่ว • เฝ้าระวังทางการแพทย์ต่อเนื่อง

ที่มา : Medical Management Guidelines for lead Exposed Adults, AOAC 2007

สำหรับแนวทางการเฝ้าระวังทั้งสิ่งคุกคาม และเฝ้าระวังสุขภาพเฉพาะผู้ประกอบอาชีพฯ ของประเทศไทยได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 5 ส่วนที่ OSHA ได้แนะนำไว้เป็นแนวทางที่ค่อนข้างเก่าตั้งแต่ปี 1983 (Standard No. 1910.1025 App C) California Department of Public Health โดย Occupational Lead Poisoning Prevention Program ที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจากหลายๆ หน่วยงาน รวมทั้งจาก OSHA และ CDC[68] ของประเทศสหรัฐอเมริกา จึงได้ปรับปรุงข้อเสนอแนะของ OSHA แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แนวทางการเฝ้าระวังตะกั่วในผู้ประกอบอาชีพ

การสัมผัส	การประเมินทางการแพทย์
- ทำงานสัมผัสกับสารตะกั่วในอากาศที่ระดับ ≥ 30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ระยะเวลามากกว่า 30 วันต่อปี	- ตรวจสุขภาพก่อนจ้างงาน ประกอบด้วยการตรวจ BLLs , CBC, BUN, Cr - ตรวจวิเคราะห์เชื้ออสุจิ หรือตรวจการตั้งครรภ์ ถ้าลูกจ้างต้องการตรวจ
- ตะกั่วในเลือด ≥ 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	- ตรวจ BLLs, CBC, BUN, Cr (ถ้ายังไม่ได้ตรวจภายใน 1 ปี) - ตรวจ BLLs และ ZPP ทุก 2 เดือน จนกระทั่งตะกั่วในเลือดต่ำกว่า 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร
- ตะกั่วในเลือดที่เจาะครั้งเดียว (single BLL) ≥60 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร หรือตะกั่วในเลือดเฉลี่ย 3 ครั้ง หรือเฉลี่ยทั้งหมด ≤ 50 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร	- ลูกจ้างย้ายออกจากแผนกที่ทำงานสัมผัสตะกั่ว และตรวจ BLLs และ ZPP ทุกเดือน จนกระทั่งตะกั่วในเลือด ≤ 40 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร 2 ครั้งติดกัน และแพทย์พิจารณาให้กลับเข้าทำงาน จึงจะสามารถกลับเข้าทำงาน

ที่มา: California Department of Public Health, Medical guidelines for the lead exposed worker, 2009 http://www.cdph.ca.gov/programs/olppp/Documents/medgdln.pdf

4. การเฝ้าระวังการเกิดโรคพิษตะกั่วในกลุ่มประชาชนทั่วไป

CDC ได้กำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังสำหรับกลุ่มประชาชนทั่วไป เฉพาะกลุ่มเด็กเล็ก และหญิงตั้งครรภ์ ซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่มีความไวต่อการรับสัมผัสสารตะกั่ว และเกิดพิษที่รุนแรงกว่าประชาชนทั่วไป

4.1 เด็กเล็กอายุ 1-5 ปี CDC ได้ปรับลดค่าตะกั่วในเลือดของเด็กอายุ 1-5 ปี เป็น 5 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยเรียกว่าค่าอ้างอิง และกำหนดแนวทางการดูแลสุขภาพในเด็กที่มีระดับตะกั่วในเลือดต่าง ๆ กัน[69] รายละเอียดตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการสำหรับเด็กที่มีผลตะกั่วในเลือดแบบยืนยัน (เจาะจากเส้นเลือดดำ)

ระดับตะกั่วในเลือด (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)	การดำเนินการ
≤ Reference value	- ให้ความรู้ด้านโภชนาการ และสิ่งแวดล้อม - ติดตามระดับตะกั่วในเลือด - ประเมินการสัมผัสสารตะกั่วจากสิ่งแวดล้อม เช่น สีทาบ้าน ของเล่น ฯลฯ
≥ Reference value ถึง ≤ 45	- ให้ความรู้ด้านโภชนาการ และสิ่งแวดล้อม - ติดตามระดับตะกั่วในเลือด - ประเมินทางคลินิก (ซักประวัติ, ตรวจร่างกายและตรวจทางห้องปฏิบัติการ CBC, iron status) - ประเมินสภาพแวดล้อม - จัดการลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว - Neurodevelopmental monitoring - Abdominal x-ray (ถ้าสงสัยว่ามีการรับประทานสารตะกั่ว) with bowel decontamination ถ้ามีข้อบ่งชี้
≥ 45 ถึง> 69	- ให้ความรู้ ด้านโภชนาการ และสิ่งแวดล้อม - ติดตามระดับตะกั่วในเลือด - ประเมินทางคลินิก (ซักประวัติ, ตรวจร่างกายและตรวจทางห้องปฏิบัติการ CBC, iron status, FreeEP) - ประเมินสภาพแวดล้อม - จัดการลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว - Neurodevelopmental monitoring - Abdominal x-ray with bowel decontamination (ถ้ามีข้อบ่งชี้) - Oral chelation therapy - รับเข้ารักษาในโรงพยาบาลถ้าไม่แน่ใจเกี่ยวกับความปลอดภัยของสารตะกั่วในสิ่งแวดล้อม
≥ 70	- รับเข้ารักษาในโรงพยาบาล และ chelation therapy พร้อมกับตรวจยืนยันตะกั่วในเลือดทาง เส้นเลือดดำ และปรึกษาแพทย์เฉพาะทางด้านพิษวิทยา หรือกุมารแพทย์ - ดำเนินการเหมือนกับระดับตะกั่วในเลือด 45-69 ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร

ที่มา: CDC, Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention Report of the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control 2012

4.2 หญิงตั้งครรภ์ CDC ได้กำหนดเกณฑ์การเฝ้าระวังในกลุ่มนี้ไว้รายละเอียดตามตารางที่ 10 ดังนี้[70]

ตารางที่ 10 ข้อเสนอแนะในการดำเนินการสำหรับดูแลสุขภาพหญิงตั้งครรภ์

ระดับตะกั่วในเลือด (ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร)	การดำเนินการ
< 5	- ให้อาชีวสุขศึกษาสำหรับหญิงตั้งครรภ์ และหญิงให้นมบุตร
5-9	- ประเมินสภาพแวดล้อม เพื่อหาแหล่งการสัมผัสสารตะกั่วและหาวิธีจัดการลดการปนเปื้อนสารตะกั่ว - หญิงตั้งครรภ์ที่เป็นผู้ประกอบอาชีพทำงานสัมผัสสารตะกั่วแนะนำการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และให้ข้อเสนอแนะกับนายจ้าง - ประเมินภาวะโภชนาการ - ตรวจติดตามระดับตะกั่วในเลือดทุก 1 เดือน
10 ถึง 14	- ปฏิบัติตามแนวทางข้างบน - รายงานโปรแกรมการป้องกันสารตะกั่วแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ - ส่งต่อหญิงตั้งครรภ์ที่เป็นผู้ประกอบอาชีพทำงานสัมผัสสารตะกั่วพบแพทย์เฉพาะทางและหยุดการสัมผัส - ให้อาชีวสุขศึกษา
15-44	- ปฏิบัติตามแนวทางข้างบน - ประสานหน่วยงานในพื้นที่เพื่อประเมินการสัมผัส และจัดการความเสี่ยง รวมทั้งทำ case management
≥ 45	- ปฏิบัติตามแนวทางข้างบน - ประเมินอาการและอาการแสดงโรคพิษตะกั่ว รับเข้ารักษาในโรงพยาบาล และปรึกษาแพทย์เฉพาะทางด้านพิษวิทยาหรือด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อพิจารณา ให้ Chelation therapy ในหญิงตั้งครรภ์

ที่มา: CDC, Guidelines for identification and management of lead exposure in pregnancy and lactating women 2010 http://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/leadandpregnancy.pdf

สรุป สารตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมหลอมโลหะ การผลิตแบตเตอรี่และการรีไซเคิลแบตเตอรี่ก่อสร้าง ผลิตและซ่อมรถยนต์ ผลิตเซรามิก ซ่อมและผลิตเรือไม้ ผลิตกระสุนปืน ฯลฯ การนำตะกั่วมาใช้งานทำให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน ฝุ่น อากาศ น้ำผิวดิน น้ำดื่ม อาหาร รวมไปถึงภาชนะที่ใช้ในครัวเรือน ของเล่นเด็ก สีทาบ้าน การรับสัมผัสสารตะกั่วจึงเป็นปัญหาทางด้านอาชีวอนามัย ที่มีกลุ่มเป้าหมายหลักคือผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสสารตะกั่ว และเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่กลุ่มประชาชนทั่วไปมีโอกาสได้รับสารตะกั่วจากการแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม หรือสัมผัสจากการใช้ภาชนะต่าง ๆ การใช้สีทาบ้านที่มีตะกั่วผสม โดยเฉพาะในกลุ่มเด็กเล็กที่มีความไวต่อการรับสัมผัสและมีผลกระทบต่อสุขภาพมากเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ การดำเนินการเฝ้าระวังสิ่งคุกคามและการเฝ้าระวังสุขภาพ รวมทั้งการจัดการความเสี่ยงเพื่อลดการสัมผัสสารตะกั่วในกลุ่มเสี่ยงเหล่านี้จำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนเพื่อป้องกันควบคุมโรคพิษตะกั่ว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ดร.อลัน กีเตอร์ อาจารย์ประจำหน่วยระบาดวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ช่วยตรวจทานภาษาอังกฤษ และสถาบันวิจัยและพัฒนาสุขภาพภาคใต้ (วพส.) ที่สนับสนุนทุนในการจัดทำเนื้อหา

เอกสารอ้างอิง

1. Sullivan JB, Krieger GR. Clinical environmental health and toxic exposure. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2001.
2. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational sources of exposure. [Internet]. 2005 [cited 2007 Dec 11]. Available from: http://orion.oac.uci.edu/~epinet/The_Lead_Page/exposure.html
3. Thornton I, Rautiu R, Brush S. Lead the facts [Internet]. [cited 2011 Oct 9]. Available from: http://www.ldaint.org/UserFiles/File/factbook/chapter7.pdf
4. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2555 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 2555]. แหล่งข้อมูล: http://www.pcd.go.th/public/publications/print_report.cfm?task=air_noise55
5. Cousillas A, Pereira L, Alvarez C, Heller T, De Mattos B, Piastra C, et al. Comparative study of blood lead levels in Uruguayan children (1994-2004). Biol Trace Elem Res 2008;122:19-25.
6. Nichani V, Li Wan-I, Smith M.A, Noonan G, Kulkarni M, Kodavor M, et al. Blood lead levels in children after phase-out of leaded gasoline in Bombay, India. Sci Total Environ 2006;363:95-100.
7. Kaewboonchoo O, Saleekul S, Powwattana A, Kawai T. Blood lead level and blood pressure of bus drivers in Bangkok, Thailand. Ind Health 2007;45:590-4.
8. Chomchai C, Padungtod C, Chomchai S. Predictors of elevated blood lead level in Thai children: a pilot study using risk assessment questionnaire. J Med Assoc Thai 2005;88:53-9.
9. อดิศักดิ์ ผลิตผลการพิมพ์. สารตะกั่วในเด็ก [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 ธ.ค. 2556]. แหล่งข้อมูล: http://www.isranews.org/thaireform/thaireform-data/item/24566
10. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. แผนที่ธรณี เคมีประเทศไทย: แผนที่ธาตุตะกั่ว 2551 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 ธ.ค. 2551]. แหล่งข้อมูล: http://www.dmr.go.th/more_news.php?cid=177&filename=index
11. Diawara MM, Litt JS, Unis D, Alfonso N, Martinez L, Crock JG, et al. Arsenic, cadmium, lead, and mercury in surface soils, Pueblo, Colorado: implications for population health risk. Environ Geochem Health 2006;28:297-315.
12. Haugland T, Ottesen RT, Volden T. Lead and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface soil from day care centres in the city of Bergen, Norway. Environ Pollut 2008;153:266-72.
13. Hogervorst J, Plusquin M, Vangronsveld J, Nawrot T, Cuypers A, Van Hecke E, et al. House dust as possible route of environmental exposure to cadmium and lead in the adult general population. Environ Res 2007;103:30-7.
14. Leung AO, Duzgoren-Aydin NS, Cheung KC, Wong MH. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. Environ Sci Technol 2008;42:2674-80.
15. Maharachpong N, Geater AF, Chongsuvivatwong V. Environmental and childhood lead contamination in the proximity of boat-repair yards in southern Thailand-I: pattern and factors related to soil and household dust lead levels. Environ Res 2006;101:294-303.

16. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. รายงานการดำเนินงานสำนักจัดการ คุณภาพน้ำประจำปี 2555 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 4 ต.ค. 2556]. แหล่งข้อมูล: http://wqm.pcd.go.th/water/images/stories/planing/reports/2556/report_55.pdf

17. Zietz BP, Lass J, Suchenwirth R. Assessment and management of tap water lead contamination in Lower Saxony, Germany. Int J Environ Health Res 2007;17:407-18.

18. กรมอนามัย. การติดตามตรวจสอบและข้อเสนอแนะการเฝ้าระวังการปนเปื้อนตะกั่วในน้ำดื่มโรงเรียน [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 16 ก.พ. 2552]. แหล่งข้อมูล: http://foodsan.anamai.moph.go.th/water1.html

19. Rose M, Baxter M, Brereton N, Baskaran C. Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. Food Addit Contam 2010;27:1380-404.

20. Sun JF, Wang CN, Wu YN, Yuan BJ, Tian ZH, Song XY, et al. Long-term dietary exposure to lead of the population of Jiangsu Province, China. Food Addit Contam 2011;28:107-14.

21. Haban M, Habanova M, Otepka P, Lukac N, Massanyi P. Concentration of heavy metals in various children's herbal tea types and their correlations. J Environ Sci Health 2008;43:533-8.

22. Zheng N, Wang Q, Zhang X, Zheng D, Zhang Z, Zhang S. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao City, China. Sci Total Environ 2007;387:96-104.

23. Pandey J, Pandey U. Accumulation of heavy metals in dietary vegetables and cultivated soil horizon in organic farming system in relation to atmospheric deposition in a seasonally dry tropical region of India. Environ Monit Assess 2009; 148:61-74.

24. ชลาลัย เสน่ห์ทอง, ศวพร ศุภผล, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. แนวทางในการลดปริมาณการสะสมโลหะหนัก ในผักพื้นที่ผลิตผัก ของชุมชนเมือง [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 15 มี.ค. 2554]. แหล่งข้อมูล: http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch52/04-plant/Chalalai/plant_00.html

25. Maleki A, Zarasvand MA. Heavy metals in selected edible vegetables and estimation of their daily intake in Sanandaj, Iran. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2008;39:335-40.

26. Storelli MM, Barone G, Cuttone G, Giungato D, Garofalo R. Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: public health implications. Food Chem Toxicol 2010;48: 3167-70.

27. Has-Schon E, Bogut I, Rajkovic V, Bogut S, Cacic M, Horvatic J. Heavy metal distribution in tissues of six fish species included in human diet, inhabiting freshwaters of the Nature Park "Hutovo Blato" (Bosnia and Herzegovina). Arch Environ Contam Toxicol 2008;54:75-83.

28. Dewailly E, Suhas E, Mou Y, Dallaire R, Chateau-Degat L, Chansin R. High fish consumption in French Polynesia and prenatal exposure to metals and nutrients. Asia Pac J Clin Nutr 2008;17:461-70.

29. Greenway JA, Gerstenberger S. An evaluation of lead contamination in plastic toys collected from day care centers in the Las Vegas Valley, Nevada, USA. Bull Environ Contam Toxicol 2010;85:363-6.

30. นลินี ศรีพวง, มาลี พงษ์โสภณ. พิษและอันตรายของ

เล่นเด็กและมาตรการความปลอดภัย. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2551.

31. มูลนิธิบูรณะนิเวศ. งานวิจัยสีน้ำมันปลอดสารตะกั่วของไทย 68 ยี่ห้อปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานอุตสาหกรรม [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 25 ก.ย. 2556]. แหล่งข้อมูล: http://thaipublica.org/2013/10/asia-lead-paint-elimination-project/
32. Woolf AD, Goldman R, Bellinger DC. Update on the clinical management of childhood lead poisoning. Pediatr Clin North Am 2007;54: 271-94.
33. Tinker T.L, Keiser N. Childhood lead poisoning prevention on overview of federal education programs and resources. J Prim Prev 1997;18: 129-40.
34. Environment Protection Agency (USEPA). Lead: identification of dangerous levels of lead. Final rule. CFR part 745. Federal Register, 66, 1211 [Internet]. [cited 2007 May 16]. Available from: http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-TOX/2001/January/Day-05/t84.pdf
35. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR). Lead toxicity: what are the U.S. standards for lead levels? [Internet]. [cited 2011 Aug 16]. Available from: http://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=7&po=8
36. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 18 พ.ค. 2554]. แหล่งข้อมูล: http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf135.htm
37. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ ปี 2543 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 12 มิ.ย. 2554]. แหล่งข้อมูล: http://foodsan.anamai.moph.go.th/ewt_dl_link.php?nid=58&filename=index_foodsan
38. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 20 ก.ค. 2556]. แหล่งข้อมูล: http://elib.fda. moph.go.th/fulltext2.pdf
39. กระทรวงมหาดไทย. ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) 2520 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 ม.ค. 2554]. แหล่งข้อมูล: http://www.trclabourunion.com/picture/mulniti/low_s4.pdf
40. Counter SA, Buchanan LH, Ortege F. Neurocognitive impairment in lead-exposed children of Andean lead-glazing workers. Environ Res 2005;94:120-33.
41. Klaassen CD. Casarett and Doll's toxicology the basic science of poison. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division; 2001.
42. Fewtrell LJ, Pruss-Ustun A, Landrigan P, Ayuso-Mateos JL. Estimating the global burden of disease of mild mental retardation and cardiovascular diseases from environmental lead exposure. Environ Res 2004;94:120-33.
43. Mendel AL, Dreyer BP, Fierman AH, Rosen CM, Legano LA, Kruger HA. Low-level lead exposure and behaviour in early childhood. Pediatrics 1998;101:10-6.
44. Bashir R, Khan DA, Saleeman M, Zaman KU, Malik IA. Blood lead levels and anemia in lead exposed workers. J Pak Med Assoc 1995;45: 64-6.
45. Telisman S, Pizent A, Jurasovic J, Cvitkovic P. Lead effect on blood pressure in moderately lead-

exposed male workers. Am J Ind Med 2004; 45:446-54.

46. Nomiyama K, Nomiyama H, Liu SJ, Tao YX, Nomiyama T, Omae K. Lead induced increase of blood pressure in female lead workers. Environ Med 2002;59:734-8.
47. Viskum S, Rabjerg L, Jorgense PJ, Grandjean P. Improvement in semen quality associated with decreasing occupational lead exposure. Am J Ind Med 1999;35:257-63.
48. Robins TG, Bornman MS, Ehrlich RI, Cantrell AC, Pienaar, Vallabh J. Semen quality and fertility of men employed in a South African lead acid battery plant. Am J Ind Med 1997; 32:369-76.
49. Alexander BH, Checkoway H, Van Netten C, Muler CH, Ewers TG. Semen quality of men employed at a lead smelter. Occ Environ Med 1996;53:411-6.
50. Aribarg A, Sukcharoen N. Effect of occupational lead exposure on spermatogenesis. J Med Assoc Thai 1996;19:91-7.
51. Gulson BL, Mizon KJ, Palmer JM, Korsch MJ, Taylo AJ. Blood lead changes during pregnancy and postpartum with calcium supplementation. Environ Health Perspect 2004;112:1499-507.
52. Rosenstock L, Cullen MR, eds. Text book of clinical occupational and environmental medicine. Philadephia: W.B Saunders Company, 1994.
53. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Standards-29CFR Lead 1910.1025 (App B) [Internet]. [cited 2011 Nov 15]. Available from: http://www.osha. gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10032
54. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), editor. ACGIH 2009 TLVs and BEIs. Cincinnati: Kemper Meadow Drive; 2009.
55. Centers for Disease Control (USCDC). Preventing lead poisoning in young children 1991 [Internet]. [cited 2008 May 15]. Available from: http://wonder.cdc.gov/wonder/prevguid/p0000029/p0000029.asp
56. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการเฝ้าคุมเฝ้าระวังการเกิดโรคพิษตะกั่วสำหรับเจ้าหน้าที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรค และเจ้าหน้าที่สาธารณสุขระดับจังหวัด. นนทบุรี: สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม; 2548.
57. กระทรวงอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 4409 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแนวปฏิบัติการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงด้านเคมีและกายภาพจากการประกอบอาชีพในสถานประกอบกิจการ [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 10 ก.พ. 2551]. แหล่งข้อมูล: http://www.summacheeva.org/documents/share_55_industry.PDF
58. วิลาวัณย์ จึงประเสริฐ, สุจริต สุนทรธรรม, บรรณาธิการ. อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิษวิทยา. กรุงเทพมหานคร: บริษัทไซเบอร์เพรส; 2542.
59. กระทรวงแรงงาน. กฎกระทรวง เรื่อง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับสารเคมีอันตราย 2556 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 12 ธ.ค. 2551]. แหล่งข้อมูล: http://www.oshthai.org/upload/file_linkitem/20131129145559_2.pdf

60. Thanapop C, Geater AF, Robson MG, Phakthongsuk P, Viroonudomphol D. Exposure to lead of boatyard workers in Southern Thailand. J Occup Health 2007;49:345-52.
61. Thanapop C, Geater AF, Robson MG, Phakthongsuk P. Elevated lead contamination in boat-caulkers' homes in Southern Thailand. Int J Occup Environ Health 2009;15:282-90.
62. Untimanon O, Geater A, Chongsuvivatwong V, Saetia W, Utapan S. Skin lead contamination of family members of boat-caulkers in Southern Thailand. Industrial Health 2011;49:37-46.
63. Untimanon O, Geater A, Chongsuvivatwong V, Saetia W, Verkasalo PK. Relative Contribution of potential modes of surface dust lead contamination in the homes of boatyard caulkers. J Occup Health 2012;54:165-73.
64. de Freitas CU, De Capitani EM, Gouveia N, Simonetti MH, de Paula ESMR, Kira CS, et al. Lead exposure in an urban community: investigation of risk factors and assessment of the impact of lead abatement measures. Environ Res 2007;103:338-44.
65. Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH Manual of analytical methods, 4th edition. Darby, PA: Diane Publishing; 1994.
66. กระทรวงแรงงาน. ประกาศกระทรวงแรงงาน เรื่อง กำหนดสารเคมีอันตรายที่นายจ้างจัดให้มีการตรวจสุขภาพลูกจ้าง พ.ศ 2552. Vol. 2556 [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 25 มิ.ย. 2551]. แหล่งข้อมูล: http://www.oshthai.org/upload/file_linkitem/20100804033323_2.pdf
67. Association of Occupational and Environmental Clinics (AOAC). Medical management guidelines for lead-exposed adults [Internet]. [cited 2011 Oct 8]. Available from: http://www.aoec.org/documents/positions/MMG_FINAL.pdf
68. Occupational Lead Poisoning Prevention Program, California Department of Public Health. Medical guidelines for the lead exposed worker [Internet]. [cited 2013 Dec 25]. Available from: http://www.cdph.ca.gov/programs/olppp/Documents/medgdln.pdf
69. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Low level lead exposure harms children: a renewed call for primary prevention report of the Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control 2012 [Internet]. [cited 2013 Dec 10]. Available from: http://www.coeh.uci.edu/PEHSU/factsheets/med_mgmt_ childhood_ lead_exp_2013.pdf
70. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for identification and management of lead exposure in pregnancy and lactating women 2010 [Internet]. [cited 2013 Dec 20]. Available from: http://www.cdc.gov/nceh/lead/publications/ leadandpregnancy2010.pdf