



ความชุกของสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ ของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรม

Prevalence of Elevated Total Arsenic in Urine of Industrial Plant Workers

สุมิตร ธนประกอบ*
Sumith Tanaprakob, M.D.*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความชุกของสารหนูโดยรวมในปัสสาวะที่สูงกว่าปกติของพนักงานที่ทำงานในบริษัทผลิตน้ำมันและแยกแก๊ส ทั้งบนชายฝั่งและนอกชายฝั่งทั้งเพศชาย และเพศหญิง อายุตั้งแต่ 20 - 60 ปี วิจัยดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากแบบบันทึกเวชระเบียนของโรงพยาบาลกรุงเทพและโรงพยาบาลกรุงเทพพระประแดง ผลตรวจปัสสาวะเพื่อตรวจระดับของสารหนูโดยรวม และ/หรือ สารหนูอนินทรีย์ ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2556 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ของห้องปฏิบัติการ N-Health รวม 574 คน ผลการวิจัย พบว่า ความชุกของสารหนูโดยรวมและสารหนูอนินทรีย์ที่สูงกว่าปกติในปัสสาวะของพนักงานที่ทำงานบนชายฝั่งและนอกชายฝั่งในบริษัทที่ผลิตน้ำมันและแยกแก๊สเท่ากับ ร้อยละ 25.96 และร้อยละ 4.76 ตามลำดับ สรุปผลการวิจัย พนักงานที่ทำงานบนชายฝั่งและนอกชายฝั่งของบริษัทที่ผลิตน้ำมันและแยกแก๊สมีระดับสารหนูสูงกว่าระดับปกติจริง ควรจะมีการวิจัยแบบศึกษาไปข้างหน้าและการเดินสำรวจโรงงานในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ : สารหนู สารหนูอนินทรีย์ พนักงาน

* Doctor, Bangkok Health Promotion Center, Bangkok Hospital
E-mail: sumit376@hotmail.com



Abstract

This study was a cross-sectional method. This research aimed to study the prevalence elevated of total arsenic in urine of the workers who work in oil and gas production industrial, both onshore and offshore including male and female from age 20 - 60 years. Material and method used the Bangkok Hospital and Bangkok Prapadaeng Hospital medical records of total arsenic in urine and / or inorganic arsenic and methylated metabolites from January 1, 2013 to December 31, 2015 by using N-Health Laboratory facilities analysis, the total 574 workers. The result revealed that the prevalence of total arsenic and inorganic arsenic and methylated metabolites which were higher than normal level in workers who work in onshore/offshore in oil and gas production industrials was 25.96 percent and 4.76 percent, respectively. Conclusion; The workers who work onshore and offshore in oil and gas production industrial had elevated of total arsenic in urine. Suggestion to conduct prospective study and walkthrough survey in the future.

Keywords : arsenic, inorganic arsenic and methylated metabolites, workers

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สารหนูเป็นธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) ที่พบอยู่ได้ทั่วไปในชั้นหินและดินของเปลือกโลก สารหนูอาจพบได้ในรูปธาตุบริสุทธิ์ (Elemental form) หรือสารประกอบของสารหนู (Arsenic compound) ซึ่งมีทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organic arsenic compound) และสารประกอบอนินทรีย์ (Inorganic arsenic compound) กลุ่มสารหนูที่ทำให้เกิดภาวะพิษ ได้แก่ กลุ่มสารประกอบสารหนูอนินทรีย์เป็นหลัก กลุ่มสารประกอบสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic compound) ประกอบด้วย Trivalent arsenic (Arsenite) และ Pentavalent arsenic (Arsenate) โดย Arsenite มีความเป็นพิษมากกว่า Arsenate ประมาณ 10 เท่า¹ ตัวอย่างของสารประกอบสารหนูอนินทรีย์ ได้แก่ Arsenic trichloride, Arsenic trioxide เป็นต้น สารหนูอินทรีย์ เช่น สารประกอบ Arsenobetaine และ Arsenocholine ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษน้อยและพบได้ในอาหารทะเลเป็นส่วนใหญ่ (มีชื่อเรียกว่า Fish arsenic) ส่วนสารหนูโดยรวม ประกอบด้วยทั้งสารหนูอินทรีย์และสารหนูอนินทรีย์รวมกันอยู่ ในการกระทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ทำให้สารหนูในสิ่งแวดล้อมเพิ่มปริมาณมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสสารหนูของคนงาน ได้แก่ อุตสาหกรรมการทำเหมืองคอนคัลเตอร์² อุตสาหกรรมการขุดเจาะน้ำมันและแยกแก๊ส³ การทำเหมืองแร่⁴ การผลิตและใช้ยาฆ่าแมลง เป็นต้น ของเสียจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ไม่ย่อยสลาย ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทางน้ำ⁵ หรืออนุภาคเล็กในอากาศ⁶ สารหนูเข้าสู่ร่างกายโดยผ่านปากสู่ทางเดินอาหารและสูดผ่านทางเดินหายใจเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถ้าสัมผัสโดยผ่านเข้าปากจะมีการผิดปกติ

ในระบบทางเดินอาหารจะมาเป็นอันดับแรก ถ้าสัมผัสโดยการสูดผ่านทางเดินหายใจ จะมีอาการระคายเคืองทางเดินหายใจเป็นอันดับแรก และเมื่อสารหนูถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดจะมีอาการหลากหลายขึ้นอยู่กับอวัยวะที่สะสมสารหนูไว้ พิษจากสารหนู (Arsenic toxicity) แบ่งออกเป็น ภาวะพิษแบบเฉียบพลันและภาวะพิษแบบเรื้อรัง ภาวะพิษจากสารหนูเฉียบพลัน^{7,8} ส่วนใหญ่เกิดจากการรับประทานหรือบริโภคด้วยความตั้งใจ (ฆาตกรรมหรือฆ่าตัวตาย) ผู้ป่วยจะเริ่มมีอาการปวดท้อง คลื่นไส้อาเจียน ท้องเสียรุนแรง ถ่ายเป็นน้ำคัลลายหรือหิวตกโรค หรือถ่ายเป็นน้ำปนเลือด ผลที่ตามมาอย่างรวดเร็ว คือ เกิดการทำลายของกล้ามเนื้อหัวใจ ตรวจพบคลื่นไฟฟ้าหัวใจผิดปกติ มีความดันโลหิตต่ำ และการสูดของหัวใจล้มเหลวในระบบประสาทพบภาวะสมองทำงานผิดปกติเฉียบพลัน (Acute encephalopathy) ทำให้มีอาการซึม สับสน และอาการกล้ามเนื้อแขนขาอ่อนแรง นอกจากนี้อาจเกิดภาวะไตวายเฉียบพลันและภาวะตับอักเสบได้ ภาวะพิษสารหนูแบบเรื้อรัง^{7,8} สามารถแสดงอาการได้ในอวัยวะหลายระบบ โดยมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป กล่าวคือ ระบบผิวหนัง ได้แก่ จุดดำต่างดํา (Hyperpigmentation) และจุดต่างขาว (Hypopigmentation) ระบบหลอดเลือด ได้แก่ ภาวะการขาดเลือดหล่อเลี้ยงปลายมือและปลายเท้า (Arterial insufficiency) ระบบประสาท มีความผิดปกติทั้งระบบประสาทส่วนปลายและส่วนกลาง ระบบอื่นๆ เกิดภาวะไขกระดูกฝ่อ ปอดผิดปกติเรื้อรังแบบอุดกั้น/จำกัด (Obstructive/Restrictive) และการก่อเกิดมะเร็ง สารหนูเป็นสารก่อเกิดมะเร็งที่อยู่ใน IARC Class 1 เป็นสารก่อเกิดมะเร็งในมนุษย์ที่พบ ได้แก่ มะเร็งผิวหนัง มะเร็งปอด มะเร็งไต มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งระบบเม็ดเลือดขาว⁹

เนื่องจากพนักงานในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันและแก๊ส อาจมีการทำงานที่มีสภาพแวดล้อมปนเปื้อนของสารหนู ทั้งในอากาศ ในน้ำ ในอาหาร รวมถึงในกระบวนการผลิตทั้งนอกชายฝั่งและบนชายฝั่ง ซึ่งพนักงานอาจมีการสัมผัสสารหนู ทางผู้วิจัยได้ศึกษาระดับของสารหนูในปัสสาวะที่สูงกว่าปกติของพนักงาน 574 คน ที่ทำงานบนชายฝั่งและนอกชายฝั่งของบริษัทที่ทำการผลิตน้ำมันและแก๊ส บริษัทรับจ้างเหมา (Subcontract) ศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) โดยใช้ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อประโยชน์ในการป้องกันและดูแลสุขภาพของพนักงานในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาความชุกของสารหนูโดยรวมและสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะที่สูงกว่าปกติของพนักงานที่ทำงานในบริษัทผลิตน้ำมันและแก๊สทั้งบนชายฝั่งและนอกชายฝั่ง

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. โรงงานอุตสาหกรรมนอกชายฝั่ง (Offshore industry) หมายถึง บริษัทที่ทำการผลิตน้ำมันและแก๊ส บริษัทรับจ้างเหมา (Subcontract) ที่พนักงานทำงานอยู่บน Platform กลางทะเล
2. โรงงานอุตสาหกรรมบนชายฝั่ง (Onshore industry) หมายถึง บริษัทที่ทำการผลิตน้ำมันและแก๊ส บริษัทรับจ้างเหมา (Subcontract) ที่พนักงานทำงานอยู่บนบกใกล้ทะเล



วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยแบบตัดขวาง (Cross-sectional study) โดยรวบรวมข้อมูลจากผลตรวจปัสสาวะ เพื่อตรวจระดับสารหนูโดยรวม (Total arsenic) และ/หรือสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic and methylated metabolites) ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2556 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2558 ของห้องปฏิบัติการ N-Health รวม 574 คน ซึ่งได้จากการตรวจสุขภาพตามความเสี่ยงของพนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่งมาตรวจที่ห้องปฏิบัติการ N-Health (เป็นบริษัทผู้ให้บริการตรวจวิเคราะห์ ผลการตรวจเลือด ปัสสาวะ และสารเคมีต่างๆ ให้โรงพยาบาลในเครือโรงพยาบาลกรุงเทพ และบุคคลทั่วไป) ส่งโดยโรงพยาบาลกรุงเทพและโรงพยาบาลกรุงเทพพระประแดง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

พนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการผลิตน้ำมันนอกชายฝั่ง บริษัทรับจ้างเหมา และโรงงานที่ทำการแยกแก๊สทุกคน

หลักเกณฑ์การคัดเข้า พนักงานที่ส่งปัสสาวะเพื่อตรวจหาระดับสารหนูโดยรวมที่ห้องปฏิบัติการ N-Health ทั้งเพศชายและเพศหญิง โดยมีอายุตั้งแต่ 20 - 60 ปี

หลักเกณฑ์การคัดออก ส่งตรวจสารหนูในปัสสาวะด้วยวัตถุประสงค์อื่น เช่น เพื่อดูผล Detoxification เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่อง ICP-MS-(1) (Agilent Technologies, 7700x Series) เป็นเครื่องตรวจวิเคราะห์สารหนูโดยรวมในปัสสาวะ (Total arsenic in urine) ตัวอย่างปัสสาวะถูกเตรียมโดยการเจือจางด้วยสารละลายพร้อมด้วยสารมาตรฐานภายใน (Internal standard) ในสัดส่วนที่เหมาะสม จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องตรวจวิเคราะห์โดยตัวดูดสารละลายอัตโนมัติ ผ่านเข้าสู่ตัวพ่นสารฝอยละออง (Nebulizer) เพื่อทำให้เป็นละอองขนาดเล็กก่อนเข้าสู่ ICP torch ซึ่งเป็นขบวนการที่นำมาใช้ทำคป (Inductively Coupled Plasma) ที่มีเปลวพลาสมา (Plasma torch) อุณหภูมิสูง (8,000 - 10,000 K) ละอองตัวอย่างที่ผ่านเข้าไปจะถูกกำจัดตัวทำละลาย (Desolvation) ออกจากสารละลายตัวอย่าง และระเหยสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปไอ (Vaporization) ไอของโมเลกุลเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นอะตอม (Atomization) แล้วแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ของธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ไอออนที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้จะถูกส่งผ่านเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์มวลชนิด Quadrupole Mass Spectrometer ที่ทำหน้าที่คัดกรองเฉพาะมวลของสารหนูโดยการแยกไอออนที่มีอัตราส่วนของมวลต่อประจุ (m/z) เฉพาะตัวออกจากลำของไอออนอื่นๆ แล้วเข้าสู่เครื่องตรวจวัดกระแสไอออนซึ่งจำนวนที่วัดได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนสารหนูในตัวอย่าง จากนั้นจะถูกคำนวณและรายงานเชิงปริมาณโดยการเทียบกับ Calibration curve แบบ Internal standard method ที่สร้างขึ้นจากการใช้สารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตัวอย่างประเภทเดียวกัน

2. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (Agilent Technologies, 1200 Series) เป็นเครื่องตรวจวิเคราะห์สารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะ (Inorganic arsenic and methylated metabolites in urine) โดยทำการแยกสารหนูแต่ละชนิดย่อย (Form) ในปัสสาวะด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) โดยใช้ Stationary phase เป็น Column แบบ Anion exchange ซึ่งสารหนูในแต่ละชนิดย่อย (Form) มีคุณสมบัติความเข้ากันได้กับ Stationary phase ที่แตกต่างกัน ดังนั้นแต่ละ Form ของสารหนูจะเคลื่อนผ่าน Stationary phase ออกมาก่อนและหลังตามลำดับ ดังนี้ AB, As (III), DMA, MMA และ As(V) หลังจากนั้นแต่ละ form ก็เคลื่อนเข้าสู่เครื่อง Inductive Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) ตามลำดับ โดยผ่านเข้าสู่ตัวพ่นสารฝอยละออง (Nebulizer) เพื่อทำให้เป็นละอองขนาดเล็กก่อนเข้าสู่ ICP torch ซึ่งเป็นขบวนการที่นำมาใช้ทำคัป (Inductively Coupled Plasma) ที่มีเปลวพลาสมา (Plasma torch) อุณหภูมิสูง (8,000 - 10,000 K) ละอองตัวอย่างที่ผ่านเข้าไปจะถูกกำจัดตัวทำละลาย (Desolvation) ออกจากสารละลายตัวอย่าง และระเหยสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปไอ (Vaporization) ไอของโมเลกุลเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นอะตอม (Atomization) แล้วแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ของธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่าง ไอออนที่เกิดขึ้นทั้งหมดนี้จะถูกส่งผ่านเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์มวลชนิด Quadrupole Mass Spectrometer ที่ทำหน้าที่คัดกรองเฉพาะมวลของสารหนู โดยการแยกไอออนที่มีอัตราส่วนของมวลต่อประจุ (m/z) เฉพาะตัวออกจากลำของไอออนอื่นๆ แล้วเข้าสู่เครื่องตรวจวัดกระแสไอออนซึ่งจำนวนที่วัดได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนสารหนูแต่ละชนิดย่อย (Form) ในตัวอย่าง จากนั้นจะถูกคำนวณและรายงานเชิงปริมาณโดยการเทียบกับ Calibration curve ที่สร้างขึ้นจากการใช้สารมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ในตัวอย่างประเภทเดียวกัน

การควบคุมคุณภาพ

1. การควบคุมคุณภาพภายใน (Internal quality control) ใช้ Control Urine for Occupational Medicine 2 ระดับ โดยการควบคุมคุณภาพทุกครั้งที่มีการตรวจวิเคราะห์
2. การควบคุมคุณภาพภายนอก (External quality control) เข้าร่วมประเมินและควบคุมคุณภาพห้องปฏิบัติการ โดยองค์กรภายนอก (External quality assessment) ของโครงการ German External Quality Assessment Scheme 2 ครั้งต่อปี

การรับรองมาตรฐาน ISO 15189 : 2012 จากสำนักมาตรฐานห้องปฏิบัติการ กระทรวงสาธารณสุข

3. แบบฟอร์มเก็บข้อมูล เป็นแบบฟอร์มที่จัดทำขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม อายุ และเพศของพนักงาน

4. ตารางรายงานผล บันทึกเป็นจำนวนและร้อยละ



การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน โรงพยาบาลกรุงเทพ หนังสือรับรองเลขที่ BMC-IRB 2016-09-022 วันที่รับรอง 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ. 2559

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการขออนุญาตผู้อำนวยการโรงพยาบาลกรุงเทพและโรงพยาบาลกรุงเทพพระประแดง ในการใช้ข้อมูลก่อนวันที่ทำการวิจัย
2. คัดกรองข้อมูลของพนักงาน ตามคุณสมบัติ หลักเกณฑ์การคัดเข้า และหลักเกณฑ์การคัดออก เกณฑ์ในการวินิจฉัยสารหนูในปัสสาวะของพนักงาน โดยสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
 1. มีประวัติการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่อาจมีการสัมผัสสารหนูในกระบวนการผลิต
 2. ผลการตรวจสารหนูในปัสสาวะรายงานผลเป็นเชิงปริมาณ (Quantitative analysis) เป็นความเข้มข้นในหน่วย $\mu\text{g/L}$ เกินกว่าค่าปกติ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะ
 - ก) Total arsenic มีค่าเกิน $100 \mu\text{g/L}$ ¹⁰
 - ข) และ/หรือ Inorganic arsenic and methylated metabolites เกินกว่า $35 \mu\text{g/L}$ ¹¹
3. การแปลผล American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Documentation of the threshold limit values for biological exposure indices, 7th ed. Cincinnati: ACGIH; 2013

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความชุกของสารหนูโดยรวมและสารหนูอนินทรีย์ จำแนกตาม เพศ อายุ ชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน และร้อยละ

ผลการวิจัย

จำนวนพนักงานทั้งหมด จำนวน 574 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 91.11 มีอายุอยู่ระหว่าง 31 - 40 ปี มากที่สุด ร้อยละ 40.77 ทำงานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมนอกชายฝั่ง ร้อยละ 28.40



ตารางที่ 1 จำนวนและร้อยละของพนักงานจำแนกตามชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม

ชนิดของ โรงงาน	การตรวจพบสารหนูโดยรวม					
	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
นอกชายฝั่ง	109	18.99	54	9.41	163	28.40
บนชายฝั่ง	303	52.79	89	15.50	392	68.29
อื่นๆ	13	2.26	6	1.05	19	3.31
รวม	425	74.04	149	25.96	574	100.00

จากตารางที่ 1 พบว่า พนักงานที่ทำงานนอกชายฝั่งมีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 9.41 และพนักงานที่ทำงานบนชายฝั่งมีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 15.50 พนักงานทั้งหมดที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 25.96

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ตรวจพบสารหนูโดยรวมจำแนกตามปี

ปี (พ.ศ.)	การตรวจพบสารหนูโดยรวม					
	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
2556	124	21.60	53	9.24	177	30.84
2557	37	6.45	13	2.26	50	8.71
2558	264	45.99	83	14.46	347	60.45
รวม	425	74.04	149	25.96	574	100.00

จากตารางที่ 2 พบว่า พ.ศ. 2556 พบพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 9.24 พ.ศ. 2557 พบพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 2.26 พ.ศ. 2558 พบพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 14.46



ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ตรวจพบสารหนูโดยรวมจำแนกตามประเภทของงานและปีที่ตรวจพบ

การตรวจพบสารหนูโดยรวมสูงกว่าปกติ								
ปี (พ.ศ.)	นอกชายฝั่ง		บนชายฝั่ง		อื่นๆ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
2556 (177 คน)	24	16.11	26	17.45	3	2.01	53	35.57
2557 (50 คน)	9	6.04	3	2.01	1	0.67	13	8.72
2558 (347 คน)	21	14.10	60	40.27	2	1.34	83	55.71
รวม	54	36.24	89	59.73	6	4.03	149	100.00

จากตารางที่ 3 พบว่า พ.ศ. 2556 มีพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ แบ่งเป็น นอกชายฝั่ง ร้อยละ 16.11 บนชายฝั่ง ร้อยละ 17.45 และอื่นๆ ร้อยละ 2.01 พ.ศ. 2557 มีพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ แบ่งเป็น นอกชายฝั่ง ร้อยละ 6.04 บนชายฝั่ง ร้อยละ 2.01 และอื่นๆ ร้อยละ 0.67 พ.ศ. 2558 มีพนักงานที่มีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติ แบ่งเป็น นอกชายฝั่ง ร้อยละ 14.10 บนชายฝั่ง ร้อยละ 40.27 และอื่นๆ ร้อยละ 1.34

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ตรวจพบสารหนูโดยรวมจำแนกตามช่วงอายุ

การตรวจพบสารหนูโดยรวม						
ช่วงอายุ (ปี)	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
21 - 30	142	24.74	44	7.67	186	32.41
31 - 40	166	28.92	68	11.85	234	40.77
41 - 50	65	11.32	17	2.96	82	14.28
มากกว่า 50	52	9.06	20	3.48	72	12.54
รวม	425	74.04	149	25.96	574	100.00

จากตารางที่ 4 พบว่า ช่วงอายุที่พบพนักงานมีระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะสูงกว่าปกติมากที่สุด คือ ช่วง 31 - 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 11.85 ของจำนวนพนักงานที่ส่งตรวจทั้งหมด

ตารางที่ 5 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ตรวจพบสารหนูโดยรวมจำแนกตามเพศ

เพศ	การตรวจพบสารหนูโดยรวม					
	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	384	66.90	139	24.21	523	91.11
หญิง	41	7.14	10	1.75	51	8.89
รวม	425	74.04	149	25.96	574	100.00

จากตารางที่ 5 พบว่า มีพนักงานที่มีระดับสารหนูในปัสสาวะโดยรวมสูงกว่าปกติเป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 24.21 เพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 1.75 ของพนักงานที่ส่งตรวจทั้งหมด

ความชุกของสารหนูโดยรวมสูงกว่าปกติ ของพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันและแยกแก๊สนี้ คือ ร้อยละ 25.96

ตารางที่ 6 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ส่งตรวจพบสารหนูอนินทรีย์จำแนกตามปี

ปี (พ.ศ.)	การตรวจพบสารหนูอนินทรีย์					
	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
2556	22	52.38	1	2.38	23	54.76
2557	4	9.52	0	0.00	4	9.52
2558	14	33.34	1	2.38	15	35.72
รวม	40	95.24	2	4.76	42	100.00

จากตารางที่ 6 พบว่า จำนวนพนักงานที่ตรวจพบสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะสูงกว่าปกติใน พ.ศ. 2556 คิดเป็นร้อยละ 2.38 ใน พ.ศ. 2557 คิดเป็นร้อยละ 0.00 และ ใน พ.ศ. 2558 คิดเป็นร้อยละ 2.38

ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของพนักงานที่ตรวจพบสารหนูอนินทรีย์จำแนกตามเพศ

เพศ	การตรวจพบสารหนูอนินทรีย์					
	มีระดับสารหนูปกติ		มีระดับสารหนูสูงกว่าปกติ		รวม	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	35	83.34	2	4.76	37	88.10
หญิง	5	11.90	0	0.00	5	11.90
รวม	40	95.24	2	4.76	42	100

ตารางที่ 7 แสดงจำนวนพนักงานที่ตรวจพบสารหนู พบว่า พนักงานที่ตรวจพบสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะสูงกว่าปกติในช่วง 3 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.76 และเป็นเพศชายทั้งหมด พบสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic and methylated metabolites) สูงกว่าปกติในพนักงานกลุ่มนี้ คือ ร้อยละ 4.76



ภาพ Chemical Protection Suite จากบริษัทผลิตน้ำมันและแยกแก๊สแห่งหนึ่ง

สรุป

ความชุกของสารหนูโดยรวม (Total arsenic) ของพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันและแยกแก๊สที่พบสูงกว่าปกติ คือ ร้อยละ 25.96

การอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย พบว่า สารหนูโดยรวม (Total arsenic) มีระดับสูงกว่าปกติในกลุ่มพนักงานที่ทำงานนอกชายฝั่ง ร้อยละ 9.41 และพนักงานบนชายฝั่ง ร้อยละ 15.50 นั้น การทำงานในสภาพแวดล้อมดังกล่าวอาจทำให้มีโอกาสสัมผัสสารหนู ทั้งจากสภาพแวดล้อมที่อยู่และในกระบวนการผลิตมากขึ้น สอดคล้องกับการทบทวนวรรณกรรมของ Witter และคณะ¹² พบว่า การสัมผัสโลหะหนักรวมถึงสารหนูมีผลเสียต่อสุขภาพของพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันและแยกแก๊สทั้งบนชายฝั่งและนอกชายฝั่ง จากการศึกษาขนาดใหญ่ การศึกษาหนึ่ง พบว่า หากกินอาหารทะเล เช่น เนื้อปลา (Fish) กุ้ง ปู (Shellfish) หอย (Mollusk) สาหร่ายทะเล (Seaweed) และซูชิ (Sushi) เหล่านี้เข้าไป จะทำให้ระดับสารหนูโดยรวมในปัสสาวะมีระดับสูงขึ้นได้แน่นอน¹³ มีการศึกษาในเมืองที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดมะเร็งจากพิษของสารหนู เช่น Taronto ประเทศแคนาดา กับเมืองข้างเคียงที่อยู่ไกลออกไป ตรวจระดับของสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะ พบว่า ปริมาณสารหนูอนินทรีย์ที่ถูกขับออกมาหลังบริโภคสูงต่างจากก่อนบริโภคอาหารทะเล 48 - 72 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญ¹⁴ แต่ก็มีการศึกษาของ Hsueh และคณะ¹⁵ เมืองไทเป ประเทศไต้หวัน ที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ก่อนบริโภคและหลังบริโภคอาหารทะเล 3 วัน

ความชุกของสารหนูโดยรวม (Total arsenic) ของพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันและแยกแก๊สมีระดับสูงกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 25.96 ในการวิจัยนี้ยังไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างสารหนูโดยรวมกับการสัมผัสสารหนูจากสิ่งแวดล้อม เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากบันทึกของเวชระเบียนนั้นยังไม่เพียงพอที่จะมีการศึกษาทางระบาดวิทยา (Epidemiological studies) โดยลงพื้นที่จริงต่อไป เพื่อจะได้ข้อมูลสิ่งแวดล้อมของพนักงาน เช่น ระดับสารหนูในบรรยากาศขณะทำงาน ลักษณะงานที่พนักงานอาจสัมผัสสารหนู รวมถึงการใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เป็นต้น

หลังจากที่พบสารหนูโดยรวมในพนักงานกลุ่มนี้ บริษัทได้ทำการตรวจปัสสาวะซ้ำเพื่อหาระดับสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic and methylated metabolites) ที่สูงกว่าปกติ เป็นส่วนที่มีผลเสียต่อสุขภาพโดยตรง พบสารหนูอนินทรีย์สูงกว่าปกติในพนักงานกลุ่มนี้ คือ ร้อยละ 4.76 หนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ พนักงานที่มีสารหนูโดยรวมสูงกว่าปกติ บางส่วนไม่ได้ส่งปัสสาวะเพื่อตรวจสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic and methylated metabolites) ซ้ำที่โรงพยาบาลกรุงเทพหรือโรงพยาบาลกรุงเทพพระประแดง จึงมีผลให้ความชุกของสารหนูอนินทรีย์ (Inorganic arsenic and methylated metabolites) อาจแตกต่างจากที่เป็นจริง การส่งตรวจสารหนูในปัสสาวะซ้ำเมื่อพบสารหนูโดยรวมสูงกว่าปกติขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัท สำหรับผลสารหนูอนินทรีย์ในปัสสาวะสูงกว่าปกติ 2 รายนั้น พบในพนักงานทำงานบนชายฝั่งในโรงแยกแก๊สบนชายฝั่ง ทำหน้าที่รับ PIG¹⁶ เป็นกระบวนการทำความสะอาดระบบท่อส่งน้ำมันและแก๊ส (Pipeline system) จากแท่นนอกชายฝั่ง (Offshore) มาที่บนชายฝั่ง (Onshore) โดยอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายหัวกระสุนขนาดพอดีกับท่อส่งน้ำมันและแก๊ส (Pipeline) โดยอัดแรงดันให้อุปกรณ์ดังกล่าวเคลื่อนที่ไปตามท่อส่งน้ำมันและแก๊ส ในขณะเดียวกันสิ่งแปลกปลอมที่เกาะตามผนังด้านในของท่อส่งก็จะติดตามพร้อมกับการเคลื่อนที่ของหัวกระสุนที่ Onshore ขณะเปิดฝาเพื่อรับหัวกระสุนจะมีสารเคมีรวมถึง



สารหนูและแก๊สต่างๆ ออกมา ขณะปฏิบัติการรับ PIG มีความจำเป็นต้องมีชุดและอุปกรณ์ป้องกันที่เหมาะสม เพื่อมิให้สัมผัสสารพิษที่ออกมา ซึ่งจะนำเสนอแก่บริษัทผู้เกี่ยวข้อง ประเมินมาตรการที่ควบคุม และวางแผนป้องกันการสัมผัสสารหนูในอนาคตที่ดีขึ้น เช่น การใช้อุปกรณ์ป้องกัน ได้แก่ หน้ากากป้องกัน มีความกระชับขณะสวมใส่ (Sealed check) และป้องกันสารพิษได้ดีหรือไม่ (Respirator fit test)¹⁷ ควรล้างมือให้สะอาดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารหนูขณะรับประทานอาหาร ก่อนกลับบ้านควรอาบน้ำ สระผม เปลี่ยนชุดทำงาน เพื่อป้องกันการนำสารหนูติดตัวกลับบ้าน เปรียบเทียบผลการตรวจสุขภาพตาม ความเสี่ยงในกลุ่มพนักงานดังกล่าว ผลการตรวจสิ่งแวดล้อม (Work place air, Arsenic in drinking water) ในแต่ละปี เป็นต้น

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

พบว่ามีการสัมผัสสารหนูจริงในการวิจัยนี้ อาจมาจาก Occupation exposure หรือ Non occupational exposure ก็ได้ จึงควรมีความร่วมมือระหว่างโรงพยาบาล บริษัทที่ทำการผลิตน้ำมันและ แยกแก๊ส และตัวพนักงาน กล่าวคือ การตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงของพนักงานที่มีสารหนูติดปอดนั้น ควรมีการเตรียมตัวที่ดี คือ

1. แนะนำให้งดอาหารทะเล สมุนไพร น้ำชา อย่างน้อย 3 วัน
2. มีการประเมินการสัมผัสด้วยการเดินสำรวจ (Walkthrough survey) ที่ทำงานของพนักงาน ทั้งบนชายฝั่งและนอกชายฝั่ง ตาม Health risk assessment (ซึ่งโดยปกติเป็นสิ่งที่โรงงานอุตสาหกรรม ทำอยู่แล้ว) แต่ในบางครั้งควรมีความร่วมมือระหว่างโรงพยาบาลกับโรงงาน
3. มีการบริหารจัดการในด้านวิศวกรรม (Engineering control) ดูในกระบวนการผลิตว่ามีจุด บกพร่องที่อาจทำให้สัมผัสสารหนู และปรับปรุงสภาพที่ทำงานให้ดีขึ้น ตลอดจนประเมินสิ่งที่ได้ปรับปรุง ไปแล้วว่าสามารถลดการสัมผัสสารหนูได้มากหรือน้อย และทำการวิจัยแบบศึกษาไปข้างหน้า (Prospective study) เพื่อเฝ้าระวังและป้องกันการสัมผัสสารหนูในอนาคตต่อไป



เอกสารอ้างอิง

1. Xie Y, Trouba KJ, Liu J, Waalkes MP, Germolec DR. Biokinetics and subchronic toxic effects of oral arsenite, arsenate, Monomethylarsenic acid, and Dimethylarsenic acid in v-Ha-rasTransgenic (Tg.AC) Mice. *Environ Health Perspect* 2004;112(12):1255-63.
2. Byun K, Won YL, Hwang YI, Koh DH, Im H, Kim EA. Assessment of arsenic exposure by measurement of urinary speciated inorganic arsenic metabolites in workers in a semiconductor manufacturing plant. *Ann Occup Environ Med* 2013;25(1):21-5.
3. บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน. สารานุกรม เป็ดโลกปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน. สมุทรปราการ: เกียวโด-เนชั่น-พรีนติ้ง เซอร์วิส; 2553. หน้า 29, 51.
4. Cöl M, Cöl C, Soran A, Sayli BS, Oztürk S. Arsenic-Related Bowen's disease, palmar keratosis, and skin cancer. *Environ Health Perspect* 1999;107(8):687-9.
5. Bakke T, Klungsoyr J, Sanni S. Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the Norwegian offshore petroleum industry. *Mar Environ Res* 2013;92:154-69.
6. Xu H, Han S, Bi X, Zhao Z, Zhang L, Yang W, et al. Atmospheric metallic and arsenic pollution at an offshore drilling platform in the Bo Sea: a health risk assessment for the workers. *J Hazard Mater* 2016;304:93-102.
7. อุดุลย์ บัณฑิตกุล. สารหนู. ใน อุดุลย์ บัณฑิตกุล และคณะ, บรรณาธิการ. ตำราอาชีวเวชศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ราชทัณฑ์; 2554. หน้า 709-10.
8. Ladou J. Current occupational & environmental medicine. 4th ed. United States: The Mc-Graw Hill Companies; 2007. p. 232-33, 414-16, 647, 613-28.
9. Kjeldsberg CR, Ward HP. Leukemia in arsenic poisoning. *Annals of Internal Medicine* 1972;77:935-7.
10. Klaassen CD. Casarett & Doull's toxicology: the basic science of poisons. 6th ed. United States: The Mc-Graw Hill Companies; 2001. p. 820-1.
11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Documentation of the threshold limit values for biological exposure indices. 7th ed. Cincinnati: ACGIH; 2013.
12. Witter R, Stinson K, Sackett H, Putter S, Kinney G, Teitelbaum D, et al. Potential exposure-related human health effects of oil and gas development: a literature review (2003-2008). p.18-22. [Internet]. [cited 2016 November 1]. Available from: file:///D:/Documents/Downloads/sub17att2.pdf.



13. Navas-Acien A, Francesconi KA, Silbergeld EK, Guallar E. Seafood intake and urine concentrations of total arsenic, dimethylarsinate and arsenobetaine in the US population. *Environ Res* 2011;111(1):110-8.
14. Vimercati L, Gatti MF, Gagliardi T, Cuccaro F, De Maria L, Caputi A, et al. Environmental exposure to arsenic and chromium in an industrial area. *Environ Sci Pollut Res Int* 2017;24(12):11528-35.
15. Hsueh YM, Hsu MK, Chiou HY, Yang MH, Huang CC, Chen CJ. Urinary arsenic speciation in subjects with or without restriction from seafood dietary intake. *Toxicol Lett* 2002;133(1):83-91.
16. PTT Distribution Service Center. Knowledge: pipeline pigging ส่งก๊าซ ปตท. ส่วนวิศวกรรมซ่อมบำรุงระบบท่อ. [Internet]. [cited 2016 November 1]. Available from: [https://dscng.pttplc.com/\(S\(b0gbvegrctuokfqbwlaem4p\)\)/Knowledge/Knowledge.aspx](https://dscng.pttplc.com/(S(b0gbvegrctuokfqbwlaem4p))/Knowledge/Knowledge.aspx).
17. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Assigned protection factors for the revise respiratory protection standard: OSHA 3352-02 2009. [Internet]. [cited 2016 November 1]. Available from: <https://www.osha.gov/Publications/3352-APF-respirators.pdf>.