การเฝ้าระวังสุขภาพจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนในโรงเรียนใกล้นิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาบตาพุด

ฌาน ปัทมะ พลยง*

*สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ

Corresponding author e-mail : ize.maptaphut@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบไปข้างหน้าครั้งนี้ เพื่อประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพของนักเรียนที่โรงเรียนอยู่ใกล้เขตนิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาบตาพุดมากที่สุด 3 แห่ง การศึกษานี้ติดตามผลระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2553-2555) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 444 คน เก็บข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์และผลทางห้องปฏิบัติการวัดปริมาณฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดขาว เกร็ดเลือด ค่าสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล เอนไซม์ของตับ แอสปาเตต อะมิโนทรานส์เฟอเรส (เอสจีโอที) อะลานีน อะมิโนทรานส์เฟอเรส (เอสจีพีที) และกรดมิวโคนิกซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพของสารเบนซีน จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำและวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนนักเรียนเพศหญิงมากกว่าเพศชาย (1.2:1) อายุเฉลี่ยเท่ากับ 10.80 ± 0.97 ปี การรับสัมผัสสารเบนซีนพบค่าเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2553 มากที่สุดเท่ากับ 187.45±1.87 μg/g Cr ในปี พ.ศ. 2554 และ 2555 พบค่าเท่ากับ 51.14±2.04 และ 93.05±1.85 μg/g Cr ตามลำดับ โรงเรียน 1 2 และ 3 พบปริมาณกรดมิวโคนิกในแต่ละปีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลกระทบต่อสุขภาพตรวจวัดความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด พบค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบิน 12.47±0.99 ถึง 12.57±0.98 g/dL เม็ดเลือดขาว 74.61±17.05 ถึง 83.16±20.93*10^2 cell/mm^3 ค่าสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาวนิวโตรฟิล 37.32±12.33 ถึง 43.79±16.10*10^2 cell/mm^3 เกร็ดเลือด 333.34±72.81 ถึง 339.89±69.29 *10^3 cell/mm^3 และการทำงานของตับ พบเอ็นไซม์เอสจีโอทีและเอสจีพีที มีค่าเฉลี่ย 23.17±5.11 ถึง 24.20±12.42 และ13.30±6.73 ถึง 15.26±12.42 U/L ตามลำดับ เปรียบเทียบระยะเวลา 3 ปี พบความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดและเอนไซม์ตับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปริมาณฮีโมโกลบินในแต่ละปีมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ข้อแนะนำนักเรียนควรได้รับการเฝ้าระวังการรับสัมผัสและผลกระทบต่อสุขภาพโดยการตรวจวัดปริมาณกรดมิวโคนิกและความสมบูรณ์ของเลือดอย่างต่อเนื่องเพราะเป็นอวัยวะเป้าหมายของสารเบนซีน

คำสำคัญ : เบนซีน/ นักเรียน/ ความสมบูรณ์ของเลือด/ การทำงานของตับ/ ปิโตรเคมี

Health Surveillance to Benzene Exposure in Environment Among Student in Schools Near the Mab Ta Phut Petrochemicals Industrial

Chan Pattama Polyong*

*Occupational Health and Safety Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchao praya Rajabhat University, Bangkok
Corresponding author e-mail : ize.maptaphut@hotmail.com

Abstract

This cohort study was to evaluate benzene exposure in environment and health effects among student in 3 schools nearest the Mab Ta Phut petrochemicals industrial. This study has conducted 3-year follow up (2010-2012). A total of 444 subjects. Using interview-questionnaire and laboratory data including hemoglobin, white blood cell counts (WBC), platelet counts, absolute Neutrophils counts (ANC), Liver enzymes aspartate aminotransferase (SGOT) alanine aminotransferase (SGPT) and t,t-muconic acid (t,t-MA) a biological exposure indices (BEIs) of benzene. Data were analyzed by repeated measures analysis of variance and one way analysis of variance. The results showed proportion were girl more than boy (1.2: 1). The average age was 10.80 ± 0.97 years. The most in 2010 has exposure of benzene (t,t-MA) geometric mean was 187.45±1.87 µg/g Cr and 2011, 2012 was 51.14±2.04 and 93.05±1.85 µg/g respectively. The t,t-MA showed differences significant ($p<0.05$) between schools 1 2 and 3. The health effects is complete blood cells (CBC) showed arithmetic mean hemoglobin was 12.47±0.99 to 12.57±0.98 g/dL WBC was 74.61±17.05 to 83.16±20.93*10^2 cell/mm^3 ANC was 37.32±12.33 to 43.79±16.10*10^2 cell/mm^3 platelets was 333.34±72.81 to 339.89±69.29*10^3 cell/mm^3 and average liver enzymes SGOT was 23.17±5.11 to 24.20±12.42 U/L and SGPT was 13.30±6.73 to 15.26±12.42 U/L respectively. Three years comparisons of CBC and liver enzymes revealed differences significant ($p<0.05$). The hemoglobin level was declining differences significant ($p<0.05$) each year. Recommended student should undergo health exposure and health effects to evaluate t,t-MA and CBC monitoring annually because especially are target organs for benzene.

Keywords : benzene/ student/ complete blood cells/ liver faction/ petrochemical

บทนำ

จังหวัดระยองได้รับการพัฒนาให้เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทย ตามนโยบายการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของแผนเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2525-2529) (สุดา พะเนียงทอง, 2555) ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบด้านบวกแก่ประเทศชาติและจังหวัดมีโครงสร้างทางเศรษฐกิจด้านอุตสาหกรรมสูงเป็นสัดส่วนถึงเกือบร้อยละ 80 ของผลิตภัณฑ์มวลรวม มีโรงงานตั้งอยู่ประมาณ 2,080 แห่ง (วรวรรณ ชายไพฑูรย์, 2554) แต่การพัฒนาดังกล่าวยังส่งผลกระทบด้านลบโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นปัญหาทางมลพิษสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อสุขภาพประชาชน (สุดา พะเนียงทอง, 2555) ซึ่งอุตสาหกรรมที่พบว่าเป็นแหล่งมลภาวะ เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี โรงกลั่นน้ำมัน โรงแยกแก๊สธรรมชาติ โรงงานพลาสติก โรงงานเคมีและโรงงานปุ๋ยเคมี เป็นต้น (วรวรรณ ชายไพฑูรย์, 2554) ทำให้มีการปนเปื้อนสารเคมีในอากาศที่เกินมาตรฐาน เช่น 1,2 ไดคลอโรอีเธน 1,3 บิวตร้าไดอีน และสารเบนซีน เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

สารเบนซีน (Benzene) เป็นสารเคมีที่หลายหน่วยงานให้ความสนใจในการตรวจติดตาม เนื่องจากสามารถก่อมะเร็งได้ในมนุษย์ (Carcinogen) อยู่ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่ใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมมากกว่า 100 ปี ซึ่งมักจะใช้เป็นสารตั้งต้นของการผลิตสารเคมีหลายชนิด เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายที่ดี นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในน้ำมันเบนซิน (Gasoline) (Sangrajang *et al.*, 2008) ปริมาณสารเบนซีนที่พบมากในสิ่งแวดล้อมเกิดได้ทั้งจากท่อไอเสียรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้จากผลการตรวจวัดสารเบนซีนของกรมควบคุมมลพิษ (2557) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จากทั้งหมด 6 สถานีตรวจวัด พบว่าจำนวน 5 สถานีมีค่าเกินมาตรฐานรายปี (1.7 $\mu g/m^3$) 5 สถานี และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปี พ.ศ. 2551 และ 2552 พบสารเบนซีนเกินค่ามาตรฐานทุกสถานีตรวจวัดโดยพบมากที่สุด คือ สถานีเมืองใหม่มาบตาพุดเฉลี่ยรายปี 3.9 $\mu g/m^3$ จนเกิดมีข้อร้องเรียนจากประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ประกาศให้พื้นที่ 6 ตำบลรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเป็นเขตควบคุมมลพิษเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 จนถึงปัจจุบัน (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2552)

มลพิษสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้ส่งผลกระทบต่อประชาชนโดยรอบรวมถึงสถานศึกษาซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มคนที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสมากที่สุด ซึ่งสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษได้ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่เสี่ยง 3 โรงเรียนพบค่าเกินมาตรฐานเช่นกัน จากการศึกษาของสุรทิน มาลีหวล อ้างใน วรวรรณ ชายไพฑูรย์ (2554) พบว่านักเรียนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดได้รับกลิ่นและเกิดอาการเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจในสัดส่วนที่มากกว่าพื้นที่อื่นๆ นอกจากนี้ยังมีกรณีเหตุการณ์รั่วไหลของสารเคมีหลายครั้งส่งผลให้มีการย้ายโรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคารออกนอกพื้นที่ แต่ทั้งนี้ยังมีหลายโรงเรียนที่ยังไม่สามารถย้ายโรงเรียนได้ด้วยข้อจำกัดต่างๆ จึงเป็นโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับสัมผัสสารเบนซีนและเกิดผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะเขตพื้นที่ใกล้รั้วโรงงานอุตสาหกรรมในระยะรัศมีน้อยกว่า 2 กิโลเมตร (นันทวรรณ วิจิตรวาทการ, 2552)

การติดตามและเฝ้าระวังผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและสุขภาพต้องดำเนินการทั้งด้านการติดตามสิ่งคุกคามการเฝ้าระวังการรับสัมผัสและการเฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพ (สุดา พะเนียงทอง, 2555) โดยการประเมินการรับสัมผัสสามารถประเมินได้ทั้งสารรูปเดิมและเมแทบอไลท์ (Metabolite) (อนามัย เทศกะทึก, 2553) ทั้งนี้การเมแทบอไลท์สารเบนซีนจะเกิดขึ้นที่ตับและสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเบนซินออกไซด์ฟีนอลกรดมิวโคนิกและกรดเฟนนิวเมอแคปทูริก (ศศิธร สุกรีฑา, 2551) ในปัจจุบันกรดมิวโคนิกยังคงนิยมใช้เป็นตัวชี้บ่งทางชีวภาพ (Biomarker) ถึงการได้รับสัมผัสสารเบนซีนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ (Bahrami *et al.*,

2005) ผลทางพิษวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับสารเบนซีนเข้าสู่ร่างกายมีทั้งแบบเฉียบพลันมีอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ และแบบเรื้อรังจะเป็นพิษต่อระบบโลหิตวิทยา มีผลต่อการเกิดมะเร็งได้ (IARC, 1987)

ถึงแม้ว่าจะมีการรับสัมผัสความเข้มข้นต่ำๆ เป็นระยะเวลานานจะมีผลต่อการกดไขกระดูกส่งผลให้ปริมาณเม็ดเลือดต่างๆ มีปริมาณลดน้อยลงและผลร้ายแรงสามารถก่อให้เกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว โดยเฉพาะชนิด Acute myelogenous leukemia (Lan *et al*., 2004) จากผลการศึกษาในกลุ่มคนงานทำรองเท้าในประเทศจีนที่มีโอกาสรับสัมผัสสารเบนซีน 250 คน พบว่าปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) และเกร็ดเลือด (Platelet) มีปริมาณลดลงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสัมผัส และนอกจากนั้นทีมนักวิจัยยังพบว่า คนงานที่ได้รับสัมผัสมากกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (Part per million; ppm) มีปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวลดลงได้ถึง 24 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ Nadar, *et al*. (1996) ทำการทดลองในหนูพบว่ากลุ่มศึกษาที่สัมผัสสารเบนซีนมีปริมาณฮีมาโตรคริต (Hematocrit) ลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 32.5 และ 44.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับจากการศึกษาดังกล่าวเห็นได้ว่าการรับสัมผัสสารเบนซีนมีผลกระทบระยะยาวอย่างรุนแรงต่อร่างกายจึงควรมีการเฝ้าระวังสถานะสุขภาพอย่างต่อเนื่อง

หากนักเรียนมีการรับสัมผัสสารเบนซีนเป็นระยะเวลานาน อย่างน้อยช่วงที่ศึกษาในโรงเรียน 8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์ อาจจะเกิดกลไกการเกิดพิษได้ เริ่มตั้งแต่การดูดซึม การกระจายตัวของสารพิษ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง บางส่วนสามารถกำจัดออกนอกร่างกายได้ แต่บางส่วนเกิดการสะสมพิษเกิดผลกระทบต่อร่างกายผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญและสนใจศึกษาผลกระทบต่อระบบความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดซึ่งเป็นอวัยวะเป้าหมาย และการทำงานของตับซึ่งเป็นอวัยวะในการเปลี่ยนแปลงรูป ประกอบกับการศึกษาในพื้นที่ที่ผ่านมาจะเน้นผลกระทบต่ออาการเฉียบพลันมากกว่า การศึกษาครั้งนี้ต้องการศึกษาเชิงลึกเพื่อการติดตามแนวโน้มสภาวะสุขภาพที่อาจมีความรุนแรงและเป็นข้อมูลสนับสนุนให้เคร่งครัดการควบคุมแหล่งกำเนิดของสารเบนซีนมากขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อเฝ้าระวังปริมาณการรับสัมผัสสารเบนซีนและผลกระทบต่อสุขภาพอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 3 ปี ของนักเรียนในสถานศึกษาโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาบตาพุด จังหวัดระยอง

วิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นรูปแบบไปข้างหน้า (Cohort study)

กลุ่มตัวอย่าง

เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) นักเรียนที่ศึกษาในโรงเรียนใกล้ขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมมากที่สุด 3 แห่ง ภายในรัศมีจากขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ≤ 2 กิโลเมตร ซึ่งเป็นแนวทางกำหนดจากการศึกษาของนันทวรรณ วิจิตรวาทการ (2553) พบว่าประชาชนเขตมาบตาพุดภายในรัศมี 2 กิโลเมตรได้รับผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าประชาชนที่อยู่ห่างออกไปโดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือ กำลังศึกษาในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ศึกษาในโรงเรียนอย่างน้อย 6 เดือน และผู้ปกครองยินยอมให้เข้าร่วมวิจัยโดยสมัครใจ ได้กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมจำนวน 444 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) แบบสัมภาษณ์ซึ่งเนื้อหาคลอบคลุม ตัวแปร เพศ อายุ และข้อมูลอื่นๆ 2) อุปกรณ์เก็บปัสสาวะหาเมแทบอไลท์สารเบนซีน (t,t-muconic acid; t,t-MA) โดยใช้หลอดโพลีเอทธิลีน ขนาด 10 มิลลิลิตรเก็บบรรจุใส่กล่องโฟมแช่เย็นอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์โดยใช้เทคนิค High pressure liquid chromatography 3) อุปกรณ์เจาะเลือดใช้หลอด EDTA tube ขนาด 3 มิลลิลิตร

วิเคราะห์ความสมบูรณ์ของเลือด (Complete blood cell; CBC)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมภาษณ์ ได้แก่ ลักษณะทางประชากร ใช้สถิติเชิงพรรณนา ความถี่ และร้อยละ

2. วิเคราะห์ผลทางห้องปฏิบัติการดังนี้ 2.1) ความสมบูรณ์ของเลือดได้แก่ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ปริมาณเม็ดเลือดขาว (White blood cell) ปริมาณความสัมบูรณ์ของเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล (Absolute neutrophils count) และเกร็ดเลือด (Platelet) ประเมินโดยใช้เกณฑ์จากสมาคมโลหิตวิทยาแห่งประเทศไทย 2.2) วิเคราะห์การทำงานของตับโดยตรวจวัดเอ็นไซม์aspartate aminotransferase (SGOT) และ alanine aminotransferase (SGPT) โดยโรงพยาบาลเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี ระยอง และ 2.3) วิเคราะห์ผลระดับกรดมิวโคนิกในปัสสาวะโดยโรงพยาบาลระยอง เทียบเกณฑ์ตามคำแนะนำของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมร่วมกับสมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (ACGIH, 2013) ใช้เชิงสถิติพรรณนาความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการรับสัมผัสสารเบนซีนกับผลกระทบต่อเม็ดเลือด และการทำงานของตับ 3 ปีใช้สถิติ Repeated measures analysis of variance กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p< 0.05$

4. วิเคราะห์เปรียบเทียบการรับสัมผัสสารเบนซีนระหว่าง 3 โรงเรียน ใช้สถิติ One-way analysis of variance กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p< 0.05$

ผลการศึกษา

1. ลักษณะทางประชากร

จากการศึกษาติดตามระยะยาว 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2555 ในโรงเรียน 3 แห่ง ที่อยู่ใกล้ขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมากที่สุด จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมตรวจสุขภาพประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนและติดตามผลกระทบต่อสุขภาพทั้งหมด 444 คนพบว่า นักเรียนเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อยมีสัดส่วน 1.2 ต่อ 1 โดยเป็นนักเรียนโรงเรียน 1 มากที่สุด ร้อยละ 41.4 ระดับการศึกษาชั้นประถมปีที่ 4 อายุเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยรวมเท่ากับ 10.80 ± 0.97 ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของนักเรียนจำแนกตามลักษณะประชากร

ลักษณะประชากร	โรงเรียน 1	โรงเรียน 2	โรงเรียน 3	รวม
จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)	184 (41.4)	97 (21.9)	163 (36.7)	444 (100.0)
เพศ				
หญิง	101 (41.6)	51 (21.0)	91 (37.4)	243 (100.0)
ชาย	83 (41.3)	46 (22.9)	72 (35.8)	201 (100.0)
อายุ (ปี) $\bar{X}$±S.D.	10.98±0.89	10.89±1.03	10.55±0.96	10.80±0.97

2. ประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีน

จากการประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนโดยประเมินปริมาณกรดมิวโคนิกในปัสสาวะเป็นรูปแบบเมแทบอไลท์ (สารแปรรูปจากสารรูปเดิม) ของสารเบนซีน พบว่า ในปี พ.ศ. 2553 โรงเรียน 1 และ 3 จะมีปริมาณกรดมิวโคนิกมากกว่าโรงเรียน 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และปี พ.ศ. 2555 โรงเรียน 1 และ 2 มีปริมาณกรดมิวโคนิกมากกว่าโรงเรียน 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อีกแนวทางของ

การวิเคราะห์ได้เปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคนิกของนักเรียนในระยะเวลา 3 ปี (จำนวน 3 ครั้ง) ของแต่ละโรงเรียนพบว่า ปี พ.ศ. 2553, 2554 และ 2555 ของแต่ละโรงเรียนมีปริมาณกรดมิวโคนิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบค่าเฉลี่ยโดยรวมของปี พ.ศ. 2553 มากที่สุดเท่ากับ 187.45 ±1.87 µg/g Cr สำหรับ ปี พ.ศ. 2554 และ 2555 เท่ากับ 51.14±2.04 และ93.05±1.85 µg/g Cr ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณกรดมิวโคนิกระยะเวลา 3 ปี จำแนกตามโรงเรียน

โรงเรียน	2553	2554	2555	$\sum \bar{x}$	F	*p*
โรงเรียน 1	212.00±0.32	52.65±2.08	104.07±1.87	104.46±2.54	2725.482	<0.001*
โรงเรียน 2	122.18±1.63°	53.51±2.09	120.60±1.77	88.49±2.13	675.042	<0.001*
โรงเรียน 3	209.00±1.72	49.14±2.00	70.62±1.71°	105.18±2.49	5069.591	<0.001*
รวม	**187.45±1.87**	**51.14±2.04**	**93.05±1.85**	**101.42±2.44**	**5480.670**	**<0.001***

°ใช้สถิติ One-way analysis of variance แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p< 0.05$

*ใช้สถิติ Repeated measure analysis of variance แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

3. ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ผู้วิจัยได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพออกเป็น 2 อวัยวะหลัก คือ ศึกษาชนิดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดและการทำงานของตับพบว่า โรงเรียน 1, 2 และ 3 มีปริมาณเม็ดเลือดตามชนิดและการทำงานของตับในแต่ละปีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบประเด็นที่น่าสนใจคือ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินในแต่ละปี ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเฉพาะโรงเรียน 1 และ 3 ส่วนโรงเรียน 2 จะเพิ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2554 และลดลงในปี พ.ศ. 2555 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดการทำงานของตับระยะเวลา 3 ปี จำแนกตามโรงเรียน

ผลทางห้องปฏิบัติการ	2553	2554	2555	$\sum \bar{x}$	F	*p*
โรงเรียน 1						
Hemoglobin	12.75±1.06	12.54±0.87	12.40±0.95	12.57±0.98	86507.059	<0.001*
WBC	91.46±23.02	77.25±17.42	79.51±18.55	83.16±20.93	7239.296	<0.001*
ANC	49.64±18.27	39.32±13.84	41.51±13.41	43.79±16.10	3294.117	<0.001*
Platelets	322.21±71.47	351.68±654.78	348.42±66.68	339.89±69.29	11759.242	<0.001*
SGOT	24.64±6.38	24.04±5.98	21.17±5.78	23.34±6.24	8101.916	<0.001*
SGPT	15.67±12.20	13.80±12.64	12.72±10.21	14.13±11.79	710.165	<0.001*
โรงเรียน 2						
Hemoglobin	12.44±1.09	12.64±0.83	12.06±0.85	12.47±0.99	34206.586	<0.001*
WBC	75.75±18.72	73.85±16.91	80.30±18.34	74.61±17.05	4587.807	<0.001*
ANC	36.33±13.16	38.19±13.07	44.21±14.96	37.32±12.33	2549.600	<0.001*
Platelets	312.49±86.39	345.36±54.69	323.28±68.30	333.34±72.81	8972.468	<0.001*
SGOT	23.52±5.45	23.77±4.801	23.50±5.95	23.17±5.11	5689.065	<0.001*
SGPT	13.23±4.99	13.95±8.60	13.51±9.88	13.30±6.73	847.055	<0.001*

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดการทำงานของตับระยะเวลา 3 ปี จำแนกตามโรงเรียน (ต่อ)

ผลทางห้องปฏิบัติการ	2553	2554	2555	$\sum \bar{x}$	F	*p*
โรงเรียน 3						
Hemoglobin	12.65±0.94	12.51±0.93	12.40±0.90	12.53±0.89	84635.590	<0.001*
WBC	85.11±21.97	77.69±18.01	81.78±22.89	81.58±21.19	6456.861	<0.001*
ANC	44.99±17.28	40.07±13.11	43.89±17.85	42.98±16.32	3014.294	<0.001*
Platelets	335.98±78.24	368.32±71.44	313.20±69.48	340.02±76.53	8972.468	<0.001*
SGOT	24.91±17.83	23.67±6.18	23.95±9.62	24.20±12.42	1413.585	<0.001*
SGPT	15.30±25.49	14.08±10.45	16.54±21.31	15.26±12.42	195.729	<0.001*

* ใช้สถิติ Repeated measure analysis of variance กำหนดนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

หมายเหตุ : หน่วยที่ใช้ Hemoglobin (g/dl), WBC ($^{*}10^{2}$cell/mm^{3}), ANC ($^{*}10^{2}$cell/mm^{3}), Platelets ($^{*}10^{3}$cell/mm^{3}), SGOT (U/L), SGPT (U/L)

อภิปรายผล

มลพิษสิ่งแวดล้อมทางอากาศที่ปนเปื้อนด้วยสารเบนซีนในเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยองมีค่าเกินมาตรฐานรายปี (1.7 μg/m^{3}) ตั้งแต่ปี 2550 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการดำเนินงานรายงานผลการเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อมของกรมควบคุมมลพิษ มลพิษทางอากาศนี้ได้ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมรวมถึงสถานศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่มีความไวต่อการรับสัมผัสและมีอัตราการหายใจที่มากกว่าผู้ใหญ่ ทั้งนี้ได้เลือกกลุ่มที่ศึกษาเป็นโรงเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่อยู่ใกล้ขอบรั้วนิคมอุตสาหกรรมภายในรัศมี 2 กิโลเมตร สอดคล้องกับนันทวรรณ วิจิตรวาทการ (2552) พบว่าประชาชนที่อาศัยภายในระยะรัศมีน้อยกว่า 2 กิโลเมตรมีผลกระทบทางสุขภาพต่อระบบประสาทของประชาชนมากกว่าผู้ที่อยู่ไกลออกไปผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และโรงเรียนที่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในบริเวณใกล้เคียงมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน (มาตรฐานค่าเฉลี่ยรายปี 1.7 μg/m^{3}) เพื่อให้เห็นผลกระทบระยะยาวและเป็นไปตามรูปแบบการศึกษาติดตามไปข้างหน้าอย่างน้อย 3 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2555 ในโรงเรียน 3 แห่ง จำนวนนักเรียนที่เข้าร่วมตรวจสุขภาพประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนและติดตามผลกระทบต่อสุขภาพทั้งหมด 444 คน ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ Andrea *et al.* (2014) ที่ศึกษาในเด็กที่อาศัยใกล้เขตอุตสาหกรรมปิโตรเลียมที่ Texas สหรัฐอเมริกาศึกษากลุ่มตัวอย่าง 312 คน และมากกว่า Bahrami *et al.* (2005) ศึกษาระดับกรดมิวโคนิกในเด็กเขตเมืองและชนบท จำนวน 108 คน สำหรับในแถบทวีปเอเชียพบการศึกษาที่เกาหลีใต้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดในเด็กที่อาศัยรอบนิคมอุตสาหกรรมกลุ่มนักเรียน จำนวน 238 คน (Lee *et al.*, 2001) ในครั้งนี้จึงถือว่าเป็นการศึกษาที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่กว่าหลายฉบับในประเด็นที่เกี่ยวข้องกัน ทำให้สามารถอนุมานถึงผลกระทบต่อสุขภาพได้แม่นยำขึ้นโดยนักเรียนที่ศึกษาเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายเล็กน้อยมีสัดส่วน 1.2 ต่อ 1 อายุเฉลี่ยโดยรวมใกล้เคียงกันเท่ากับ 10.80 ± 0.97 ปีสอดคล้องกับ Lee *et al.* (2001) ได้ควบคุมตัวแปรด้านเพศและอายุซึ่งศึกษาในนักเรียนสัดส่วนเพศชายต่อเพศหญิง เท่ากับ 1 ต่อ 1.01 (ชาย 118 คน หญิง 120 คน) อายุ 8 และ 11 ปี ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างโรงเรียนที่ศึกษาและควบคุม และพบการศึกษาของ Weaver *et al.* (1996) ศึกษาการรับสัมผัสสารเบนซีนในเด็กเพศหญิง (ร้อยละ 51.9) มากกว่าเพศชายเล็กน้อย นอกจากนี้ Choi *et al.* (2000) ศึกษาที่เกาหลีใต้พบว่าระดับกรดมิวโคนิกมี

ความสัมพันธ์กับอายุ และสอดคล้องกับ Jeyaratanam (อ้างใน อนามัย เทศกะทึก, 2553) ได้ศึกษาในพนักงานเพศชายและเพศหญิงที่สัมผัสสารเบนซีน 25 ppm ระยะเวลานาน 2 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของสารเคมีในเลือดของคนงานหญิงจะสูงกว่าในคนงานเพศชาย ทั้งนี้เพราะเพศหญิงมีความไวต่อสารเคมีมากกว่าเพศชาย ด้วยความแตกต่างระหว่างเพศชายและเพศหญิง โดยปกติทั่วไปผู้ชายจะมีสัดส่วนของกล้ามเนื้อใหญ่กว่าผู้หญิง ปริมาณไขมันในผู้หญิงจะแตกต่างจากเพศชายเช่นกัน มีผลทำให้มีผลต่อปริมาณการดูดซึม การสะสม และการขับถ่ายออกของสารเคมีในร่างกายที่แตกต่างกันด้วย (อนามัย เทศกะทึก, 2553) การศึกษาครั้งนี้จึงควบคุมตัวแปรเพศและอายุที่อาจจะเป็นตัวแปรกวน (Confounding factor) ต่อการประเมินในรูปแบบเมแทบอไลท์ของสารเบนซีนได้

การประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนโดยประเมินปริมาณกรดมิวโคนิกในปัสสาวะเป็นรูปแบบที่สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมสหรัฐอเมริกาแนะนำและได้รับความนิยมทั้งต่างประเทศ (Weaver *et al.*, 1996) (Bahrami & Edwards, 2005) (Protano *et al.*, 2013) และในประเทศไทย (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2550; (ศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์, 2556) จากการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2553 โรงเรียน 1 และ 3 จะมีปริมาณกรดมิวโคนิกมากกว่าโรงเรียน 2 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานผลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) ตรวจพบค่าเฉลี่ยสารเบนซีนรายปีในบริเวณพื้นที่โรงเรียน 3 มากกว่าโรงเรียน 2 เท่ากับ 3.4 และ 2.0 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ ทั้งนี้ในโรงเรียน 1 มีค่าเกินมาตรฐานเช่นกันและส่วนหนึ่งด้วยลักษณะทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียน 1 อยู่ใกล้ชายฝั่งทะเลซึ่งทำให้เกิดทิศทางของลมบกลมทะเลส่งผลต่อการกระจายของสารเบนซีนตามแนวทิศทางลมได้และการศึกษาครั้งนี้พบว่าปี พ.ศ. 2555 โรงเรียน 1 และ 2 จะมีปริมาณกรดมิวโคนิกมากกว่าโรงเรียน 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับผลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณใกล้เคียงกับโรงเรียนทั้ง 3 แห่ง ปริมาณสารเบนซีนในอากาศมีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ. 2553 พบค่าเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดใกล้กับโรงเรียน 3 น้อยที่สุดเท่ากับ 1.2 $\mu g/m^3$ และสถานีตรวจวัดใกล้กับโรงเรียน 1 และ 2 พบค่าเท่ากับ 1.3 และ 2.4 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ และจากการศึกษาของศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์ (2556) มีข้อสรุปว่าโรงเรียนที่ใกล้เขตนิคมอุตสาหกรรมน้อยกว่า 2 กิโลเมตรมีโอกาสเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเบนซีนมากกว่าโรงเรียนไกลออกไป 2.45 เท่า ทั้งนี้นักเรียนทั้ง 3 แห่งต้องอยู่ในโรงเรียนอย่างน้อย 8 ชั่วโมงต่อวัน 5 วันต่อสัปดาห์หรือประมาณ 1 ใน 4 ของเวลาทั้งหมดจึงมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบต่อสุขภาพได้

นอกจากนี้การวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบปริมาณกรดมิวโคนิกของนักเรียนเป็นระยะเวลา 3 ปี (จำนวน 3 ครั้ง) ของแต่ละโรงเรียนพบว่า โรงเรียน 1 2 และ 3 พบปริมาณกรดมิวโคนิกในแต่ละปีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยรวมของแต่ละปีพบว่า ปี พ.ศ. 2553 พบกรดมิวโคนิกในปัสสาวะมากที่สุดเท่ากับ 187.45±1.87 μg/g Cr ส่วนในปีพ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2555 เท่ากับ 51.14±2.04 และ93.05±1.85 μg/g Cr ตามลำดับจากผลการประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนครั้งนี้ เมื่อเทียบกับการศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกันในจังหวัดชลบุรี มีการศึกษาของนันทพร ภัทรพุทธ (2550) ประเมินระดับกรดมิวโคนิกในนักเรียนพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.34 ± 7.12 μg/g Cr เห็นได้ว่านักเรียนบริเวณพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีการรับสัมผัสที่มากกว่า และนอกจากนี้ยังแตกต่างจากการศึกษาของต่างประเทศ ซึ่ง Weaver *et al.* (1996) ได้ศึกษาในนักเรียนในเขตเมือง ประเทศสหรัฐอเมริกา พบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเท่ากับ 75.2 μg/g Cr มุมมองหนึ่งจากการศึกษานี้พบค่าเฉลี่ยเรขาคณิตน้อยกว่าค่าแนะนำของสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อมพบค่าปกติในเพศชายไม่เกิน 163.86 μg/g Cr เพศหญิงไม่เกิน 246.86 μg/g Cr และน้อยกว่าการศึกษาของจุฬารัตน์ ยาปัญ

(2552) ศึกษาในประชาชนในเขตจังหวัดระยองพบค่าเฉลี่ยเท่ากับ 191.00 µg/g Cr ทั้งนี้มีการศึกษาที่ความสอดคล้องกันในประเทศออสเตรเลียโดยได้ศึกษาเด็กในเมืองและชนบทพบว่ามีปริมาณกรดมิวโคนิกเฉลี่ยเท่ากับ 101.1 และ 167.45 µg/g Cr ตามลำดับ (Omer *et al*., 2007)

จากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มอวัยวะเป็น 2 อวัยวะเป้าหมายหลัก (Target organs) คือ ศึกษาชนิดของความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดและการทำงานของตับโดยตรวจเอ็นไซม์ SGOT, SGPT พบว่า ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดโรงเรียน 1 2 และ 3 มีปริมาณเม็ดเลือดตามชนิดในแต่ละปีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถแยกอภิปรายตามชนิดความสมบูรณ์ของเลือดได้ว่า**ปริมาณฮีโมโกลบิน**มีพิสัยค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปีอยู่ระหว่าง 12.47±0.99 ถึง12.57±0.98 g/dl สอดคล้องกับ Lee *et al*. (2001) พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาที่มีโรงเรียนใกล้เขตนิคมอุตสาหกรรมใน Ulsan ประเทศเกาหลีใต้ มีฮีโมโกลบินเฉลี่ยเท่ากับ 12.6 ± 0.7g/dl ซึ่งได้ดำเนินการตรวจวัดในช่วงเดือนกรกฎาคมสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ สำหรับ**ปริมาณเม็ดเลือดขาว**มีค่าเท่ากับ 74.61±17.05 ถึง 83.16±20.93*10^2 cell/mm^3ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Andrea *et al*. (2014) พบเด็กนักเรียนกลุ่มที่สัมผัสสารเบนซีนใกล้กับอุตสาหกรรมปิโตรเลียมใน Taxas ประเทศสหรัฐอเมริกาพบค่าเท่ากับ 68.0±21.0*10^2 cell/mm^3 และมากกว่าการศึกษาของ Lee *et al*. (2001) พบค่าเท่ากับ 63.48±14.36*10^2 cell/mm^3 นอกจากนี้ Azari *et al*. (2005) ยังได้ศึกษาผลกระทบต่อเม็ดเลือดจากการรับสัมผัสสารเบนซีนในเด็กอายุ 10-12 ปี ในประเทศอิหร่านใน 4 พื้นที่ พบค่าระหว่าง 56.0±13.0 ถึง 69.0±17.0*10^2 cell/mm^3 **ค่าสัมบูรณ์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโตรฟิล** มีค่าเท่ากับ 37.32±12.33 ถึง43.79±16.10*10^2 cell/mm^3 มากกว่าการศึกษาของ Lee *et al*. (2001) พบค่าเท่ากับ 31.28±11.17*10^2 cell/mm^3 และ**ปริมาณเกร็ดเลือด**มีค่าเท่ากับ 333.34±72.81 ถึง 339.89±69.29*10^3 cell/mm^3 มากกว่าผลการศึกษาของ Andrea *et al*. (2014) ที่เคยศึกษาไว้เท่ากับ 278.4±59.9*10^3 cell/mm^3 และ Lee *et al*. (2001) พบค่าเท่ากับ 270.0±55.0*10^3 cell/mm^3 อย่างไรก็ตามช่วงของค่าเฉลี่ยแต่ละปีตามชนิดความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติทั้งหมดและการศึกษาครั้งนี้ไม่พบภาวะ Transient pancytopenia กล่าวคือดัชนีชี้วัด ฮีโมโกลบิน เม็ดเลือดขาว และเกร็ดเลือดที่ต่ำกว่าปกติในบุคคลเดียวกัน ซึ่งเป็นอาการบ่งชี้ของโรค Acute lymphoblastic leukemia

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยฮีโมโกลบินทั้ง 3 โรงเรียนในแต่ละปีพบประเด็นที่น่าสนใจ ซึ่งส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะโรงเรียน 1 (ปี พ.ศ. 2553 2554 และ 2555 เท่ากับ 12.755±1.06, 12.54±0.87 และ12.40±0.95 g/dl ตามลำดับ) และโรงเรียน 3 (12.65±0.94, 12.51±0.93 และ 12.40±0.90 g/dl ตามลำดับ) ส่วนโรงเรียน 2 จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปี พ.ศ. 2554 และลดลงต่ำกว่าทุกโรงเรียนใน ปี พ.ศ. 2555 (12.44±1.09, 12.64±0.83 และ 12.06±0.85 g/dl ตามลำดับ) ทั้งนี้ปริมาณที่ตรวจพบในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีค่าน้อยกว่ามาก จากการศึกษาของ Azari *et al*. (2005) ได้รายงานปริมาณฮีโมโกลบินในเพศชายอยู่ระหว่าง 14.1±1 ถึง 15±0.9 g/dl และเพศหญิงอยู่ระหว่าง 14.6±1.1 ถึง 15.3±5.3 g/dl และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 4 เขตพื้นที่ประกอบด้วย Baazar, Dolatabad, Gheitarieh และ Darabad พบปริมาณฮีโมโกลบินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนการศึกษาผลการทำงานของตับพบว่าโรงเรียน 1, 2 และ 3 มีการทำงานของตับในแต่ละปีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตรวจเอ็นไซม์ SGOT และ SGPT มีพิสัยค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปีอยู่ระหว่าง 23.17±5.11 ถึง 24.20±12.42 และ 13.30±6.73 ถึง 15.26±12.42 U/L ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแนวโน้ม ปี พ.ศ. 2553, 2554 และ2555

พบว่ามีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และอัตราส่วน SGOT ต่อ SGPT คงที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ปี สอดคล้องกับการศึกษาเปรียบเทียบของ Andrea *et al*. (2014) พบว่านักเรียนที่อยู่ใกล้อุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีการทำงานของตับ SGOT เท่ากับ 23.6±15.3 U/L มากกว่ากลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 20.5±5.5 U/L ในส่วน SGPT มีค่าเท่ากับ 19.2±6.9 U/L มากกว่ากลุ่มควบคุมเท่ากับ16.9±6.9 U/Lทั้ง SGOTและ SGPT มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.015 และ 0.005 ตามลำดับ) แม้ว่าจะพบการทำงานของตับอยู่ในเกณฑ์ปกติ (น้อยกว่า 35 U/L) แต่เริ่มพบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลง โดยศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์ และคณะ (2558) ได้มีข้อสรุปเกี่ยวกับปริมาณกรดมิวโคนิกที่ประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีนในกลุ่มประชาชนมีความสัมพันธ์กับเอ็นไซม์การทำงานของตับชนิด SGPT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้น ธนสร ตันศถุงฆาร และคณะ (2547) พบว่าพนักงานเติมน้ำมันมีความผิดปกติเกิดขึ้นที่ตับมีเอ็นไซม์ SGOP และ SGPT สูงกว่าปกติร้อยละ 9.1 และ 15.9 ตามลำดับ ซึ่งการเมแทบอไลท์ของสารเบนซีนจะเกิดขึ้นที่ตับก่อนเปลี่ยนเป็นกรดมิวโคนิกและสารแปรรูปอื่นๆ การได้รับสัมผัสสารเบนซีนจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์จึงก่อให้เกิดการทำงานที่ตับเพิ่มมากขึ้นและการหลั่งเอ็นไซม์จึงเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

บทสรุป

การประเมินการรับสัมผัสสารเบนซีน (Health exposure) ใช้ดัชนีชี้วัดเป็นปริมาณกรดมิวโคนิกในปัสสาวะของนักเรียนยังคงมีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นในแต่ละปีไม่คงที่ ส่วนใหญ่แปรผันตามปริมาณสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศโดยจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพ (Health effects) ประเมินความสมบูรณ์ของเม็ดเลือดและการทำงานของตับยังอยู่ในเกณฑ์ปกติแต่ทั้งนี้พบข้อสังเกตที่สำคัญโดยมีแนวโน้มการลดลงของปริมาณฮีโมโกลบินอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นอวัยวะเป้าหมายของสารเบนซีน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาเชิงเหตุและผลความสัมพันธ์ของการเกิดผลกระทบต่อเม็ดเลือด และในทางนโยบายปฏิบัตินักเรียนควรได้รับการเฝ้าระวังภาวะซีดอย่างต่อเนื่อง หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความรู้ ทักษะการปฏิบัติเกี่ยวกับการป้องกันอุบัติภัยในโรงเรียนหากเกิดสารเคมีรั่วไหลแก่บุคคลากรในโรงเรียน และการป้องกันที่ดีที่สุดคือแหล่งกำเนิดควรติดตาม/ตรวจสอบป้องกันการแพร่กระจายของสารเบนซีนในอุตสาหกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนายแพทย์ศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์ และคุณมริสสา กองสมบัติสุข พยาบาลวิชาชีพชำนาญการที่ให้คำแนะนำ รวมถึงเอื้ออำนวยทีมผู้ช่วยนักวิจัยในการเก็บตัวอย่างในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

จุฬารัตน์ ยาปัญ นลินี ศรีพวง และธนู ทองคำสุก. (2556). **การจัดทำค่าอ้างอิงทางสุขภาพเพื่อการเฝ้าระวังพิษเบนซีนในพื้นที่จังหวัดระยอง**. ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง. กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

ธนสร ตันศถุงฆาร สุนทร ศุภพงษ์ นันทนา ชูฉัตร วีนัส อุดมประเสริฐกุล อนุสรณ์ รังสิโยธิน กัลยาชาพวง เริงศักดิ์ บุญบันดาลชัย บุญเทียม เทพพิทักษ์ศักดิ์ และโสภี อุณรุท. (2547). การศึกษาเบื้องต้นผลกระทบของ BTEX และ MTBE ต่อสุขภาพพนักงานสถานบริการน้ำมันเชื้อเพลิง. **วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์การแพทย์**, 18(2), 117-134.

นันทพร ภัทรพุทธ และนิภา มหารัชพงศ์. (2555). **การประเมินผลกระทบการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมในเด็กนักเรียน จังหวัดชลบุรี.** ชลบุรี: คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

นันทวรรณ วิจิตรวาทการ นิตยา วัจนะภูมิ นเรศ เชื้อสุวรรณ และเพ็ญศรี วัจฉละญาณ. (2552). **การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากอุตสาหกรรม**. ปทุมธานี. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. (2552). **ฉบับที่ 32 เรื่อง กำหนดให้ท้องที่เขตตำบลมาบตาพุด ตำบลห้วยโป่ง ตำบลเนินพระ ตำบลทับมา อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยองทั้งตำบล ตำบลมาบข่า อำเภอนิคมพัฒนา จังหวัดระยองทั้งตำบล และตำบลบ้านฉาง อำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยองทั้งตำบล รวมทั้งพื้นที่ทะเลภายในแนวเขตเป็นเขตควบคุมมลพิษ**. เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 64 ง. 2552.

วรวรรณ ชายไพฑูรย์. (2554). **เวทีวิชาการเพื่อมาบตาพุด สถานการณ์มาบตาพุด: มลพิษสุขภาพและผังเมือง**. นนทบุรี: ส เจริญการพิมพ์.

ศศิธร สุกรีฑา วรศักดิ์ อินทร์ชัย และพัฒนศักดิ์ เพิ่มพูน. (2551). การเฝ้าระวังโรคจากการประกอบอาชีพที่สัมผัสสารเบนซิน: กรณีศึกษาสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา. **วารสารพิษวิทยาไทย**, 23(1), 48-57.

ศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์. (2556). การรับสัมผัสสารเบนซีนและผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม ในเขตควบคุมมลพิษมาบตาพุด จังหวัดระยอง. **วารสารวิชาการสาธารณสุข**, 22(5), 802-816.

ศุภชัย เอี่ยมกุลวรพงษ์ ฌาน ปัทมะ พลยง และมริสสา กองสมบัติสุข. (2558). การเปลี่ยนแปลงเอ็นไซม์ตับและโลหิตวิทยาของผู้ไม่สูบบุหรี่ที่อาศัยอยู่ใกล้นิคมอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาบตาพุด จังหวัดระยอง. **รายงานวิชาการสัมมนาระบาดวิทยาแห่งชาติครั้งที่ 22** ระหว่างวันที่ 4-6 กุมภาพันธ์ 2558

สุดา พะเนียงทอง สุรทิน มาลีหวล และชาติวุฒิ จำจด. (2555). การพัฒนาระบบเฝ้าระวังสุขภาพจากปัญหาสิ่งแวดล้อมในเขตควบคุมมลพิษจังหวัดระยอง. **วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ**, 19, 46-54.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2558). **สรุปผลการตรวจวัดสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs)**. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2558, จาก http://aqnis.pcd.go.th/vocs.

สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข. (2551). **รายงานสรุปผลการศึกษาค่าเฉลี่ยของสารเมตาโบไลท์ของสารเบนซีนในประชาชนทั่วไปในประเทศไทย**. กระทรวงสาธารณสุข.

อนามัย เทศกะทึก. (2553). **อาชีวอนามัยและความปลอดภัย**. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

American Conference of Governmental Industail Hygienists (ACGIH). (2013). **TLVs and BEIs**, 108.

Andrea, M. A., & Reddy, G. K. (2014). Health effects of benzene exposure among children following a flaring incident at the british petroleum refinery in Texas city. **Pediatr Hematol Oncol**, 31(1), 1-10.

Azari, M., Mohagheghi, M. A., Nahavandian, B., Alavi, H., Hadi, A. M. (2005). Ariborne-benzene and its effect on blood indices 10-12 years old children in fore regions of Tehran. **Tanaffos**, 4(13), 47-55.

Bahrami, A., & Edwards, J. (2005). Determination of trans, trans-muconic acid in Children living in Adelaide based on HPLC developed method. **Pak J Biol Sci**, 8 (12), 1703-1706.

Choi, Y., Shin, D., Park, S., Chung, Y., & Kim, M. (2000). Biological monitoring of benzene in residents living near petrochemical industrial areas in Korea. **J Occup Health**, 42, 31-37.

IARC. (1987). Overall evaluations of carcino genicity: an updateing of IARC monograps volumes 1 to 42. **IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum Suppl**, 7, 1-440.

Lan, Q., Znang, L., Li, G., Vermeulen, R., Weinberg, S. R., Dosemeci, M., *et al.* (2004). Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene. **Science**, 306, 1774-1776.

Lee, C. R., Yoo, C. I., Lee, J. H., Kim, Y. (2001). Hematological changes and immunological function in children living near the petrochemical estate in Ulsan. **Korean J Occup Environ Med**, 13(2), 127-140.

Omer, D., Celkan, T., & Demir, T. (2007). Hematological and biochemical changes in volatile substance street children in Istanbul. **Turk J Hematol**, 24, 52-56.

Protano, C., Guidotti, M., Manini, P., Petyx, M., Torre, L. G., & Vitali, M. (2010). Benzene exposure in childhood: Role of living environments and assessment of available tools. **Environ Int**, 36(7), 779-87.

Sangrajang, S. (2008). Toxicological review of benzene: Cancer aspect. **Thai Cancer Journal**, 28, 93-100.

Weaver, V. M., Davoil, C. T. Heller, P. J., Fitzwiliam, A., Peters, H. L., Sunyer, J., *et al.* (1996). Benzene exposure, assessed by urinary trans,trans-mu conic acid in urban children with elevated blood lead levels. **Environmental Health Perspectives**, 104(3), 318-323.