

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ทางการหายใจในนิสิตแพทย์ระหว่างเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค

กมลวรรณ พรหมเทศ¹, อรวรรณ แก้วบุญชู², กิติพงษ์ หาญเจริญ³, ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล^{1*}

¹ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

²ภาควิชาการพยาบาลสาธารณสุข คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

³ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

ฟอร์มาลดีไฮด์ (FA) เป็นสารเคมีที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ เช่นการใช้กับอาจารย์ใหญ่เพื่อศึกษาในวิชากายวิภาคศาสตร์อย่างไรก็ตาม FA ถูกจัดเป็นสารที่มีอันตรายร้ายแรง ดังนั้นการศึกษานี้จะนำไปสู่การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงต่อทางเดินหายใจที่เป็นมาตรการควบคุมและป้องกัน FA ในสิ่งแวดล้อมที่รับผ่านทางหายใจ 3 ครั้งระหว่างเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคส่วนหลัง ulyang ส่วนบน และรยางค์ส่วนล่าง โดยใช้หลอดดูดซับและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID ผลการศึกษานำมาประเมินการเกิดมะเร็งตามข้อเสนอแนะของ Environment Protection Agency (EPA) การทดสอบสมรรถภาพปอดในนิสิตแพทย์ 30 คนจาก 3 ครั้งการเรียนและเมื่อสิ้นสุดการเรียนแล้วหนึ่งปี ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย FA ในสิ่งแวดล้อมเท่ากับ 0.38 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.15-0.95 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ค่าเฉลี่ยความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของนิสิตแพทย์เท่ากับ 3.84×10^{-7} อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของ EPA ค่าสมรรถภาพปอดพบว่าลดลงในขณะที่เรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคและหลังจากไม่ได้สัมผัสเป็นเวลาหนึ่งปีจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่านักเรียนแพทย์ที่สัมผัสกับ FA มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและมีผลต่อทางเดินหายใจในระดับที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามควรมีการเฝ้าระวังและประเมินในกลุ่มเจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ที่มีการสัมผัส FA ในระยะยาว

คำสำคัญ: ฟอร์มาลดีไฮด์ ประเมินความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง การทดสอบสมรรถภาพปอด

*ผู้รับผิดชอบบทความ

ผศ. นพ. ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล

ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

E-mail: swuocmed@gmail.com

Cancer risk assessment of inhalation formaldehyde exposure among medical students during anatomy laboratory

Kamonwan Promtes¹, Orawan kaewboonchoo², Kitiphong Harncharoen³, Chatchai Ekpanyaskul^{1*}

¹ Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University

² Department of Public Health Nursing, Faculty of Public Health, Mahidol University

³ Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University

Abstract

Formaldehyde (FA) is a useful chemical for tissue fixation, such as embalming cadavers for anatomical study; however, it also poses serious risks to human health. Thus, this study was conducted to evaluate such cancer and respiratory risks as a preventive and control measurement. The ambient FA of inhalation exposure was collected 3 times during an anatomy laboratory (lessons of the back, upper extremity, and lower extremity) with solid sorbent tubes, which were then analyzed by GC-FID. The results were utilized to evaluate the potential cancer risk, based on EPA recommendations. Pulmonary function test was evaluated by in 30 medical students during 3 anatomy classes and the evaluation was repeated one year after the end of the class. The results revealed that the average ambient FA was 0.38 mg/m³ (0.15-0.95 mg/m³). The average cancer risk among medical students was 3.84×10^{-7} . These data were within the acceptable level of the EPA recommendation. The pulmonary function showed a decrease while attended the anatomy classes and statistically significant increase after no exposure for one year. In conclusion, the FA exposure level of medical students was within the acceptable limits of cancer and respiratory disease. However, it is essential to monitor and evaluate the health status of medical staff who long-term exposed to FA.

Keywords: Formaldehyde, Cancer Risk Assessment, Pulmonary function test

*Corresponding author

Asst. Prof. Dr. Chatchai Ekpanyaskul

Department of Preventive and Social Medicine, Faculty of Medicine, Srinakharinwirot University

E-mail: swuocmed@gmail.com

บทนำ

ฟอร์มาลดีไฮด์ เป็นสารเคมีที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทั้งในทางการแพทย์ เคมี เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ในบ้าน และก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม International Research on Cancer (IARC) จัดฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารก่อมะเร็งที่ทำให้เกิดมะเร็งหลังโพรงจมูกและมะเร็งเม็ดเลือดขาวในมนุษย์² จากการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า การสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์อย่างต่อเนื่องส่งผลต่อการเกิดภูมิแพ้ เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ และทำให้เกิดมะเร็ง³⁻⁴ ด้วยเหตุที่ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารพิษที่ส่งผลโดยตรงต่อยีน (direct-acting genotoxic compound) การพัฒนาไปสู่การเกิดมะเร็งประกอบด้วยหลายกลไก อาทิเช่น ทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของสารพันธุกรรม (gene mutation) เกิดการแตกหักของโครโมโซม (chromosomal breakage) ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนโครโมโซม (aneuploidy) เกิด crosslinks ของ DNA และ โปรตีนในเซลล์ เกิดการแตกหักของ DNA เพียงสายเดี่ยว (DNA single strand breaks) ส่งผลต่อการสังเคราะห์และการซ่อมแซม DNA ระหว่างการแบ่งเซลล์ กระตุ้นให้เซลล์เกิดการแบ่งเซลล์อย่างผิดปกติทำให้เกิด sister chromatid exchange, chromosomal aberrations และส่งผลต่อการเกิดไมโครนิวเคลียส (micronucleus formation) ในเซลล์ เป็นต้น⁵⁻⁸

จากการเก็บข้อมูลการเกิดมะเร็งในกลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่ทำงานสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ เช่น นักพยาธิวิทยา นักกายวิภาค และพนักงานคองศพ ในปี ค.ศ. 2006 พบว่าเป็นกลุ่มผู้ประกอบอาชีพที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งสมองและมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด Lymphohematopoietic neoplasms⁹

ในปี ค.ศ. 2009 มีการศึกษา Case – control ในกลุ่มคนงานคองศพที่สัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ต่อการเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาวและมะเร็งสมองในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าในผู้ที่เสียชีวิตจากมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดมัยอีลอยด์ (myeloid leukemia) มีความสัมพันธ์กับอายุการทำงานที่เพิ่มขึ้นและปริมาณการสัมผัสกับฟอร์มาลดีไฮด์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ¹⁰ สำหรับกลุ่มนิสิตแพทย์เป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่มีความเสี่ยงจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากน้ำยาคองศพด้วยเช่นกัน ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการรับสัมผัสและประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงทางสุขภาพจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ของนิสิตแพทย์ระหว่างการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค ซึ่งการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ช่วยให้สามารถกำหนดมาตรการในการจัดการเพื่อควบคุมและเฝ้าระวังทางสุขภาพในอนาคต

ขั้นตอนการดำเนินการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

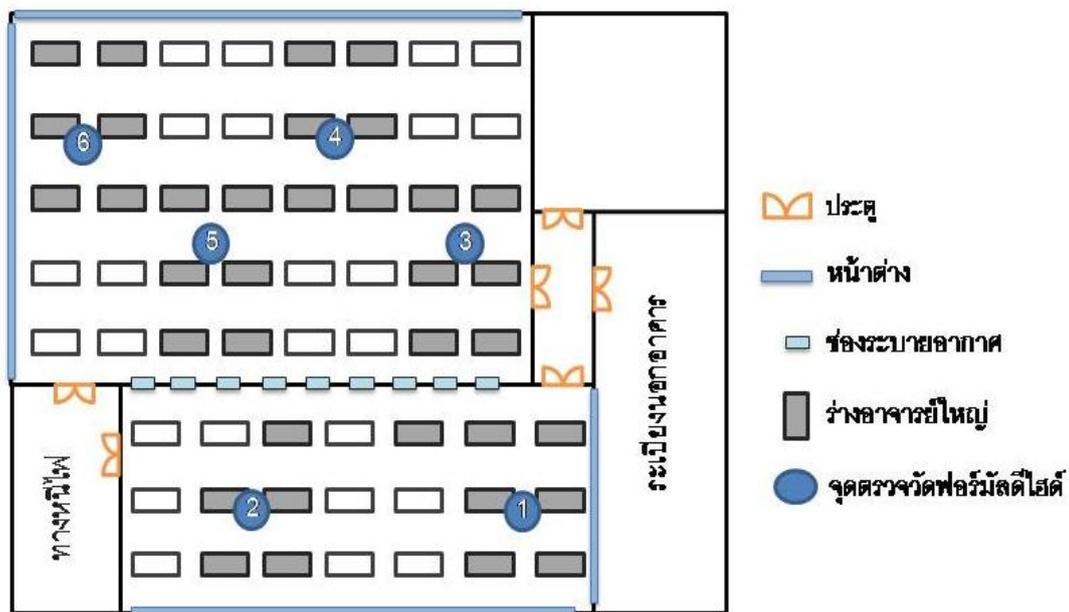
กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตแพทย์ที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย จำนวน 30 คน โดยเข้าร่วมทำการทดสอบสมรรถภาพปอดและตอบแบบสอบถามข้อมูลทางสุขภาพทำการเก็บข้อมูลจำนวน 4 ครั้ง โดยเก็บใน 3 หัวข้อการเรียนปฏิบัติการ (ปฏิบัติการกายวิภาคส่วนหลัง ปฏิบัติการกายวิภาคขงค้ำส่วนบนและปฏิบัติการกายวิภาคขงค้ำส่วนล่าง) แต่ละหัวข้อมีระยะเวลาห่างกัน 1 เดือน และเก็บครั้งสุดท้ายเมื่อนิสิตแพทย์สิ้นสุดการเรียนปฏิบัติการทางกายวิภาคแล้วหนึ่งปีการศึกษา ดังกล่าวผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรม

การวิจัยในมนุษย์ คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเก็บตัวอย่างฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อม

การศึกษานี้ทำการเก็บข้อมูลสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการทางกายวิภาคซึ่งจะทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์แบบพื้นที่ (area sampling) ทั้งหมด 6 ตำแหน่งกระจายไปตามพื้นที่ห้องเรียน โดยติดตั้งที่จุดกึ่งกลางเสมือนเป็นตัวแทนการรับสัมผัสของนิสิตแพทย์ (รูปที่1) ชุดอุปกรณ์เก็บฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมจะใช้หลอดดูดซับ XAD-2 (Solid sorbent tube 10% 2-hydroxymethylpiperidine on XAD-2, 120 มิลลิกรัมต่อ 60 มิลลิกรัม) ร่วมกับปั๊มดูดอากาศ(DUPONT PUMP ALPHA 2[®]) อัตรา

การไหลของปั๊มเท่ากับ 0.05 ± 0.005 ลิตรต่อนาทีใช้ระยะเวลาในการเก็บอากาศ 150 นาที ตำแหน่งท่อเก็บอากาศอยู่สูงในระดับ breathing zone (รูปที่ 2A-B) เมื่อครบตามกำหนดเวลา หลอดดูดซับที่ได้จะถูกเก็บในภาชนะปิดสนิทก่อนนำไปเก็บในโถดูดความชื้นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยเครื่อง Gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID; GC-2010 plus SHIMADZU[®]) ตามมาตรฐานการวิเคราะห์ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) method 2541¹¹



รูปที่ 1 จุดติดตั้งอุปกรณ์เก็บฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 2 การติดตั้งชุดอุปกรณ์เก็บฟอร์มัลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ ฟอร์มัลดีไฮด์จากหลอดดูดซับเริ่มจากหักจากหลอดดูดซับส่วนหน้า ทեսารดูดซับ (sorbent material) ใส่ vial ที่ 1 และหักจากหลอดดูดซับส่วนหลังทեսารดูดซับใส่ vial ที่ 2 จากนั้นเติม toluene for GC-FID ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ในแต่ละ vial ปิดฝาให้สนิทนำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonic water bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดเอาสารละลายด้านบนที่ได้ปริมาตร 400 ไมโครลิตรใส่ vial วางในส่วนรอการวิเคราะห์ เครื่อง GC-FID ในการวิเคราะห์เครื่องจะฉีดสารละลายเข้าเครื่อง GC-FID 3 ครั้งและอ่านค่าโดยเทียบกับ standard curve ที่ถูกเตรียมไว้ที่ความเข้มข้น (0.5-10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ค่า correlation coefficient (R) เท่ากับ 0.997

การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์

การประเมินความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง และความเสียหายสุขภาพอื่นๆประเมินโดยใช้สูตรการ

ประเมินความเสี่ยงของหน่วยงาน United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA.)¹² สหรัฐอเมริกา ประเมินผ่านช่องการได้รับสารผ่านทาง การหายใจเพียงช่องทางเดียวซึ่งเป็นช่องทางหลักของการได้รับฟอร์มัลดีไฮด์ระหว่างการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคโดยความถี่ของการรับสัมผัสต่อปี (EF) เท่ากับ 15 วันที่มีการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค ระยะเวลาที่สัมผัส (ED) เท่ากับ 1, 2, 5 และ 10 ปี ระยะเวลาเฉลี่ยที่สารเคมีส่งผลเสียต่อสุขภาพ (AT) เท่ากับ 78ปี¹³ ค่า Inhalation unit risk (IUR) ของฟอร์มัลดีไฮด์เท่ากับ 1.3×10^{-5} หนึ่งส่วนไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร¹⁴

สูตรการประเมินการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์

$$EC = (C \times ET \times EF \times ED) / AT$$

สูตรการประเมินการก่อมะเร็ง

$$\text{Cancer risk} = EC \times IUR$$

ถ้า Cancer risk น้อยกว่า 1×10^{-6} หรือว่า ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งน้อยกว่า 1 คนต่อ

ประชากร 1 ล้านคนแสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับ
อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

สูตรความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับ
สัมผัสสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งผ่านทาง
หายใจ

$$HQ = EC / RfC$$

$HQ > 1$ ความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่
ก่อให้เกิดมะเร็งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

$HQ < 1$ ความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่
ก่อให้เกิดมะเร็งอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้

ตัวแปรและความหมายของสูตรการ
คำนวณค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความ
เสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวแปรและความหมายของสูตรการคำนวณค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงที่ไม่
ก่อให้เกิดมะเร็ง

ตัวแปร	ความหมาย
EC (Exposure concentration)	การประเมินการรับสัมผัสของฟอร์มลดีไฮด์ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
C (Concentration)	ฟอร์มลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการทางกายวิภาค (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ET (Exposure time)	ระยะเวลาเรียน (ชั่วโมงต่อวัน)
EF (Exposure frequency)	ความถี่ของการรับสัมผัสต่อปี (วันต่อปี)
ED (Exposure duration)	ระยะเวลาที่สัมผัส (ปี)
Conversion factor	1.14×10^{-4} (ปีต่อชั่วโมง)
AT (Average time)	ระยะเวลาเฉลี่ยที่สารเคมีส่งผลเสียต่อสุขภาพ
HQ (Hazard quotient)	ความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับสัมผัสสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งผ่านทาง หายใจ
RfC (Reference concentration) ¹⁵	0.049 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ประเมินสมรรถภาพปอด

ประเมินในพื้นที่เปิดโล่งปลอดฟอร์มลดีไฮด์ ขั้นตอนการประเมินสมรรถภาพปอดเริ่มจากให้นิสิตแพทย์นั่งหลังตรงหรือยืนตัวตรงตามสบาย หนีบจมูก (กรณีไม่สามารถกั้นลมหายใจทางจมูกได้) สูดลมหายใจเข้าจนเต็มปอดให้ผู้ถูกประเมินอมกระบอกเครื่องเป่า (mouth piece) และปิดปากให้แน่น โดยรอบปากกระบอกเป่าโดยไม่ให้มีลมรั่ว จากนั้นหายใจออกให้เร็วและแรงอย่างเต็มที่จนกว่าจะไม่มีอากาศออกจากปอดอีก (ควรหายใจออกโดยมีระยะนานไม่น้อยกว่า 6 วินาที โดยไม่มีลมรั่วออก

ขณะเป่า) ทำการประเมินเป้า 3 ครั้งเพื่อประเมินจาก 4 ตัวชี้วัด โดยเลือกค่าที่มากที่สุดมาวิเคราะห์ ประกอบด้วยประเมิน Forced vital capacity (FVC) คือปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างรวดเร็ว และแรง Forced expiratory volume in one second (FEV₁) คือปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างรวดเร็วและแรง FEV₁/FVC เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณใช้ในการประเมินการเกิดการอุดกั้นของหลอดลม Forced expiratory volume at 25-75% of FVC (FEV_{25-75%}) คืออัตราการไหลของอากาศในช่วงกลางของการ

หายใจ FVC และ peak expiratory flow (PEF) คือ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกที่สูงที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาความแตกต่างของค่าสมรรถภาพปอด ภายหลังจากรับสัมผัสในแต่ละครั้ง 3 ครั้ง เปรียบเทียบกับเมื่อสิ้นสุดการเรียนปฏิบัติการกายวิภาคแล้ว 1 ปี ด้วยสถิติ Paired sampled t-test โดยข้อมูลจะถูกทดสอบการกระจายตัวด้วยสถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov test กรณีที่มีการกระจายตัวปกติ ($p \geq 0.05$) จะใช้สถิติทดสอบชนิดพาราเมตริก Paired sample t-test กรณีกระจายตัวไม่ปกติ ($p < 0.05$) จะใช้สถิติทดสอบชนิดนอนพาราเมตริก Wilcoxon Matched pairs test กรณีหาความแตกต่างของความเสียหายต่อการเกิดมะเร็งของนิสิตแพทย์ที่มีโรคประจำตัวในทางเดินหายใจและนิสิตที่มีสุขภาพดีด้วยสถิติ Independent sample t-test

กรณีที่มีการกระจายตัวปกติ ($p \geq 0.05$) หรือ 2-Independent sample t-test สถิติทดสอบ Mann-Whitney U กรณีกระจายตัวไม่ปกติ ($p < 0.05$) ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ น้อยกว่า 0.05 ($p < 0.05$)

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตแพทย์ชั้นปีที่ 2 ที่เรียนวิชาปฏิบัติการกายวิภาคที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยจำนวนทั้งหมด 30 คน เป็นชาย 16 คน (53.3%) เป็นหญิง 14 คน (46.7%) อายุเฉลี่ย 19.47 ± 0.63 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 63.17 ± 16.30 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.67 ± 0.09 เมตร มีโรคประจำตัว โดยแบ่งเป็น ภูมิแพ้ 10 คน (33.3%) หอบหืด 2 คน (6.7%) และ ไช้สนัส 2 คน (6.7%) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของนิสิตแพทย์

	รวม	ชาย	หญิง
เพศ	30 (100)	16 (53.3)	14 (46.7)
อายุ (ปี)	19.47 ± 0.63	19.44 ± 0.63	19.50 ± 0.65
น้ำหนัก (กก.)	63.17 ± 16.30	75.06 ± 12.85	49.57 ± 5.40
ส่วนสูง (ม.)	1.67 ± 0.09	1.75 ± 0.04	1.58 ± 0.05
โรคประจำตัว			
ภูมิแพ้	10 (33.3)	4 (13.3)	6 (20.0)
หอบหืด	2 (6.7)	0	2 (6.7)
ไช้สนัส	2 (6.7)	0	2 (6.7)

ข้อมูลการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์

ฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคทั้งหมด 6 พื้นที่ 3 ครั้งในหัวข้อที่ 1 (กายวิภาคส่วนหลัง) หัวข้อที่ 2 (กายวิภาคร่างกายส่วนบน) และหัวข้อที่ 3 (กายวิภาคร่างกายส่วนล่าง) เท่ากับ 0.64 ± 0.17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.18 ± 0.03

มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.33 ± 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ระยะเวลาการเรียนของนิสิตแพทย์เฉลี่ยในหัวข้อที่ 1, 2, และ 3 เท่ากับ 2.45 ± 0.70 ชั่วโมง 4.19 ± 0.66 ชั่วโมง และ 3.82 ± 0.49 ชั่วโมงตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการกายวิภาคและเวลาการเรียนปฏิบัติการ

พื้นที่	(มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						ค่าเฉลี่ย [ต่ำสุด, สูงสุด]	(ชั่วโมง) เวลาเรียน
	1	2	3	4	5	6		
หัวข้อ 1	0.57	0.50	0.52	0.95	0.59	0.70	0.64 ± 0.17	2.45 ± 0.70
หัวข้อ 2	0.17	0.22	0.17	0.15	0.18	0.20	0.18 ± 0.03	4.19 ± 0.66
หัวข้อ 3	0.57	0.33	0.28	0.27	0.33	0.22	0.33 ± 0.12	3.82 ± 0.49
รวม							0.38 ± 0.23 [0.15, 0.95]	

ความเสี่ยงของฟอร์มาลดีไฮด์ต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

การรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ของนิสิตแพทย์ใน 1 ปีและการทำนายการรับสัมผัสที่ 2, 5 และ 10 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.06 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร 0.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.30 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับและสำหรับค่าเฉลี่ยความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของนิสิตแพทย์ใน 1 ปีและการทำนายความเสี่ยงเมื่อได้รับที่ระยะเวลา 2, 5 และ 10 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 3.84×10^{-7} , 7.67×10^{-7} , 1.92×10^{-6} และ 3.84×10^{-6} ตามลำดับ และสำหรับค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับสัมผัสสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งในปีที่ 1 และเมื่อทำนายในปีที่ 2, 5 และ 10 ปี

เฉลี่ยเท่ากับ 6.02×10^{-4} , 1.20×10^{-3} , 3.01×10^{-3} และ 6.02×10^{-3} ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อประเมินความเสี่ยงต่อมะเร็งของนิสิตแพทย์ที่มีโรคประจำตัวในระบบทางเดินหายใจ (ภูมิแพ้ หอบหืด และไซนัส) และนิสิตแพทย์ที่มีสุขภาพดีพบว่าค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งของนิสิตแพทย์ที่มีโรคประจำตัวในระบบทางเดินหายใจและนิสิตแพทย์ที่มีสุขภาพดีเท่ากับ 4.04×10^{-7} (1.30×10^{-7} , 2.23×10^{-7}) และ 3.73×10^{-7} (2.00×10^{-7} , 7.40×10^{-7}) ตามลำดับ ค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมีการกระจายตัวปกติและเมื่อทดสอบทางสถิติพบว่านิสิตแพทย์ทั้งสองกลุ่มมีค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 การรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

	ค่าเฉลี่ย [ต่ำสุด, สูงสุด]	
	1 ปี	2 ปี
EC (ug/m ³)	0.03 [0.01, 0.06]	0.06 [0.03, 0.11]
Cancer risk	3.84x10 ⁻⁷ [2.00x10 ⁻⁷ , 7.40x10 ⁻⁷]	7.67x10 ⁻⁷ [3.99x10 ⁻⁷ , 1.48x10 ⁻⁶]
HQ	6.02 x 10 ⁻⁴ [3.14x10 ⁻⁴ , 1.16x10 ⁻³]	1.20 x 10 ⁻³ [6.72x10 ⁻⁴ , 2.32x10 ⁻³]
	5 ปี	10 ปี
EC (ug/m ³)	0.15 [0.08, 0.28]	0.30 [0.15, 0.57]
Cancer risk	1.92x10 ⁻⁶ [0.99x10 ⁻⁶ , 3.70x10 ⁻⁶]	3.84x10 ⁻⁶ [2.00x10 ⁻⁶ , 7.40x10 ⁻⁶]
HQ	3.01x 10 ⁻³ [1.57x10 ⁻³ , 5.81x10 ⁻³]	6.02 x 10 ⁻³ [3.14x10 ⁻³ , 1.16x10 ⁻²]

สมรรถภาพปอดหลังการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์

ค่าสมรรถภาพปอด %FVC, %FEV₁, %FEV₁/FVC, %FEV_(25-75%) และ %PEF ระหว่างการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค ในหัวข้อกายวิภาค ส่วนหลัง เท่ากับ 103.57±14.95, 104.07±12.18, 99.23±7.87, 92.90±19.99 และ 70.83±16.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในหัวข้อกายวิภาครยางค์ ส่วนบน เท่ากับ 104.70±11.65, 106.00±14.31, 99.50±8.26, 94.37±20.78 และ 71.91±16.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าสมรรถภาพปอดในหัวข้อกายวิภาครยางค์ส่วนล่าง เท่ากับ 106.97±10.32, 110.70±12.61, 101.83±5.76, 104.17±20.68 และ 84.73±13.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับและสิ้นสุดการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคแล้วหนึ่งปี เท่ากับ 113.57±13.11, 117.00±16.02, 101.20±5.94, 112.63±26.49 และ 101.83±13.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับค่าสมรรถภาพปอดทุกตัวชี้วัดทั้ง 4 ครั้งมีการกระจายตัวปกติ และเมื่อประเมินค่าสมรรถภาพปอดเปรียบเทียบกับช่วงสิ้นสุดการเรียนภาคปฏิบัติ

ทางกายวิภาคแล้วหนึ่งปีพบว่าเมื่อสิ้นสุดการเรียนค่า %FVC, %FEV₁ และ %PEFR มีค่าสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากช่วงที่มีการเรียนปฏิบัติการทางกายวิภาค ในขณะที่ %FEV_(25-75%) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในหัวข้อ 1 และ 2 และสำหรับค่า %FEV₁/FVC ไม่แตกต่างจากช่วงที่มีการเรียน (ตารางที่ 5)

อภิปรายและสรุปผล

จากการประเมินปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมพบว่ามีค่าเฉลี่ย 0.38±0.23 (0.15-0.95) มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในหัวข้อกายวิภาค ส่วนหลังมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (0.64±0.17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) รองลงมา คือหัวข้อกายวิภาครยางค์ส่วนล่าง (0.33±0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และรยางค์ส่วนบน (0.18±0.03 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าตำแหน่งที่ทำการเรียนปฏิบัติการทางกายวิภาคส่งผลต่อการระเหยของฟอร์มาลดีไฮด์สู่บรรยากาศได้ กล่าวคือยิ่งพื้นที่ผิวการละลาย

ตารางที่ 5 ค่าสมรรถภาพปอดของนิสิตแพทย์

ค่าสมรรถภาพ (%)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	สิ้นสุดการเรียนฯ
%FVC	103.57±14.95*	104.70±11.65*	106.97±10.32*	113.57±13.11
%FEV ₁	104.07±12.18*	106.00±14.31*	110.70±12.61*	117.00±16.02
%FEV ₁ /FVC	99.23±7.87	99.50±8.26	101.83±5.76	101.20±5.94
%FEV _(25-75%)	92.90±19.99*	94.37±20.78*	104.17±20.68	112.63±26.49
%PEFR	70.83±16.09*	71.91±16.28*	84.73±13.65*	101.83±13.18

* $p < 0.05$

เปิดมากยิ่งขึ้นทำให้ฟอร์มัลดีไฮด์ถูกปลดปล่อยออกมาได้มากขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของ Takayanagi และคณะที่ประเมินฟอร์มัลดีไฮด์ที่ตัวนิสิตแพทย์ และในพื้นที่เรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคในหัวข้อ systemic anatomy และ neuroanatomy พบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในหัวข้อการเรียน systemic anatomy สูงกว่า neuroanatomy ประมาณ 0.5 พีพีเอ็ม¹⁶ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ohmichi และคณะได้อธิบายไว้เช่นกันว่าตำแหน่งของร่างกายที่ทำการศึกษาส่งผลต่อการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์¹⁷ โดยจากทั้ง Takayanagi และ Ohmichi แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ทำการเจาะเปิดร่างส่งผลให้ฟอร์มัลดีไฮด์ระเหยสู่สิ่งแวดล้อมได้มากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศของห้องปฏิบัติการทางกายวิภาคจากการศึกษากับค่ามาตรฐานสิ่งแวดล้อมในการทำงาน พบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในบรรยากาศของห้องปฏิบัติการทางกายวิภาคเฉลี่ย (0.38±0.23 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) สูงกว่าค่าเสนอแนะของ NIOSH- Ceiling (0.37 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และ ACGIH-

Ceiling (0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยเฉพาะในหัวข้อปฏิบัติการกายวิภาคส่วนหลัง (0.64±0.17 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่เปรียบเทียบผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการศึกษาของ Ochs Sde และคณะ¹⁸ รายงานปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ในห้องปฏิบัติการทางกายวิภาคพบว่ามีปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์อยู่ในช่วง 0.22-2.07 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การศึกษาของ Takahashi และคณะ¹⁹ พบว่าปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์จากการประเมินแบบพื้นที่อยู่ในช่วง 1.70-2.44 พีพีเอ็ม (2.09-3.00 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และ Lakchayapakorn และ Watchalayarn²⁰ เก็บข้อมูลการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในนิสิตแพทย์ในประเทศไทยระหว่างการเรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาค พบว่าการรับสัมผัสฟอร์มัลดีไฮด์ในพื้นที่ห้องปฏิบัติการทางกายวิภาคเฉลี่ยเท่ากับ 0.60 พีพีเอ็ม (0.81 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ช่วงระหว่าง 0.472-0.848 พีพีเอ็ม (0.49-0.71 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยทั้ง 3 การศึกษาพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในการศึกษานี้ ซึ่งปัจจัยที่

ส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอร์มลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อม นอกจากพื้นที่หรือตำแหน่งของร่างอาจารย์ใหญ่ที่ ทำการศึกษาที่แล้วยังประกอบไปด้วย อุณหภูมิ¹⁶⁻¹⁷ ความชื้น และการระบายอากาศภายในห้องเป็น สำคัญ สมรรถภาพปอดของนิสิตแพทย์เมื่อพิจารณา ในแต่ละตัวแปรประกอบด้วย %FVC, %FEV₁, %FVC/FEV₁, %FEV_(25-75%) และ %PEFR พบว่า สมรรถภาพปอดจะต่ำกว่าในช่วงสิ้นสุดการเรียน ภาควิชาปฏิบัติทางกายวิภาคคล้ายกับการศึกษาของ Akbar-Khanzadeh และคณะที่ศึกษากลุ่ม นิสิต แพทย์ที่สัมผัสฟอร์มลดีไฮด์ในช่วงความเข้มข้น ระหว่าง 0.07-2.94 พีพีเอ็ม (0.03-3.06 มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร) พบว่าค่า FVC และ FVE₃ ลดลง ในขณะที่ FEV₁/FVC เพิ่มขึ้น เฉพาะ FVE₃ ที่ลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ²¹ นอกจากนี้การศึกษาของ Wang และคณะพบว่า การสัมผัสฟอร์มลดีไฮด์ที่ ความเข้มข้น 1-3.5 พีพีเอ็ม (1.23-3.68 มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร) ทำให้สมรรถภาพปอด (pulmonary function) ลดลง 5-10 เปอร์เซ็นต์จากค่าอ้างอิง (reference value)²² Fan และคณะกล่าวว่าผู้ที่ สัมผัสฟอร์มลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น 2.51 พีพีเอ็ม (3.08 มิลลิกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร) พบว่า ประสิทธิภาพในการระบายอากาศของปอดลดลง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและยังเพิ่มระยะเวลาการ สัมผัสยังเพิ่มความผิดปกติต่อสมรรถภาพปอด²³ สำหรับการศึกษาของ Khaliq และ Tripathi ที่ศึกษา การได้รับฟอร์มลดีไฮด์ในนิสิตแพทย์ที่เรียนปฏิบัติ กายวิภาคประเมิน ก่อนเรียน หลังจากเรียนครั้งแรก ผ่านไป 2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงพบว่าที่ 2 ชั่วโมง หลังการเรียนค่า FVC ลดลงซึ่งความเปลี่ยนแปลง ดังกล่าวจะกลับมาเป็นปกติใน 24 ชั่วโมงหลังการ รับสัมผัส โดยอธิบายว่า การได้รับฟอร์มลดีไฮด์

แบบเฉียบพลันทำให้เกิดภาวะ mildtransient bronchoconstriction²⁴ และการศึกษาของ Sauder และคณะที่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างผู้มีสุขภาพดีและ ไม่สูบบุหรี่ ต่อการได้รับฟอร์มลดีไฮด์ (3.0 พีพีเอ็ม) พบว่าเมื่อได้รับฟอร์มลดีไฮด์ไปเป็นเวลา 30 นาที จะส่งผลให้ FEV₁ ลดลง 2% และ FEV₁ ที่ 25-75% ลดลง 7 เปอร์เซ็นต์แต่ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จะคงอยู่ในช่วง 60-180 นาทีและจะกลับมาเป็น ปกติเมื่อผ่านไป 24 ชั่วโมง²⁵ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการรับสัมผัสของทั้งฟอร์มลดีไฮด์ในกลุ่ม นิสิตแพทย์ที่สัมผัสกับฟอร์มลดีไฮด์แบบฉับพลัน ส่งผลให้สมรรถภาพปอดเปลี่ยนแปลงได้ในระยะ สั้นแต่ก็จะกลับมาเป็นปกติเมื่อเลิกสัมผัสภายในไม่ เกิน 24 ชั่วโมง

จากการประเมินความเสี่ยงการเกิดมะเร็ง ในนิสิตแพทย์ที่เรียนภาควิชาปฏิบัติทางกายวิภาคพบว่า ค่าความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (3.84×10^{-7}) คือน้อยกว่า 1×10^{-6} หรือความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง น้อยกว่า 1 ต่อประชากรหนึ่งล้านคน ในขณะที่เมื่อ การรับสัมผัสในปริมาณเท่าเดิมแต่หากเพิ่มจำนวน ปีของการรับสัมผัสเป็น 2, 5 และ 10 ปีพบว่าในปีที่ 5 และ ปีที่ 10 ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง 1.92 คน และ 3.84 คนต่อประชากรหนึ่งล้านคนเมื่อ เปรียบเทียบกับการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิด มะเร็งจากการในบุคลากรทางการแพทย์ของ Sousa และคณะปริมาณฟอร์มลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมของ โรงพยาบาล (ห้องเลือด ห้องผ่าตัดเด็กและห้อง บริจาคเลือด) มีค่าอยู่ในช่วง 1.98-24.87 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรประเมินการรับสัมผัส ที่ 40 ปี พบว่าความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งอยู่ใน ช่วง 2.84×10^{-6} - 3.57×10^{-5} ซึ่งอยู่ในช่วงความเสี่ยง

ที่ยอมรับไม่ได้²⁶ สำหรับการประเมินการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์จากการทำงานของประเทศไทย มีการศึกษาของ Sujittra ในอุตสาหกรรมผลิตวัสดุปิดผิวเคลือบเมลามีนที่มีการใช้ฟอร์มาลดีไฮด์ในกระบวนการผลิตพบว่าปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมอยู่ในช่วง 0.39 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.11-0.69 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และพนักงานกว่าร้อยละ 84.2 มีอายุมากกว่า 26 ปี พบว่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งอยู่ในช่วง 4.42×10^{-6} – 1.15×10^{-3} หรือมีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ตั้งแต่ 4.42 คนต่อประชากรหนึ่งล้านคน ถึง 1.15 คนต่อประชากรหนึ่งพันคน ซึ่งเป็นค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งที่สูงมาก²⁶ สำหรับการศึกษาของ Li ในปี 2008 ได้รายงานปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในอาคารพบในสำนักงานมีค่าเฉลี่ยฟอร์มาลดีไฮด์สูงที่สุดอยู่ที่ 0.11 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยฟอร์มาลดีไฮด์ในห้องเรียนมีค่าต่ำที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจากการคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งมีค่าในช่วง 6.96×10^{-6} ถึง 2.48×10^{-4} หรือมีซึ่งมีค่าเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้ตั้งแต่ 6.69 คนต่อประชากรหนึ่งล้านคนถึง 2.48 คนต่อประชากรหนึ่งหมื่นคน²⁸ จากการศึกษาของ Sujittra พบว่าที่ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ใกล้เคียงกัน แต่ระยะเวลาการรับสัมผัสที่มากกว่าส่งผลต่อความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น²⁷ ในขณะที่การศึกษาของ Li และคณะพบว่าแม้ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์จะต่ำแต่เมื่อคำนวณช่วงอายุการรับสัมผัสที่มากขึ้นก็ส่งผลให้ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งเพิ่มขึ้นเช่นกัน และสำหรับความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับสัมผัสสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งผ่านทางหายใจจากการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับ

ได้เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Sujittra ที่รายงานความเสี่ยงทางสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งสูงถึง 8.88 ซึ่งสูงกว่าที่ U.S. EPA กำหนด

จากการศึกษานี้พบว่า การรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมของนิสิตแพทย์ที่เรียนภาคปฏิบัติทางกายวิภาคถือเป็นกลุ่มการรับสัมผัสก่อนวัยทำงานที่มีการรับสัมผัสฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณสูงแต่ช่วงเวลาการรับสัมผัสสั้น ถึงแม้ว่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง ความเสี่ยงต่อสุขภาพของการได้รับสัมผัสสารเคมีที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดซึ่งเป็นดัชนีชีวภาพจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ (biomarker of effect) ที่สามารถกลับมาเป็นปกติได้ แต่พบว่าจากข้อมูลการทำนายความเสี่ยงเมื่ออายุการทำงานที่เพิ่มขึ้นจะช่วยให้มองเห็นถึงความเสี่ยงทางสุขภาพที่เกิดจากการได้รับฟอร์มาลดีไฮด์ของกลุ่มอาจารย์แพทย์ และบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องที่มีรูปแบบการสัมผัสที่คล้ายคลึงแต่มีระยะเวลาการสัมผัสที่สูงกว่าได้ นอกจากนี้การประเมินการรับสัมผัสในครั้งนี้เป็นการประเมินฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจากหลายการศึกษารายงานปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตัวบุคคลที่มีสูงกว่า^{17-20,29} สำหรับความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งและความเสี่ยงทางสุขภาพอื่นๆจากฟอร์มาลดีไฮด์ตัวแปรหลักที่สามารถควบคุมได้คือฟอร์มาลดีไฮด์ในสิ่งแวดล้อมดังนั้นควรมีการควบคุมทั้งที่แหล่งกำเนิด ทางผ่านของการรับสัมผัส ควบคุมที่ตัวบุคคลและการบริหารจัดการเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น เช่น การทดแทนด้วยสารที่มีอันตรายน้อยกว่า การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ การเพิ่มเวลาพัก เพิ่มมาตรการด้านสุขอนามัยส่วนบุคคล

บุคคล รวมทั้งอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
ที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

กิติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะ
แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารอ้างอิง

- An JY, Kim S, Kim HJ. Formaldehyde and TVOC emission behavior of laminate flooring by structure of laminate flooring and heating condition. *J Hazard Mater* 2011; 187(1-3): 44-51.
- International Agency for Research on Cancer(IARC). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2006; p. 39-325. Available at <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-29.pdf>, accessed Apr 27, 2014.
- Franklin P, Dingle P, Stick S. Raised exhaled nitric oxide in healthy children is associated with domestic formaldehyde levels. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161(5): 1757-9.
- Rumchev KB, Spickett JT, Bulsara MK, *et al.* Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children. *Eur Respir J* 2002; 20(2): 403-8.
- Guyton KZ, Kyle AD, Aubrecht J, *et al.* Improving prediction of chemical carcinogenicity by considering multiple mechanisms and applying toxicogenomic approaches. *Mutat Res* 2009; 681(2-3): 230-40.
- National Toxicology Program. Report on carcinogens background document for formaldehyde. 2010; Available at http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/twelfth/2009/november/formaldehyde_bd_final.pdf, accessed Jan 15, 2013.
- Shaham J, Gurvich R, Kaufman Z. Sister chromatid exchange in pathology staff occupationally exposed to formaldehyde. *Mutat Res* 2002; 514(1-2): 115-23.
- Bono R, Romanazzi V, Munnia A, *et al.* Malondialdehyde-deoxyguanosine adduct formation in workers of pathology wards: the role of air formaldehyde exposure. *Chem Res Toxicol* 2010; 23(8): 1342-8.
- Bosetti C, McLaughlin JK, Tarone RE, *et al.* Formaldehyde and cancer risk: a quantitative review of cohort studies through 2006. *Ann Oncol* 2008; 19(1): 29-43.
- Hauptmann M, Stewart PA, Lubin JH, *et al.* Mortality from lymphohematopoietic malignancies and brain cancer among embalmers exposed to formaldehyde. *J Natl Cancer Inst* 2009; 101(24): 1696-708.
- National Institute for Occupational safety and health. NIOSH Manual of Analytical

- Methods (NMAM) for Formaldehyde by GC. 1994; Available at <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/2541.pdf>, accessed Apr 2, 2013.
12. United States Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment). 2009; Available at http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsf/pdf/partf_200901_final.pdf, accessed Jan 22, 2015.
 13. United State Environmental Protection Agency. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. 2011; Available at <http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf>, accessed Jan 23 2015.
 14. United States Environmental Protection Agency. Formaldehyde (CASRN50-00-0). 2014; Available at <http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm>, accessed Jan 23, 2015.
 15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry(ATSDR). 2007; Available at <http://www.atsdr.cdc.gov/interactionprofiles/IP-12/ip12.pdf>, accessed Jan 24, 2015.
 16. Takayanagi M, Sakai M, Ishikawa Y, *et al.* Formaldehyde concentrations in the breathing zone of medical students during gross anatomy laboratory in Toho University. *Kaibogaku Zasshi* 2007; 82(2): 45-51.
 17. Ohmichi K, Komiyama M, Matsuno Y, *et al.* Formaldehyde exposure in a gross anatomy laboratory--personal exposure level is higher than indoor concentration. *Environ Sci Pollut Res Int* 2006; 13(2): 120-4.
 18. Ochs Sde M, Grotz Lde O, Factorine LS, *et al.* Occupational exposure to formaldehyde in an institute of morphology in Brazil: a comparison of area and personal sampling. *Environ Sci Pollut Res Int* 2011; 19(7): 2813-9.
 19. Takahashi S, Tsuji K, Fujii K, *et al.* Prospective study of clinical symptoms and skin test reactions in medical students exposed to formaldehyde gas. *J Dermatol* 2007; 34(5): 283-9.
 20. Lakchayapakorn K, Watchalayarn P. Formaldehyde exposure of medical students and instructors and clinical symptoms during gross anatomy laboratory in Thammasat University. *J Med Assoc Thai* 2010; 93 Suppl 7: S92-8.
 21. Akbar-Khanzadeh F, Vaquerano MU, Akbar-Khanzadeh M, *et al.* Formaldehyde exposure, acute pulmonary response, and exposure control options in a gross anatomy laboratory. *Am J Ind Med* 1994; 26(1): 61-75.
 22. Wang W, Wang Q, Zhou Y. Effects of low concentration of formaldehyde on respiratory system and pulmonary function of workers. *Chinese J Ind Med* 2000; 13(2): 115-6.

23. Fan W, Zhou Y, Jin F, *et al.* The health effects of pathologists exposed to formaldehyde. *J Occup Environ Med* 2006; 23(6): 466-8.
24. Khaliq F, Tripathi P. Acute effects of formalin on pulmonary functions in gross anatomy laboratory. *Indian J Physiol Pharmacol* 2009; 53(1): 93-6.
25. Sauder LR, Chatham MD, Green DJ, *et al.* Acute pulmonary response to formaldehyde exposure in healthy nonsmokers. *J Occup Med* 1986; 28(6): 420-4.
26. Sousa FW, Caracas IB, Nascimento RF, *et al.* Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. *Building and Environment* 2011; 46(11): 2115-20.
27. Sujittra Dangruang. The study of health impact assessment of workers from formaldehyde exposure; melamine faced board processing industry case study. Nakorn Pathom: Silpakorn University; 2011.
28. Li TT, Liu ZR, Bai YH. Human cancer risk from the inhalation of formaldehyde in different indoor environments in Guiyang City, China. *Bull Environ Contam Toxicol* 2008; 81(2): 200-4.
29. Takahashi M, Abe M, Yamagishi T, *et al.* Local ventilation system successfully reduced formaldehyde exposure during gross anatomy dissection classes. *Anat Sci Int* 2010; 85(4): 251-2