

บทความวิจัยต้นฉบับ :
ผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด
กรณีศึกษาโรงพยาบาลตติยภูมิ
A Case Study of Health Effects of Nitrous Oxide Exposure in Operating Room
Personnel
in a Tertiary Hospital

กัณฑ์กมล ภัสสรานนท์* ภรณ์ทิพย์ พิมดา** และสุนทร บุญบำรุง***

Kankamol Passaranon* Pornthip Pimda** and Sunthorn boonbumroe***

คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

Faculty of Medicine, Khon Kaen University*

โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา**,***

Maharat Nakhon Ratchasima Hospital**,***

เบอร์โทรศัพท์ 09-6415-6422; Email : aim.kankamol@gmail.com*

วันที่รับ 2 มิ.ย. 2565; วันที่แก้ไข 9 มิ.ย. 2565; วันที่ตอบรับ 17 มิ.ย. 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบตัดขวางเพื่อ (1) ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสไนตรัสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด (2) ศึกษาความชุกของผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด รวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพทั้งหมด 80 คน เป็นบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด 33 คนและบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม 47 คน และผลตรวจวัดสิ่งแวดล้อมความเข้มข้นไนตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัด โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครราชสีมา ช่วงพฤษภาคม พ.ศ. 2564 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2565

ผลการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพที่พบมากที่สุดในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด คือปวดหัว (ร้อยละ 57.6) รองลงมาเวียน (ร้อยละ 27.3) และง่วงซึม (ร้อยละ 33.3) การสัมผัสไนตรัสออกไซด์เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อง่วงซึม 4.20 เท่า (Odds Ratio = 4.20; 95% CI; 1.295-13.617) และหัวใจเต้นเร็ว 10.22 เท่า (Odds Ratio = 10.22; 95% CI; 1.168-89.500) การสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 37.5-50 ppm และสูงเกิน 50 ppm มีโอกาสเกิดเวียน คลื่นไส้ อาเจียน ชา ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม กล้ามเนื้ออ่อนแรง การตอบสนองช้าลง ความสามารถในการขับถ่ายแฉ่ง หัวใจเต้นผิดปกติหวัะ มีบุตรยากและภาวะแท้งมากกว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 5-25 ppm ดังนั้น

บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดควรได้รับการประเมินสุขภาพด้วยแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพติดตามทุกปี และควบคุมระดับความเข้มข้นไนตรัสออกไซด์ในสถานที่ทำงานไม่ให้เกินค่ามาตรฐานการทำงาน

คำสำคัญ : ไนตรัสออกไซด์; บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด

Abstract

This study was a cross-sectional analytical study. The purposes were (1) To describe association between nitrous oxide exposure and health effects of operating room personnel. (2) To describe prevalence of health effects of nitrous oxide exposure in operating room personnel. The data was collected by health questionnaire and environmental monitoring of nitrous oxide concentration in operating rooms in a tertiary hospital, Nakhon Ratchasima province between May 2021 and May 2022. There were 80 personnel in this study divided into 33 operating room personnel and 47 internal medicine personnel.

The results showed that the most health effect of operating room personnel was headache (57.6%) followed by dizziness (27.3%) and drowsiness (33.3%). Nitrous oxide exposure was statistically significant risk factor of dizziness (Odds Ratio = 4.20; 95% CI; 1.295-13.617) and tachycardia (Odds Ratio = 10.22; 95% CI; 1.168-89.500). The concentration of nitrous oxide exposure at 37.5-50 ppm and

above than 50 ppm was associated with dizziness, nausea and vomiting, paresthesia, tingling, muscle weakness, delayed reaction time, decrease drive skill, arrhythmia, infertility, and spontaneous abortion more than the concentration of nitrous oxide exposure 5-25 ppm. Therefore, it is necessary to health questionnaire screening including nervous system, cardiovascular system, and reproductive system in periodically medical surveillance. Additionally, exposure monitoring and controlling the nitrous oxide concentration should be lower than national standard and Thai laws.

Keywords : Nitrous Oxide; Operating Room Personnel

บทนำ

ไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide) หรือแก๊สหัวเราะ มีสถานะเป็นแก๊สที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีสี มีรสชาติและกลิ่นหวานอ่อน ๆ รับสัมผัสทางการหายใจ ไนตรัสออกไซด์นำมาใช้ในทางการแพทย์เพื่อการดมยาสลบก่อนการผ่าตัด อาชีพที่เสี่ยงได้แก่ บุคลากรทางการแพทย์ทำงานในห้องผ่าตัด ในโรงพยาบาล ศูนย์ผ่าตัด สำนักงานแพทย์ และห้องฟักฟืน ทันตแพทย์ที่ใช้ไนตรัสออกไซด์ในการดมยาสลบรวมถึงพนักงานความสะอาดห้องผ่าตัด^[1-3]

ผลกระทบต่อสุขภาพของไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์พบว่าไนตรัสออกไซด์ส่งผลกระทบต่อระบบประสาทได้แก่การปวดหัวเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เคล็ดขัดยอก ชา ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่มกล้ามเนื้ออ่อนแรง ปัญหาสถานะทางอารมณ์^[4-7] ปฏิกริยาตอบสนองช้าลง^[8,9] และยับยั้งเยื่อ^[10] ระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ หัวใจเต้นเร็ว^[4]

ระบบเลือด การสัมผัสไนโตรสออกไซด์ในระยะยาว กฎการทำงานของ vitamin B12 ครอบคลุมการสร้าง DNA กัดการทำงานของไขกระดูก^[11-13] พบว่ามีค่าความเข้มข้นเม็ดเลือดแดงขนาดของเม็ดเลือดแดง และเม็ดเลือดขาวชนิด monocytes และ basophil ลดลงระหว่างทำงานและเพิ่มขึ้นหลังหยุดงาน ต่ำกว่าบุคลากรทางการแพทย์ซึ่งไม่ได้ทำงานสัมผัสไนโตรสออกไซด์^[14-16] ระบบตับและไต นิ่วในไต^[18] ภาวะพิษต่อตับและไต ผลตรวจการทำงานของตับและไตผิดปกติ^[17-19] ระบบสืบพันธุ์ การแท้งบุตรและความสามารถในการมีบุตรลดลง^[20-22] ลูกพิการแต่กำเนิด^[23] น้ำหนักแรกเกิดของบุตรลดลงและภาวะทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักน้อยกว่าอายุครรภ์^[24] การสัมผัสไนโตรสออกไซด์ยังไม่พบว่าเป็นความเสี่ยงต่อมะเร็ง^[25] องค์การ IARC (International Agency for Research on Cancer) ไม่ได้ทำการประเมินจัดลำดับความเสี่ยงต่อมะเร็งของไนโตรสออกไซด์ ขณะที่ ACGIH (American conference of governmental industrial hygienist) จัดลำดับความเสี่ยงต่อมะเร็งของไนโตรสออกไซด์เท่ากับ A4 คือไม่สามารถจัดกลุ่มว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ได้^[26]

จากเหตุผลข้างต้นผู้ปฏิบัติงานสัมผัสไนโตรสออกไซด์จึงควรได้รับการป้องกัน ควบคุม และเฝ้าระวัง ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ การป้องกันและควบคุมอันตรายโดยการควบคุมทางวิศวกรรม การควบคุมด้านบริหารจัดการ และอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล^[27] การเฝ้าระวังแบ่งเป็น การเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมโดยการประเมินระดับการรับสัมผัสไม่ให้ค่าไนโตรสออกไซด์ในสถานที่ทำงานเกินค่ามาตรฐาน ACGIH OSHA และประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง จีดจำกัดความเข้มข้น

ของสารเคมีอันตราย (พ.ศ. 2560) กำหนดระดับความเข้มข้นไนโตรสออกไซด์ในสถานที่ทำงาน 50 ppm (90 mg/m³) และ NIOSH 25 ppm (46 mg/m³)^[28, 29] และการเฝ้าระวังสุขภาพสำหรับบุคลากรผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดประกอบด้วยแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพระบบประสาท ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบสืบพันธุ์ตับและไต การตรวจร่างกายและการตรวจทางห้องปฏิบัติการเช่น ความสมบูรณ์ของเม็ดเลือด การทำงานของตับและไต พื้นฐานและติดตามทุกปี เป็นอย่างน้อย การตรวจสุขภาพประเมินความพร้อมก่อนเข้าทำงาน^[1, 30] จากการศึกษาในประเทศไทยพบว่า การเฝ้าระวังสิ่งแวดล้อมโดยการประเมินระดับความเข้มข้นไนโตรสออกไซด์ในห้องผ่าตัดเกินค่ามาตรฐาน การเฝ้าระวังสุขภาพพบผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนโตรสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด ได้แก่ อาการอ่อนเพลีย และสมาธิลดลง^[31-33]

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาความชุกของผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนโตรสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดและค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสไนโตรสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด

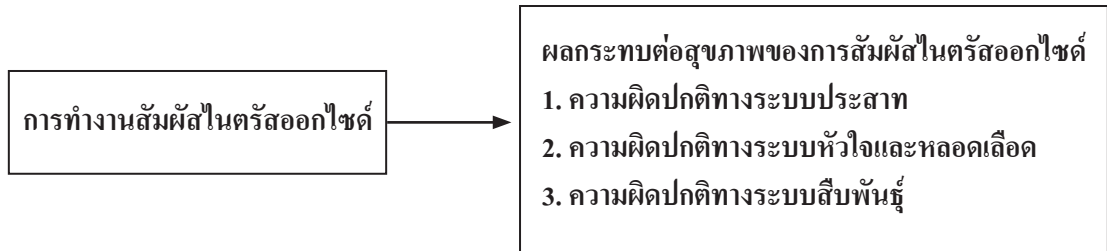
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความชุกของผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนโตรสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด
2. เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสไนโตรสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพของในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาความชุกและความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสในตรัสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพของในบุคลากรทางการแพทย์

ห้องผ่าตัด โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครราชสีมา ดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2564 ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2565



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบตัดขวาง (cross-sectional analytical study) ประชากรที่จะศึกษาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดและบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา

ประชากรศึกษาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 303 คน และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม โรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 473 คน ซึ่งไม่ได้ทำงานสัมผัสในตรัสออกไซด์เป็นกลุ่มเปรียบเทียบขนาดตัวอย่างคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป WinPepi Version 11.65 คำนวณกลุ่มตัวอย่างได้เท่ากับ 84 คน โดยเป็นกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดจำนวน 33 คน และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรมจำนวน 51 คน วิธีสุ่มตัวอย่างบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด ใช้วิธี

stratified randomization โดยจัดกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ออกตามห้องผ่าตัดได้แก่อาคาร OR กระดูกและข้อ จก3 อาคารรักษาอาการสูติกรรม ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 3 ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 4 และอาคารฉุกเฉิน และใช้ simple randomization โดยตารางเลขสุ่มภายในแต่ละกลุ่มและสุ่มตัวอย่างบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม โดยใช้ simple randomization โดยตารางเลขสุ่ม ผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติกลุ่มตัวอย่างเกณฑ์การคัดเข้า (inclusion criteria) คือบุคลากรทางการแพทย์ทำงานในห้องผ่าตัดโรงพยาบาลตติยภูมิแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่อาคารห้องผ่าตัดกระดูกและข้อ จก3 อาคารรักษา อาการสูติกรรม ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 3 ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 4 และอาคารฉุกเฉิน และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม ไม่มีเกณฑ์การคัดอาสาสมัครออกจากงานวิจัย ไม่มีเกณฑ์การให้เลิกจากการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพโดยเก็บข้อมูลดังนี้ ข้อมูลทั่วไป ประวัติการทำงาน อาการทางสุขภาพ ได้แก่ ระบบประสาท ระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบสืบพันธุ์ และแบบประเมินความเครียด

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง กำหนดกรอบแนวคิดเพื่อสร้างแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพที่ใช้ในการวิจัย ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของแบบสอบถาม โดยทดสอบความเที่ยงตรง (content validity) โดยส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบจำนวน 3 ท่าน และดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถาม ประเมินความเชื่อมั่น (reliability) โดยบุคลากรทางการแพทย์ ห้องผ่าตัดและบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม โรงพยาบาล ดิษฏกนิเวศน์ ในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 30 คนและนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) และคำนวณหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพได้เท่ากับ 0.749 นำแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพมาตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขข้อความตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งและนำแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพไปใช้เก็บข้อมูล

2. แบบบันทึกผลการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม ความเข้มข้นในตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัด

การเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยรวบรวมข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ ตั้งแต่ พฤษภาคม 2564 ถึง พฤษภาคม 2565 และผล

ตรวจวัดสิ่งแวดล้อม ความเข้มข้นในตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัดโรงพยาบาลดิษฏกนิเวศน์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ อาคาร OR กระดูกและข้อ ฉก3 อาคารรักษา อาคารสูติกรรม ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 3 ห้องผ่าตัดเฉลิมพระเกียรติชั้น 4 และอาคารฉุกเฉิน ปีพ.ศ. 2561 ถึง ปี พ.ศ. 2563

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ตามวิธีทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม SPSS (IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 28.0. Armonk, NY: IBM Corp) เสนอผลการศึกษาโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย และ p-value เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทั่วไป และผลกระทบทางสุขภาพของบุคลากรทางการแพทย์ สถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติ chi-square นำเสนอค่าความสัมพันธ์ด้วย odds ratio (OR) 95% CI และ p-value ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยเสี่ยงของผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสในตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์

ผลการศึกษา

ข้อมูลลักษณะทั่วไป จากอาสาสมัครทั้งหมด 80 คน เป็นกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ ห้องผ่าตัด จำนวน 33 คน และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม จำนวน 47 คน ข้อมูลเพศ กลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 27 คน (ร้อยละ 81.8) บุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 40 คน (ร้อยละ 85.1) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม

บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดและบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (Kendall's tau_b: p=0.697) ค่ามัธยฐานอายุบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดเท่ากับ 37 ปี ค่าพิสัยควอไทล์ 30.5 ปี ถึง 51.5 ปี ค่ามัธยฐานอายุบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรมเท่ากับ 32 ปี ค่าพิสัยควอไทล์ 27 ปี ถึง 39 ปี พบความแตกต่างของอายุอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (Kendall's tau_b: p = 0.006) ไม่พบความแตกต่างของการสูบบุหรี่อย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (Kendall's tau_b: p = 0.402) ไม่พบความแตกต่างของการดื่มแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (Kendall's

tau_b: p = 0.580) อาชีพที่พบมากที่สุดในการบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดคือ อาชีพที่พบมากที่สุดในการบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยในคือพยาบาลห้องผ่าตัด จำนวน 15 คน (ร้อยละ 45.5) อาชีพที่พบมากที่สุดในการบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม จำนวน 29 คน (ร้อยละ 61.7) ค่าเฉลี่ยระยะเวลาทำงานในห้องผ่าตัดเป็นระยะเวลา 14.8 ปี (SD = 10.8, Min = 2 ปี, Max = 39 ปี) ระยะเวลาทำงานในห้องผ่าตัด 36.3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (SD = 15.0, Min = 8 ชั่วโมง, Max = 50 ชั่วโมง) พบความแตกต่างของ Nightshift work อย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยในแผนกอายุรกรรม (Kendall's tau_b: p=0.012) ไม่พบความแตกต่างของความเครียดอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (Kendall's tau_b: p = 0.454) (ตาราง 1)

ตาราง 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไป	บุคลากรทางการแพทย์ ห้องผ่าตัด (n = 33)	บุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (n = 47)
เพศ (n, %)		
ชาย	6 (18.2%)	7 (14.9%)
หญิง	27 (81.8%)	40 (85.1%)
อายุ (n, %)		
20-29 ปี	6 (18.2%)	19 (40.4%)
30-39 ปี	14 (42.4%)	19 (40.4%)
40-49 ปี	4 (12.1%)	8 (17.0%)
50-59 ปี	8 (24.2%)	1 (2.1%)
60 ปีขึ้นไป	1 (3.0%)	0 (0%)

ตาราง 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไป (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	บุคลากรทางการแพทย์ ห้องผ่าตัด (n = 33)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (n = 47)
สูบบุหรี่ (n, %)		
ไม่สูบบุหรี่	30 (90.9%)	45 (95.7%)
สูบบุหรี่ < 10 pack-year	3 (9.1%)	1 (2.1%)
สูบบุหรี่ > 10 pack-year	0 (0%)	1 (2.1%)
ดื่มแอลกอฮอล์ (n, %)		
ไม่ดื่มแอลกอฮอล์	21 (63.6%)	27 (57.4%)
ดื่มเดือนละ 1 ครั้งหรือน้อยกว่า	9 (27.3%)	13 (27.7%)
ดื่ม 2-4 ครั้ง/เดือน	0 (0%)	7 (14.9%)
ดื่ม 2-3 ครั้ง/สัปดาห์	2 (6.1%)	0 (0%)
ดื่ม 4 ครั้ง/สัปดาห์ หรือมากกว่า	1 (3.0%)	0 (0%)
อาชีพ (n, %)		
พยาบาลอายุรกรรม	0 (0%)	29 (61.7%)
พยาบาลห้องผ่าตัด	15 (45.5%)	0 (0%)
พยาบาลวิสัญญี	1 (3.0%)	0 (0%)
พนักงานช่วยการพยาบาล	4 (12.1%)	4 (8.5%)
พนักง.ผู้ช่วยเหลือคนไข้	10 (30.3%)	11 (23.4%)
ผู้ช่วยพยาบาล	3 (9.1%)	3 (6.4%)
ความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัด (n, %)		
ไม่สัมผัส	0 (0%)	47 (100%)
<10% OEL-TWA	0 (0%)	0 (0%)
10-50% OEL-TWA	10 (30.3%)	0 (0%)
50-75% OEL-TWA	0 (0%)	0 (0%)
75-100% OEL-TWA	3 (9.1%)	0 (0%)
> 100% OEL-TWA	20 (60.6%)	0 (0%)
ระยะเวลาทำงานในห้องผ่าตัดมาเป็นระยะเวลากี่ปี (n, %)		
ไม่เคยทำงานในห้องผ่าตัด	0 (0%)	46 (97.9%)
1-10 ปี	16 (48.5%)	1 (2.1%)
11-20 ปี	8 (24.2%)	0 (0%)

ตาราง 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไป (ต่อ)

ลักษณะทั่วไป	บุคลากรทางการแพทย์ ห้องผ่าตัด (n = 33)	บุคลากรทางการแพทย์ที่ผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (n = 47)
21-30 ปี	5 (15.2%)	0 (0%)
31-40 ปี	4 (12.1%)	0 (0%)
ระยะเวลาทำงานในห้องผ่าตัดชั่วโมงต่อสัปดาห์ (n, %)		
ไม่ได้ทำงานในห้องผ่าตัด	0 (0%)	47 (100%)
1-10 ชั่วโมง	5 (15.2%)	0 (0%)
11-20 ชั่วโมง	1 (3.0%)	0 (0%)
21-30 ชั่วโมง	4 (12.1%)	0 (0%)
31-40 ชั่วโมง	7 (21.2%)	0 (0%)
41-50 ชั่วโมง	16 (48.5%)	0 (0%)
Night shift work (n, %)		
Night shift work	24 (72.7%)	43 (91.5%)
No night shift work	10 (30.3%)	4 (8.5%)
ความเครียด (n, %)		
เครียดน้อย	19 (57.6%)	30 (63.8%)
เครียดปานกลาง	10 (30.3%)	14 (29.8%)
เครียดมาก	1 (3.0%)	3 (6.4%)
เครียดมากที่สุด	3 (9.1%)	0 (0%)

ผลกระทบต่อสุขภาพที่พบมากที่สุด ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด คือปวดหัว ร้อยละ 57.6 รองลงมาเป็นอาการวิงเวียน ร้อยละ 27.3 และง่วงซึม ร้อยละ 33.3 ตามลำดับ พิจารณาเปรียบเทียบผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ระหว่างบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ที่ผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม วิเคราะห์เปรียบเทียบโดยใช้สถิติเชิงวิเคราะห์ Pearson Chi-Square และ Fisher's Exact test พบผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์อย่างมีนัยสำคัญ คือความผิดปกติทางระบบประสาทและความผิดปกติทางระบบหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ ง่วงซึม และหัวใจเต้นเร็ว โดยมีค่า p-value เท่ากับ 0.012 และ 0.018 ตามลำดับ (ตาราง 2)

ตาราง 2 ผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนโตรสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์

ผลกระทบต่อสุขภาพ	บุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด (n = 33)		บุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม (n = 47)		p-value ⁰
	มีอาการ	ไม่มีอาการ	มีอาการ	ไม่มีอาการ	
ความผิดปกติทางระบบประสาท (ต่อ)					
ปวดหัว	19 (57.6%)	14 (42.4%)	19 (40.4%)	28 (59.6%)	0.130
วิงเวียน	9 (27.3%)	24 (72.7%)	7 (14.9%)	40 (85.1%)	0.173
ง่วงซึม	11 (33.3%)	22 (66.7%)	5 (10.6%)	42 (89.4%)	0.012*
เคลิ้มสุข	0 (0%)	33 (100%)	0 (0%)	47 (100%)	-
คลื่นไส้อาเจียน	2 (6.1%)	31 (93.9%)	1 (2.1%)	46 (97.9%)	0.566
ชา	2 (6.1%)	31 (93.9%)	4 (8.5%)	43 (91.5%)	1.000
ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม	2 (6.1%)	31 (93.9%)	3 (6.4%)	44 (93.6%)	1.000
กล้ามเนื้ออ่อนแรง	2 (6.1%)	31 (93.9%)	1 (2.1%)	46 (97.9%)	0.566
การตอบสนองช้าลง	3 (9.1%)	30 (90.9%)	0 (0%)	47 (100%)	0.066
ความสามารถในการจับรถเข็น	1 (3.0%)	32 (97.0%)	2 (4.3%)	45 (95.7%)	1.000
ความผิดปกติทางระบบหัวใจและหลอดเลือด					
หัวใจเต้นเร็ว	6 (18.2%)	27 (81.8%)	2 (4.3%)	45 (95.7%)	0.018*
หัวใจเต้นผิดจังหวะ	2 (6.1%)	31 (93.9%)	0 (0%)	47 (100%)	0.167
ความผิดปกติทางระบบสืบพันธุ์					
มีบุตรยาก	3 (9.1%)	30 (90.9%)	3 (6.4%)	44 (93.6%)	0.687
ภาวะแท้ง	2 (6.1%)	31 (93.9%)	1 (2.1%)	46 (97.9%)	0.566
บุตรพิการแต่กำเนิด	0 (0%)	33 (100%)	0 (0%)	47 (100%)	-

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสไนโตรสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดพบว่า การสัมผัสไนโตรสออกไซด์เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดอาการง่วงซึมมากกว่าการไม่สัมผัสไนโตรสออกไซด์ 4.20 เท่า (Odds Ratio = 4.20; 95% CI: 1.295-13.617) และการสัมผัสไนโตรสออกไซด์เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดหัวใจเต้นเร็วมากกว่าการไม่สัมผัสไนโตรสออกไซด์ 10.22 เท่า (Odds Ratio = 10.22; 95% CI: 1.168-89.500) (ตาราง 3)

ตาราง 3 ความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสไนตรัสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด

ผลกระทบต่อสุขภาพ	Odds Ratio	p-value	95% CI
ความผิดปกติทางระบบประสาท			
ปวดหัว	2.00	0.133	0.81-4.935
วิงเวียน	2.14	0.178	0.706-6.501
ง่วงซึม	4.20	0.170	1.295-13.617*
เคลิ้มสุข	-	-	-
คลื่นไส้อาเจียน	2.97	0.383	0.258-34.161
ชา	0.69	0.683	0.119-4.027
ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม	0.95	0.953	0.149-6.002
กล้ามเนื้ออ่อนแรง	2.97	0.383	0.258-34.161
การตอบสนองช้าลง	8.64	0.129	0.4473-166.8
ความสามารถในการขับรถแข่ง	0.70	0.777	0.061-8.090
ความผิดปกติทางระบบหัวใจและหลอดเลือด			
หัวใจเต้นเร็ว	10.22	0.036	1.168-89.500*
หัวใจเต้นผิดปกติ	5.76	0.29	0.268-123.6
ความผิดปกติทางระบบสืบพันธุ์			
มีบุตรยาก	1.467	0.652	0.277-7.762
ภาวะแท้ง	2.968	0.383	0.258-34.161
บุตรพิการแต่กำเนิด	-	-	-

จากการศึกษาความเข้มของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพของในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัดพบว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นสูง >100% OEL (ความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์มากกว่า 50 ppm) มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 10-50% OEL (ความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ 5-25 ppm) ได้แก่ วิงเวียน ง่วงซึม คลื่นไส้อาเจียน ชา ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม กล้ามเนื้ออ่อนแรง การตอบสนองช้าลง ความสามารถในการขับรถแข่ง หัวใจเต้นผิดปกติ หัวใจหวิว มีบุตรยากและภาวะแท้ง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4)

หัวใจเต้นผิดปกติ หัวใจหวิว มีบุตรยากและภาวะแท้ง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 75-100% OEL (ความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ 37.5-50 ppm) มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 10-50% OEL (ความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ 5-25 ppm) ได้แก่ วิงเวียน คลื่นไส้อาเจียน ชา ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม กล้ามเนื้ออ่อนแรง การตอบสนองช้าลง ความสามารถในการขับรถแข่ง หัวใจเต้นผิดปกติ หัวใจหวิว มีบุตรยากและภาวะแท้ง อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 4 ความเข้มของความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของการสัมผัสไนโตรัสออกไซด์และผลกระทบต่อสุขภาพของในบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด

ผลกระทบต่อสุขภาพ	Odds Ratio (95% CI)		
	10-50% OEL	75-100% OEL	>100% OEL
ความผิดปกติทางระบบประสาท			
ปวดหัว	1.5 (0.024, 92.230)	0.5 (0.005, 49.560)	1.5 (0.027, 83.590)
วิงเวียน	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.8182 (0.015, 45.46)
ง่วงซึม	0.4286 (0.007, 27.09)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.6667 (0.012, 37.15)
เคลิ้มสุข	0	0	0
คลื่นไส้อาเจียน	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1111 (0.002, 7.285)
ชา	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1111 (0.002, 7.285)
ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.111 (0.002, 7.285)
ความผิดปกติทางระบบประสาท (ต่อ)			
กล้ามเนื้ออ่อนแรง	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1111 (0.002, 7.285)
การตอบสนองช้าลง	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1765 (0.003, 10.73)
ความสามารถในการขับรถแย่ลง	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.05263 (0.0006, 4.31)
ความผิดปกติทางระบบหัวใจและหลอดเลือด			
หัวใจเต้นเร็ว	0.25 (0.004, 16.92)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.25 (0.004, 14.64)
หัวใจเต้นผิดจังหวะ	0.05 (0.0004, 6.326)	0.5 (0.0004, 6.326)	0.05263 (0.0006, 4.31)
ความผิดปกติทางระบบสืบพันธุ์			
มีบุตรยาก	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1765 (0.003, 10.73)
ภาวะแท้ง	0.05 (0.0004, 6.326)	0.1667 (0.001, 23.11)	0.1111 (0.002, 7.285)
บุตรพิการแต่กำเนิด	0	0	0

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัยพบว่าผลกระทบต่อสุขภาพที่พบมากที่สุดใบบุคลากรทางการแพทยห้องผ่าตัด คือ อาการทางระบบประสาท ได้แก่ ปวดหัวร้อยละ 57.6 รองลงมาเป็นง่วงซึมร้อยละ 33.3 และวิงเวียนร้อยละ 27.3 และตามลำดับเหมือนกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบผลกระทบทางระบบประสาทมากที่สุดคือ คลื่นไส้อาเจียน ร้อยละ 43.5 วิงเวียน ร้อยละ 21.7 และเคลื่นสุข ร้อยละ 21.7^[4] การทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ใบบุคลากรทางการแพทยมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติทางระบบประสาทอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ ง่วงซึม (p-value = 0.012) โดยพบว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดอาการง่วงซึมมากกว่าการไม่สัมผัสไนตรัสออกไซด์ 4.20 เท่า (Odds Ratio = 4.20; 95% CI; 1.295-13.617) และความผิดปกติทางระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ หัวใจเต้นเร็ว (p-value = 0.018) โดยพบว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์เป็นปัจจัยเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญต่อการเกิดหัวใจเต้นเร็วมากกว่าการไม่สัมผัสไนตรัสออกไซด์ 10.22 เท่า (Odds Ratio = 10.22; 95% CI; 1.168-89.500) ความเข้มข้นของการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ใบบุคลากรทางการแพทยมีความสัมพันธ์กับความผิดปกติทางระบบประสาท ได้แก่ วิงเวียน ง่วงซึมและตอบสนองช้าลง การสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นสูงเกิน 50 ppm และการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 37.5-50 ppm มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าการสัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้น 5-25 ppm ได้แก่ วิงเวียน คลื่นไส้อาเจียน ชา ปวดเสียวคล้ายเข็มทิ่ม กล้ามเนื้ออ่อนแรง การตอบสนองช้าลงความสามารถในการขับแร่

หัวใจเต้นผิดปกติหะวะ มีบุตรยาและภาวะแท่งอย่างไม่มีนัยสำคัญอ้างอิงจากค่ามาตรฐานการประเมินระดับการรับสัมผัสในผู้ทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ที่กำหนด ตามองค์กร ACGIH OSHA และกฎหมายไทย ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย (พ.ศ. 2560) กำหนดว่าผู้ทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ 8 ชั่วโมงให้สัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นไม่เกิน 50 ppm และองค์กร NIOSH กำหนดว่าผู้ทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ 10 ชั่วโมงให้สัมผัสไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นไม่เกิน 25 ppm^[28,29] ตรงกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้หากทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์เกิน 25 ppm เทียบกับกลุ่มทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ไม่เกิน 25 ppm มีโอกาสเกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าแต่เนื่องจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างบุคลากรทางการแพทยห้องผ่าตัดที่น้อยเกินไปอาจทำให้ไม่พบนัยสำคัญในการวิเคราะห์ค่าสถิติ

ข้อเสนอแนะ

1. การประเมินสุขภาพของบุคลากรผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด ควรมีแบบสอบถามคัดกรองอาการทางสุขภาพ ประกอบด้วยระบบประสาท ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบสืบพันธุ์ ติดตามทุกปี
2. แนะนำให้ประเมินระดับการรับสัมผัสในผู้ทำงานสัมผัสไนตรัสออกไซด์ไม่ให้ค่าไนตรัสออกไซด์ในสถานที่ทำงานเกินค่ามาตรฐานการทำงาน 8 ชั่วโมงตาม ACGIH, OSHA และกฎหมายไทยประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย (พ.ศ. 2560) = 50 ppm (90 mg/m³), และ 10 ชั่วโมงตาม NIOSH = 25 ppm

การปกป้องสิทธิกลุ่มเป้าหมาย

การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในมนุษย์โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เลขที่ [4] ใบรับรอง 001/2022

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มงานอาชีวเวชกรรม โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา กลุ่มบุคลากรทางการแพทย์ห้องผ่าตัด และบุคลากรทางการแพทย์ตึกผู้ป่วยใน แผนกอายุรกรรม โรงพยาบาล [5] ดยภูมิแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครราชสีมา ที่ให้ความร่วมมือตลอดการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กาญจนพิชญ์ กานต์. Nitrous oxide. [ออนไลน์]. (2555). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 21 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก https://www.summacheeva.org/occtox/nitrous_oxide.
- [2] กลุ่มศูนย์การแพทย์เฉพาะทางอาชีวเวชศาสตร์ และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลนพรัตนราชธานี. Nitrous oxide (แก๊สหัวเราะ). [ออนไลน์]. (2556). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 21 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก [http://www.occmehnop.com/nrhc/web/search/chemical_attribute_show.php?UN_Number=1070&Chemical_name=Nitrous%20oxide%20\(แก๊สหัวเราะ\)&Att_parent=0](http://www.occmehnop.com/nrhc/web/search/chemical_attribute_show.php?UN_Number=1070&Chemical_name=Nitrous%20oxide%20(แก๊สหัวเราะ)&Att_parent=0).
- [3] National Institute for Occupational Safety and Health. Nitrous Oxide. [ออนไลน์]. (2561). [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 21 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก <https://www.cdc.gov/niosh/topics/nitrousoxide/default.html>.
- [4] Eftimova B, Sholjakova M, Mirakovski D, et al. Health Effects Associated With Exposure to Anesthetic Gas Nitrous Oxide-N₂O in Clinical Hospital – Shtip Personel. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 2017;5(6):800 – 4.
- [5] Brodsky J, Cohen E, Brown B, et al. Exposure to Nitrous Oxide and Neurologic Disease among Dental Professionals. Anesthesia & Analgesia 1981;60(5): 297 – 301.
- [6] Cohen E, Brown B, Wu M, et al. Occupational Disease in Dentistry and Chronic Exposure to Trace Anesthetic Gases. The Journal of the American Dental Association 1980; 101(1): 21 – 31.
- [7] Dreyfus E, Tramoni E, Lehucher-Michel M. Persistent cognitive functioning deficits in operating rooms: two cases. International Archives of Occupational and Environmental Health 2008; 82(1): 125 – 30.
- [8] Allison RH, Shirley AW, Smith G. Threshold Concentration of Nitrous Oxide Affecting Psychomotor Performance. British Journal of Anaesthesia 1979; 51(3): 177 – 80.

- [9] Lucchini R, Placidi D, Toffoletto F, et al. Neurotoxicity in operating room personnel working with gaseous and nongaseous anesthesia. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 1996; 68(3): 188 – 92.
- [10] Korttila K, Pfäffli P, Linnoila M, et al. Operating Room Nurses' Psychomotor and Driving Skills after Occupational Exposure to Halothane and Nitrous Oxide. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 1978;22(1): 33 – 9.
- [11] Weimann J. Toxicity of nitrous oxide. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2003;17(1): 47 – 61.
- [12] Sweeney B, Bingham R, Amos R, et al. Toxicity of bone marrow in dentists exposed to nitrous oxide. *BMJ* 1985; 291(6495): 567 – 9.
- [13] Krajewski W, Kucharska M, Pilacik B, et al. Impaired vitamin B12 metabolic status in healthcare workers occupationally exposed to nitrous oxide. *British Journal of Anaesthesia* 2007;99(6): 812 – 8.
- [14] Amiri F, Neghab M, Shouroki F, et al. Early, Subclinical Hematological Changes Associated with Occupational Exposure to High Levels of Nitrous Oxide. *Toxics*. 2018; 6(4): 70.
- [15] Peric M, Vranes Z, Marusic M. Immunological disturbances in anaesthetic personnel chronically exposed to high occupational concentrations of nitrous oxide and halothane. *Anaesthesia* 1991; 46(7): 531 – 7.
- [16] Peric M, Vranes Z, Marusic M. Age-dependent haematological disturbances in anaesthetic personnel chronically exposed to high occupational concentrations of halothane and nitrous oxide. *Anaesthesia* 1994;49(12): 1022 – 7.
- [17] Neghab M, Amiri F, Soleimani E, et al. Toxic responses of the liver and kidneys following occupational exposure to anesthetic gases. *EXCLI Journal* 2020; 19(338): 418 – 29.
- [18] Franco G, Marraccini P, Santagostino G, et al. Behaviour of urinary D-glucaric acid excretion in surgical patients and anaesthesiology staff acutely exposed to isoflurane and nitrous oxide. *Medicina del Lavoro* 1991; 82(6): 527 – 32.
- [19] Pietrantonio AM, Barbani F, Anania AV, et al. Urinary measurement of D-glucaric acid in operating room personnel in the Modena USL 16 hospitals. [Online]. (2022). [cited 2021 October Available from: <https://pubmed.ncbi>.

- nlm.nih.gov/1345728/.
- [20] Olfert S. M. Reproductive outcomes among dental personnel: a review of selected exposures. *Journal Canadian Dental Association* 2006; 72(9): 821–5.
- [21] Rowland A, Baird D, Shore D, et al. Nitrous Oxide and Spontaneous Abortion in Female Dental Assistants. *American Journal of Epidemiology* 1995; 141(6): 531 – 8.
- [22] Rowland A, Baird D, Weinberg C, et al. Reduced Fertility among Women Employed as Dental Assistants Exposed to High Levels of Nitrous Oxide. *New England Journal of Medicine* 1992; 327(14): 993 – 7.
- [23] Cohen E, Brown B, Wu M, et al. Occupational Disease in Dentistry and Chronic Exposure to Trace Anesthetic Gases. *The Journal of the American Dental Association* 1980; 101(1): 21 – 31.
- [24] Bodin L, Axelsson G, Ahlborg G Jr. The association of shift work and nitrous oxide exposure in pregnancy with birth weight and gestational age. *Epidemiology* 1999; 10(4): 412 – 8.
- [25] O'Donovan MR, Hammond TG. Is nitrous oxide a genotoxic carcinogen? *Mutagenesis*. 2015; 30(4): 459 – 62.
- [26] American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati: ACGIH; 2021.
- [27] National Institute for Occupational Safety and Health. Controlling exposures to nitrous oxide during anesthetic administration. [Online]. (2014). [cited 2021 October 28]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-100/default.html>.
- [28] Occupational Safety and Health Administration. Nitrous oxide. [Online]. (2021). [cited 2021 October 28]. Available from: <https://www.osha.gov/chemical-data/4>.
- [29] กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. ประกาศ กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง จีตจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2560. [ออนไลน์]. (2560). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก <https://ratchakitcha2.soc.go.th/pdffdownload/?id=2115050>.
- [30] Occupational Safety and Health Administration. Anesthetic Gases: guidelines for workplace exposures. [Online]. (2000). [cited 2021 October].
- [31] สมบัติ ชูติมานุกูล. การศึกษาการสัมผัส แก๊สไนตรัสออกไซด์ของบุคลากรห้องผ่าตัด โรงพยาบาลสามแห่งในจังหวัดระยอง. ระยอง: โรงพยาบาลบ้านฉาง; 2545.

- [32] นาทยาพละพลีวัลย์. ระดับ Waste Anesthetic Gas ของห้องผ่าตัด รพ.นครปฐม. วารสาร แพทย์เขต 6-7 2549; 25(1): 91 – 5.
- [33] Thitiworn Choosong. Assessment of Waste Anesthetic Gases Exposure Among Nurse Anesthetists in a University Hospital. Songklanagarind Medical Journal. 2015; 33(3): 139 – 52.