

การสัมพัศก้าชดมยาที่ป่นเปื้อนในบรรยากาศของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด



นายรัฐนุกูล วชิรินพ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

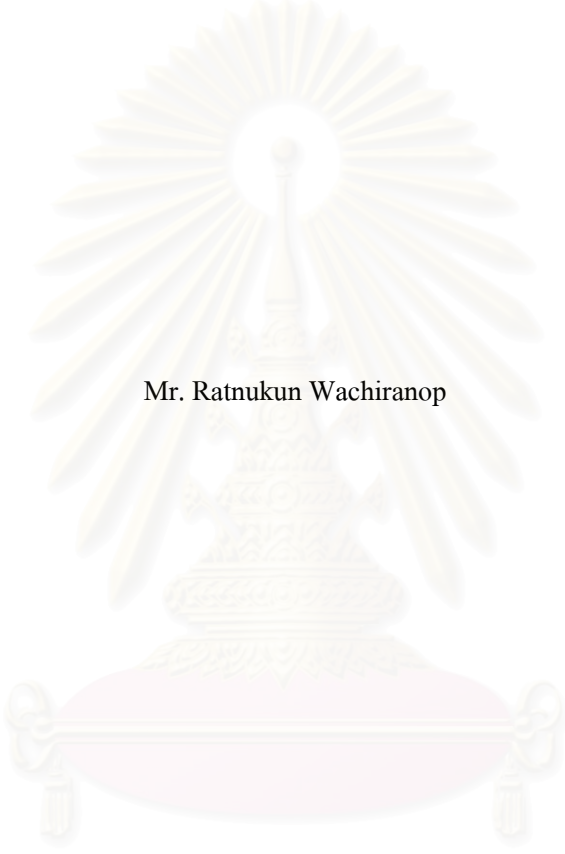
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO WASTE ANESTHETIC GASES IN OPERATING ROOM



Mr. Ratnukun Wachiranop

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

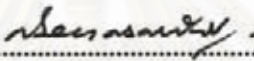
Chulalongkorn University

Academic Year 2007

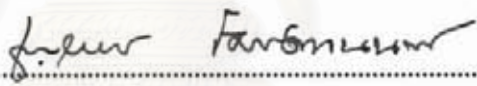
Copyright of Chulalongkorn University


หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสัมผัสก๊าซเคมีที่ปนเปื้อนในบรรยากาศของบุคลากร ทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด
โดย	นายรัฐนุกูล วชิรินพ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรันยา เสงพระพรหม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ดิงศภัทีย์)

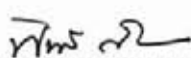
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชานูวิทย์ โจมิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรันยา เสงพระพรหม)


..... กรรมการ
(อาจารย์ นพ. จิตรัชย์ เอกปัญญาสกุล)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัทณี สิงห์อาษา)

รัฐนุกูล วชิรณพ : การสัมผัสก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในบรรยากาศของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด. (OCCUPATIONAL EXPOSURE TO WASTE ANESTHETIC GASES IN OPERATING ROOM) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร.สรินษา เสงพระพรหม, 96 หน้า.

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน ศึกษาถึงความเข้มข้นของก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดและศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดกับความเข้มข้นของก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงาน กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ ประกอบด้วย วิทยาลัยแพทย์จำนวน 17 คน พยาบาลวิทยาลัยจำนวน 19 คน ผู้ช่วยพยาบาลวิทยาลัยจำนวน 15 คน ห้องผ่าตัดซึ่งมีความแตกต่างกันของระบบกำจัดก๊าซทิ้งจำนวน 20 ห้อง แบ่งเป็นระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบใช้เครื่องดูดอากาศจำนวน 16 ห้อง และแบบไม่ใช้เครื่องดูดอากาศจำนวน 4 ห้อง โดยเก็บข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซดมยาในอากาศโดยใช้เครื่อง MIRAN SAPPHIRE รุ่น 205B-ML1A35 และเก็บข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับสัมผัสโดยใช้ Passive Sampler รุ่น 575 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2548 ถึง เดือนเมษายน 2550

ผลการทดลองพบว่า ระดับความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัด อยู่ในช่วง 0-510.70 ppm. และห้องผ่าตัดจำนวนสี่ห้องเท่านั้นที่มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ค่าความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนในห้องผ่าตัดมีค่าระหว่าง 0.22-18.60 ppm. และห้องผ่าตัดจำนวน 10 ห้องเท่านั้นที่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ปริมาณการรับสัมผัสสารไอโซฟลูเรนที่ตรวจวัดโดย passive samplers พบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น คือ 64.85 ม.ก./ลิตร

ผลสรุปของการวิจัยพบว่า ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบใช้เครื่องดูดอากาศที่เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล ประดิษฐ์ขึ้นเองสามารถกำจัดก๊าซไนตรัสออกไซด์และก๊าซไอโซฟลูเรนได้ดีที่สุดและ การได้รับสัมผัสก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซดมยาภายในห้องผ่าตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต รัชนีกร วชิรณพ.
ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา จุฬาลิ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ธีระชัย

4889125420 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : WASTE ANESTHETIC GAS, ANESTHETIC SCAVENGING SYSTEM

RATNUKUN WACHIRANOP : OCCUPATIONAL EXPOSURE TO WASTE ANESTHETIC GASES IN OPERATING ROOM. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SURAT BUALERT, Ph.D, THESIS COADVISOR : ASST.PROF. SARUNYA HENGPRAPROM, Ph.D., 96 pp.

This research aims to investigate occupational exposure to waste anesthetic gases in operating rooms in Chulalongkorn Memorial Hospital. The objectives are threefold: (1) to study the N₂O in the air covered 20 operating rooms equipped with different anesthetic scavenging systems. (2) To study the concentration of exposure to waste anesthetic gases in the operating room workers. (3) To study the relationship between the concentrations of waste anesthetic gases in the operating rooms and in the operating room workers. The research was carried out on samples of 17 anesthetists, 19 nurse anesthetists and 15 nurse anesthetist assistances. The operating rooms equipped with different anesthetic scavenging systems were divided into two groups, 16 operating rooms equipped the vacuum and four operating rooms without the vacuum. Mixed methodology of literature review, questionnaire survey and environmental monitoring by use miran sapphire model 205b- ml1a35 and passive sampler series 575 to conduct the concentration of exposure to waste anesthetic gases in the operating room workers. The sampling was conduct between November 2005 and April 2007.

Results indicated that the ranges of the Nitrous Oxide concentration in the operating rooms for these experiments were between 0-510.70 ppm. It showed only four operating rooms correspond to standard. The isoflurane concentrations in the operating rooms were between 0.22-18.60 ppm. It showed only 10 operating rooms correspond to standard. Individual exposure was assessed through passive samplers' isoflurane concentration. It showed the averaged of isoflurane concentration was 64.85 mg/l.

In conclusion, The anesthetic scavenging systems equipped the vacuum, which were invented by workers in the hospital, is the best to eliminate Nitrous Oxide and Isoflurane. This study showed relation between concentration of exposure to waste anesthetic gases and the concentration of waste anesthetic gases in the operating rooms.

Field of study Environmental Science..... Student's signature..... W. RATNUKUN.
Academic year 2007..... Advisor's signature..... S. Bualert
Co-advisor's signature..... H. Sarunya

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โหมิตานนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรinya เสงพระพรหม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อาจารย์ นพ. นัทรชัย เอกปัญญาสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พัทธนี สิงห์อาษา ที่กรุณาดูแลเอาใจใส่ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือตรวจสอบ ชี้แนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แก่ผู้วิจัยด้วยความเมตตาอย่างยิ่ง รวมทั้งเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาการให้กับผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชาวิสัญญีวิทยา อาจารย์แพทย์ แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีวิทยา หัวหน้าพยาบาลห้องผ่าตัด พยาบาลวิสัญญี ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีและเจ้าหน้าที่ห้องผ่าตัดทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวก และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์อ้างอิงทางห้องปฏิบัติการและพิษวิทยา และอาจารย์สมเกียรติ ท้วมแสง นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ 7 ว ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการใช้เครื่องมือทุกอย่างในการวิเคราะห์ผล

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนรายได้คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีงบประมาณ 2549

ขอขอบพระคุณนางสาวแจ่มจันทร์ ระมี ประจำภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นางสาวปญญาณิช บริเวธานันท์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเสมอมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา น้องชาย เพื่อนๆทุกคน นางสาววัชราสาระ คุณครู อาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาการ และมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ที่ทำให้ผู้วิจัยมีวันนี้และมีกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ (ภาษาอังกฤษ).....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.5 ปัญหาทางจริยธรรม.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ประวัติของยาคุมสลับ.....	5
2.2 คุณสมบัติของยาคุมสลับที่ดี.....	5
2.3 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยา.....	6
2.4 ยาคุมสลับที่ใช้ในทางปฏิบัติ.....	6
2.5 uptake และ distribution ของยาคุมสลับ.....	14
2.6 การพ่นจากยาคุมสลับ.....	15
2.7 ระบบให้ยาคุมสลับ.....	16
2.8 การควบคุมสิ่งแวดล้อมในห้องผ่าตัด.....	33
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ.....	42
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	42
3.2 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของห้องผ่าตัด.....	43
3.3 กลุ่มตัวอย่าง.....	53
3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์การตรวจวัด.....	53
3.5 วิธีดำเนินการ.....	53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
4.1 ความเข้มข้นและลักษณะทางกายภาพภายในอาคาร.....	58
4.2 ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ.....	70
4.3 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการได้รับสัมผัสก๊าซดมยาของบุคลากรการแพทย์.....	74
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	77
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	77
5.2 อภิปรายผลการศึกษา.....	80
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	80
รายการอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก.....	86
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	96

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติทั่วไปของยาดมสลบที่เลิกใช้แล้ว.....	12
ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติทั่วไปของยาดมสลบที่ใช้กันมากในปัจจุบัน.....	13
ตารางที่ 2-3 ปัจจัยการระบายอากาศสำหรับห้องผ่าตัด.....	35
ตารางที่ 3-1 การเตรียมสารมาตรฐาน TFA จาก stock TFA 1000 mg/L ความเข้มข้นต่างๆ.....	56
ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ จำแนกตามประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้ง.....	59
ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในบรรยากาศจำแนกตาม ประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้ง.....	61
ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ บริเวณ โถง ทางเดินหน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ และห้องพักผ่อนของบุคลากร ทางการแพทย์.....	63
ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ บริเวณ โถงทางเดิน หน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์.....	65
ตารางที่ 4-5 อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดจำแนกตามตึกต่างๆ.....	68
ตารางที่ 4-6 ความเร็วลมของระบบระบายอากาศภายในห้องผ่าตัดจำแนกตามตึกต่างๆ.....	69
ตารางที่ 4-7 ปริมาณ Isoflurane ใน Passive ที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับจำแนกตามตึกต่างๆ.....	71
ตารางที่ 4-8 Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของบุคลากรทางการแพทย์จำแนกตามตึกต่างๆ.....	73

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 สูตรโครงสร้างของ Isoflurane.....	10
รูปที่ 2-2 การส่งผ่านยาดมสลบจากเครื่องดมยาสลบสู่ระบบประสาทส่วนกลาง.....	14
รูปที่ 2-3 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องให้ยาดมสลบ.....	18
รูปที่ 2-4 ส่วนประกอบของท่อบรรจุก๊าซ.....	19
รูปที่ 2-5 ส่วนประกอบของ vaporizer.....	21
รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบของระบบวงจร (circle system) ของระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย.....	23
รูปที่ 2-7 ส่วนประกอบภายในของเครื่องให้ยาดมสลบ.....	25
รูปที่ 2-8 การไหลของก๊าซและยาดมสลบภายในเครื่องดมยาสลบ.....	27
รูปที่ 2-9 ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบมีเครื่องดูดอากาศ (active).....	35
รูปที่ 2-10 ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบไม่มีเครื่องดูดอากาศ (passive).....	36
รูปที่ 3-1 พื้นที่ศึกษา.....	42
รูปที่ 3-2 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก.....	44
รูปที่ 3-3 แผนผังชั้นตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก.....	45
รูปที่ 3-4 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก.....	46
รูปที่ 3-5 แผนผังชั้นตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก.....	47
รูปที่ 3-6 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก.....	49
รูปที่ 3-7 แผนผังชั้นตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก.....	50
รูปที่ 3-8 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข.....	51
รูปที่ 3-9 แผนผังชั้นตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข.....	52
รูปที่ 4-1 การปนเปื้อนในบรรยากาศของไนตรัสออกไซด์ภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก.....	66
รูปที่ 4-2 การปนเปื้อนในบรรยากาศของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก.....	67
รูปที่ 4-3 ข้อมูลการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์ (ชายบน) และข้อมูลความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด (ชายล่าง) มีการกระจายตัวไม่เป็นแบบ normal distribution และเมื่อ take log ทำให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ normal distribution.....	74
รูปที่ 4-4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด.....	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผ่าตัดเป็นกระบวนการสำคัญกระบวนการหนึ่งของการรักษาโรค และมีหลายโรคที่จำเป็นต้องรักษาโดยการผ่าตัดเท่านั้นจึงจะหายขาดได้ นอกจากการรักษาโรคแล้วการผ่าตัดยังเป็นส่วนสำคัญในการช่วยชีวิตมนุษย์จากอุบัติเหตุต่างๆ ตลอดจนช่วยในการกำเนิดชีวิตหรือการคลอดบุตร สิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการผ่าตัดคือ การทำให้ผู้ป่วยมีความเจ็บปวดหรือทรมานน้อยที่สุด นั่นคือทำให้ผู้ป่วยหมดสติหรือสลบก่อนที่จะลงมือผ่าตัด ยาสลบจึงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการผ่าตัด

ยาสลบ (anesthetic) ที่ใช้ทั่วไปในห้องผ่าตัดมี 2 ประเภท คือ ยาดมสลบ (inhalation anesthetics) และยาฉีดสลบ (intravenous anesthetics) การเลือกใช้ยาสลบประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของงานผ่าตัดว่าเป็นการผ่าตัดเล็กหรือการผ่าตัดใหญ่ ซึ่งใช้เวลาที่แตกต่างกันและดุลยพินิจของแพทย์ การศึกษาครั้งนี้มุ่งประเด็นไปที่ยาสลบชนิดยาดมสลบ เนื่องจากในยาดมสลบนั้นมีการนำก๊าซ หรือ ยาสลบไอระเหย (volatile liquid) มาใช้ทำให้เกิดการสลบ ซึ่งส่งผลกระทบต่อบุคคลหลายกลุ่มทั้งผู้ป่วยเองและบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการผ่าตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาสลบชนิด volatile liquid ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ ดังนั้นทั้งผู้ป่วย (สัมผัสโดยตรง) และบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัด (สัมผัสโดยอ้อม) จึงมีโอกาสรับสัมผัสยาสลบชนิดนี้ ในปริมาณที่เล็กน้อยแตกต่างกัน ขึ้นกับปริมาณยาสลบที่ใช้และระยะเวลาในการสัมผัส สำหรับตัวผู้ป่วยแล้วเป็นการสัมผัสในปริมาณที่เป็นเพียงครั้งเดียวผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นจึงไม่มาก เมื่อเทียบกับการผ่าตัดเพื่อรักษาโรคที่เป็นอยู่ แต่กับบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัดที่จะมีการรับสัมผัสสารเหล่านี้เป็นประจำ แม้ว่าจะรับในปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ระยะเวลาการสัมผัสนานกว่า ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการดูแลสุขภาพอนามัยของบุคลากรที่ทำงานในภาคบริการ โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ทำงานในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลเพื่อลดความเสี่ยงอันอาจเกิดจากความเป็พิษของยาดมสลบ

ยาระงับความรู้สึก (ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) หรือ ก๊าซดมยาถูกนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เพื่อทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการชาหรือหมดความรู้สึกในขณะที่รับการผ่าตัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและระยะเวลาที่ได้รับ ยาดมสลบ เป็นที่นิยมใช้สำหรับการระงับความรู้สึกเพราะมีวิธีการที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ยาจะถูกขับออกจากร่างกายได้ทางลมหายใจ

ภายในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ยาผสมที่นำมาใช้ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide), ไอโซฟลูเรน (isoflurane) ซีโวฟลูเรน (sevoflurane) และ เดสฟลูเรน (desflurane) แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและผลข้างเคียงที่แตกต่างกัน ดังนั้น สภาพแวดล้อมการทำงานที่ดี จึงไม่ควร มีการรั่วไหลของยาผสม แต่เนื่องจากขณะใช้งานและการเก็บอุปกรณ์หลังเลิกใช้อาจทำให้ข้อต่อของเครื่องดมยาหลวม สายยางมีการพับ งอ จนอาจเกิดรูรั่วจึงทำให้มีการรั่วไหลของยาผสมได้ ยาผสมที่รั่วไหลและปนเปื้อนในบรรยากาศนั้นเรียกว่า waste anesthetic gases, WAGs ซึ่งผู้ที่สัมผัสกับก๊าซเหล่านี้เป็นระยะเวลานาน อาจทำให้มีอาการแพ้สูง มีอัตราเกิดความผิดปกติแก่ทารกในครรภ์มากกว่าบุคคลทั่วไป หรืออาจทำให้เกิดความผิดปกติในเม็ดเลือดขาวได้ ดังนั้นระบบกำจัดก๊าซทิ้ง (gas scavenging system) จึงเป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนในห้องผ่าตัดอันเนื่องมาจากยาผสม และเพื่อลดการสัมผัสกับ waste anesthetic gases ของบุคลากรทางการแพทย์ที่ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด (วรรณและคณะ, 2546) โดยที่ระบบกำจัดก๊าซทิ้งภายในห้องผ่าตัดที่ใช้ภายในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มี 3 แบบ คือ 1. ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active) 2. ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล (active) และ 3. ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ passive

ห้องผ่าตัดภายในโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ยังไม่เคยมีการตรวจวัดก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในบรรยากาศพร้อมกับตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานมาก่อน ดังนั้นการศึกษาการสัมผัสก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในบรรยากาศของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัดจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการประเมินความเสี่ยง การได้รับสัมผัสของบุคลากรทางการแพทย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในบรรยากาศภายในห้องผ่าตัด
- 2) เพื่อศึกษาหาความเข้มข้นของก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด
- 3) เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในบรรยากาศภายในห้องผ่าตัดกับความเข้มข้นของก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ศึกษา

ตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ และไอโซฟลูเรนในบรรยากาศภายในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลศูนย์แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร(โรงพยาบาล ก) และจังหวัดนครนายก (โรงพยาบาล ข) ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (08.00 – 16.00 น.) โดยเลือกจากสถานที่ที่มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน อันได้แก่

- 1) ตึกที่1 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์
- 2) ตึกที่2 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล
- 3) ตึกที่3 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ passive
- 4) ตึกที่1 ของโรงพยาบาล ข ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นบุคลากรทางการแพทย์ (เฉพาะหน่วยงานวิสัญญีวิทยา) ที่ทำงานภายในห้องผ่าตัด ได้แก่

- 1) แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีในโรงพยาบาล ก และวิสัญญีแพทย์ในโรงพยาบาล ข
- 2) พยาบาลวิสัญญี
- 3) ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี

1.3.3 การตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ และไอโซฟลูเรน ศึกษาโดย

1) ตรวจวัดก๊าซไนตรัสออกไซด์และไอโซฟลูเรนในบรรยากาศภายในห้องผ่าตัด โดยใช้เครื่อง MIRAN Sapphire ตรวจวัดตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 12 วัน ในโรงพยาบาล ก และ 8 วัน ในโรงพยาบาล ข

2) ตรวจวัดก๊าซไนตรัสออกไซด์และไอโซฟลูเรนในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัส โดยแบ่งเป็น การตรวจวัดก๊าซที่ได้รับเข้าไปโดยใช้ passive sampler และตรวจวัดความเข้มข้นของ metabolite ที่ร่างกายขับออกมา โดยวิเคราะห์จากปัสสาวะที่เก็บก่อนและหลังจากการปฏิบัติงาน ซึ่งเก็บตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 51 คน แบ่งเป็น แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีในโรงพยาบาล ก จำนวน 12 คน วิสัญญีแพทย์ในโรงพยาบาล ข จำนวน 5 คน พยาบาลวิสัญญีในโรงพยาบาล ก จำนวน 12 คน พยาบาลวิสัญญีในโรงพยาบาล ข จำนวน 7 คน ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีในโรงพยาบาล ก จำนวน 12 คน ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีในโรงพยาบาล ข จำนวน 3 คน

1.3.4 ระยะเวลาในการศึกษา

ระยะเวลาในการศึกษารวมทั้งสิ้น 18 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2548 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2550

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงปริมาณความเข้มข้นของ WAGs ในห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถระบุได้ว่าบริเวณใดเป็นบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงในการรับสัมผัสสูง และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการป้องกันอันตรายจากการสัมผัส WAGs

1.5 ปัญหาทางจริยธรรม

การศึกษานี้คาดว่าจะมีปัญหาทางจริยธรรมน้อย เนื่องจากไม่มีการทดลองหรือทำหัตถกรรมทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงสูง ผู้วิจัยจะดำเนินการจัดทำแบบแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมการศึกษา ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิแสดงความยินยอมที่จะเข้าร่วมการศึกษาหรือไม่ก็ได้ และในการวิเคราะห์และนำเสนอผลการศึกษา จะเป็นการนำเสนอในภาพรวมโดยมิได้ระบุชื่อ-นามสกุลหรือข้อมูลด้านอื่นๆเพื่อเป็นการรักษาความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติของยาคมสลบ

ประวัติของยาคมสลบในการนำมาใช้ทางคลินิกเริ่มจากการนำ ether มาใช้เมื่อปี ค.ศ. 1846 ต่อมามีการนำ chloroform, cyclopropane และ trichloroethylene มาใช้ในปี ค.ศ. 1848, 1930, และ 1941 ตามลำดับ ในปี ค.ศ. 1956 มีการนำ halothane มาใช้ ตามมาด้วย methoxyflurane, enflurane, isoflurane ในปี ค.ศ. 1960, 1966 และ 1971 ตามลำดับ สำหรับ desflurane และ sevoflurane นั้น ถูกสังเคราะห์ขึ้นในเวลาใกล้เคียงกับ enflurane และ isoflurane แต่เริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายในปี ค.ศ. 1993 และ 1995 ตามลำดับ (ปวีณา บุญบุรพงศ์, 2550)

2.2 คุณสมบัติของยาคมสลบที่ดี

คุณสมบัติของยาคมสลบที่ดี ควรมีคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ (วรรณ ศรีโรจนกุล, 2534) ดังต่อไปนี้

- 1) มีกลิ่นหอม ไม่ระคายเคืองเยื่อทางเดินหายใจ
- 2) ไม่ติดไฟ หรือไม่ทำให้ไฟติด ไม่ระเบิดง่าย สามารถใช้ร่วมกับออกซิเจน และอากาศได้
- 3) ไม่ทำปฏิกิริยากับยาง หรือวัสดุอื่นที่นิยมนำมาใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการให้ดมสลบ
- 4) มีสถานะคงตัว ไม่สลายง่ายเมื่อถูกความร้อนหรือแสง และไม่ต้องใช้เทคนิคหรืออุปกรณ์พิเศษในการเก็บรักษา
- 5) ยาคมสลบชนิดก๊าซ ควรเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ง่ายโดยใช้ความดันปานกลาง เพื่อให้บรรจุในถังก๊าซได้อย่างปลอดภัย ซึ่งจะได้ปริมาณมากกว่าการบรรจุอยู่ในสถานะก๊าซ
- 6) ยาคมสลบชนิดของเหลว ควรมีจุดเดือด (boiling point) สูงกว่าอุณหภูมิห้อง เพื่อมิให้ยาระเหยออกมากเกินไปจนความจำเป็น และจุดเดือดนี้ไม่ควรสูงเกิน 60°C เพราะจะระเหยกลายเป็นไอได้น้อย ทำให้ผู้ป่วยหลับช้า
- 7) ค่า blood/gas solubility coefficient ควรอยู่ในเกณฑ์ต่ำ แสดงถึงความสามารถในการละลายของยาในเลือดได้น้อย ทำให้ผู้ป่วยหลับเร็ว
- 8) ควรมีค่า oil/gas solubility coefficient สูง เป็นสิ่งบอกลถึงความแรงในการออกฤทธิ์ของยา ถ้ายาละลายในไขมันได้ดี แสดงว่ามีฤทธิ์แรง
- 9) สามารถเตรียมหรือสังเคราะห์ได้ง่าย และไม่ควรมีสารพิษเกิดขึ้นในปฏิกิริยาที่ใช้เตรียมยา
- 10) สารที่จะใช้เป็นยาคมสลบต้องบริสุทธิ์ และราคาไม่แพง

2.3 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยา

- 1) ออกฤทธิ์โดยตรงที่ระบบประสาทส่วนกลาง ไม่มีผลข้างเคียง หรือมีผลแทรกซ้อนต่อระบบอื่นน้อย
- 2) ถูกทำลาย และขับถ่ายออกจากร่างกายได้เร็ว ไม่มีการสะสมของยาในร่างกาย
- 3) ไม่ก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย

2.4 ยาคมสลับที่ใช้ในทางปฏิบัติ

2.4.1 ไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide, N₂O)

มีชื่อว่าก๊าซหัวเราะ เพราะเมื่อสูดดมก๊าซนี้ผู้ป่วยจะมีการหัวเราะ มีการสังเคราะห์ก๊าซนี้ได้เมื่อปี ค.ศ. 1772 โดย Prisley ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ต่อมาปี ค.ศ. 1800 Sir Humphry Davy พบว่าไนตรัสออกไซด์มีคุณสมบัติทำให้สลบได้ และใช้สำหรับการถอนฟันเด็กเป็นครั้งแรก

2.4.1.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้องภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น หรือมีกลิ่นหอมหวานเล็กน้อย ไม่ระคายเคืองเยื่อทางเดินหายใจ ความหนาแน่น 1.5 เท่าของบรรยากาศ มีน้ำหนักโมเลกุล 44 ความถ่วงจำเพาะ 1.53 มีอุณหภูมิวิกฤต (critical temperature) 36.5 °C สามารถทำให้ก๊าซเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ด้วยความดัน 71 บรรยากาศที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้น ภายในถังที่บรรจุไนตรัสออกไซด์ซึ่งมีความดัน 51 บรรยากาศ หรือ 750 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) ที่อุณหภูมิ 20 °C จะมีไนตรัสออกไซด์อยู่ทั้งสถานะของเหลวและก๊าซในอัตราส่วน 7:1 เมื่อมีการใช้ก๊าซไนตรัสออกไซด์ไปก็จะมีการระเหยของส่วนที่เป็นของเหลวให้เป็นก๊าซใหม่จนเต็มถังเหมือนเดิม ทำให้ความดันของก๊าซในถังไม่ลดลงจนกว่าส่วนที่เป็นของเหลวจะหมดไปแล้ว ดังนั้น จะสามารถบอกปริมาณของไนตรัสออกไซด์ที่เหลืออยู่ภายในถังได้โดยการชั่งน้ำหนักถัง นอกจากนี้ ไนตรัสออกไซด์จะไม่ทำปฏิกิริยากับ โซดาไลม์ หรือ เครื่องมือที่เป็น โลหะ ก๊าซนี้มี half-life ยาวนาน และค่อนข้างคงที่ที่อุณหภูมิห้อง

การเตรียมไนตรัสออกไซด์ทำได้จากการเผาผลิกลูก ammonium nitrate ที่อุณหภูมิสูงมาก 240-270 °C ถ้าปฏิกิริยานี้เกิดไม่สมบูรณ์จะได้ก๊าซแอมโมเนีย (NH₃), กรดไนตริก (HNO₃), ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เมื่อสูดดมออกไซด์ทั้งสองชนิดนี้จะทำให้เกิด laryngospasm, methemoglobinemia ตามมาด้วยภาวะเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน อาจรุนแรงจนเกิดการทำลายเนื้อเยื่อปอด และ pulmonary edema ได้ นอกจากนี้พบว่าไนตริกออกไซด์อาจทำลายลิ้น

ของเครื่องดมยาสลบ ดังนั้นภายหลังเตรียมก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้แล้วก็จะมีขบวนการทำให้ก๊าซบริสุทธิ์ปราศจากสารปนเปื้อนเหล่านี้เสมอ

ผลต่อการสลบ ไนตรัสออกไซด์มีค่า blood/gas partition coefficient ต่ำมาก จึงสามารถนำสลบได้เร็วและทำให้ผู้ป่วยตื่นไวด้วย ยาดมสลบนี้มีค่าระดับความเข้มข้นของยาดมสลบในถุงลมปอดที่น้อยสุดที่ทำให้ร้อยละ 50 ของผู้ที่ได้รับยาดมสลบหลับและไม่ขยับ เมื่อกระตุ้นด้วยความเจ็บปวดจากการลงมีดกรีดผิวหนัง (skin incision) ที่ความดัน 1 บรรยากาศ (Minimum Alveolar Concentration; MAC) สูงเท่ากับ 105 และมีค่า oil/gas coefficient ต่ำ จึงเป็นยาสลบที่มีฤทธิ์อ่อนมากไม่สามารถบริหารจนถึงระดับสลบลึกมากพอสำหรับการผ่าตัดได้จึงต้องบริหารร่วมกับยาสลบชนิดอื่น

2.4.1.2 ผลต่อระบบ/อวัยวะต่างๆของร่างกาย มีดังต่อไปนี้

1) ระบบประสาท ไนตรัสออกไซด์เพิ่มเลือดไปเลี้ยงสมอง (cerebral blood flow, CBF) เพิ่มความดันในกะโหลกศีรษะ (intracranial pressure, ICP) เล็กน้อย และเพิ่มการใช้ ออกซิเจนของเซลล์สมอง (CMRO₂) เมื่อให้สูงสุดดมก๊าซนี้ในขนาดต่ำกว่า MAC คือ เพียงความเข้มข้น 40% ก็สามารถระงับปวดได้ดี คล้ายบริหาร morphine เข้าหลอดเลือดดำสำหรับการถอนฟัน และการทำหัตถการขนาดเล็ก

2) ระบบไหลเวียนเลือดและหัวใจ จากการทดลองนอกร่างกายพบว่า ไนตรัสออกไซด์กดกล้ามเนื้อหัวใจโดยตรง แต่ในคนที่ให้สูงสุดดมก๊าซนี้พบว่าความดันเลือด อัตราเร็วของหัวใจเต้น และ cardiac output ไม่เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากไนตรัสออกไซด์กระตุ้นประสาท sympathetic มีการเพิ่มระดับ catecholamines ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดปัญหาของหัวใจเต้นผิดจังหวะได้ ในกรณีของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ หรือมีภาวะพร่องเลือด/พร่องน้ำรุนแรง พบว่าการสูดดมไนตรัสออกไซด์จะทำให้ความดันเลือดลดต่ำมาก เกิดภาวะกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด ความดัน end-diastolic ของ ventricle ซ้ำสูง

3) ระบบหายใจ มีผลค่อนข้างน้อย อาจพบผู้ป่วยหายใจเร็ว และมี tidal volume ลดลง ซึ่งคงเป็นผลจากไนตรัสออกไซด์ กระตุ้นระบบประสาทกลางและกระตุ้น pulmonary stretch receptor ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยของ minute ventilation และมีระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สิ่งสำคัญโดยเฉพาะในระยะฟื้นฟูจากการสลบ คือ การเกิดภาวะเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน (hypoxia) จากไนตรัสออกไซด์ แม้เพียงขนาดเล็กน้อยก็สามารถกด hypoxic drive ซึ่ง mediate ผ่านทาง peripheral chemoreceptors ที่ carotid bodies

4) Neuromuscular ขาดมสลับชนิดนี้ไม่ทำให้กล้ามเนื้อห่อหุ้มตัว จัดอยู่ในกลุ่มของยาที่ไม่ trigger ให้เกิด malignant hyperthermia แม้ว่าการสูดดมไนตรัสออกไซด์ความเข้มข้นสูงใน hyperbaric chamber จะทำให้เกิด rigidity ของกล้ามเนื้อลาย

5) ตับและไต เลือดที่ไปเลี้ยงตับและไตจะลดลงขณะสูดดมไนตรัสออกไซด์ แต่พบได้ในปริมาณที่น้อยกว่ายาสลับชนิดอื่น

6) ระบบทางเดินอาหาร ไนตรัสออกไซด์อาจกระตุ้น chemoreceptors trigger zone และศูนย์ vomiting ใน medulla ทำให้มีอาการคลื่นไส้และอาเจียนหลังการผ่าตัด

7) โลหิตวิทยา พบ pancytopenia ในผู้ป่วยบาดเจ็บที่ได้รับการรักษาด้วยไนตรัสออกไซด์สูดดมเป็นเวลานานหลายวัน เข้าใจว่าไนตรัสออกไซด์กดการสร้างเม็ดเลือด Amess และ ตรวจพบภาวะ megaloblastic anemia ในผู้ป่วยที่ได้รับ 50% ไนตรัสออกไซด์นาน 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถรักษาได้ด้วยวิตามินบี 12 และหายได้เมื่อหยุดให้ไนตรัสออกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ ไนตรัสออกไซด์ยับยั้งเอนไซม์ methionine synthetase และ thymidylate synthetase ซึ่งมีวิตามินบี 12 เป็นเอนไซม์ร่วม ทำให้เกิดการบกพร่องในการสังเคราะห์ methionine และลดการสร้าง thymidine ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้าง myelin และ DNA ตามลำดับ

8) ระบบสืบพันธุ์และทารกในครรภ์ ไนตรัสออกไซด์ไม่มีผลต่อมดลูก สามารถผ่านรกเข้าสู่ทารกได้ แต่ไม่มีผลต่อเด็ก ดังนั้นสามารถใช้ในการบรรเทาอาการเจ็บระหว่างการคลอดได้ สำหรับบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัด อาจได้รับไนตรัสออกไซด์ที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศเป็นเวลานาน พบว่ามีอุบัติการณ์ของการแท้งและความพิการของทารกในครรภ์เพิ่มขึ้น ดังนั้นในระยะแรกของการตั้งครรภ์ควรหลีกเลี่ยงการทำงานในสถานที่ที่มีการปนเปื้อนของไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศ

2.4.1.3 ขนาดและวิธีการบริหาร

เนื่องจากไนตรัสออกไซด์เป็นยาผสมชนิดอ่อนมาก จึงต้องบริหารร่วมกับยาผสมชนิดอื่น เช่น ยาผสมไอระเหย ยา narcotic และยาห่อหุ้มกล้ามเนื้อ ความเข้มข้นที่นิยมใช้คือ ร้อยละ 50-70

2.4.1.4 การทำลายและการขับถ่าย

เมื่อหยุดให้ยาผสมระหว่างกรฟื้นฟูจากการสลบ ไนตรัสออกไซด์เกือบทั้งหมดจะถูกขับออกจากร่างกายทางลมหายใจออก มีเพียงส่วนน้อยนิดที่ถูกขับออกทางผิวหนัง มี

เพียงร้อยละ 0.01 มี biotransformation โดยขบวนการ reductive metabolism ในระบบทางเดินอาหาร โดยแบบที่เรียกชนิด anaerobic

2.4.1.5 พิษวิทยา

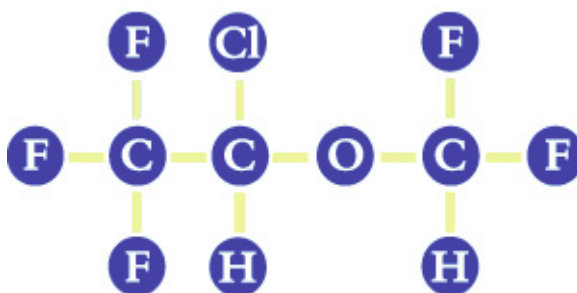
ไนโตรสออกไซด์ยับยั้งเอนไซม์ซึ่งมีวิตามินบี 12 –dependent ซึ่งได้แก่ methionine synthetase เป็นเอนไซม์ที่จำเป็นสำหรับการสร้าง myelin และ thymidylate synthetase ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้าง DNA ถ้ามีการให้สูดดมไนโตรสออกไซด์ความเข้มข้นที่ใช้สำหรับการสลบติดต่อกันนาน 24 ชั่วโมง จะมีการกดไขกระดูก (bone marrow) ส่งผลให้เกิด megaloblastic anemia และอาจเกิดความผิดปกติของระบบประสาท เช่น peripheral neuropathy และ pernicious anemia อาจพบพยาธิสภาพแบบ demyelination ที่ posterior column ของ lateral spinothalamic tract และ spinocerebellar tract ในไขสันหลัง ซึ่งคล้ายคลึงกับอาการขาดวิตามินบี 12 อย่างไรก็ตามการใช้ไนโตรสออกไซด์ในการดมยาสลบสำหรับเก็บไขกระดูก (bone marrow harvest) ไม่พบผลกระทบต่อ viability ของเซลล์ mononuclear ของไขกระดูก

2.4.1.6 ข้อควรระวัง

- 1) ภาวะที่มี pulmonary hypertension ไม่ควรใช้ในโตรสออกไซด์ เนื่องจากก๊าซนี้ทำให้กล้ามเนื้อเรียบของ pulmonary vasculature ตีบ ส่งผลให้ pulmonary vascular resistance สูง
- 2) ไม่ควรใช้ในโตรสออกไซด์ในผู้ป่วยที่มีภาวะเนื้อเยื่อขาดออกซิเจนซึ่งต้องการออกซิเจนเปอร์เซ็นต์สูงในลมหายใจเข้า
- 3) ระวังการใช้ไนโตรสออกไซด์ในผู้ป่วยที่มี intracardiac shunt ชนิดเลือดลัดทางจากขวาไปซ้าย เพราะถ้าเผชิญมีฟองอากาศเข้าสู่กระแสเลือดพร้อมกับการบริหารยาหรือสารน้ำและเลือด ฟองอากาศจะผ่าน shunt เข้าสู่การไหลเวียนเลือดด้านซ้ายอาจเป็น air emboli เข้าสู่สมอง และเกิดอันตรายต่อสมอง

2.4.2 ไอโซฟลูเรน (Forane, Aerane)

เป็นอนุพันธ์ของ ether และเป็น isomer ของ enflurane ค้นพบโดย Terrell ในปี ค.ศ. 1965 ต่อมา Stevens นำยามาใช้ทางคลินิกในปี ค.ศ. 1971 ชื่อตามสูตรเคมีของไอโซฟลูเรน คือ 1-chloro-2,2,2-trifluoro ethyl difluoromethyl ether มีสูตรโครงสร้างดังรูปที่ 2 – 1



รูปที่ 2 – 1 สูตร โครงสร้างของ Isoflurane

2.4.2.1 คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

เป็นของเหลวใส ไม่มีสี มีกลิ่นจุนเล็กน้อย ไม่ชวนคม ไม่ติดไฟ ไม่สลายตัวเมื่อถูกความร้อนและแสงสว่าง

ผลต่อการสลบ ใช้นาสลบได้เร็วและตื่นเร็วกว่า enflurane และ halothane เนื่องจากมี blood/gas partition coefficient ต่ำกว่ายา 2 ชนิดนั้น แต่เนื่องจากไอโซฟลูเรนมีกลิ่นแรงกว่า จึงอาจทำให้ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้สำหรับนำสลบ

2.4.2.2 ผลต่อระบบ/อวัยวะต่างๆของร่างกาย มีดังต่อไปนี้

1) ระบบประสาท ยาเพิ่มเลือดไปเลี้ยงสมองและเพิ่มความดันในกะโหลกศีรษะ น้อยกว่า enflurane และ halothane โดยเฉพาะเมื่อใช้ความเข้มข้นไม่เกิน 0.6-1 MAC จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเลือดไปเลี้ยงสมองและความดันในกะโหลกศีรษะ เมื่อใช้ไอโซฟลูเรนมากกว่า 1 MAC จะเพิ่มทั้งเลือดไปเลี้ยงสมองและความดันในกะโหลกศีรษะ แต่สามารถลดลงได้ด้วยการทำ hyperventilation เพื่อลด PaCO₂ นอกจากนี้ไอโซฟลูเรนสามารถลดการใช้ออกซิเจนของสมองลงได้ และเมื่อใช้ยา 2 MAC จะทำให้มี silent electroencephalogram (EEG) ดังนั้นจึงน่าจะมีประโยชน์สำหรับการปกป้องสมองระหว่างที่มีภาวะสมองขาดเลือดเกิดขึ้น

2) ระบบการไหลเวียนเลือดและหัวใจ ยามีผลต่อกล้ามเนื้อหัวใจและหลอดเลือด น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับ halothane สามารถคงไว้ซึ่ง cardiac output ได้ โดยการเพิ่มอัตราเร็วของหัวใจเต้นจากยังคงไว้ซึ่งบางส่วน (partial preservation) ของ carotid baroreflexes ยาจะไม่กระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจให้ไวต่อ catecholamines สามารถใช้ epinephrine ได้อย่างปลอดภัยจากหัวใจเต้นไม่เป็นจังหวะโดยใช้ขนาดสูงได้ถึง 4.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม เนื่องจากไอโซฟลูเรน ออกฤทธิ์กระตุ้น beta-adrenergic อ่อนๆจึงส่งผลให้มีการเพิ่มเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลาย ลด SVR และลดความดันเลือด การเพิ่มความเข้มข้นไอโซฟลูเรนอย่างรวดเร็ว จะส่งผลให้มีหัวใจเต้นเร็ว ความดันเลือดสูง และมีระดับพลาสมา norepinephrine เพิ่มขึ้นชั่วขณะหนึ่ง ยายังออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือด

เลือดโคโรนารีได้คล้ายคลึงกับ nitroglycerin แต่ก็ต้องระวังการเกิด coronary steal syndrome จากยาขยายหลอดเลือดโคโรนารีซึ่งปกติจึงทำให้มีการขโมยเลือดไปจากหลอดเลือดโคโรนารีที่ตีบอยู่ อย่างไรก็ตามไม่พบปัญหานี้ทางคลินิก

3) ระบบหายใจ ยาจะออกฤทธิ์กดการหายใจเช่นเดียวกับยาดมสลบชนิดอื่น และจะเพิ่มความรุนแรงขึ้นตามความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่ใช้ ขนาดน้อยเพียง 0.1 MAC ก็สามารถลดการตอบสนองของ ventilation ต่อภาวะเนื้อเยื่อขาดเลือด และภาวะคาร์บอนไดออกไซด์คั่ง ไอโซฟลูเรนออกฤทธิ์ขยายหลอดลมได้ดี แต่น้อยกว่า halothane จึงใช้ได้ดีในผู้ป่วยที่มีโรคหืด

4) Neuromuscular ยานี้ออกฤทธิ์หย่อนกล้ามเนื้อลายดีมาก สามารถใช้เป็นยาดมสลบสำหรับผู้ป่วย myasthenia gravis ได้โดยไม่ต้องใช้ยาหย่อนกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ไอโซฟลูเรนจะเสริมฤทธิ์หย่อนกล้ามเนื้อของยาหย่อนกล้ามเนื้อทั้งชนิด depolarizing และ nondepolarizing

5) มดลูก ยาออกฤทธิ์หย่อนกล้ามเนื้อของมดลูกได้ดีเช่นเดียวกับ enflurane และ halothane แต่การใช้ยาขนาดน้อยกว่า 0.75% จะไม่ทำให้ตกเลือดหลังคลอด

6) ตับและไต เลือดไปเลี้ยงตับและไตลดลงเล็กน้อย ขณะใช้ไอโซฟลูเรนเป็นยาดมสลบ อาจพบว่า GFR และปริมาณปัสสาวะลดลง แต่หน้าที่ของไต และหน้าที่ของตับถูกรบกวนเพียงเล็กน้อย

2.4.2.3 ขนาดและวิธีการบริหาร

ให้นำสลบได้ในขนาด 1-4% ไอโซฟลูเรนและคงการสลบขณะทำผ่าตัดด้วยความเข้มข้น 0.5-1.0% ควรระวังการใช้ยานี้ในผู้ป่วยที่มีภาวะพร่องน้ำ/พร่องเลือดรุนแรง เนื่องจากอาจมีความดันเลือดลดต่ำมาจากฤทธิ์ขยายหลอดเลือดของไอโซฟลูเรน

2.4.2.4 การทำลายและการขับถ่าย

ไอโซฟลูเรน เป็นยาดมสลบที่คงตัวดีมาก ไม่สลายง่าย มีเพียงส่วนน้อยถูกทำลาย (metabolize) ในร่างกายได้กรด trifluoroacetic มีปริมาณ fluoride อีตรระน้อยมาก ในปัสสาวะส่วนใหญ่อถึงร้อยละ 95 ของยาจะถูกขับออกทางลมหายใจโดยไม่เปลี่ยนสภาพ

2.4.2.5 พิษวิทยา

ไม่เป็นพิษต่อตับหรือไต แม้ว่าจะมีการทำลายไอโซฟลูเรนแล้วได้ fluoride แต่มีปริมาณน้อยมาก การดมยาไอโซฟลูเรน 0.1-0.6% นานมากกว่า 24 ชั่วโมงพบว่ามีระดับพลาสมา fluoride 15-50 ไมโครกรัม/ลิตร โดยไม่พบอุบัติการณ์ของไตบกพร่องในหน้าที่

ในปัจจุบันมีการพัฒนาและค้นคว้ายาผสมเพื่อให้คุณสมบัติใกล้เคียงกับยาผสมในอุดมคติ ทำให้มียาผสมบางชนิดเลิกใช้แล้ว และบางชนิดนิยมใช้กันในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และ ตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติทั่วไปของยาผสมที่เลิกใช้แล้ว

ชนิด คุณสมบัติ	Ether	Chloroform	Cyclopropane	Fluroxene	Trichloro ethylene	Methoxy flurane
-สูตร โครงสร้าง -ชื่อทางเคมี	CH ₃ -CH ₂ - O-CH ₂ -CH ₃ Diethyl ether	CHCl ₃ Trichlorom ethane	CH ₂ -CH ₂ - CH ₂ Tri- methylene	CF ₃ -CH ₂ -O- CH=CH ₂ Trifluoro- ethyl vinyl ether	CCl ₂ =CHCl Trichloroet hylene	CHCl ₂ -CF ₂ - O-CH ₃ 2,2,- dichloro- 1,1- difluoroethyl methyl ether
-น้ำหนัก โมเลกุล	74	119.5	42.05	126	131	165
-จุดเดือด (°ซ)	36.5	61	-34	43.2	87.5	104.8
-ลักษณะ	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น ฉุน	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น หอม	ก๊าซไม่มีสี กลิ่นหอม	ของเหลวใส กลิ่นไม่ฉุน	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่นคล้าย chloroformt hymol	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น หอม
-การติดไฟ	ไม่ติดไฟแต่ ช่วยให้ไฟ ติด	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟใน ขนาดที่ใช้	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟ

ที่มา : ปวีณา บุญบุรพงศ์, 2550

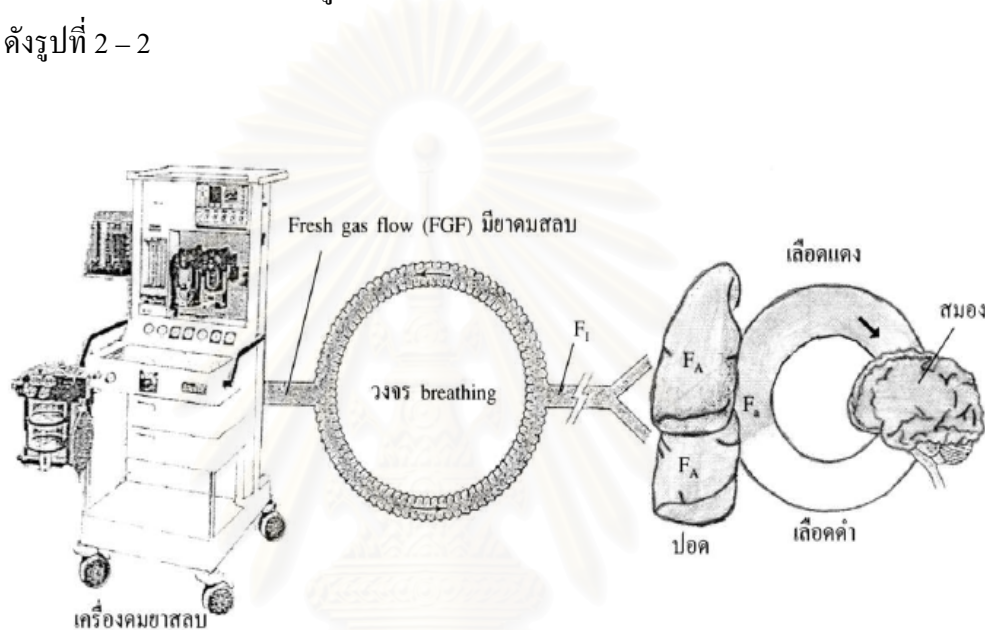
ตารางที่ 2-2 คุณสมบัติทั่วไปของยาดมสลบที่ใช้กันมากในปัจจุบัน

ชนิด คุณสมบัติ	Nitrous oxide	Halothane	Enflurane	Isoflurane	Desflurane	Sevoflurane
-สูตร โครงสร้าง -ชื่อทางเคมี	N ₂ O Dinitrogen monoxide	CF ₃ - CHBrCl 2-Bromo-2- Chloro- 1,1,1- trifluoro ethane	CHFCI- CF ₂ -O- CHF ₂ 2-chlo- 1,1,2- trifluoro ethyl difluoro methyl ether	CF ₃ -CHCI- O-CHF ₂ 1-Chloro- 2,2,2- trifluoro ethyl difluoro methyl ether	CF ₃ -CHF- O-CHF ₂ Difluoromet hyl 1- fluoro- 2,2,2- trifluoro ethyl ether	CH ₂ F-O- (CF ₃) ₂ Fluorometh yl 2,2,2,- Trifluoro-1- (trifluoro methyl) ethyl ether
-น้ำหนัก โมเลกุล	44	197.4	184.5	184	168	200.1
-จุดเดือด (°ซ)	-89	50.2	56.5	48.5	23.5	58.6
-ลักษณะ	ก๊าซหอม	ของเหลวใส ไม่มีสีกลิ่น หอม	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น จุนเล็กน้อย	ของเหลวใส ไม่มีสีกลิ่น จุนแบบ ether	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น จุน	ของเหลวใส ไม่มีสี กลิ่น ไม่จุน
-การติดไฟ	ไม่ติดไฟแต่ ช่วยให้ไฟ ติด	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟใน ขนาดที่ใช้	ไม่ติดไฟ	ไม่ติดไฟ

ที่มา : ปวีณา บุญบุรพงศ์, 2550

2.5 Uptake และ Distribution ของยาผสม

กลไกการออกฤทธิ์ของยาผสมยังไม่ชัดเจนนัก อย่างไรก็ตามผลสุดท้ายที่ยาออกฤทธิ์ทำให้ผู้ป่วยหมดสติ ก็คือ มีความเข้มข้นของยาผสมระดับเพียงพอในเนื้อเยื่อของระบบประสาท มีหลายขั้นตอน โดยเริ่มเครื่องผสมยาผสมมี vaporizer และ flowmeter จ่ายยาผสมเข้าสู่วงจรของการหายใจผ่านไปยังปอด แล้วเข้าสู่กระแสเลือด และไหลเวียนไปยังสมอง (Ebert and Schmid, 2001) ดังรูปที่ 2 – 2



F_I = inspired gas concentration มีตัวกำหนด คือ อัตราเร็วของ FGF, ปริมาตรของวงจร breathing และการดูดซับยาผสมของวงจร
 F_A = alveolar gas concentration มีตัวกำหนด คือ uptake, ventilation, concentration effect และ second gas effect
 F_a = arterial gas concentration ถูกเปลี่ยนแปลงโดย ventilation / perfusion mismatch

รูปที่ 2 – 2 การส่งผ่านยาผสมจากเครื่องผสมยาผสมสู่ระบบประสาทส่วนกลาง

ระดับของยาผสมในสมองจะขึ้นอยู่กับระดับของยาผสมในถุงลม เมื่อให้ผู้ป่วยสูดยาผสมเข้าถุงลมปอด ยาจะแพร่เข้าสู่กระแสเลือดที่ภาวะสมดุลคือภาวะที่ความดันของยาผสมในเลือดเท่ากับในถุงลมปอด ความเข้มข้นของยาผสมในเลือดและในเนื้อเยื่อต่างๆ จะขึ้นกับความสามารถในการละลาย (solubility) และ partial pressure ของยาชนิดนั้นๆ ในเนื้อเยื่อ เนื่องจากยาผสมเป็นก๊าซ ดังนั้นที่ภาวะสมดุล partial pressure ของก๊าซในที่ต่างๆทั่วร่างกายจะเท่ากันหมด ดังนั้นความเข้มข้นของยาผสมในถุงลมปอดจะบอกได้ถึงผลของยาผสมที่ระดับสมอง ซึ่งออกฤทธิ์ทำให้หมดสติ ซึ่งภาวะสมดุลขึ้นกับปัจจัยต่อไปนี้

1) ขณะที่เกิดภาวะสมดุล ยาผสมที่เป็นก๊าซจะกระจายจากปอดเข้าสู่กระแสเลือดไปยังระบบประสาท และมีก๊าซออกจากระบบประสาทกลับเข้าสู่กระแสเลือดกลับสู่ปอด

2) ยาผสมถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเนื้อเยื่อเป็นส่วนใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณยาในปอด ทำให้สามารถปรับระดับที่ต้องการ หรือถูกขับออกจากกระแสเลือดและระบบประสาทได้อย่างรวดเร็ว

3) การกระจาย การทำลาย และการจับถ่ายยาผสมมีค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเร็วของยาผสมที่บริหารทางปอด ทำให้สามารถคงระดับความเข้มข้นของยาผสมในกระแสเลือดและสมองได้ง่าย

ภายหลังจากสมองมีความเข้มข้นของยาผสมสูงพอที่จะทำให้หมดสติแล้ว ยาผสมจะเกิดการแพร่กระจายไปสู่อวัยวะกลุ่มที่มีเลือดไปเลี้ยงปริมาณมาก เช่น หัวใจ ไต ทางเดินอาหาร และต่อมไร้ท่อ หลังจากนั้นก็จะกระจายไปยังกลุ่มอวัยวะที่มีเลือดไปเลี้ยงน้อยกว่า เช่น กล้ามเนื้อและไขมัน ซึ่งเป็นที่สะสมของยาผสม และมีผลต่อการฟื้นจากการสลบด้วย

2.6 การฟื้นจากยาผสม

เมื่อเสร็จการผ่าตัดผู้ป่วยสมควรตื่นและรู้สึกตัวภายหลังหยุดดมยาผสม การฟื้นจากสลบนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการลดลงของความเข้มข้นของยาผสมในสมอง ยาผสมจะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดย (Charithy ประณูทรรพาล, 2534)

1) ขบวนการ biotransformation วิธีนี้มีผลน้อยมากต่อการเพิ่มอัตราการลดลงของ partial pressure ของยาผสมในถุงลมปอด ขบวนการนี้มีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของยาผสมบางชนิด เช่น methoxyflurane, halothane และ enflurane

2) การสูญหายออกทางผิวหนัง (transcutaneous) ซึ่งเกิดขึ้นน้อยมาก

3) ถูกขับออกทางลมหายใจออก

อัตราของการขับยาผสมออกจากสมองจะเร็ว เนื่องจากสมองมีเลือดปริมาณมากผ่านมา ขณะฟื้นจากการสลบจะมีความเข้มข้นของยาผสมเปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้ามกับขณะนำสลบ โดยยาผสมจากเนื้อเยื่อจะถูกขับออกสู่เลือดดำ ผ่านเข้าสู่ถุงลมปอด แล้วถูกขับออกทางลมหายใจ ซึ่งเป็นทางสำคัญที่สุดของการกำจัดยาผสมออกจากร่างกาย และปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นจากการดมยาผสม คือ

- 1) ยาคมสลับที่ละลายได้มากในเลือด และการดมยาสลบนี้เป็นเวลานาน จะทำให้ผู้ป่วยฟื้นช้า แต่เนื้อเยื่อกลุ่ม vessel-rich สามารถขับยาคมสลับออกได้เร็วกว่าเนื้อเยื่อกลุ่มอื่น
- 2) ถ้ามีภาวะของ cardiac output ต่ำ จะมีการขับถ่ายยาคมสลับออกได้ช้า ทำให้ผู้ป่วยฟื้นช้า
- 3) ถ้าความแตกต่างของ partial pressure ของยาคมสลับในเลือดดำและถุงลมปอดมีค่าแตกต่างกันมาก จะช่วยเร่งให้ยาคมสลับถูกขับออกเร็ว
- 4) การเพิ่ม alveolar ventilation จะช่วยเร่งการดมสลับออกจากปอด
- 5) วงจรของเครื่องดมยาสลบที่ยาวมาก และเป็นยางหรือพลาสติกซึ่งสามารถดูดซับ (absorb) ยาคมสลับได้มากจะทำให้ผู้ป่วยฟื้นช้า ดังนั้น ควรปรับระบายยาคมสลับออกจากวงจร โดยเพิ่ม flow ของออกซิเจนให้สูงขึ้น

2.7 ระบบให้ยาคมสลับ

การให้ยาระดับความรู้สึกผู้ป่วยแบบดมยาสลบนั้นต้องมีความรู้เกี่ยวกับระบบให้ยาคมสลับ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องให้ยาคมสลับและระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย เครื่องให้ยาคมสลับคือ อุปกรณ์สำหรับจ่ายก๊าซออกซิเจนและยาคมสลับให้ผู้ป่วยในความเข้มข้นและอัตราไหลที่เหมาะสมผ่านทางระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย เพื่อให้หมดความรู้สึกหรือสลบลึกพอที่จะผ่าตัดได้โดยไม่เจ็บปวดและมีความปลอดภัย เริ่มมีการใช้อุปกรณ์ให้ยาคมสลับสำหรับมนุษย์มานานกว่า 150 ปีแล้ว โดยเริ่มต้นจากอุปกรณ์ง่ายๆ เป็นภาชนะแก้วบรรจุฟองน้ำหุบ ether แล้วมีการพัฒนาเพิ่มส่วนประกอบเพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นจนเป็นระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถควบคุมการให้ยาคมสลับและก๊าซได้อย่างแม่นยำตามความต้องการ รวมทั้งมีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยและบุคลากร แต่การเพิ่มเติมส่วนประกอบดังกล่าวย่อมทำให้อุปกรณ์มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น ผู้ใช้งานจึงต้องศึกษาให้ทราบหลักการใช้งานอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการปฏิบัติงาน (Bowie and Huffman, 1985)

2.7.1 อุบัติภัยที่เกิดจากระบบให้ยาคมสลับ

การใช้ระบบให้ยาคมสลับอย่างปลอดภัยนั้นขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยที่สัมพันธ์กันคือ ความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ และความสามารถของผู้ควบคุม เนื่องจากอุปกรณ์ประกอบด้วยวัสดุหลายประเภทซึ่งทำงานโดยใช้ระบบกลไกวงจรอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ จึงอาจมีโอกาสชำรุดเสียหายได้ ในส่วนของผู้ควบคุมนั้นอาจเกิดการใช้ผิดวิธี เช่น ไม่ทำตามข้อแนะนำของผลิตภัณฑ์ คัดแปลงอุปกรณ์เอง ไม่ซ่อมบำรุง และไม่ตรวจสอบก่อนใช้งาน ปัจจัยทั้งสองก่อให้เกิดผลกระทบทับกับการใช้งานตั้งแต่เล็กน้อย เช่น เกิดความไม่สะดวก หรือต้องหยุดระหว่างการใช้งาน และอาจทำ

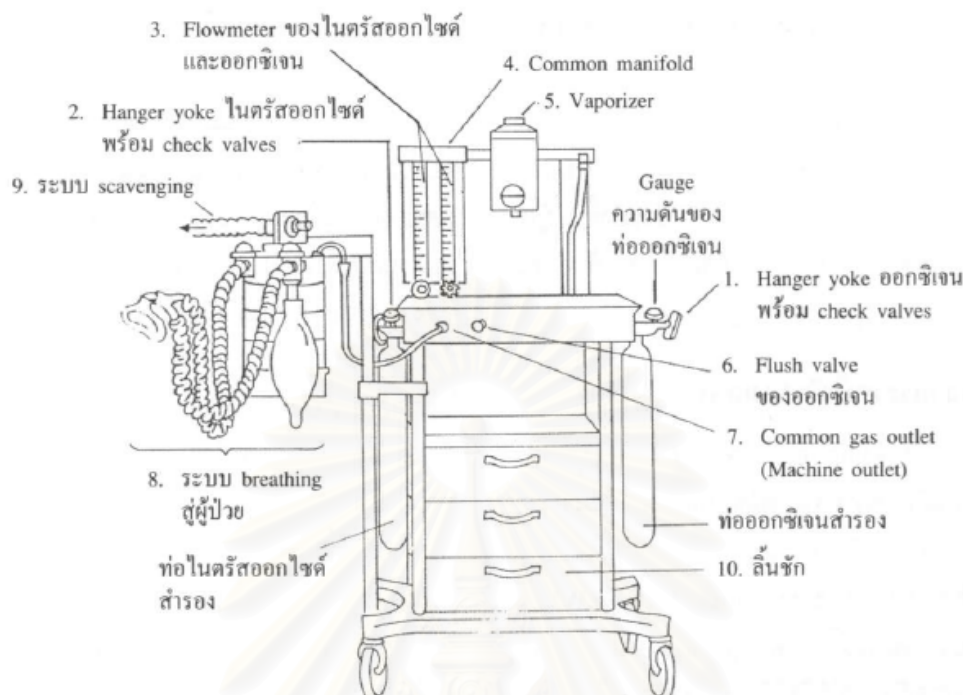
ให้ผู้ป่วยต้องอยู่ในห้องพักฟื้นหรือโรงพยาบาลนานขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถตรวจพบและแก้ไขได้ทันทีที่อาจนำไปสู่อันตรายถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิต ซึ่งพบทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศ (ปรีชา สุนทรานันท์ และคณะ, 2542)

อัตราเกิดอุบัติเหตุการฉีดยาผิดจะแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ในปี ค.ศ 1993 Nichols ได้รวบรวมอัตราเสียชีวิตจากอุปกรณ์วิสัญญีเฉลี่ยประมาณ 1 คนต่อการให้ยาระงับความรู้สึก 400,000 ครั้ง สาเหตุที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยเกิดจากใช้งานผิดวิธีและความผิดพลาดของผู้ใช้มากกว่าที่เกิดจากความบกพร่องของอุปกรณ์โดยตรง ปี ค.ศ. 1993 Webb และคณะได้ศึกษาอุบัติเหตุการฉีดยาผิดทางวิสัญญี 2,000 รายในออสเตรเลีย พบว่าเกี่ยวกับอุปกรณ์ชำรุดร้อยละ 9 สำหรับประเทศไทยยังไม่มีกรรวบรวมอัตราตายจากอุปกรณ์วิสัญญี แต่จากผลการสำรวจอุปกรณ์วิสัญญีที่ใช้งานอยู่ในบางสถาบันพบว่ามีความผิดปกติที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ในอัตราสูง เช่น ท่อบรรจุก๊าซทางการแพทย์ผิดมาตรฐาน เครื่องให้ยาผสมสลบเร็ว และระบบกำจัดก๊าซส่วนเกินผิดปกติ เป็นต้น ความผิดปกติของอุปกรณ์ดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นอันตรายแฝง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายขึ้นเมื่อสถานการณ์เอื้ออำนวย หรือมีปัจจัยอื่นเป็นองค์ประกอบที่ส่งเสริม และการตรวจพบหลังเกิดเหตุกับผู้ป่วยปัจจัยต้นเหตุที่รวบรวมได้ในประเทศไทย ได้แก่ ความผิดพลาดของมนุษย์ อุปกรณ์ชำรุด บุคลากรขาดความรู้หรือไม่สามารถประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม การละเลยไม่ทำตามคำแนะนำ ขาดคู่มือสำหรับแนะนำ ไม่ตรวจสอบก่อนใช้งาน ขาดการเฝ้าระวังที่เหมาะสม จัดระบบการทำงานที่ด้อยประสิทธิภาพ ขาดประสบการณ์ เหนื่อยล้าจากงานที่มากเกินไปและไม่ได้รับการซ่อมบำรุงที่เหมาะสม เป็นต้น (อริศรา เอี่ยมอรุณ, 2540)

การป้องกันและแก้ไขสามารถทำได้โดยศึกษาวิธีใช้อุปกรณ์อย่างละเอียด ทำตามคำแนะนำในคู่มือ ไม่ดัดแปลงอุปกรณ์โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ซ่อมบำรุงตามกำหนด ตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้งาน ขอความช่วยเหลือทันทีที่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ กำหนดมาตรฐานอุปกรณ์ที่สามารถปฏิบัติได้ของประเทศไทย ควบคุมมาตรฐานอุปกรณ์การแพทย์ทุกชนิด จัดสรรงบประมาณให้พอสำหรับปฏิบัติการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานและวางแผนการซ่อมบำรุงล่วงหน้า (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2517, 2527ก, 2527ข)

2.7.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องให้ยาผสมสลบ

มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งจ่ายก๊าซเข้าสู่เครื่อง, flow meter, เครื่องระเหยยาผสมสลบ (vaporizer), ระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย (breathing system) และระบบกำจัดก๊าซส่วนเกิน (scavenging system) ดังรูปที่ 2 – 3



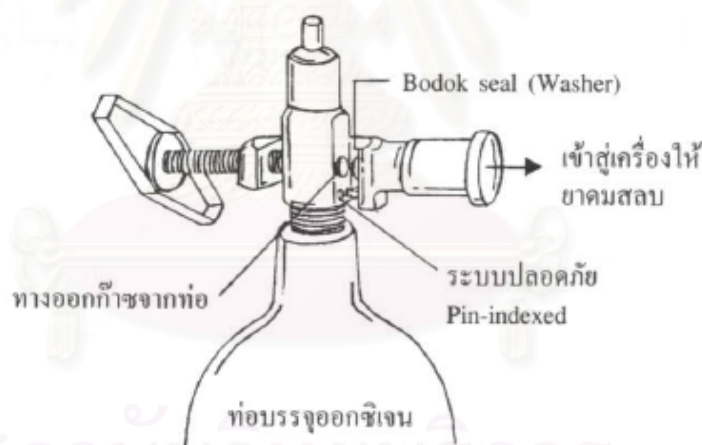
รูปที่ 2 – 3 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องให้ยาดมสลบ

2.7.2.1 แหล่งจ่ายก๊าซเข้าสู่เครื่อง

1) ท่อบรรจุ (Cylinder) เหมาะสำหรับ โรงพยาบาลขนาดเล็กเพราะใช้ก๊าซไม่มาก โดยปกติมักใช้ท่อบรรจุขนาดใหญ่ ถ้าเป็นท่อบรรจุก๊าซสำรองที่ติดอยู่ข้างเครื่องจะเป็นท่อขนาดเล็ก มีความแตกต่างตามชนิดของก๊าซ คือ เมื่อบรรจุออกซิเจนเต็มจะมีความดันประมาณ 1,900-2,200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ให้ก๊าซประมาณ 680 ลิตร ท่อออกซิเจนทางการแพทย์เป็นสีเขียวมรกต ส่วนคอและไหล่สีขาว ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์ จะมีความดันภายในท่อประมาณ 745 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันเพื่อปรับให้เป็นความดันใช้งานที่ 50-60 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยท่อขนาดใหญ่บรรจุได้ประมาณ 29 กิโลกรัม ส่วนท่อสำรองขนาดเล็กที่ติดข้างเครื่องบรรจุได้ประมาณ 2.9 กิโลกรัม ไนตรัสออกไซด์เหลว 1 กิโลกรัม ระเหยเป็นก๊าซได้ประมาณ 545 ลิตร ที่อุณหภูมิห้องและความดันปกติ มอก.กำหนดให้ท่อเป็นสีน้ำเงิน (French blue)

ท่อบรรจุต้องเขียนชื่อหรือสัญลักษณ์สากลเฉพาะชนิดของท่อก๊าซตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.) อย่างน้อยต้องมีชื่อก๊าซเป็นภาษาไทย และสูตรเคมีของก๊าซนั้นเขียนด้วยสีขาว่าที่ส่วนบนสุดของตัวภาชนะ โดยขนาดข้อความต้องมีส่วนสูงไม่ต่ำกว่า 1 ใน 8 ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของภาชนะ เพื่อให้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนก๊าซทางการแพทย์ต้องมีเครื่องหมายกากบาทล้อมรอบด้วยวงกลมสีขาว เพื่อให้ต่างจากท่อบรรจุก๊าซอุตสาหกรรม

2) ระบบเส้นท่อ (Pipeline system) มีความแตกต่างกันตามชนิดของก๊าซ เช่นเดียวกับระบบท่อบรรจุ คือ กลุ่มท่อบรรจุออกซิเจนจะมีขนาดใหญ่ต่อเรียงกันเป็นชุดจ่ายก๊าซ (manifold) แล้วต่อเส้นท่อก๊าซผ่านอุปกรณ์ควบคุมความดันให้อยู่ในระดับใช้งานคือ 50-60 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว (มงคล เชษฐากุล และคณะ, 2545) ส่วนก๊าซไนโตรสออกไซด์จะมาจากกลุ่มท่อบรรจุที่ต่อเรียงกันลักษณะเช่นเดียวกับออกซิเจน เหมาะสำหรับโรงพยาบาลขนาดใหญ่ ส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของท่อบรรจุขนาดเล็ก คือระบบความปลอดภัยเพื่อป้องกันการต่อท่อบรรจุก๊าซผิดชนิด เรียกว่า pin-indexed safety system (PISS) เป็นเดือยทำจากเหล็กไม่เป็นสนิมอยู่ตรงแอก (yoke) แขนงท่อก๊าซสำรอง มีตำแหน่งเดือยโดยเฉพาะแต่ละก๊าซซึ่งตรงกันกับตำแหน่งรูของท่อบรรจุก๊าซชนิดเดียวกันเพื่อป้องกันใส่ท่อผิดชนิดเข้าเครื่องให้ขาดมสลับ ข้อควรระวังขณะใส่ท่อเข้ากับ PISS นี้คือ ห้ามออกแรงดันมากเกินไปจนเดือยงอหรือหัก หรือใส่ washer (Bodok seal) ซ้อนกันมากกว่า 1 อัน เพราะจะทำให้สามารถใส่ท่อชนิดใดๆ เข้าได้โดยไม่ผ่าน PISS (Eichhorn and Ehrenwerth, 1993) ดังรูปที่ 2 – 4



รูปที่ 2 – 4 ส่วนประกอบของท่อบรรจุก๊าซ

2.7.2.2 เครื่องให้ขาดมสลับ

ลักษณะภายนอกของเครื่องอาจแตกต่างกันตามการออกแบบของผู้ผลิต แต่หลักการทำงานพื้นฐานของส่วนประกอบที่สำคัญจะคล้ายคลึงกัน ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ คือ

1) O₂ hanger yoke คือ แอกแขนงท่อบรรจุออกซิเจนสำรอง มีมาตรวัดความดัน เพื่อแสดงความดันก๊าซภายในท่อบรรจุที่เปิดใช้งานอยู่ ในกรณีที่ไม่มีถังสำรองเสียบอยู่ ควรใช้ yoke plug อุดที่ทางเข้าของก๊าซเพื่อป้องกันฝุ่นและการรั่ว

2) N₂O hanger yoke ลักษณะเช่นเดียวกันกับออกซิเจน

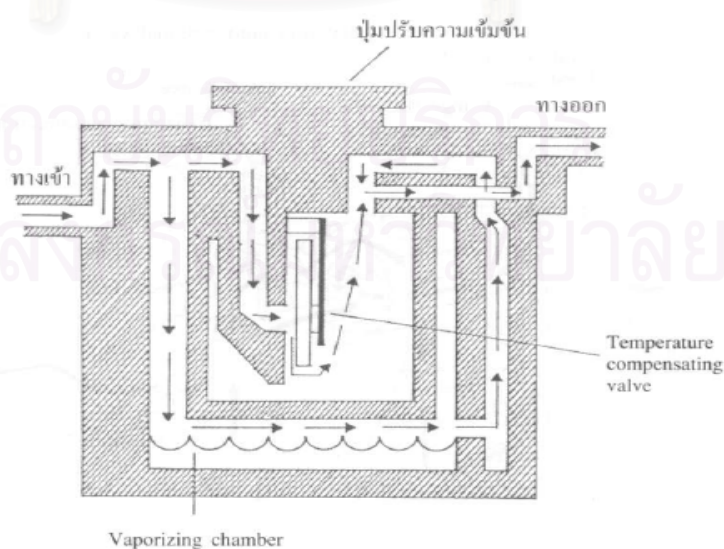
3) Flowmeter คือ อุปกรณ์เปิดปิดของก๊าซออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ เพื่อให้ผู้ป่วย โดยสามารถควบคุมอัตราไหลได้ตามความต้องการ ประกอบด้วย 1. หลอดแสดงอัตราไหลของแต่ละก๊าซ อาจเป็นชนิดหลอดเดี่ยวหรือหลอดคู่ ซึ่งมีอัตราไหลเป็นลิตรต่อนาที หรือ มิลลิลิตรต่อนาที โดยก๊าซที่มีหลอดคู่ต้องมีปุ่มหมุนเปิดปิดก๊าซเพียงอันเดียว 2. Float หรือ bobbin คือ ลูกลอยสำหรับแสดงให้เห็นอัตราการไหลของก๊าซเป็นทรงกลมหรือทรงกระบอก โดยแบบทรงกลมให้อ่านค่าตรงเส้นผ่านศูนย์กลางแบบทรงกระบอกให้อ่านค่าตรงขอบบน 3. Flow control knob คือ ปุ่มสำหรับเปิดปิดก๊าซมีระบบความปลอดภัยที่ใช้การสัมผัสเพื่อแสดงชนิดของก๊าซ (touch-coded safety system) ซึ่งกำหนดให้ปุ่มปรับออกซิเจนมีขนาดใหญ่กว่าปุ่มของก๊าซชนิดอื่นและทำขอบเป็นร่อง ส่วนไนตรัสออกไซด์มีขนาดเล็กกว่าและไม่เป็นร่อง 4. เครื่องรุ่นปัจจุบันมีอุปกรณ์กำหนดให้ก๊าซออกซิเจนขนาดต่ำสุดประมาณ 200-300 มล./นาที ทั้งที่หมุนปิดปุ่มควบคุมออกซิเจนจนสุดแล้ว (แต่ยังเปิดสวิทช์ของเครื่องอยู่) เพื่อป้องกันผู้ป่วยขาดออกซิเจนในกรณีที่หมุนปิดปุ่มควบคุมทั้งหมดโดยไม่ได้ตั้งใจ 5. อุปกรณ์ป้องกันการหมุนปุ่มปรับก๊าซโดยไม่ตั้งใจทำเป็นคานขนาดเล็กคาดขวางไว้ที่ด้านหน้าของปุ่มปรับก๊าซ หรือทำให้แฉกทั้งหมดของปุ่มปรับเว้าลึกเข้าไปภายในหน้าปิด และยกระดับหน้าปิดและปุ่มปรับก๊าซให้อยู่สูงขึ้นไปจากพื้นที่วางของหน้าเครื่อง

เครื่องที่ผลิตจากอเมริกากำหนดให้ flowmeter ของออกซิเจนอยู่ทางขวามือสุด (เมื่อมองหันหน้าเข้าหาเครื่อง) เพราะต้องการให้เป็นก๊าซสุดท้ายที่ออกจาก flowmeter ถ้ามีการรั่วภายในส่วนต่างๆ ออกซิเจนจะได้เป็นก๊าซสุดท้ายที่ไหลออกไปทางรอยรั่ว ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนไม่ลดต่ำลงจากค่าที่เห็นทางหน้าปิด แต่เครื่องที่ผลิตจากอังกฤษและออสเตรเลียจะกำหนดให้ flowmeter ของออกซิเจนอยู่ด้านซ้ายมือสุด สำหรับเครื่องรุ่นใหม่ที่มี flowmeter ของออกซิเจนอยู่ทางซ้ายมือสุดแต่ภายในมีการต่อท่อ นำก๊าซให้ออกซิเจนอยู่สุดท้ายที่ออกจาก flowmeter

เครื่องใช้ในปัจจุบันมีการผลิตหลอด flowmeter ให้มีขนาดเฉพาะก๊าซไม่สามารถสับเปลี่ยนกันได้ เพราะทั้ง flowmeter และ bobbin ได้รับการสร้างและคำนวณมาโดยเฉพาะให้เข้าชุดเดียวกัน มีรหัสหมายเลขประจำหลอด หรือ PISS เพื่อป้องกันการติดตั้งสลับที่กันในกรณีที่ถูกลดออกมาซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาพร้อมกันหลายชุด ถ้าใส่สลับกันจะทำให้รอยต่อไม่สนิทและความแม่นยำสูญเสียไป (Eisenkraft, 1993)

4) Common manifold คือทางออกรวมของก๊าซจาก flowmeter ที่จะนำไปสู่ vaporizer

5) Vaporizer คือ เครื่องระเหยยาผสมที่เป็นของเหลวให้กลายเป็นไอไหลออกไปสู่ผู้ป่วย ดังรูปที่ 2 – 5 ประกอบด้วย 1. ปุ่มเปิดปิดและปรับความเข้มข้นยาผสม 2. ผ้าที่จุ่มในน้ำยาผสม (wick) เพื่อเพิ่มพื้นที่การระเหยให้ได้ไออิ่มตัว 3. ภาชนะบรรจุยาผสม (vaporizing chamber) 4. ลิ้นปรับช่องไหลของก๊าซเพื่อชดเชยการระเหยที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (Temperature compensating valve) เพื่อให้ความเข้มข้นของไอยาผสมคงที่ในขณะที่ใช้งาน 5. อุปกรณ์ป้องกันการเปิดเครื่องระเหยยาผสมพร้อมกันมากกว่า 1 เครื่อง (Interlocking system) มีลักษณะเป็นเดือยโผล่ออกด้านข้าง เมื่อเปิดเครื่องหนึ่งเดือยนี้จะยื่นออกมาล็อกเครื่องที่อยู่ด้านข้างหรือมีแกนล็อกเครื่องถัดไปไม่ให้เปิดได้ 6. การป้องกันการเอียงเครื่องระเหยยาผสม โดยติดเครื่องระเหยยาผสมให้แน่นกับเครื่องให้ยาผสม ผู้ใช้งานไม่สามารถถอดออกเองได้โดยง่ายเพื่อไม่ให้เอียงเกิน 45 องศา เนื่องจากไม่มีที่กั้นล้นออกมาจาก vaporizing chamber แต่ถึงแม้เครื่องจะมีกลไกป้องกันยาล้นออกมาได้ก็ห้ามเอียงหรือคว่ำเช่นเดียวกัน 7. การป้องกันการไหลย้อนกลับของก๊าซที่ทางออกจากเครื่อง เพื่อป้องกันก๊าซไหลกลับเข้าเครื่องระเหยยาผสมอีกครั้ง อันจะทำให้ความเข้มข้นของยาสูงกว่าปกติ (pumping effect) ซึ่งมีหลายวิธี เช่น ติดตั้งลิ้นบังคับให้ก๊าซเดินทางเดียวตรงทางออกของ vaporizer หรือออกแบบภายในให้เป็นชั้นๆ (baffle system) หรือทำเป็น pressure compensator มีลักษณะเป็นท่อยาวคดเป็นวงหรือเป็นช่องยาวเพื่อลดผลจากความดันก๊าซที่ไหลย้อนกลับ บางบริษัทออกแบบพิเศษให้ vaporizer ระบายความดันออกได้เมื่อเกิน 18 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว 8. การป้องกันยาผสมไหลออกนอก vaporizer มีหลายวิธี เช่น ออกแบบให้ปิดก่อนจึงจะเติมน้ำได้ หรือใช้ key cap filling system เป็นต้น

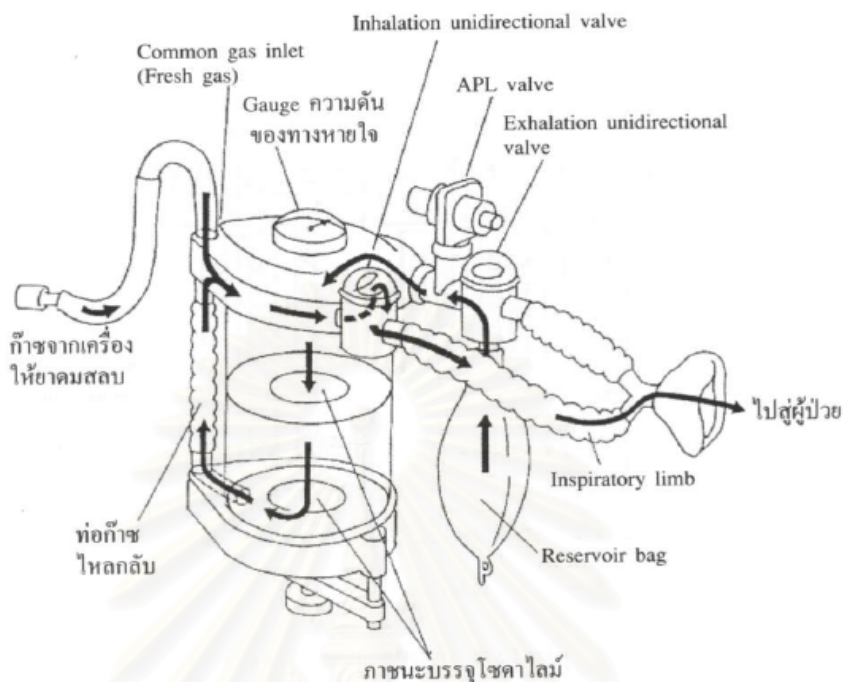


รูปที่ 2 – 5 ส่วนประกอบของ vaporizer

6) O₂ flush valve ลีนสำหรับเปิดให้ออกซิเจนไหลออกปริมาณมาก 35-75 ลิตร ต่อนาที

7) Common gas outlet ทางออกร่วมของก๊าซและยาดมสลบจากเครื่องให้ยาดมสลบ ซึ่งในปัจจุบันนี้กำหนดให้มีทางออกก๊าซจากเครื่องเพียงแห่งเดียว เพื่อป้องกันผู้ใช้งานสับสน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 หรือ 22 มิลลิเมตร สามารถต่อกับข้อต่อหรือท่อที่ใช้กับระบบหายใจ เท่านั้น และมีวิธีล็อกเพื่อไม่ให้ข้อต่อท่อส่งก๊าซหลุดง่าย เช่น ทำเป็นรูปกรวย ทำให้เสียบแน่นมากขึ้น นอกจากนี้อาจมีขอเกี่ยวหรือเป็นแกนเกลียวหมุนติดแน่น เป็นต้น (Smith, 1993)

8) ระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย (Breathing system) มีหลายแบบ คือ 1. ระบบวงจรร (Circle system) นิยมใช้ในประเทศไทย เป็นระบบที่มีภาชนะบรรจุโซดาไลม์สำหรับดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งประกอบด้วย Common gas inlet เพื่อรับก๊าซจากเครื่องให้ยาดมสลบ มาตราวัดความดัน (Airway pressure gauge) เพื่อแสดงค่าความดันในระบบหายใจ ลีนสำหรับบังคับให้ก๊าซในวงจรหายใจไปทางเดียวกันไม่ไหลย้อนกลับ (Inhalation และ exhalation check valve หรือ unidirectional valve) ลีนเหล่านี้ต้องเปิดง่ายโดยใช้ความดันเพียงเล็กน้อยก็สามารถเปิดกว้างเพียงพอ ก๊าซจึงไหลได้สะดวกเพราะแรงต้านทานน้อย ลีนปรับความดันในวงจร (Adjustable pressure limiting, APL valve) เพื่อระบายก๊าซส่วนที่เกินจำเป็นออกจากระบบหายใจ สามารถจำกัดความดันได้โดยหมุนปรับสปริงลีน APL ให้มีความดันระหว่าง 1-75 ซม.น้ำ สำหรับรุ่นที่ทำเป็นเกลียวนั้นเมื่อปิดลีน APL จนสนิทก็ไม่สามารถระบายความดันส่วนเกินออกได้ ท่อของระบบหายใจ (Corrugated tube) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกว้างและงอได้โดยไม่หักพับ ถุงสำรองก๊าซที่ใช้บีบเพื่อช่วยหายใจ (Reservoir bag) ทำจากวัสดุที่มีความยืดตัวได้มาก ในกรณีที่มีความดันในทางหายใจสูง ถุงนี้สามารถขยายได้ถึง 40-50 ซม.น้ำ ภาชนะบรรจุวัสดุดูดซับ CO₂ คือ sodalime canister และท่อก๊าซจากภาชนะที่ถูกดูดซับ CO₂ ออกแล้ว นำมาใช้หายใจเข้าใหม่อีก (return tube) ดังรูปที่ 2 – 6 2. ระบบ coaxial เช่น Bain system ปรับปรุงจากระบบ Mapleson D มีน้ำหนักเบา เหมาะสำหรับการผ่าตัดบริเวณใบหน้าและศีรษะ หรือเหมาะสำหรับใช้ในกรณีที่ผู้ป่วยติดเชื่อจึงไม่ควรใช้ระบบวงจรรที่มีโซดาไลม์ สำหรับการดมยาสลบแบบควบคุมการหายใจนั้นจะเปิด fresh gas flow ประมาณ 70 มิลลิลิตร/นาที อีกระบบหนึ่งได้แก่ Lack system ใช้สำหรับการดมยาสลบแบบหายใจเอง และ 3. Jackson-Rees เป็นระบบที่ดัดแปลงมาจาก Ayre's T-piece โดยต่อ reservoir bag ที่ปลายเปิด ทำให้สังเกตเห็นการหายใจและสามารถช่วยหายใจได้สะดวกขึ้น เหมาะสำหรับเด็กเล็ก ตั้งแต่แรกเกิด



รูปที่ 2 – 6 ส่วนประกอบของระบบวงจร (circle system) ของระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย

2.7.2.3 ระบบกำจัดก๊าซส่วนเกิน (Scavenging system) คือ ระบบกำจัดก๊าซและขาดมสลับส่วนที่เกินจากการใช้งานออกไปทิ้งนอกห้อง เพื่อไม่ให้เกิดมลภาวะที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของบุคลากรที่ทำงานประจำในห้องผ่าตัด รูปแบบของผู้ผลิตอาจแตกต่างกันแต่ต้องมีส่วนประกอบที่สำคัญ (Azar, 1993) คือ

1) การระบายความดันที่ผิดปกติออกจากระบบทั้งความดันบวกและความดันลบ โดยทำเป็นลิ้นระบายความดัน (กรณีที่เป็น close system) ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ลิ้นระบายความดันเกิน (positive pressure relieve valve) เปิดเมื่อความดันสูงเกิน 5-10 ซม.น้ำ เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายต่อผู้ป่วยและลิ้นเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้าทดแทนกรณีมีแรงดูดมากเกินไป -0.5 ถึง -1.8 ซม.น้ำ (negative pressure relieve valve) เพื่อป้องกันอันตรายจากการดูดก๊าซออกจากผู้ป่วย ในกรณีที่ open system จะมีรูเปิดให้อากาศภายนอกไหลเข้ามาทดแทนได้ และปล่อยให้อากาศไหลออกสู่ภายนอกได้เองถ้าความดันในระบบสูงเกิน ส่วนประกอบเหล่านี้ต้องได้รับการตรวจก่อนใช้งานเป็นประจำเพราะอาจพบข้อบกพร่องได้ เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่อยู่ด้านล่างหรือด้านหลังเครื่องทำให้ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มักละเลยไม่ตรวจสอบและไม่มีการซ่อมบำรุงด้วย

2) การป้องกันระบบนี้อุดตัน โดยท่อก๊าซต้องมีความแข็งแรงมากพอ ไม่หักพับ และไม่ถูกกดทับ ที่ทางออกด้านนอกกำแพงต้องป้องกันการอุดตันจากแมลงหรือสัตว์อื่น เช่น นก โดยการงอปลายท่อคว่ำลงพื้นและใส่ตะแกรงลวด และระบายนการปล่อยทิ้งตรงบริเวณที่ไม่มีคนอยู่

3) การป้องกันการติดตั้งท่อระบบกำจัดก๊าซส่วนเกินผิด เช่น ต่อท่อสลับกันระหว่างท่อที่ใช้ในระบบหายใจกับท่อระบบกำจัดก๊าซส่วนเกิน โดยกำหนดมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใช้ในระบบหายใจให้เท่ากับ 22 มิลลิเมตร และท่อของระบบกำจัดก๊าซส่วนเกินให้เท่ากับ 19 และ 30 มิลลิเมตร หรือทำข้อต่อให้มีรูปร่างเฉพาะสำหรับต่อท่อกำจัดก๊าซส่วนเกินเท่านั้น จึงควรใช้ระวางถ้าใช้ข้อต่อของบริษัทที่ผลิตข้อต่อปรับขนาด (adapter) จากท่อ 19 มาเป็น 22 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถนำท่อระบบหายใจมาใช้แทนท่อนำก๊าซส่วนเกินทิ้งได้ ซึ่งเคยทำให้เกิดเหตุต่อผิคนเป็นอันตรายต่อผู้ป่วยในประเทศไทยมาแล้ว (ประดิษฐ์ สมประกิจ, 2539)

2.7.2.4 ลักษณะภายในเครื่องให้ดมยาสลบ ดังรูปที่ 2 – 7 ประกอบด้วย

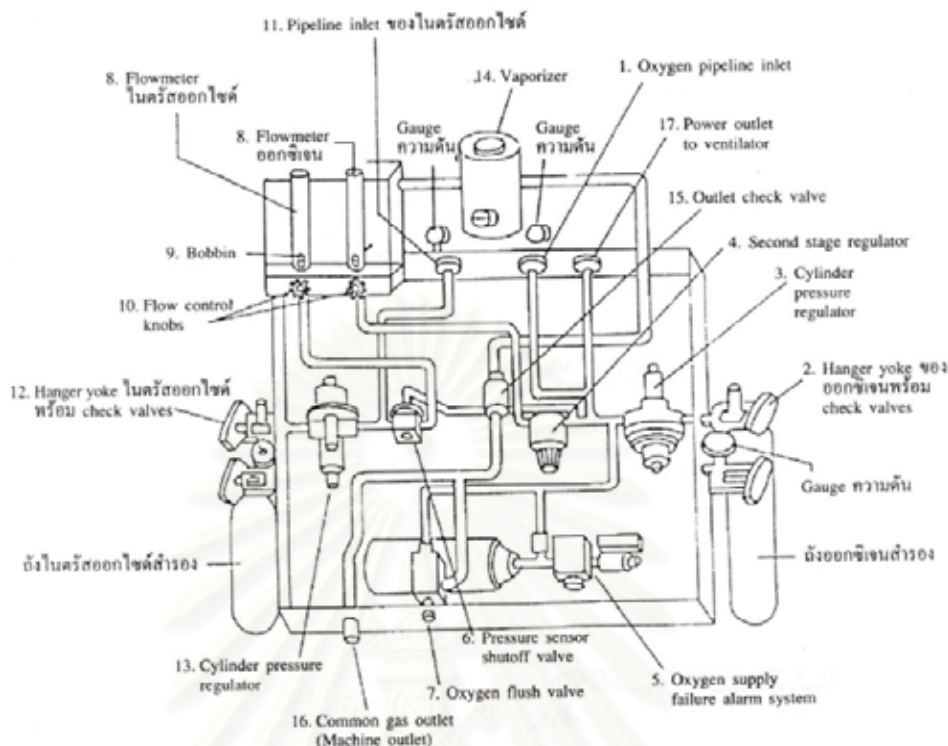
1) ทางเข้าของออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์ (Pipeline inlet) มีระบบป้องกันการต่อก๊าซสลับชนิดกันเรียกว่า diameter-indexed safety system (DISS) เป็นระบบความปลอดภัยที่ใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้อต่อเฉพาะก๊าซแต่ละชนิด ทำให้ไม่สามารถต่อก๊าซสลับกันได้

2) O₂ hanger yoke

3) Cylinder pressure regulator คืออุปกรณ์ปรับความดันจากท่อบรรจุก๊าซให้เท่ากับความดันใช้งานภายในเครื่องให้ดมยาสลบ คือประมาณ 40-50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว บรรจุเต็มจะมีความดันประมาณ 2,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

4) Second stage pressure regulator เครื่องบางรุ่นจะมีอุปกรณ์นี้เพื่อปรับความดันอีกชั้นหนึ่ง ก่อนไหลเข้าไปสู่ flowmeter เช่น ของออกซิเจนปรับความดันไว้ที่ประมาณ 14 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อให้ออกซิเจนไหลเข้าไปสู่ flowmeter อย่างสม่ำเสมอ ไม่ลดลงแม้ว่าความดันต้นทางจะแกว่งขึ้นลง เนื่องจากมีการใช้ก๊าซมากขึ้นก็ตาม

5) สัญญาณเตือนเมื่อความดันออกซิเจนที่ป้อนเข้าสู่เครื่องตกลงต่ำกว่าค่าที่กำหนด (O₂ supply failure alarm) ปกติมีที่ตั้งไว้ที่ประมาณ 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เสียงสัญญาณนี้ต้องดังนานไม่น้อยกว่า 7 วินาที เพื่อให้ได้ยินทั่วกันและต้องดังภายในเวลา 5 วินาทีหลังจากความดันต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ ถ้าอุปกรณ์เป็นชนิดลมเป่านกหวีด สัญญาณจะดังอยู่นานประมาณ 7 วินาทีแล้วหยุดเพราะก๊าซที่ใช้เป่านกหวีดหมด แม้ว่าความดันออกซิเจนยังไม่กลับมาเป็นปกติ ดังนั้นต้องเข้าใจว่าเสียงที่เงียบไปนั้นไม่ได้หมายความว่าความดันกลับมาเป็นปกติแล้ว แต่ถ้าเป็นสัญญาณชนิดที่ใช้ไฟฟ้าจะดังอยู่ตลอดเวลาที่ความดันออกซิเจนตก ผู้ใช้สามารถหยุดเสียงสัญญาณได้ชั่วคราวแต่ไม่นานเกิน 120 วินาทีเมื่อความดันกลับมาปกติสัญญาณนี้จะปิดเองโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 2 – 7 ส่วนประกอบภายในของเครื่องให้ยาผสม

6) ลินปิดก๊าซอื่นเมื่อความดันออกซิเจนลดลง มีหน้าที่ปิดก๊าซอื่น เช่น ไนตรัส ออกไซด์หรืออากาศ ไม่ให้ไหลมาที่ flowmeter หรือบางรุ่นใช้วิธีลดปริมาณก๊าซอื่นลงตามสัดส่วน การลดของออกซิเจน เพื่อไม่ให้ก๊าซที่มีออกซิเจนต่ำไหลออกจากเครื่องไปสู่ผู้ป่วย การที่ไม่มีก๊าซ ออกจากเครื่องเลยเมื่อความดันออกซิเจนลดลงดำเนินการเตือนให้ทราบว่าความดันออกซิเจนต่ำ กว่าปกติหรือหมด กลไกของการลดก๊าซอื่นดังกล่าวนี้เกิดจากอุปกรณ์ 2 แบบ คือ 1. Pressure sensor shutoff valve เพื่อปิดก๊าซอื่นทันทีที่ความดันออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 20-25 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว ทำให้มีก๊าซออกซิเจนออกมาเพียงชนิดเดียว เมื่อความดันลดลงจนถึงประมาณ 16 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว ออกซิเจนจึงหยุดไหล 2. Oxygen failure protection device เมื่อความดันออกซิเจน ลดลงจะทำให้้อตราไหลของออกซิเจนลดลงด้วย อุปกรณ์นี้จะลดการไหลของก๊าซอื่นลงด้วยเพื่อ รักษาสัดส่วนของออกซิเจนไม่ให้ต่ำกว่าที่ตั้งไว้ จนกระทั่งความดันออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 12 ± 4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ก๊าซอื่นจึงถูกปิดหมด

การกำหนดค่าความดันก๊าซที่ใช้กับส่วนประกอบภายในเครื่องดังที่กล่าวมานี้ เพื่อเรียงลำดับการทำงานให้เหลือออกซิเจนเป็นก๊าซสุดท้ายที่ส่งให้ผู้ป่วยในกรณีที่ออกซิเจนหมด นั่นคือ เมื่อออกซิเจนหมด ความดันที่ออกจาก first stage pressure regulator จะลดลงจาก 50 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว ลงมาจนถึงประมาณ 28 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทำให้ O_2 supply failure alarm ส่งเสียง

เตือน เมื่อความดันลดลงถึง 25 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะทำให้ pressure sensor shutoff valve ทำงาน โดยตัดไนโตรเจนออกไซด์ให้หมดไป เหลือออกซิเจนไปสู่ผู้ป่วยเพียงก๊าซเดียว จนกระทั่งเมื่อความดัน ลดลงอีกจนต่ำกว่า 16 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว second stage pressure regulator จึงหยุดทำงาน ทำให้ไม่มี ก๊าซออกจากเครื่องเลย (ค่าตัวเลขเหล่านี้อาจแตกต่างกันได้ ในเครื่องรุ่นต่างกัน) การเรียงลำดับ เช่นนี้ทำให้เหลือออกซิเจนเป็นก๊าซสุดท้ายที่ออกไปสู่ผู้ป่วย

7) ลิ้นสำหรับเปิดเพื่อให้ออกซิเจนไหลออกปริมาณมาก (O₂ flush valve) เมื่อหยุดกดปุ่ม ต้องปิดเองโดยอัตโนมัติ (เช่นมีสปริงดันให้คืนตำแหน่งเดิม) เพื่อป้องกันการลืมนปิดค้าง โดยไม่ตั้งใจ ทำให้เกิดอันตรายจากความดันสูง หรือยาผสมถูกออกซิเจนเจือจาง

8) อุปกรณ์ควบคุมสัดส่วนก๊าซให้มีส่วนของออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 25% เมื่อเปิด ใช้ร่วมกับไนโตรเจนออกไซด์ (gas flow proportioning system) วิธีการคือ มีการเชื่อมต่อปุ่มหมุนเปิด ของออกซิเจนและไนโตรเจนออกไซด์ให้เคลื่อนตัวไปด้วยกันเป็นสัดส่วน โดยใช้โซ่ เช่น link-25 proportion limiting control system หรือแรงดันก๊าซ (oxygen ratio monitor controller) อาจสามารถ เปิดออกซิเจนได้อย่างเดียวได้ แต่ไม่สามารถเปิดไนโตรเจนออกไซด์อย่างเดียว ข้อควรทราบคือ อุปกรณ์นี้ทำให้ได้ออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 25% เฉพาะส่วนที่ออกจาก flowmeter เท่านั้น แต่ถ้ามีการรั่ว ของออกซิเจนต่อจากจุดนี้ไปอาจทำให้ผู้ป่วยได้รับก๊าซที่มีออกซิเจนไม่พอได้ ดังนั้นจึงต้องมี O₂ analyzer ที่ common gas outlet ด้วยเสมอ

9) Outlet check valve เป็นลิ้นทางเดียวเปิดให้ก๊าซและยาผสมไหลออกจาก เครื่องป้องกันไม่ให้ก๊าซไหลย้อนกลับ

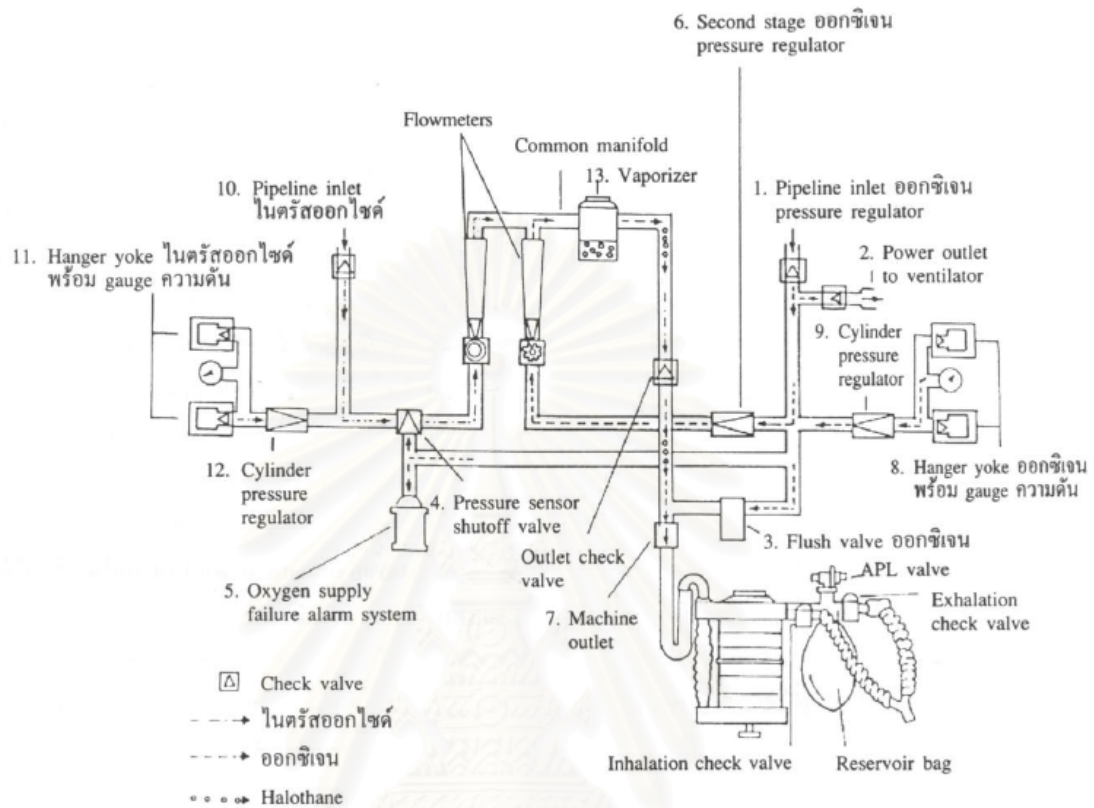
2.7.2.5 ทางไหลของก๊าซและยาผสมภายในเครื่องให้ยาผสม

ก๊าซออกซิเจนที่ไหลเข้าเครื่องจะแบ่งออกเป็น 5 ทาง ดังรูปที่ 2 – 8 คือ

- 1) Power outlet to ventilator เพื่อใช้ขับเคลื่อนเครื่องช่วยหายใจ
- 2) Flowmeter โดยผ่าน O₂ second stage pressure regulator เพื่อให้สู่ผู้ป่วย
- 3) O₂ flush valve สำหรับใช้ในกรณีที่ต้องการออกซิเจนปริมาณมาก
- 4) Pressure sensor shutoff valve สำหรับเปิดให้ไนโตรเจนออกไซด์ไหลผ่านมาที่

flowmeter

5) O₂ supply failure alarm เพื่อบรรจุก๊าซเข้ากระป๋องเก็บก๊าซ สำหรับเป่า นกหวีดสัญญาณเตือนเมื่อความดันออกซิเจนในเครื่องต่ำกว่าที่กำหนด



รูปที่ 2 – 8 การไหลของก๊าซและยาดมสลบภายในเครื่องดมยาสลบ

ออกซิเจนส่วนที่มาจากท่อบรรจุสารรองที่แขวนบน yoke เมื่อเปิดก๊าซต้องไหลผ่าน cylinder pressure regulator เพื่อปรับความดันที่สูงให้เป็นความดันใช้งานภายในเครื่องให้ยาดมสลบ ไนตรัสออกไซด์จาก pipeline inlet หรือจากท่อบรรจุก็เข้าสู่เครื่องในลักษณะเดียวกัน แต่ไหลตรงไปที่ flowmeter ของไนตรัสออกไซด์เพียงทางเดียวเท่านั้น

ก๊าซจาก flowmeter ไหลเข้าสู่ทางร่วมที่เรียกว่า common manifold ตรงไปยังเครื่องระเหยยาดมสลบเพื่อนำยามาออกที่ machine outlet ซึ่งเป็นทางออกร่วมของก๊าซและยาดมสลบเพื่อไปสู่ระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วยต่อไป

2.7.2.6 Humidifier

ความชื้นในระบบให้ยาดมสลบได้มาจากแหล่งความชื้นต่างๆ เช่น โซดาไลม์ ลมหายใจออกของผู้ป่วย และ humidifier ซึ่งเป็นอุปกรณ์เพิ่มความชื้นในรูปไอน้ำให้มีความชื้นสัมพัทธ์อย่างน้อย 10 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิเฉลี่ยที่ทางออกเครื่องต้องไม่เปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิที่ตั้งไว้เกินกว่า 2 องศาเซลเซียส ปริมาตรของเหลวที่ออกจาก humidifier ที่ใช้กับทารกแรกเกิดต้อง

ไม่เกิน 1 มิลลิลิตร/นาที นอกนั้นต้องไม่เกิน 5 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิผิวของท่อส่งก๊าซภายใน ระยะ 25 ซม. จากจุดที่ต่อกับผู้ป่วยต้องไม่เกิน 44 องศาเซลเซียส เมื่อเอียง humidifier น้ำต้องไม่ล้น เข้าไปในระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย ต้องทำเครื่องหมายลูกศรชี้ทิศทางการไหลที่ถูกต้อง แบ่ง humidifier ออกได้เป็น 2 ระบบคือ

1) ระบบที่ไม่ใช้ความร้อน เช่นการพ่นก๊าซออกซิเจนลงในน้ำเป็นฟองเพื่อ ใ้กับ face mask และ cannula

2) ระบบที่ใช้ความร้อนโดยใช้แท่งหรือแผ่นที่ให้ความร้อนอุ่นน้ำที่บรรจุอยู่ใน ภาชนะของ humidifier เพื่อให้ น้ำระเหยเป็นไอได้มากขึ้น สามารถให้ก๊าซที่มีไอน้ำอ้อมตัว ณ อุณหภูมิร่างกาย บางรุ่นเพิ่มระบบอุ่นท่อส่งก๊าซอีกโดยใส่ขดลวดไฟฟ้าที่ผนังด้านในท่อส่งก๊าซสู่ ผู้ป่วยเพื่อป้องกันไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำก่อนถึงผู้ป่วย ควรมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (thermostat) ไม่ให้เกิน 41 องศาเซลเซียส และมีอุปกรณ์เฝ้าระวังอุณหภูมิพร้อมสัญญาณเตือนด้วย เพื่อป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิสูงเกิน

ควรติดตั้ง humidifier ตรงทางหายใจเข้า ปลายทางต่อลิ้นทางเดียว ถ้าใช้ filter ควรติดก่อนเข้า humidifier เพื่อไม่ให้อุดตัน ควรใช้ท่อขนาดใหญ่และใส่ humidifier ใกล้ปลายท่อ ด้านผู้ป่วยเพื่อลดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ระดับ humidifier ควรอยู่ต่ำกว่าผู้ป่วยเพื่อป้องกันน้ำไหล ลงไปตามท่อระบบส่งก๊าซเข้าสู่ผู้ป่วย ควรใช้ท่อ โปร่งใสเพื่อให้เห็นน้ำภายใน และควรปล่อยน้ำทิ้ง เป็นครั้งคราวหรือติดที่ไขน้ำที่ขังอยู่ส่วนล่างสุดของท่อออกเพื่อไม่ให้ท่ออุดตัน

ข้อเสียของ humidifier ได้แก่ เพิ่มค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เพิ่มความซับซ้อน ให้ระบบ อาจเกิดไฟฟ้าลัดวงจร การติดเชื้อ ก๊าซรั่วจากข้อต่อหลวมหรือหลุด ลื่นติดจากความเปียก ชื้น ติดตั้งระบบผิด ทางเดินก๊าซอุดตัน ความร้อนมากเกินไป ไน้ไหลเข้าทางหายใจและปอดผู้ป่วย และ ไอน้ำเข้าสู่ร่างกายมากเกินไปจนเกิดภาวะน้ำเกินโดยเฉพาะในทารก

2.7.3 การบำรุงรักษาและการตรวจก่อนใช้ระบบให้ยาผสม

ระบบให้ยาผสมเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ต้องใช้งานกับผู้ป่วยเป็นประจำ บุคลากรวิสัญญี ทุกคนจึงต้องทราบวิธีบำรุงรักษาที่ถูกต้อง เพื่อให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยตามอายุ การใช้งาน ซึ่งประกอบด้วย การบำรุงรักษาโดยผู้ใช้งาน และการบำรุงรักษาทางเทคนิคโดยช่างผู้ ชำนาญ

2.7.3.1 การบำรุงรักษาโดยผู้ใช้งาน

ผู้ใช้งานทุกคนต้องมีหน้าที่ดูแลความสะอาดของอุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยดังนี้ คือ

1) ท่อบรรจุก๊าซ ทุกครั้งที่น่าจากภายนอกเข้ามาใช้ในห้องผ่าตัดต้องเช็ดด้วยผ้าชุบน้ำยาทำความสะอาด แล้วเช็ดด้วยผ้าชุบน้ำยาฆ่าเชื้ออีกครั้งหนึ่ง

2) Connector และ outlet หลังจากเสร็จงานทุกวันควรปลด connector ของก๊าซทุกชนิดออกจาก outlet ไม่เสียค่าไว้เพราะจะทำให้ O-ring ภายในถูกบีบอัดจนหมดความยืดหยุ่นแล้วทำให้ก๊าซรั่วเมื่อปลด connector ออก

3) เครื่องให้ยาสลบ หลังเสร็จงานทุกวันควรเช็ดทำความสะอาดด้วยผ้าชุบสบู่หรือ 70% แอลกอฮอล์ หรือ 0.5% chlorhexidine (Hibitane[®]) ใน 70% แอลกอฮอล์ อุปกรณ์ที่เก็บในลิ้นชักและภายในตัวลิ้นชักควรเช็ดด้วยยาฆ่าเชื้ออย่างน้อยเดือนละครั้ง

4) ระบบส่งก๊าซผู้ป่วย กรณีที่ทราบว่าจะใช้กับผู้ป่วยติดเชื้อควรติด filter หรือเลือกใช้ Bain system และต้องทำความสะอาดหลังเสร็จงานทุกราย มีวิธีการทำความสะอาดส่วนประกอบแต่ละชิ้น คือ 1. APL และ unidirectional valve ส่วนภายนอกที่ทำความสะอาดได้ให้เช็ดด้วยผ้าชุบ 70% แอลกอฮอล์ หรือ 0.5% chlorhexidine ถ้าต้องการทำความสะอาดส่วนประกอบภายใน ผู้ทำต้องมีความรู้ในการถอดและประกอบ โดยทำด้วยความนุ่มนวลและใส่กลับที่เดิมอย่างถูกต้อง พร้อมกับตรวจสอบการทำงานทุกครั้ง APL valve บางรุ่นสามารถแช่ glutaraldehyde แต่อาจทำให้เหนียวติดได้ บางรุ่นสามารถ autoclave ได้ซึ่งต้องศึกษาจากคู่มือประจำเครื่อง 2. CO₂ absorber ปฏิบัติตามคู่มือประจำเครื่องควรทำความสะอาดทุกครั้งที่เปลี่ยนโซดาไลม์ โดยล้างเศษผงที่ตกค้างซึ่งอาจทำให้ตะแกรงอุดตันหรือล้างตามร่องเกลียวจนปิดไม่สนิทและรั่ว แล้วเช็ดด้วย 70% แอลกอฮอล์ หรือ 0.5% chlorhexidine ถ้าใช้ภาชนะรุ่นที่ห้าม autoclave ให้อบก๊าซ ethylene oxide (EO) หรือแช่น้ำยา glutaraldehyde รุ่นที่สามารถ autoclave ได้จะมีข้อความติดแสดงไว้ที่ภาชนะโดยทั่วไปโซดาไลม์มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี และพบว่า spore ที่ต้านทานฤทธิ์นี้สามารถไหลผ่าน absorber ได้จำนวนน้อย จึงทำให้ผู้ป่วยมีโอกาสติดเชื้อน้อย แต่บุคลากรที่ต้องทำงานอยู่กับอุปกรณ์เหล่านี้เป็นประจำควรป้องกันตนเองจากการสัมผัสเชื้อโรคโดยสวมถุงมือและใส่หน้ากากขณะเปลี่ยนหรือทำความสะอาด ถึงขณะที่ใส่ควรมีการกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์อย่างถูกวิธี ห้ามทิ้งปนกับขยะมูลฝอยธรรมดา 3. Reservoir bag ล้างน้ำสบู่และน้ำเปล่าจนสะอาดแล้วแขวนในแนวตั้งปล่อยน้ำไหลจนแห้ง หรือแช่ใน 0.1% chlorhexidine นาน 1 ชั่วโมง บางสถาบันไม่แนะนำให้แช่น้ำยาทำความสะอาดเพราะผิวหนังอาจถูกทำลาย ควร autoclave เป็นครั้งคราวตามข้อบ่งชี้ แต่ไม่บ่อยเกินไปเพราะความร้อนทำให้ยางเสียสภาพได้ 4. Corrugated tube ล้างด้วยน้ำสบู่และน้ำเปล่าทันทีที่ใช้เสร็จเพื่อ

กันการแห้งกรังติดค้างภายใน แล้วแขวนในแนวตั้งจนแห้งหรือแช่ลงในถังขนาดใหญ่ที่มี 0.1% chlorhexidine นาน 1 ชั่วโมง การทำความสะอาดท่อเหล่านี้ทำได้ยาก เพราะผนังท่อหักเป็นลอน และยาวมาก จึงมีการใช้ ultrasound ทำความสะอาดหรือใช้เครื่องซัก บางแห่งใช้วิธี pasteurization บางแห่งแช่น้ำยา glutaraldehyde ในแนวตั้งและไม่ให้มีอากาศค้างอยู่ในท่อนขณะแช่เพื่อให้สะอาด ได้ทั่วถึง 5. Y-piece และ adapter ต้องถอดออกจาก corrugated tube แล้วเปิดน้ำไหลผ่านภายใน แล้วแช่น้ำยาทำความสะอาดหรือใส่เครื่องซัก ถ้าต้องการแช่สารเคมีหรืออบก๊าซ EO อีกต้องปล่อยให้แห้งสนิทก่อนนำมาใช้ 6. Face mask ล้างด้วย chlorhexidine ผสมน้ำทันทันที หรืออบก๊าซ EO แล้วล้างน้ำออกจนหมดและทำให้แห้งสนิทก่อนใช้กับผู้ป่วย เพื่อไม่ให้ยาสัมผัสกับผิวหนังหรือเข้าตาผู้ป่วย การ autoclave ทำให้อายุการใช้งานสั้นลงยกเว้นชนิดที่ทำจาก neoprene สามารถทนความร้อนได้ 7. Coaxial system (Bain และ Lack system) ต้องถอดออกเป็นแต่ละชิ้นส่วนแล้วแช่น้ำยาเคมี ส่วนที่เป็นโลหะ autoclave ได้ (Browne, 1989)

5) เครื่องช่วยหายใจ เช็ดผิวหนังนอกด้วยผ้าชุบแอลกอฮอล์ หรือ chlorhexidine แล้วปล่อยให้แห้ง ทำเดือนละครั้ง ส่วนภายในเครื่องควรใช้แผ่นกรองแบคทีเรียป้องกันระบบท่อภายในและ bellow ให้ทำความสะอาดและฆ่าเชื้ออย่างสม่ำเสมอโดยใช้ก๊าซ EO เครื่องรุ่นใหม่สามารถถอดออกมาเพื่อ autoclave ส่วนที่สัมผัสกับลมหายใจผู้ป่วยได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

6) ระบบกำจัดก๊าซส่วนเกิน ควรล้างประมาณเดือนละครั้งด้วยน้ำยาทำความสะอาด พร้อมกับเปลี่ยนท่อก๊าซพลาสติกที่ต่อกับระบบหายใจหรือเครื่องช่วยหายใจ

7) Resuscitation bag ล้างทำความสะอาดบริเวณ valve โดยควรถอดท่อจากคู่มือของผู้ผลิต

2.7.3.2 การบำรุงรักษาทางเทคนิคโดยช่างผู้ชำนาญ

ระบบให้ยาดมสลบต้องบำรุงรักษาทางเทคนิคอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปประมาณ 1-3 ปี ตามข้อกำหนดของผู้ผลิต เพื่อตรวจสอบการทำงาน ความเที่ยงตรงและเปลี่ยนส่วนประกอบที่เสื่อมสภาพ ซึ่งต้องทำโดยช่างผู้ชำนาญที่ผ่านการฝึกอบรม โดยเฉพาะเท่านั้น บุคลากรวิสัญญีสามารถศึกษาข้อกำหนดเหล่านี้จากคู่มือประจำอุปกรณ์ ผู้บริหารหน่วยงานต้องตั้งงบประมาณสำหรับบำรุงรักษาด้วย โดยเฉพาะในกรณีที่หมดการรับประกันแล้ว

การตรวจก่อนใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีหน้าที่ตรวจสอบว่าอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างปกติก่อนที่จะนำมาใช้กับผู้ป่วย โดยสามารถเลือกตรวจอุปกรณ์ที่มีอยู่ได้ตามความต้องการดังต่อไปนี้ (ราชวิทยาลัยวิสัญญีแพทย์แห่งประเทศไทย, 2542)

1) ตรวจสอบ self-inflating bag ให้พร้อมใช้งานกรณีฉุกเฉิน โดยบีบ bag แล้วมีก๊าซออกมาสัมผัสมือและมองเห็นลีนเปิด และตรวจสอบว่าไม่มีการรั่วโดยใช้ฝามืออุดทางออกก๊าซขณะบีบ bag ต้องไม่สามารถบีบให้แฟบได้

2) ตรวจสอบบรรจุว่ามีก๊าซเพียงพอและไม่มีการต่อสลับกัน โดยเปิดท่อบรรจุของก๊าซที่ละชนิด แล้วตรวจสอบว่าตรงกับ pressure gauge และ flowmeter ของก๊าซชนิดนั้น ถ้าความดันก๊าซต่ำกว่าปกติให้เตรียมท่อบรรจุใหม่มาสำรองพร้อมใช้งานทันทีทั้งหมด

3) ตรวจสอบ O₂ supply failure และ pressure sensor shutoff valve โดยเปิด source ของออกซิเจน แล้วฟังเสียงสัญญาณ พร้อมกับดูว่า bobbin ของไนตรัสออกไซด์ตกเหลือศูนย์เช่นเดียวกัน

4) ตรวจสอบ pipeline ว่ามีก๊าซเพียงพอและไม่มีการต่อสลับกันโดยเสียบ pipeline connector ของก๊าซที่ละชนิด แล้วตรวจสอบว่าตรงกับ pressure gauge และ flowmeter

5) ตรวจสอบการรั่วภายในเครื่อง โดยปิด main switch ของเครื่อง (กรณีที่มี main switch ให้ปิด flow control knob ของก๊าซทุกชนิด) เพื่อทำให้ระบบท่อก๊าซภายในเครื่องที่จะถูกทดสอบเป็น closed system แล้วเสียบลูกยางอุดก๊าซที่ common gas outlet ให้แน่น บีบลูกยางหลายๆครั้งจนแฟบสนิทแล้วปล่อยมือ ลูกยางต้องไม่โป่งเต็มลูกภายในเวลา 30 วินาที

6) ทดสอบการรั่วใน vaporizer โดยเปิด vaporizer ประมาณ 1% แล้วทดสอบการรั่วเหมือนที่แนะนำไว้ เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้วต้องปิด vaporizer

7) ตรวจสอบ flow proportioning device โดยเปิดออกซิเจนและไนตรัสออกไซด์เท่ากัน (ออกซิเจน 50%) แล้วหมุนปุ่มลด O₂ flow rate ลงเรื่อยๆจนออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 25% จะเห็นว่า bobbin ของ flow rate ของไนตรัสออกไซด์ลดลงตามสัดส่วน ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนไม่ต่ำกว่า 25%

8) ตรวจสอบระบบส่งก๊าซสู่ผู้ป่วย โดยตรวจสอบส่วนประกอบและการติดตั้งว่าครบสมบูรณ์ คือ 1. ระบบ semiclosed circle ตรวจสอบการรั่ว โดยปิด APL valve และใช้ฝามืออุดที่ Y-piece กด O₂ flush ให้ความดันขึ้นมาถึง 30 ซม.น้ำแล้วหยุด flush ความดันต้องอยู่คงที่อย่างน้อย 10 วินาที เมื่อเสร็จแล้วให้ตรวจสอบการทำงานของ APL valve โดยเปิด APL valve ขณะที่ยังอุด Y-piece อยู่ ความดันจะลดลงและ reservoir bag แฟบลง 2. O₂ analyzer (ถ้ามี) ต้อง calibrate O₂ analyzer ให้อ่านค่า 21% ใน room air และทดสอบ low O₂ alarm แล้วตรวจสอบความเข้มข้นของออกซิเจนที่ออกจากเครื่องให้ขาดมสลับทางท่อหายใจเข้า 3. ระบบ Jackson-Rees ตรวจสอบโดยอุดปลายเปิดของระบบ

ทั้งสองข้าง flush ออกซิเจนเข้าระบบจน bag โป่งเต็มและเวลาบีบ bag ต้องไม่มีลมรั่วออก 4. ระบบ Bain ต้องตรวจท่อ fresh gas ด้านในว่าไม่มีการรั่วและข้อต่อไม่หลุด การทดสอบรั่วมี 2 วิธี ได้แก่ กดปุ่ม flush ออกซิเจนให้ไหลผ่านท่อ fresh gas ภายในออกสู่ปลายเปิดทางด้านผู้ป่วย จะทำให้เกิด Venturi effect ชุดก๊าซออกจากระบบ มองเห็น reservoir bag แพนแบน หรือจะใช้วิธีเปิดออกซิเจน ประมาณ 250 มิลลิลิตรต่อนาที แล้วอุดปลายท่อ fresh gas ด้านผู้ป่วยให้แน่น สังเกตดู bobbin ของออกซิเจนจะถูกความดันก๊าซกดให้ลดลงต่ำกว่าระดับเดิมเล็กน้อย เมื่อปล่อยการอุดปลายท่อจะพบว่า fresh gas bobbin ของออกซิเจนกระเด็นขึ้นทันที

9) ตรวจระบบกำจัดก๊าซส่วนเกิน ตรวจดูว่าเมื่อเปิดแรงดูดก๊าซมากที่สุด ความดันที่ airway pressure gauge จะไม่ลดลง จากนั้นให้กด O₂ flush จนความดันขึ้นสูงสุด ดูความดันว่าไม่เกิน 10 ซม.น้ำ

10) ตรวจเครื่องช่วยหายใจ ตามขั้นตอน คือ 1. ตรวจ tidal volume โดยต่อ reservoir bag กับ Y-piece เป็นปอดเทียม แล้วเปิดเครื่องตรวจดูว่าปอดเทียมขยายและ bellow แสดงค่า tidal volume ที่ต้องการ 2. ตรวจการรั่ว โดยดูที่ช่วงหายใจออกสุด พบว่า bellow จะเลื่อนขึ้นเต็มกระบอก แสดงว่าไม่มีการรั่ว 3. ตรวจการทำงานของ expiratory valve โดยเปิดก๊าซออกซิเจนสูงสุดที่ต้องการใช้ในผู้ป่วย แล้วดูว่าไม่มีความดันค้างอยู่เมื่อหายใจออกสุด 4. ตรวจ low pressure alarm โดยปลดปอดเทียมออกชั่วคราว จะได้ยินเสียงของ low pressure alarm

11) ตรวจ bag (manual) mode โดยเลือกใช้ bag (manual) mode แล้วบีบ reservoir bag ด้วยมือ พร้อมกับปรับ APL valve ให้พอเหมาะ รวมทั้งสังเกตการขยายและแฟบของปอดเทียมว่าปกติ ในกรณีที่ใช้เครื่องให้ยาผสมสลบกับผู้ป่วยรายต่อไปในวันเดียวกันให้ตรวจสอบเฉพาะระบบก๊าซผู้ป่วยเท่านั้น ไม่ต้องตรวจข้ออื่น สำหรับอุปกรณ์อื่นๆ ควรตรวจประจำทุกวันที่ใช้งาน อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับนโยบายของผู้บริหารที่สามารถเลือกกำหนดประเภทอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจและความถี่ในการตรวจได้ตามความต้องการ โดยต้องมีเหตุผลที่เหมาะสมในการเลือกตรวจนั้น

บุคลากรวิสัญญีทุกคนต้องมีความรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์และการทำงานของเครื่องให้ยาผสมสลบอย่างดีที่สุด เพื่อให้ใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และต้องมีหน้าที่รับผิดชอบการบำรุงรักษาระบบให้ยาผสมสลบทั้งหมด โดยการตรวจก่อนใช้งานกับผู้ป่วยทุกครั้ง เพื่อให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้งานเสร็จแล้วต้องบำรุงรักษาและทำความสะอาดอย่างถูกต้องเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังต้องบำรุงรักษาทางเทคนิคเพื่อคงสภาพอุปกรณ์ให้ใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับอายุใช้งาน

2.8 การควบคุมสิ่งแวดล้อมในห้องผ่าตัด (Environmental control)

2.8.1 พื้นที่ภายในห้องผ่าตัด แบ่งออกได้เป็น 3 เขต คือ

1) Unrestricted (Non-restricted) area พื้นที่นี้จะมีทางเข้าและออกจากห้องผ่าตัดสำหรับบุคลากร เครื่องมือ และผู้ป่วย พื้นที่นี้จะประกอบไปด้วยบริเวณที่รับผู้ป่วยและบริเวณที่ให้การดูแลผู้ป่วยหลังการผ่าตัด ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า สำนักงาน บริเวณรับและเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

2) Semirestricted area บริเวณนี้จะอยู่ติดกับห้องผ่าตัดและหน่วยสนับสนุนต่างๆ ภายในห้องผ่าตัด ผู้ที่จะเข้าบริเวณนี้จะต้องสวมชุดของห้องผ่าตัดและมีการควบคุมไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องเข้ามาบริเวณนี้ บริเวณนี้จะประกอบด้วยสถานที่เก็บอุปกรณ์ที่สะอาดและอุปกรณ์ที่ปราศจากเชื้อ ผู้ป่วยที่จะเข้าบริเวณนี้ควรสวมชุดของโรงพยาบาลและหมวก

3) Restricted area บริเวณนี้ประกอบด้วยห้องผ่าตัด บุคลากรที่ปฏิบัติงานในบริเวณนี้ควรสวมชุดของห้องผ่าตัดและผ้าปิดปากและจมูก เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ (Gründemann and Fernsebner, 1995)

2.8.2 ขนาดของห้องผ่าตัด

ห้องผ่าตัดที่ได้มาตรฐานควรมีลักษณะเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาด 20×20×10 ฟุต และมีพื้นที่ประมาณ 360 ตารางฟุต เมื่อหักพื้นที่ที่เป็นตู้หรือชั้นเก็บอุปกรณ์ออกแล้ว ห้องผ่าตัดสำหรับการผ่าตัดหัวใจ ผ่าตัดระบบประสาท หรือผ่าตัดออร์โธปิดิกส์ควรมีขนาด 20×30×10 ฟุต หรือมีพื้นที่ประมาณ 600 ตารางฟุต สำหรับห้องที่ใช้ในการตรวจด้วยกล้องส่องตรวจอวัยวะภายในควรมีพื้นที่อย่างน้อย 250 ตารางฟุต ความสูงของเพดานห้องผ่าตัดควรรีให้สูงประมาณ 10 ฟุต

2.8.3 Laminar Flow System

การแพร่กระจายเชื้อทางอากาศไม่ได้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในการผ่าตัดทั่วไป แต่ในการผ่าตัดแผลสะอาดบางกรณีพบว่า การแพร่กระจายเชื้อทางอากาศมีส่วนทำให้เกิดการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดเพิ่มขึ้น จึงยังไม่มีข้อสรุปชัดเจนว่าการติดระบบระบายอากาศพิเศษในการผ่าตัดแผลสะอาดจำเป็นหรือไม่ ระบบระบายอากาศที่กล่าวถึงได้แก่ laminar flow หรือ ultraclean air system ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาเฉพาะในการผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์

laminar flow เป็นระบบการถ่ายเทอากาศไปในแนวทางเดียว (unidirectional air blowing system) การถ่ายเทอากาศอาจเป็นไปในแนวนอน (horizontal) หรือแนวตั้ง (vertical) โดยอากาศจะถูกปล่อยออกมาอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตราความเร็ว 0.5 เมตร/จากผนังด้านหนึ่งหากเป็น

ระบบถ่ายเทอากาศแนวนอน หรือจากเพดานลงมาจากเป็นระบบแนวตั้ง ระบบ laminar flow จะมี ส่วนประกอบซึ่งเป็น High-efficiency particulate air (HEPA) filters ซึ่งสามารถขจัดอนุภาคที่มี ขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมโครเมตรได้ จึงสามารถขจัดอนุภาคต่างๆได้ถึงร้อยละ 99.97 ดังนั้นจึงสามารถ ขจัดเชื้อแบคทีเรียทุกชนิด เชื้อรา และแม้แต่เชื้อไวรัสที่มีขนาดใหญ่ได้ (Roy, 1997)

ในปี ค.ศ. 1982 Lidwell และคณะรายงานการติดเชื้อหลังการผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพก และข้อเข่าในผู้ป่วยมากกว่า 8,000 ราย ระหว่างปี ค.ศ. 1974-1979 พบว่าผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดใน ห้องผ่าตัดที่มีระบบ laminar flow พบอุบัติการณ์การติดเชื้อที่ร้อยละ 0.6 ในขณะที่ผู้ป่วยผ่าตัดใน ห้องผ่าตัดธรรมดาพบการติดเชื้อร้อยละ 1.5

2.8.4 การระบายอากาศ

วัตถุประสงค์ของการติดตั้งระบบระบายอากาศในห้องผ่าตัด

- 1) เพื่อให้อากาศที่ผ่านเข้ามาภายในห้องผ่าตัดสะอาด
- 2) เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศในห้องผ่าตัด
- 3) เพื่อให้สิ่งแวดล้อมในการทำงานในห้องผ่าตัดดีขึ้น

ห้องผ่าตัดควรมีความดันอากาศสูงกว่าบริเวณข้างเคียง (positive pressure) เพื่อป้องกัน ไม่ให้อากาศจากภายนอกซึ่งอาจมีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่เข้าสู่ห้องผ่าตัด อากาศในห้องผ่าตัดควร ถ่ายเทจากบริเวณที่สะอาดกว่าไปยังบริเวณที่สะอาดน้อยกว่า และจากบริเวณที่สะอาดไปยังบริเวณ ที่ใช้สำหรับบุคลากรเปลี่ยนเสื้อผ้า ประตูห้องผ่าตัดควรปิดไว้เสมอ และเปิดเมื่อจำเป็นเท่านั้น ไม่ เปิดทิ้งไว้เนื่องจากจะทำให้ความดันภายในห้องผ่าตัดเปลี่ยนแปลงและมีการเคลื่อนไหวของอากาศ ภายในห้องผ่าตัด การระบายอากาศหรือการติดเครื่องปรับอากาศควรมีระบบการกรองอากาศ และ มีการหมุนเวียนอากาศ 15 รอบต่อชั่วโมง และมีการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในห้อง 3 รอบต่อชั่วโมง

อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดควรอยู่ระหว่าง 18-24 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อให้บุคลากรที่ม ผ่าตัดได้รับความสบายและมีส่วนช่วยในการควบคุมการติดเชื้อ ความชื้นสูงทำให้เหงื่อออกมา สำหรับผู้ป่วยหากเหงื่อออกมากจะทำให้เชื้อที่ผิวหนังชั้นลึกขึ้นมาสัมผัสบริเวณแผล ทำให้ผู้ป่วย เสี่ยงต่อการติดเชื้อที่ตำแหน่งผ่าตัดได้ ดังตารางที่ 2 – 3

ตารางที่ 2-3 ปัจจัยการระบายอากาศสำหรับห้องผ่าตัด

อุณหภูมิ	68-73 องศาฟาเรนไฮต์
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60%
การเคลื่อนที่ของอากาศ	เคลื่อนที่จากสะอาดมากไปสู่ที่สะอาดน้อย
การหมุนเวียนอากาศ	อย่างน้อย 15 รอบต่อชั่วโมง หรือนำอากาศบริสุทธิ์จาก ภายนอก เข้ามาอย่างน้อย 3 รอบต่อชั่วโมง

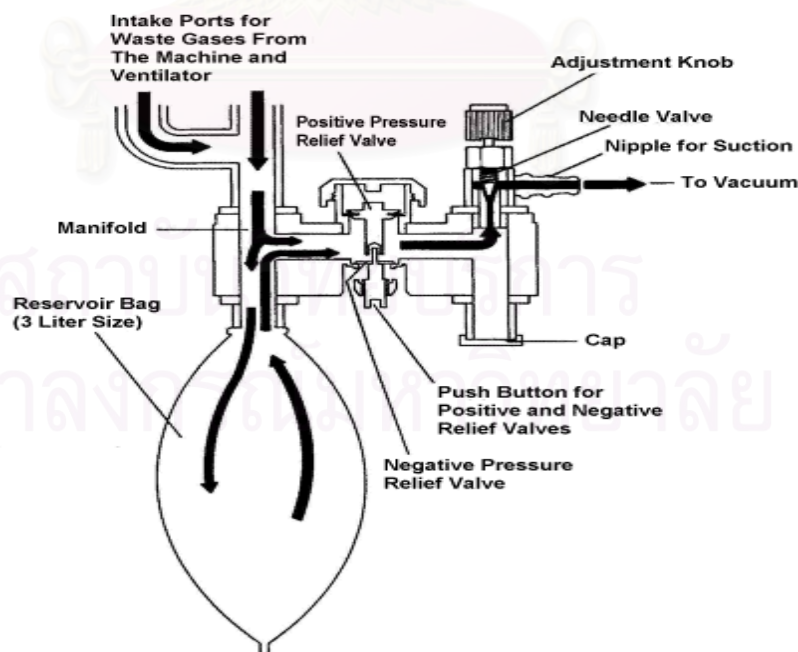
ที่มา : อะเคื่อ อุณหเลขกะ, 2545

2.8.5 ระบบกำจัดก๊าซทิ้ง (gases scavenging system)

เป็นระบบที่ช่วยไม่ให้ก๊าซดมยาแพร่กระจายออกสู่บรรยากาศภายในห้องผ่าตัด แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1) ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบมีเครื่องดูดอากาศ (active)

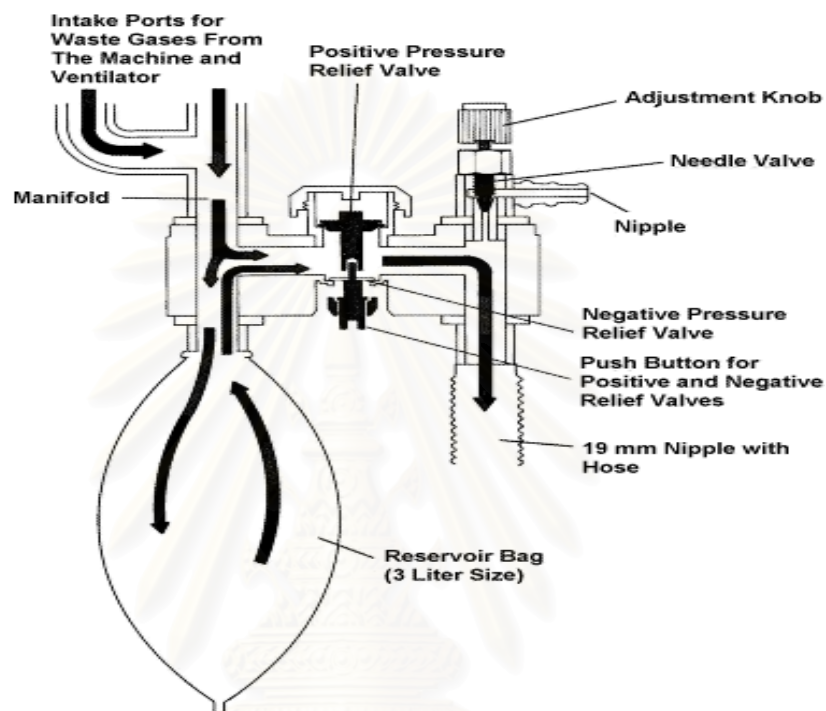
ระบบกำจัดก๊าซทิ้งชนิดนี้ จะมีเครื่องดูดอากาศ (vacuum) ทำหน้าที่ในการดูดเอาก๊าซดมยาที่ผู้ป่วยหายใจออก ออกสู่บรรยากาศภายนอกห้องผ่าตัด



รูปที่ 2-9 ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบมีเครื่องดูดอากาศ (active)

2) ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบไม่มีเครื่องดูดอากาศ (passive)

ระบบกำจัดก๊าซทิ้งชนิดนี้ จะใช้แรงจากลมหายใจออกของผู้ป่วยเป็นตัวขับให้ก๊าซออกมาออกสู่ภายนอกห้องผ่าตัด



รูปที่ 2-10 ระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบไม่มีเครื่องดูดอากาศ (passive)

2.8.6 มาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TLV-TWA)

1) The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

กำหนดให้ ไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 25 ppm.

ไอโซฟลูเรนเท่ากับ 2 ppm.

2) Occupational Safety and Health Administration (OSHA)

กำหนดให้ ไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 25 ppm.

ไอโซฟลูเรนไม่ได้กำหนด

3) The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

กำหนดให้ ไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 50 ppm.

ไอโซพลูเรนไม่ได้กำหนด

4) หน่วยงานในประเทศไทยไม่ได้กำหนดค่าความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์และไอโซพลูเรน โดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (Occupational safety and health administration, 2000)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ในปี พ.ศ. 2542 สมบัติ ชูติมานุกูล และ อุดมลักษณ์ ไบโกร ได้ทำการศึกษาการสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์ของบุคลากรห้องผ่าตัดโรงพยาบาลสามแห่งในจังหวัดระยอง โดยตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่ระดับ Breathing Zone ของบุคลากรภายในห้องผ่าตัด โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดที่เรียกว่า Portable Infrared-Spectrophotometer ชนิด MIRAN 1 Bx ซึ่งมีระดับค่าความถูกต้อง \pm ร้อยละ 10 และใช้แบบสอบถามอาการของบุคลากรในห้องผ่าตัดและกลุ่มควบคุมศึกษาโดยใช้รูปแบบ Descriptive, Cross-sectional Study ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2541 ถึงวันที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2541 ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ทั้งหมด 30 ครั้ง เป็นระยะเวลา 3 เดือน และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอาการที่เกิดจากการสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยใช้แบบสอบถามกับหนึ่งโรงพยาบาล วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS Version 6.1.3 ผลการศึกษาพบว่า จากข้อมูลค่าเฉลี่ยระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ในห้องผ่าตัดของโรงพยาบาลทั้งสามแห่งในจังหวัดระยอง พบว่ามีระดับที่สูงกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ทั้งสิ้น (76.09, 149.90 และ 142.72 ppm) และโดยสรุปพบว่า ปัญหาเบื้องต้นที่สามารถแก้ไขได้ทันทีได้แก่เรื่องของการรั่วของก๊าซจากเครื่องดมยาสลบตามสายเชื่อม, รอยต่อต่างๆ รวมถึง การระบายก๊าซที่ไม่เพียงพอ ไม่ว่าจะรูปแบบของตัวระบายอากาศ การไม่เปิดตัวระบายอากาศที่ดี ทั้งหมดเมื่อจัดการแก้ไขก็สามารถลดระดับความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ลงมาในระดับที่ยอมรับได้โดยไม่ยากและรวดเร็ว

และจากข้อมูลเรื่องอาการของการสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์ พบว่าอาการที่พบบ่อยที่สุดและมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่อาการอ่อนเพลีย/ล้า โดยพบถึงร้อยละ 65.85 และเมื่อเปรียบเทียบกับอาการกับกลุ่มควบคุมคือในบุคลากรประเภทเดียวกัน ทำงานคล้ายกัน แต่ไม่ได้สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์ พบว่ากลุ่มที่สัมผัสมีอาการของอ่อนเพลีย/ล้า (65.85%) และความจำลดลง (39.02) มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปี พ.ศ. 2544 กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย (เปลี่ยนเป็นสำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมโรค ตั้งแต่ปี 2546) กระทรวงสาธารณสุข ได้เริ่มดำเนินการตรวจวัดปริมาณก๊าซและไอระเหยของสารเคมีที่ใช้ในโรงพยาบาล ได้แก่ ก๊าซที่ใช้ในการดมยาสลบ (โรงพยาบาลส่วนใหญ่ใช้ Nitrous oxide และ Halothane และเมื่อรั่วไหลออกจากระบบและปนเปื้อนอยู่ในบรรยากาศภายในโรงพยาบาลจะเรียกรวมๆเป็น waste anesthetic gases, WAGs) รวมถึงสารเคมีอื่นๆที่ใช้ในการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อโรค อุปกรณ์ เครื่องมือแพทย์ เช่น formaldehyde, glutaraldehyde เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย และความปลอดภัยในการทำงานในโรงพยาบาล ผลการศึกษา พบว่า ห้องผ่าตัดที่มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งเท่านั้นที่มีระดับค่า WAGs อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ในปีต่อมา กองอาชีวอนามัยได้ดำเนินการตรวจประเมินในโรงพยาบาล 9 แห่ง พบว่าโรงพยาบาล 4 ใน 9 แห่งนี้ได้ดำเนินการปรับสภาพการทำงานภายในห้องผ่าตัดโดยการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งเป็นที่เรียบร้อยแล้ว (สลิธร เทพตระการพร และ วิกรม แสงกสิริ, 2545)

ในปี ค.ศ. 1977 NIOSH ได้ประเมินว่ามีบุคลากรในสหรัฐอเมริกา ประมาณ 50,000 คน ที่ทำงานในห้องผ่าตัด (ยกเว้นศัลยแพทย์) สัมผัสกับ WAGs ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศการทำงาน การสัมผัสสารดังกล่าวพบได้มากในห้องผ่าตัด ห้องพักฟื้นผู้ป่วยหลังได้รับการผ่าตัด คลินิกทันตกรรม ห้องฉุกเฉิน และคลินิกคนไข้นอก เป็นต้น (กรมอนามัย, 2547)

ในปี พ.ศ. 2548 กรมควบคุมโรค ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อสารฮาโลเทนของบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัด โดยเข้าไปเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อม (อากาศ) ภายในห้องผ่าตัด บริเวณทางเดินและห้องพักฟื้นของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในภาคกลาง โดยใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซและไอระเหยชนิดอ่านค่าได้ทันที ยี่ห้อ Foxboro รุ่น Miran1 BX ซึ่งอาศัยหลักการตรวจวัดด้วยเทคนิค Infrared Spectrophotometry หลังจากนั้นตอนเย็นหลังเลิกงาน ได้ทำการเก็บตัวอย่างปีศาจวะของบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัดซึ่งประกอบด้วย ศัลยแพทย์ วิสัญญีแพทย์ วิสัญญีพยาบาล พยาบาลที่ปฏิบัติงานส่งเครื่องมือ พยาบาลผู้ช่วยเหลือผู้ป่วย พนักงานเปล พนักงานทำความสะอาดและเจ้าหน้าที่ธุรการ จำนวน 37 คน ผลการศึกษาพบว่า ตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ halothane ในบรรยากาศการทำงานในห้องผ่าตัดพบว่าทุกจุดที่ทำการตรวจวัดมีปริมาณความเข้มข้นของ halothane ไม่เกินมาตรฐานกำหนด และผลการวิเคราะห์ปริมาณ TFA ในปีศาจวะของบุคลากรที่ทำงานในห้องผ่าตัด พบว่าบุคลากรที่มีปริมาณ TFA ตกค้างในปีศาจวะสูงสุดคือวิสัญญีแพทย์ รองลงมาคือวิสัญญีพยาบาล พยาบาลส่งเครื่องมือ เจ้าหน้าที่อื่นๆที่ทำงานในห้องผ่าตัด และศัลยแพทย์

2.9.2 งานวิจัยในต่างประเทศ

ในปี ค.ศ. 1989 สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Institute for Occupational Safety and Health : NIOSH) ไม่สามารถระบุระดับความปลอดภัยของการได้รับ WAGs ใดๆก็ตาม NIOSH ได้แนะนำว่าความเสี่ยงที่น้อยที่สุดคือการลดการได้รับให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (Dina and others, 2002)

ต่อมา NIOSH ได้แนะนำว่าระดับการได้รับสัมผัสก๊าซ (recommended exposure level, REL) ประเภทฮาโลจีนเนตเตด (halogenated gases) เช่น ไอโซฟลูเรน, ซีโวฟลูเรน, และ เคสฟลูเรน คือ 2 พีพีเอ็ม และระดับการได้รับสัมผัสก๊าซไตรสออกไซด์ คือ 25 พีพีเอ็มใน 8 ชั่วโมงการทำงาน

ในปี ค.ศ. 1975 ได้มีการสำรวจพบว่าการเพิ่มความถี่ต่อการแท้งบุตรในแพทย์หญิง หรือพยาบาลหญิงที่ทำหน้าที่ดมยา และบุคลากรอื่นๆซึ่งทำงานในห้องผ่าตัด 3 เดือนแรกของการตั้งครรภ์หรือก่อนหน้านั้น และเพิ่มความถี่ต่อการผิดปกติของเด็กทารกที่เกิดมาในหญิงที่สัมผัสจากการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่ามีอุบัติการณ์การแท้งสูง ในภรรยาของชายที่ทำงานในห้องผ่าตัดอีกด้วย (Cohen and others, 1990)

ในปี ค.ศ. 1992 Rowland และคณะ ได้ทำการศึกษาอัตราการเกิดบุตรที่ลดลงของผู้ช่วยทันตแพทย์หญิงที่ได้รับสัมผัสไนตรัสออกไซด์ในระดับที่สูง โดยได้ส่งแบบสอบถามทางจดหมายไปยังผู้ช่วยทันตแพทย์หญิงจำนวน 7,000 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-39 ปี ซึ่งได้ลงทะเบียนกับ California Department of Consumer Affairs และได้ตอบกลับมาร้อยละ 69 จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ช่วยทันตแพทย์หญิงที่สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยไม่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้ง เป็นเวลา 5 ชั่วโมงหรือมากกว่าต่อหนึ่งสัปดาห์ มีนัยสำคัญในการเสี่ยงต่ออัตราการเกิด (ตั้งครรภ์) ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ช่วยทันตแพทย์หญิงที่ไม่ได้สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์ การสัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์ในระดับที่สูงในสถานที่ที่ไม่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้ง มีผลเสียต่ออัตราการเกิดและการตั้งครรภ์ และยังพบอีกว่า การตั้งครรภ์ของหญิงที่สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์ในสถานที่ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งจะคล้ายคลึงกับหญิงที่ไม่เคยได้รับสัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบกำจัดก๊าซทิ้งมีส่วนสำคัญในการป้องกันการสืบพันธุ์ของผู้หญิงที่ทำงานสัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์

ในปี ค.ศ. 1994 Trans และคณะ ได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศในห้องผ่าตัดจำนวน 12 ห้อง และตรวจวัดการสัมผัสก๊าซในเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลทั้งหมด 281 คน โดยใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซส่วนบุคคล (personal sampler) ผลการศึกษาพบว่า มีเจ้าหน้าที่ที่สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์จำนวน 99 คน และไม่ได้สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์จำนวน 182 คน ผู้ที่สัมผัสกับก๊าซไนตรัสออกไซด์สูงที่สุดคือวิสัญญีแพทย์ รองลงมา คือ พยาบาลที่

ปฏิบัติงานประจำห้องผ่าตัด และพบว่าความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ในบรรยากาศภายในห้องผ่าตัดทั้งสิบสองมีค่าเกิน 50 พีพีเอ็ม ซึ่งมีค่าสูงเป็นสองเท่าที่ NIOSH กำหนด

ในปี ค.ศ. 1997 Prado และคณะได้หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ isoflurane ภายในห้องผ่าตัดกับความเข้มข้นของ isoflurane ในลมหายใจออกของเจ้าหน้าที่หลังจากได้รับสัมผัส isoflurane โดยใช้ adsorbent tube เพื่อเก็บตัวอย่างแล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธี gas-chromatography ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของ isoflurane ในห้องผ่าตัดมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ isoflurane ในลมหายใจออกของเจ้าหน้าที่อย่างมีนัยสำคัญ

ในปี ค.ศ. 2001 Wiesner และคณะได้ทำการศึกษาและตรวจวัดก๊าซไนตรัสออกไซด์และ isoflurane บริเวณลมหายใจเข้า-ออกของศัลยแพทย์และพยาบาลส่งเครื่องมือ โดยเก็บตัวอย่างในปี ค.ศ. 1996 และ เก็บตัวอย่างซ้ำอีกครั้งในปี ค.ศ. 1997 หลังจากมีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ active และติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ผลการศึกษาพบว่า การได้รับสัมผัสก๊าซไนตรัสออกไซด์และ isoflurane ในปี ค.ศ. 1997 ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ. 1996 และในปีเดียวกัน Byhahn, Wilke และ Westpphal ได้ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสยาดมสลบ ผลการศึกษาพบว่า ภายในห้องผ่าตัดที่มีการควบคุมระบบการไหลเวียนอากาศและมีระบบกำจัดก๊าซทิ้ง มีค่าที่ได้จากการตรวจวัดไม่เกินค่ามาตรฐาน และพบว่าขั้นตอนการส่งกล่องขณะใส่ท่อดมยาเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ก๊าซดมยาปนเปื้อนในอากาศ

ปี ค.ศ. 2002 Virgili และคณะได้ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสก๊าซดมยาภายในโรงพยาบาล โดยได้ทำการตรวจวัดก๊าซไนตรัสออกไซด์, isoflurane และ sevoflurane ภายในห้องผ่าตัดจำนวน 83 ห้อง ใน 13 โรงพยาบาล พบว่าโดยส่วนใหญ่เจ้าหน้าที่จะได้รับสัมผัสก๊าซดมยาเมื่ออยู่ใกล้กับเครื่องดมยา

บุคลากรที่ปฏิบัติงานในสถานพยาบาลมีโอกาสที่จะสัมผัสกับสิ่งคุกคามสุขภาพที่ปนเปื้อนในบรรยากาศการทำงานตามลักษณะงานที่มีได้รับมอบหมาย เช่น พยาบาลหรือแพทย์วิสัญญีจะได้รับสัมผัสก๊าซดมยา เช่น ก๊าซไนตรัสออกไซด์, ฮาโลเทน, เอนฟูเรน เป็นต้น เจ้าหน้าที่เทคนิคในห้องผ่าตัด ห้องล้างเครื่องมือแพทย์ จะได้รับสัมผัสสาร Chlorhexidine หรือ Hibitane ซึ่งเป็นน้ำยาฆ่าเชื้อที่ใช้ล้างเครื่องมือแพทย์ และ เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานในหน่วยซักรีด หน่วยจ่ายกลาง รวมถึงพนักงานทำความสะอาดมีโอกาสที่จะได้รับสัมผัส Ethylene oxide ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค (Jeanmarie, 2003)

ปี ค.ศ. 2006 Kupczewska และ Socko ได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเมื่อได้รับสัมผัส isoflurane และ sevoflurane ของเจ้าหน้าที่ห้องผ่าตัด พบว่าในปัจจุบันส่วนใหญ่ค่าระดับความเข้มข้นของยาดมสลบในถุงลมปอดที่น้อยที่สุดที่ทำให้ 50% ของผู้ที่ได้รับยาดมสลบหลับและไม่

ขยับ (MAC) ยังไม่ถูกกำหนดขึ้น จึงได้ทำการกำหนดค่า MAC สำหรับ isoflurane และ sevoflurane โดยคณะผู้เชี่ยวชาญด้านสารเคมีอันตรายซึ่งได้กำหนดค่า MAC ของ isoflurane เท่ากับ 32 mg/m^3 และ sevoflurane เท่ากับ 55 mg/m^3



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

3.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ ห้องผ่าตัดภายในโรงพยาบาล ก ดังรูปที่ 3 – 1 โดยเลือกจากสถานที่ที่มีการติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน อันได้แก่

- 1) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active)
- 2) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล (active)
- 3) ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ passive
- 4) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active)



ห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของ โรงพยาบาล ก



ห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของ โรงพยาบาล ก



ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ก

รูปที่ 3-1 พื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของห้องผ่าตัด

1) ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก เป็นห้องผ่าตัดหน่วยประสาทศัลยศาสตร์และกุมารศัลยศาสตร์ ทำการผ่าตัดวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ห้องผ่าตัดมีทั้งหมด 5 ห้อง 5 เตียงผ่าตัด มีการผ่าตัดวันละ 3 ห้อง ยกเว้นวันพุธมีการผ่าตัด 2 ห้อง เวลาผ่าตัดเริ่มตั้งแต่ 08.30 น.

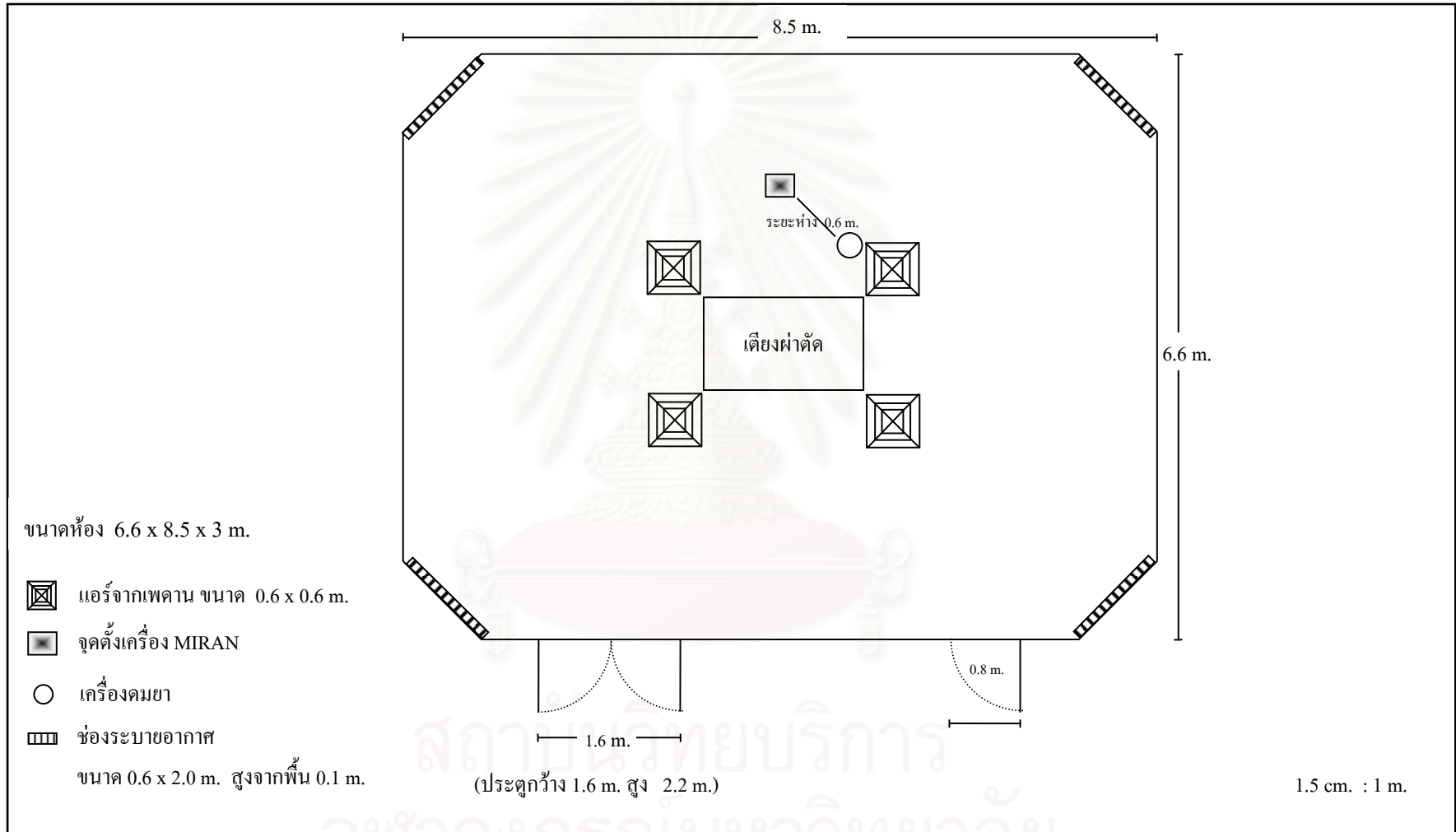
ระบบปรับอากาศภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก (Air-conditioning system) เป็นระบบปรับอากาศแบบศูนย์กลาง (Central station) ขนาดของช่องปรับอากาศบนเพดาน มีขนาด 0.6×0.6 เมตร จำนวน 4 จุด (บริเวณกลางห้องผ่าตัด) มีระบบระบายอากาศแบบ laminar flow คือระบบจะถ่ายเทอากาศไปในทิศทางเดียว (unidirectional air blowing system) จากบนเพดานแล้วระบายออกทางผนังด้านใดด้านหนึ่งหรือทุกด้าน (vertical) ขนาดของช่องระบายอากาศออกทั้งสี่ด้าน มีขนาด 0.6×2.0 เมตร อยู่สูงจากพื้น 0.10 เมตร โดยค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศในห้องผ่าตัดที่ทำการตรวจวัดเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที

ขนาดของห้องผ่าตัดทั้ง 5 ห้องมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ $6.6 \times 8.5 \times 3$ เมตร (มีพื้นที่เท่ากับ 56.1 ตารางเมตร) ซึ่งมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ. 2541 แนะนำให้พื้นที่ปฏิบัติการห้องผ่าตัด (ภายในห้องที่ตั้งเตียงผ่าตัด) มีขนาดไม่น้อยกว่า 25 ตารางเมตร สูงไม่ต่ำกว่า 3 เมตร และในแต่ละห้องตั้งเตียงผ่าตัดเพียง 1 เตียงเท่านั้น ดังรูปที่ 3-2 และรูปที่ 3-3

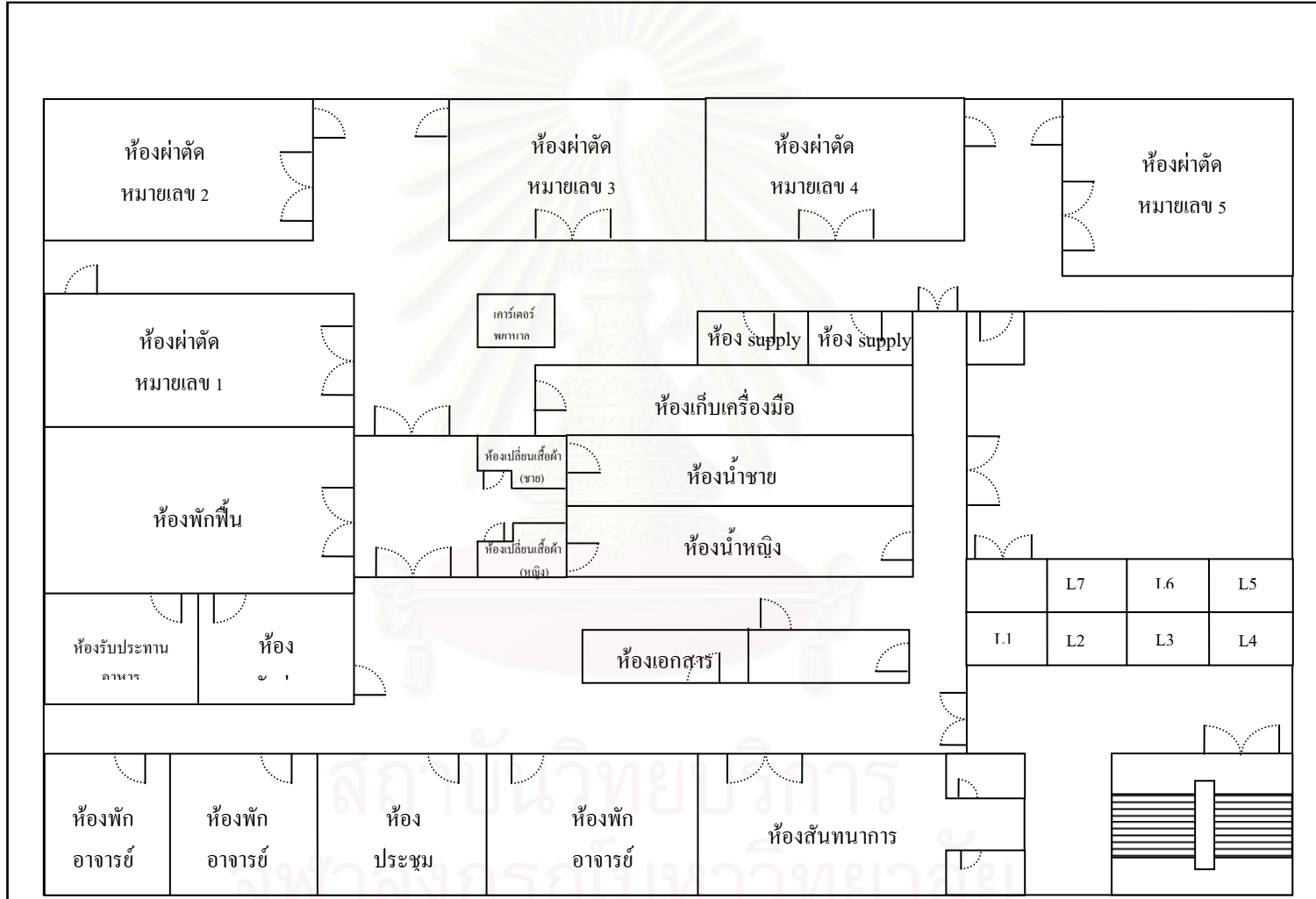
2) ห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก เป็นห้องผ่าตัดศัลยกรรมทั่วไป ศัลยกรรมทางเดินปัสสาวะ และศัลยกรรมตกแต่ง ทำการผ่าตัดตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ (ในเวลาราชการ) ห้องผ่าตัดมีทั้งหมด 8 ห้อง 8 เตียงผ่าตัด เวลาผ่าตัดเริ่มตั้งแต่ 08.30 น.

ระบบปรับอากาศภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก (Air-conditioning system) เป็นระบบปรับอากาศแบบศูนย์กลาง (Central station) ขนาดของช่องปรับอากาศบนเพดาน มีขนาด 0.6×0.6 เมตร จำนวน 2 จุด (อยู่บริเวณปลายเตียงผ่าตัด) ภายในห้องผ่าตัดไม่มีระบบระบายอากาศ

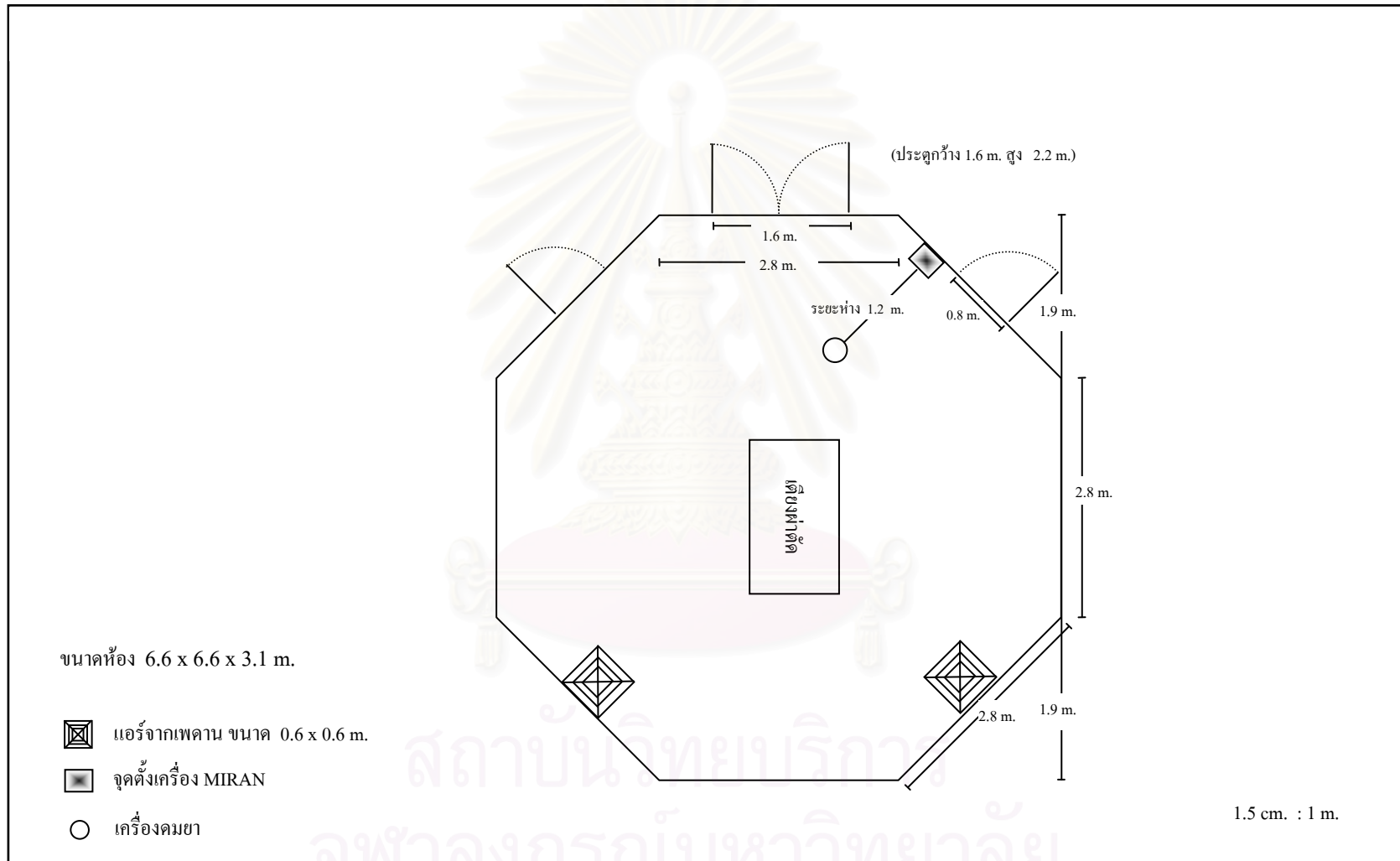
ขนาดของห้องผ่าตัดทั้ง 8 ห้องมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ $6.6 \times 6.6 \times 3.1$ เมตร (มีพื้นที่เท่ากับ 43.56 ตารางเมตร) ซึ่งไม่น้อยกว่าข้อกำหนดมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ.2541 และในแต่ละห้องผ่าตัดตั้งเตียงผ่าตัดเพียง 1 เตียง ดังรูปที่ 3-4 และรูปที่ 3-5



รูปที่ 3 – 2 แผนผังห้องผ้าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก



รูปที่ 3 – 3 แผนผังชั้นตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก



รูปที่ 3 – 4 แผนผังห้องผ่าตัดครั้งที่ 2 ของโรงพยาบาล ก

3) ห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก เป็นห้องผ่าตัดโสต ศอ นาสิก และจักษุวิทยา (หู คอ จมูก และตา) ทำการผ่าตัดตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ ห้องผ่าตัดมีทั้งหมด 4 ห้องแบ่งเป็น (1) ห้องผ่าตัดหู คอ จมูก แบบทำให้หมดสติ (General anesthetic) (2) ห้องผ่าตัดหู คอ จมูก แบบฉีดยาชาเฉพาะส่วน (Local anesthetic) (3) ห้องผ่าตัดตา แบบทำให้หมดสติ และ (4) ห้องผ่าตัดตา แบบฉีดยาชาเฉพาะส่วน เวลาผ่าตัดเริ่มตั้งแต่ 08.30 น.

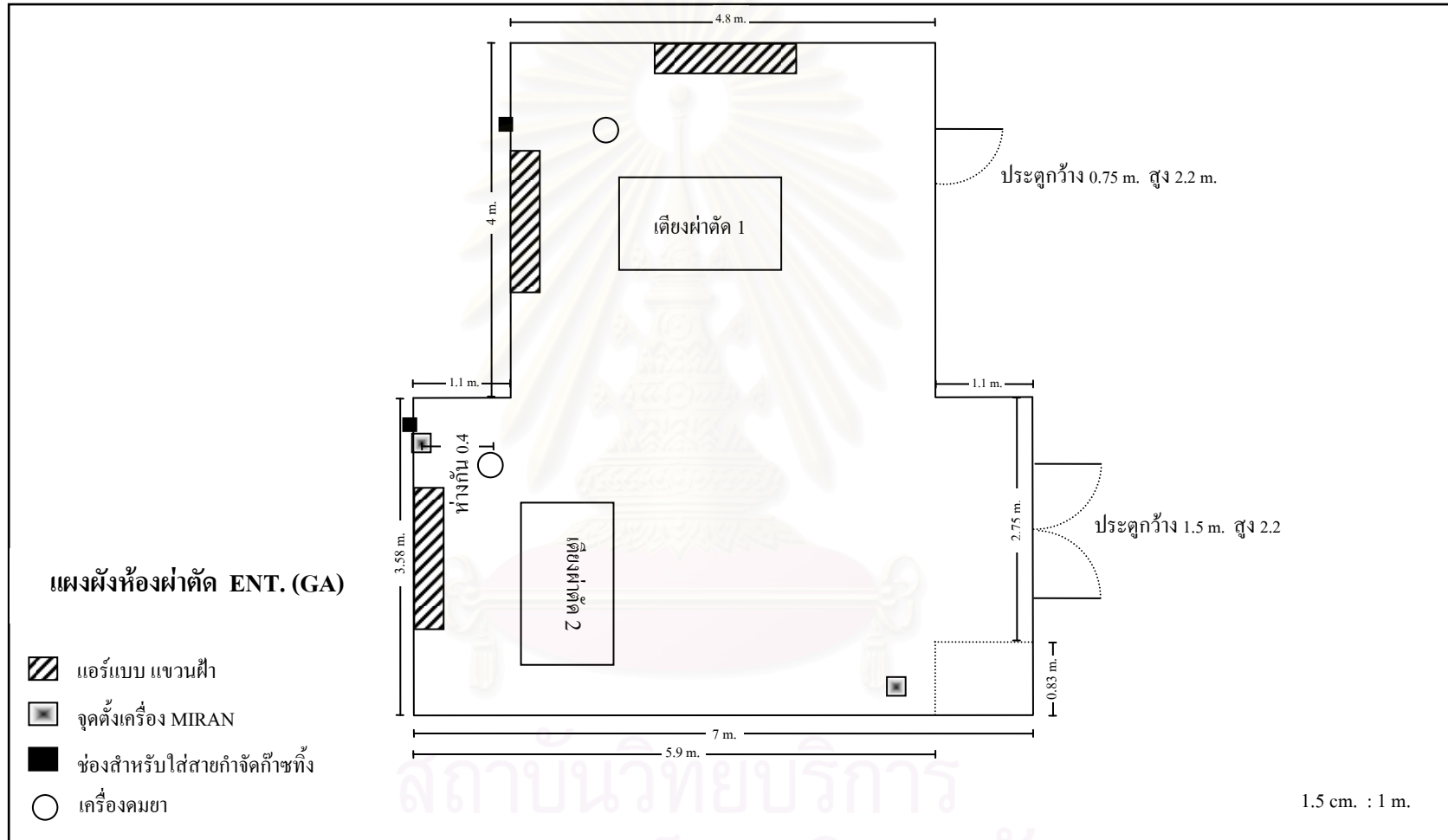
ระบบปรับอากาศภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก (Air-conditioning system) เป็นระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split system) ชนิดแวนเพดาน มีเครื่องปรับอากาศจำนวน 3 เครื่อง โดยอยู่บริเวณเตียงผ่าตัดหมายเลข 1 จำนวน 2 เครื่อง และอยู่บริเวณเตียงผ่าตัดหมายเลข 2 จำนวน 1 เครื่อง ภายในห้องผ่าตัดไม่มีระบบระบายอากาศ

ห้องผ่าตัดมีขนาด 7.0 x 7.58 x 3.0 เมตร (มีพื้นที่เท่ากับ 44.26 ตารางเมตร) ซึ่งขนาดของห้องผ่าตัดไม่น้อยกว่าข้อแนะนำตามมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ. 2541 แต่จำนวนเตียงผ่าตัดมีมากกว่า 1 เตียงผ่าตัดต่อ 1 ห้อง ดังรูปที่ 3 – 6 และรูปที่ 3 – 7

4) ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข เป็นห้องผ่าตัดศัลยกรรมทั่วไป และศัลยกรรมตกแต่ง ห้องผ่าตัดมีทั้งหมด 5 ห้อง มีการผ่าตัดวันละ 4 ห้อง สำรองไว้ 1 ห้อง สำหรับกรณีมีเหตุผ่าตัดฉุกเฉิน เริ่มผ่าตัดเวลา 08.30 น.

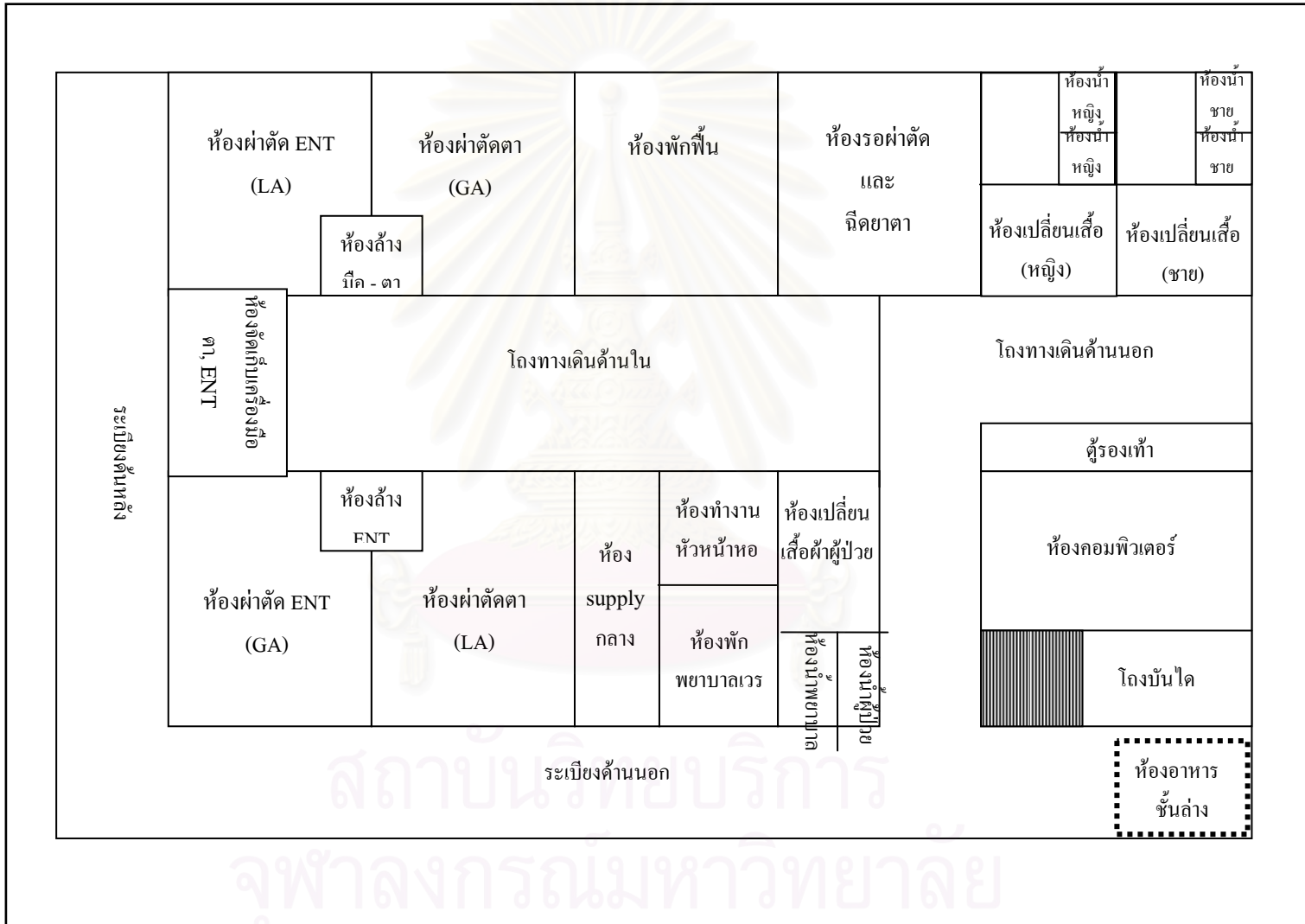
ระบบปรับอากาศภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข (Air-conditioning system) เป็นระบบปรับอากาศแบบศูนย์กลาง (Central station) ขนาดของช่องปรับอากาศบนเพดาน มีขนาด 0.45 x 0.75 เมตร จำนวน 2 จุด (บริเวณกลางห้องผ่าตัด) ขนาดของช่องระบายอากาศออกทั้งสองด้าน มีขนาด 0.15 x 0.20 เมตร อยู่สูงจากพื้น 0.30 เมตร โดยค่าเฉลี่ยของการระบายอากาศในห้องผ่าตัดที่ทำการตรวจวัดเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที

ขนาดของห้องผ่าตัดทั้ง 5 ห้องมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ 6.6 x 7.2 x 3 เมตร (มีพื้นที่เท่ากับ 47.52 ตารางเมตร) ซึ่งไม่น้อยกว่าข้อแนะนำตามมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ. 2541 และในแต่ละห้องผ่าตัดตั้งเตียงผ่าตัดเพียง 1 เตียง ดังรูปที่ 3 – 8 และรูปที่ 3 – 9

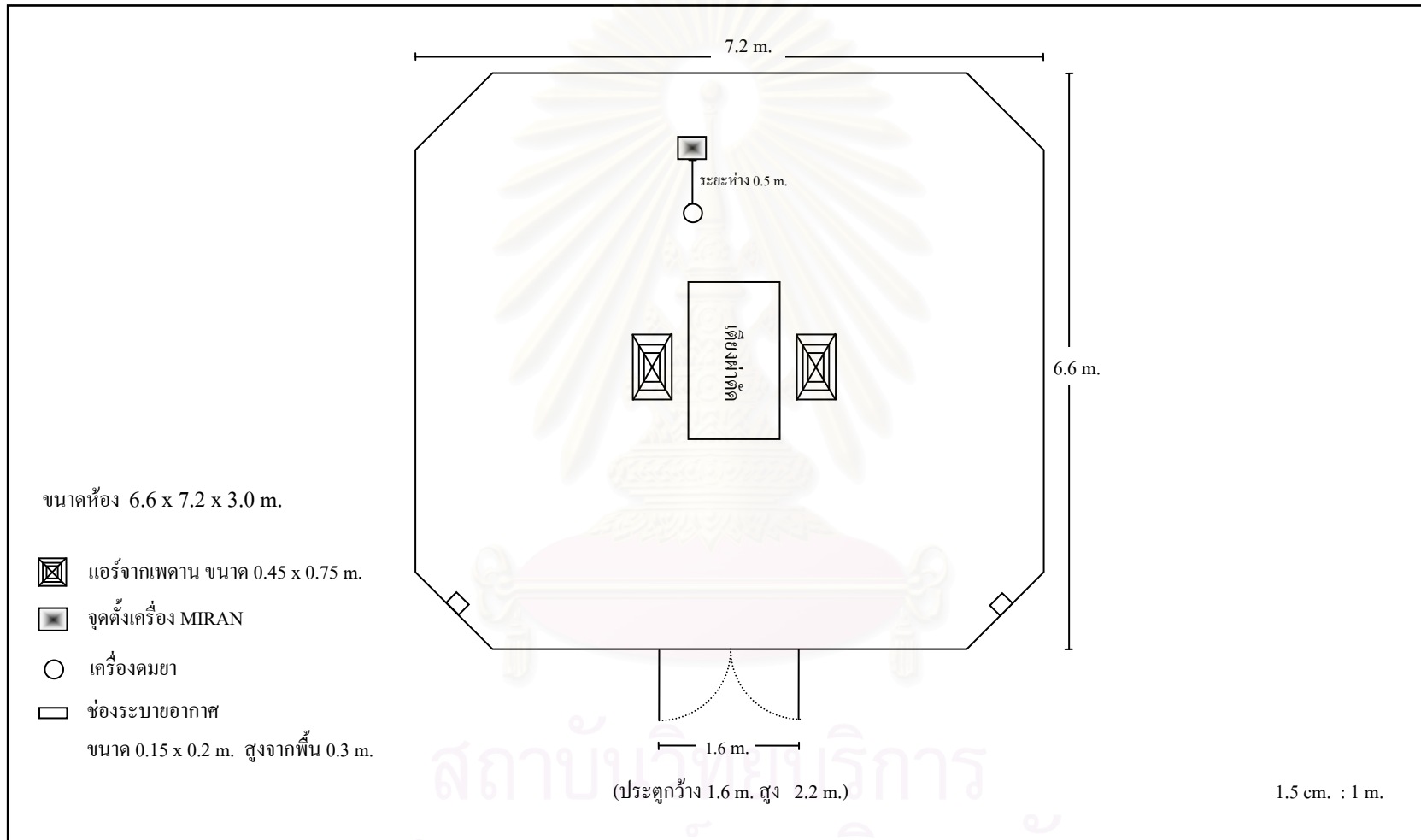


รูปที่ 3 – 6 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก

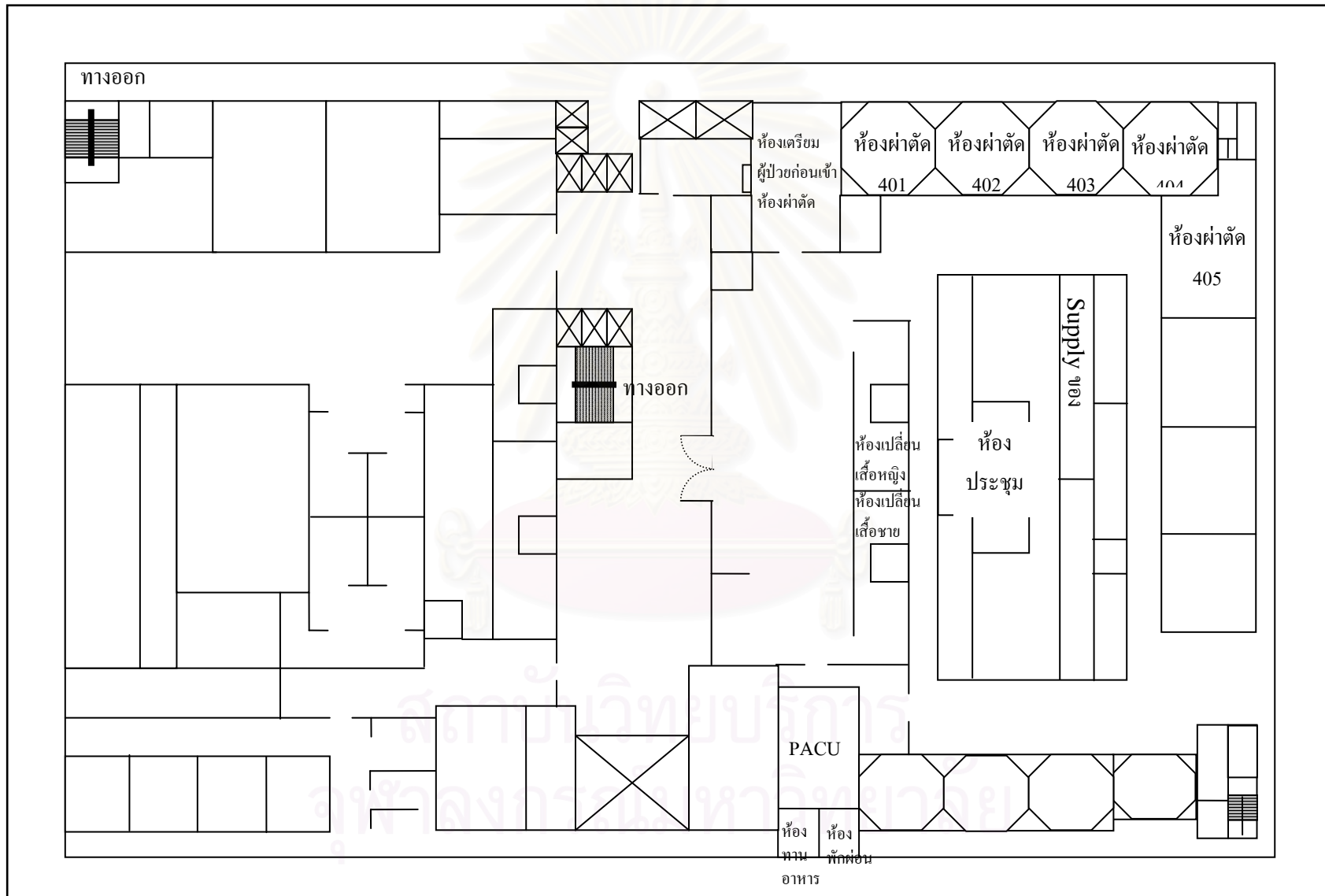
ENT. (GA)



รูปที่ 3 – 7 แผนผังชั้นห้องผ่าตัดตีกที่3 ของโรงพยาบาล ก



รูปที่ 3 – 8 แผนผังห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข



รูปที่ 3 - 9 แผนผังชั้นห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข

3.3 กลุ่มตัวอย่าง (บุคลากรทางการแพทย์)

1) แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีและวิสัญญีแพทย์	จำนวน 17 คน
2) พยาบาลวิสัญญี	จำนวน 19 คน
3) ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี	จำนวน 15 คน

3.4 เครื่องมือและอุปกรณ์การตรวจวัด

3.3.1 การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด

ในการตรวจวัดคุณภาพอากาศหรือตรวจวัดสิ่งแวดล้อมภายในห้องผ่าตัด จะทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง Portable Infrared-Spectrophotometer ชนิด MIRAN สามารถอ่านค่าความเข้มข้นของก๊าซได้แบบทันที (Real-time) เพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซในตรัสออกไซด์และก๊าซไอโซฟลูเรน ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (08.00-16.00 น.)

3.3.2 การตรวจวัดปริมาณการได้รับสัมผัสก๊าซของบุคลากรทางการแพทย์

ในการตรวจวัดปริมาณการได้รับสัมผัสก๊าซไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์ ทำโดยการติดตั้งเครื่องตรวจวัดก๊าซส่วนบุคคล (personal sampler) ชนิด passive sampler (No. 575-002) ที่ตัวบุคลากรทางการแพทย์ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง (08.00-16.00 น.) พร้อมทั้งทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของบุคลากรทางการแพทย์ทั้งก่อนและหลังเลิกงาน

3.5 วิธีดำเนินการ

3.5.1 ชั้นเตรียมการศึกษา

สำรวจพื้นที่ โดยทำการตรวจวัดเบื้องต้นในห้องผ่าตัดทั้ง 3 แบบ, วัดขนาดของห้องผ่าตัด (กว้าง×ยาว×สูง), ศึกษาพฤติกรรมการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด เช่น การใช้เครื่องมือยา, ระยะเวลาในการวางยาสลบ, ปริมาณก๊าซดมยาที่ใช้, จำนวนบุคลากรที่ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด จำนวน/ตำแหน่งของประตู หน้าต่าง เครื่องปรับอากาศ ตำแหน่งของเครื่องมือยา ตำแหน่งของเตียง, ตำแหน่งเครื่องกำจัดก๊าซดมยา, ตำแหน่งท่อปล่อยก๊าซทิ้ง, บันทึกการเข้า-ออกของคนใช้แต่ละราย, ตรวจวัดภายนอกห้องผ่าตัดบริเวณทางเดินหน้าห้องผ่าตัด หน้าห้องพักฟื้นผู้ป่วยหลังการผ่าตัดเสร็จและบริเวณที่พักผ่อนหรือที่รับประทานอาหารของบุคลากรทางการแพทย์

3.5.2 ขั้นตอนการศึกษา

1) ก่อนทำการตรวจวัดด้วยเครื่อง MIRAN Sapphire ให้ทำการปรับเทียบ (calibrate) โดยใช้ zero filter จากนั้นจึงใช้ particulate filter (สีม่วง) ในการเก็บตัวอย่าง ทำการตั้งเครื่อง MIRAN Sapphire (direct reading) เพื่อตรวจวัดภายในห้องผ่าตัด โดยตั้งเครื่องตรวจวัดบริเวณ เครื่องวางยาสลบ ระยะห่างประมาณ 40-120 เซนติเมตร เพื่อวัด WAGs ในบรรยากาศ เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมงทำงาน

2) ทำการติดตั้งเครื่องตรวจวัดก๊าซส่วนบุคคล (personal sampler) ให้กับวิสัญญีแพทย์ 1 ท่าน เจ้าหน้าที่พยาบาลวิสัญญี 1 ท่าน และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี 1 ท่าน พร้อมทั้งจดบันทึกเวลาการเข้า-ออกห้องผ่าตัดของเจ้าหน้าที่ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์การได้รับสัมผัส เป็นเวลา 2 วันต่อสัปดาห์

3) ทำการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญีวิทยา พยาบาลวิสัญญีวิทยา และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีวิทยา (เป็นเวลา 8 ชั่วโมงทำงาน) เป็นเวลา 2 วันต่อสัปดาห์

4) ทำการวิเคราะห์ absorbent จากเครื่องตรวจวัดก๊าซส่วนบุคคลเพื่อหาความเข้มข้นของ WAGs ที่ร่างกายได้รับเข้าไป โดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์เป็นสารสกัดและนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค gas chromatograph-flame ionization detector (GC-FID) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

การเก็บรักษาตัวอย่าง

ภายหลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว นำ passive sampler ที่ได้ไปแช่ด้วยความเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

วิธีการวิเคราะห์

1. ตัดจุกพลาสติกด้านหน้าของ passive sampler ออก
2. ค่อยๆรินคาร์บอนไดซัลไฟด์ปริมาณ 1 ml. ลงใน passive sampler
3. นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Ultra Sonic เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. รินใส่ขวด vial ปิดฝา แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID

หมายเหตุ Detection limit ของเครื่อง GC ที่ใช้วิเคราะห์ Isoflurane ใน passive sampler เท่ากับ 0.01 mg/L

5) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะ เพื่อศึกษาความเข้มข้นของ WAGs ที่ร่างกายขับออกมา โดยวิเคราะห์หาอนุพันธ์ 3-fluoroacetic acid ในปัสสาวะ โดยเทคนิค gas chromatograph-headspace (GC-HS) ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

วิธีการ

1. การเตรียมสารมาตรฐาน

(1) เตรียม stock ของ TFA มาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 mg/L

จำนวน 100 ml (จาก TFA = 1.48 kg/L ; 99.8%)

วิธีคำนวณความเข้มข้นของ TFA

$$\begin{aligned}
 \text{TFA 100\%} &= 1.48 \text{ kg/L} \\
 99\% &= \frac{1.48 \times 99.8}{100} \\
 &= 1.47704 \text{ kg/L} \\
 &= 1.47704 \times 10^6 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\text{จาก } M_1 V_1 = M_2 V_2 \text{ หรือ } C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$1.477 \times 10^6 \text{ mg/L} \times V_1 = 1000 \text{ mg/L} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = 67.70 \text{ } \mu\text{l}$$

นั่นคือใช้ pipette อัตโนมัติ (Autopipette) ดูดสาร TFA เข้มข้น จำนวน 67.70 μl ละลายในน้ำ D.I. ปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml. จะได้ stock TFA ความเข้มข้น 1000 mg/L

(2) เตรียมสารมาตรฐาน TFA จาก stock TFA 1000 mg/L ความเข้มข้นต่างๆ ดังตาราง

ตารางที่ 3-1 การเตรียมสารมาตรฐาน TFA จาก stock TFA 1000 mg/L ความเข้มข้นต่างๆ

Level	Concentration (mg/L)	Volumn of 1000 mg/L TFA (μl)
1	1.0	1
2	2.0	2
3	3.0	3
4	4.0	4
5	5.0	5
6	10.0	10
7	20.0	20
8	30.0	30

9	40.0	40
10	50.0	50
11	60.0	60
12	70.0	70
13	80.0	80
14	90.0	90
15	100.0	100

2. การเตรียมตัวอย่าง

1. Pipette ตัวอย่างปัสสาวะจำนวน 1 ml ใส่ลงในขวดสำหรับ Headspace-Sampler
2. ใส่ NaCl ประมาณ 1 g. ลงในขวดที่ใส่ตัวอย่างปัสสาวะไว้แล้ว
3. ปิดฝา vial นำไปผสมให้เข้ากันบน vortex mixer นาน 5 นาที
4. Pipette 99.8% Methanol จำนวน 200 μ l ลงใน vial
5. Pipette conc. H₂SO₄ จำนวน 100 μ l ลงใน vial
6. ปิดฝา vial ด้วยจุกยาง Silicone และฝาอลูมิเนียม บีบให้แน่นด้วย climper
7. ผสมให้เข้ากันบน vortex mixer นาน 1 นาที
8. นำไปเข้าเครื่อง Headspace-Sampler เพื่อทำการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC-HS

หมายเหตุ Detection limit ของเครื่อง GC ที่ใช้วิเคราะห์ TFA ในปัสสาวะเท่ากับ 0.0001 mg/L

3.5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) เปรียบเทียบความเข้มข้นของ WAGs ในห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซที่แตกต่างกัน
- 2) หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ WAGs ในห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซที่ต่างกันกับการได้รับสัมผัส WAGs ของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญีและผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี

3.5.4 ข้อตกลงในการเลือกเก็บตัวอย่าง

- 1) เป็น case ผ่าตัดที่ต้องใช้เวลาในการผ่าตัดนาน ประมาณ 8 ชั่วโมง (long case)
- 2) เป็น case ผ่าตัดที่ใช้ Isoflurane เป็นยาดมสลบ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลประกอบการประเมินการได้รับสัมผัสก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนในอากาศของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด อันประกอบด้วย (1) ความเข้มข้นของก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด (2) ความเข้มข้นของก๊าซซมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด (3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดกับความเข้มข้นของก๊าซซมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัส โดยการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

4.1 ความเข้มข้นและลักษณะทางกายภาพภายในอาคาร

4.1.1 ความเข้มข้นของก๊าซไนตรัสออกไซด์ภายในอาคาร

4.1.1.1 ห้องผ่าตัด

ผลการตรวจวัดไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด ตามมาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TLV-TWA) ของสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีค่าไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 25 ppm

จากผลการศึกษาพบว่า มีห้องผ่าตัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 4 ห้อง (4/20 ห้องผ่าตัด คิดเป็นร้อยละ 20) โดยเป็นห้องผ่าตัดที่ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ทั้งหมด

เมื่อจำแนกตามประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้งในแต่ละตึก พบว่า 1) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active) มีค่าไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด เท่ากับ 68.14, 134.19, 144.30 และ 101.84 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 316.3 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 113.54 ppm 2) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล (active) มีค่าไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 12.40, 13.09, 0.02 และ 0.00 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 182.7 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 8.13 ppm 3) ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ passive มีค่าไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 510.70, 265.14, 465.07 และ 378.19 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุด

เท่ากับ 605.8 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 12.5 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 428.12 ppm
 4) ดึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active) มีค่าไนโตรสออกไซด์ที่
 ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 51.36, 134.27, 31.19, 169.56, 172.79, 186.71, 169.04 และ
 134.74 ppm ตามลำดับ มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 479.2 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0
 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 124.93 ppm ตามลำดับ ดังตารางที่ 4 – 1

ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของไนโตรสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด

จำแนกตามประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้ง

ดึก	วันที่	ประเภทระบบกำจัด ก๊าซทิ้ง	ความเข้มข้นของไนโตรสออกไซด์ที่ ตรวจวัด (ppm)		
			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ดึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบสมบูรณ์	68.14	172	13
	2		134.19	316.3	0.0
	3		144.30	248.9	26.7
	4		101.84	165.9	0.8
ดึกที่ 2 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบประดิษฐ์เองโดย เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล	12.40	54.1	0.2
	2		13.09	64.1	0.0
	3		0.02	182.7	0.0
	4		0.00	0.0	0.0
ดึกที่ 3 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบ passive	510.70	605.8	22.3
	2		265.14	550.5	27.8
	3		465.07	583.7	12.5
	4		378.19	556.9	30.4
ดึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ข	1	แบบสมบูรณ์	51.36	91.1	0.0
	2		134.27	348.8	0.0
	3		31.19	71.1	1.2
	4		169.56	479.2	2.3
	5		172.79	397	0.1
	6		186.71	255.7	0.3
	7		169.04	354.5	0.4
	8		134.74	273.1	0.0

4.1.1.2 บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ (Post Anesthetic Care Unit; PACU) และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์

การตรวจวัดไนตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในอากาศบริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ (Post Anesthetic Care Unit: PACU) และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ เป็นการตรวจวัดขณะที่มีการผ่าตัด และทำการตรวจวัดจุดละ 10 นาที เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของไนตรัสออกไซด์ที่อาจมาจากแหล่งอื่นภายนอกห้องผ่าตัด

ผลการตรวจวัดพบว่า บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 3.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 3.2, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 93.7, 55.0, 63.4 และ 78.1 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 72.55 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 12.3, 9.4, 7.1 และ 8.7 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.38 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 8.5, 22.0, 4.7, 23.6, 28.0, 35.0, 22.3 และ 29.1 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.65 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในอากาศ บริเวณโถงทางเดินหน้า
ห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์

ตึก	ความเข้มข้นของไนโตรัสออกไซด์					
	โถงทางเดิน หน้าห้อง ผ่าตัด	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ภายใน ห้องพักฟื้น คนไข้	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ภายใน ห้องพัก ผ่อน	ค่าเฉลี่ย (ppm)
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ก	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	3.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
ตึกที่2 ของ โรงพยาบาล ก	3.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
ตึกที่3 ของ โรงพยาบาล ก	93.7	72.55	12.3	9.38	0.0	0.0
	55.0		9.4		0.0	
	63.4		7.1		0.0	
	78.1		8.7		0.0	
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ข	8.5	21.65	0.0	0.0	0.0	0.0
	22.0		0.0		0.0	
	4.7		0.0		0.0	
	23.6		0.0		0.0	
	28.0		0.0		0.0	
	35.0		0.0		0.0	
	22.3		0.0		0.0	
	29.1		0.0		0.0	

4.1.2 ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในอาคาร

4.1.2.1 ห้องผ่าตัด

ผลการตรวจวัดไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด ตามมาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TLV-TWA) ของ สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 2 ppm

ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า มีห้องผ่าตัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 10 ห้อง (10/20 ห้องผ่าตัด คิดเป็นร้อยละ 50) เมื่อจำแนกตามประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้งในแต่ละตึก พบว่า 1) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active) มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด เท่ากับ 3.29, 4.03, 2.70 และ 3.42 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 7.5 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 3.37 ppm 2) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล (active) มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 0.61, 0.39, 0.25 และ 0.30 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 13.4 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 ppm 3) ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบ passive มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 18.60, 1.07, 7.69 และ 9.44 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 30.7 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 10.41 ppm 4) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข ที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบสมบูรณ์ (active) มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดเท่ากับ 0.22, 2.03, 0.59, 3.40, 2.47, 0.87, 1.33, 1.43 ppm มีค่าความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 6.1 ppm ค่าความเข้มข้นต่ำสุดเท่ากับ 0.0 ppm ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 ppm ดังตารางที่ 4-3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-3 ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดจำแนกตามประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้ง

ตึก	วันที่	ประเภทระบบกำจัดก๊าซทิ้ง	ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่ตรวจวัด (ppm)		
			ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ตึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบสมบูรณ์	3.29	6.6	0.0
	2		4.03	7.5	0.5
	3		2.70	3.7	0.4
	4		3.42	4.6	0.4
ตึกที่ 2 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบประดิษฐ์เองโดย เจ้าหน้าที่โรงพยาบาล	0.61	2.5	0.0
	2		0.39	2.5	0.0
	3		0.25	13.4	0.0
	4		0.30	5.2	0.0
ตึกที่ 3 ของ โรงพยาบาล ก	1	แบบ passive	18.60	30.7	0.0
	2		1.07	2.2	0.0
	3		7.69	21.1	0.0
	4		9.44	18.0	0.0
ตึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ข	1	แบบสมบูรณ์	0.22	1.6	0.0
	2		2.03	4.6	0.0
	3		0.59	2.0	0.0
	4		3.40	6.1	0.0
	5		2.47	6.1	0.0
	6		0.87	1.4	0.0
	7		1.33	4.7	0.0
	8		1.43	3.2	0.0

หมายเหตุ ค่า Lower Detection Limit เท่ากับ 0.25 ppm

4.1.2.2 บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ (Post Anesthetic Care Unit; PACU) และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์

การตรวจวัดไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในอากาศบริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ (Post Anesthetic Care Unit: PACU) และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ เป็นการตรวจวัดขณะที่มีการผ่าตัด และทำการตรวจวัดจุดละ 10 นาที เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของไอโซฟลูเรนที่อาจมาจากแหล่งอื่นภายนอกห้องผ่าตัด

ผลการตรวจวัดพบว่า บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 4.7, 0.0, 1.3 และ 1.5 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm)

บริเวณโถงทางเดินหน้าห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.3, 0.0, 0.8, 0.8, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 ppm) บริเวณภายในห้องพักฟื้นคนไข้ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) และบริเวณห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์ มีความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนเท่ากับ 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 และ 0.0 ppm (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.0 ppm) ดังตารางที่ 4-4

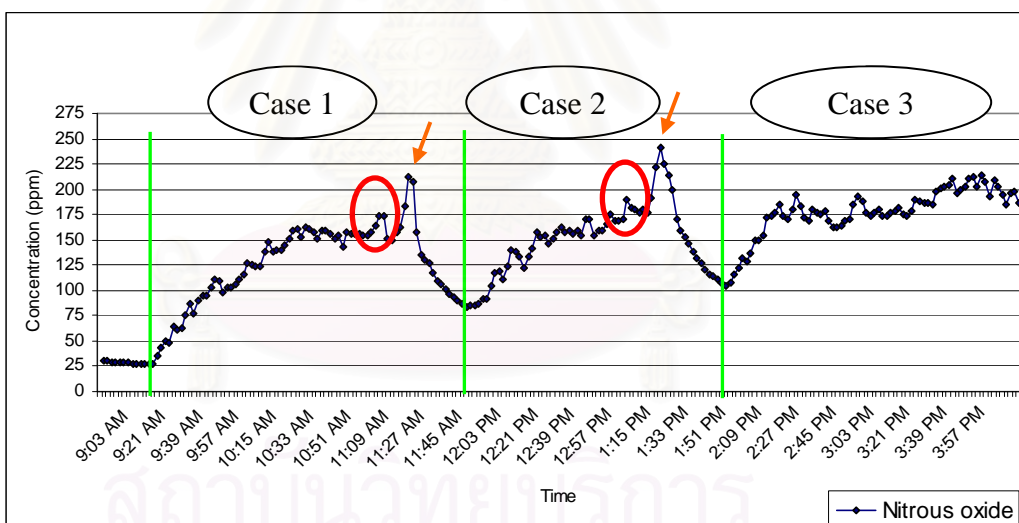
ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในอากาศ บริเวณโถงทางเดินหน้าห้อง
ผ่าตัด ภายในห้องพักฟื้นคนไข้ และห้องพักผ่อนของบุคลากรทางการแพทย์

ตึก	ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรน					
	โถงทางเดิน หน้าห้อง ผ่าตัด	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ภายใน ห้องพักฟื้น คนไข้	ค่าเฉลี่ย (ppm)	ภายใน ห้องพัก ผ่อน	ค่าเฉลี่ย (ppm)
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ก	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
ตึกที่2 ของ โรงพยาบาล ก	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
ตึกที่3 ของ โรงพยาบาล ก	4.7	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0		0.0		0.0	
	1.3		0.0		0.0	
	1.5		0.0		0.0	
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ข	0.0	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.3		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.8		0.0		0.0	
	0.8		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	
	0.0		0.0		0.0	

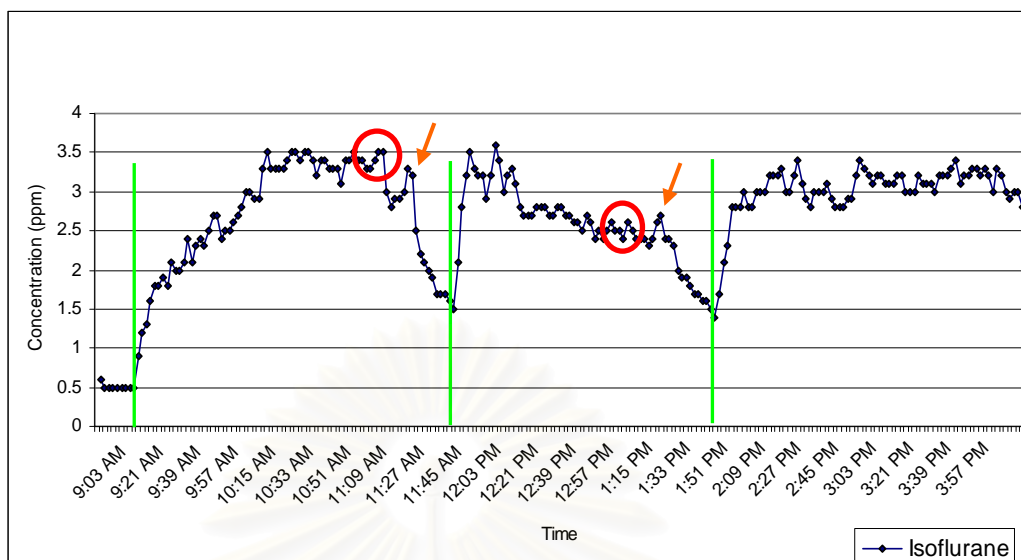
จากผลการตรวจวัดไนตรัสออกไซด์และไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด พบว่า ใน 8 ชั่วโมงการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ มีโอกาสสัมผัสกับก๊าซดมยาสลบได้ โดยมาจาก

- 1) ขั้นตอนขณะเริ่มดมยาสลบ(นำสลบ) ก๊าซดมยาสลบสามารถรั่วไหลจาก ที่ครอบจมูกที่มีขนาดไม่พอดีกับใบหน้าของคนไข้ และการเปลี่ยนจากที่ครอบจมูกเป็นท่อเพื่อใช้สำหรับนำยาสลบเข้าสู่หลอดลม (เส้นสีเขียว)
- 2) ขั้นตอนของการดำเนินการดมยาสลบ ก๊าซดมยาสลบสามารถรั่วไหลจาก อุปกรณ์ข้อต่อที่หลวมหรือชำรุด สายซิลิโคนที่มีรูรั่ว (เริ่มตั้งแต่เส้นสีเขียวเป็นต้นมาถึงก่อนวงกลมสีแดง)
- 3) ขั้นตอนเสร็จสิ้นการผ่าตัด ก๊าซดมยาสลบสามารถรั่วไหลจากการเอาท่อเพื่อใช้สำหรับนำยาสลบออกจากคนไข้ (ภายในวงกลมสีแดงความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนลดลง เนื่องจากปิด vaporizer ของยาดมสลบ และความเข้มข้นจะสูงขึ้น เมื่อนำท่อออกจากปากของคนไข้ (ลูกศรสีส้ม))

การปนเปื้อนในบรรยากาศของก๊าซดมยาสลบในขั้นตอนต่างๆ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4-1 การปนเปื้อนในบรรยากาศของไนตรัสออกไซด์ภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ในวันที่ 2 มีนาคม 2550



รูปที่ 4-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงในบรรยากาศของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ในวันที่ 2 มีนาคม 2550

4.1.3 สภาพแวดล้อมทางกายภาพ

4.1.3.1 อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด

การตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด ตามมาตรฐานโรงพยาบาล พ.ศ. 2541 ได้แนะนำอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด ต้องปรับได้อยู่ระหว่าง 20-28 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 24.0, 26.0, 26.0 และ 24.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก มีค่าเท่ากับ 25.0, 24.0, 25.0 และ 25.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.75 องศาเซลเซียส) ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก มีค่าเท่ากับ 25.0, 25.0, 24.0 และ 26.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส) อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีค่าเท่ากับ 26.0, 24.0, 26.0, 24.0, 24.0, 24.0, 26.0 และ 24.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.75 องศาเซลเซียส) ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดจำแนกตามตึกต่างๆ

ตึก	อุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด (องศาเซลเซียส)		ค่ามาตรฐาน (องศาเซลเซียส)
	ค่าที่ตรวจวัดได้	ค่าเฉลี่ย	
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ก	24.0	25	20-28
	26.0		
	26.0		
	24.0		
ตึกที่2 ของ โรงพยาบาล ก	25.0	24.75	
	24.0		
	25.0		
	25.0		
ตึกที่3 ของ โรงพยาบาล ก	25.0	25	
	25.0		
	24.0		
	26.0		
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ข	26.0	24.75	
	24.0		
	26.0		
	24.0		
	24.0		
	24.0		
	24.0		
	26.0		
24.0			

4.1.3.2 การเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องผ่าตัด

ผลการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องผ่าตัด พบว่าห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก มีการเคลื่อนที่ของอากาศเท่ากับ 0.10, 0.12, 0.09 และ 0.09 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก และตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก ไม่มีผลการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากไม่มีระบบระบายอากาศ ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีการเคลื่อนที่ของอากาศเท่ากับ 0.11, 0.14, 0.11, 0.11, 0.14, 0.14, 0.11 และ 0.18 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที) โดยทั้ง 2 ตึก คือ ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก และตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีระบบระบายอากาศแบบ laminar flow ดังตารางที่ 4- 6 ตารางที่ 4-6 การเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องผ่าตัดจำแนกตามตึกต่างๆ

ตึก	การเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องผ่าตัด (เมตรต่อวินาที)	
	ค่าที่ตรวจวัดได้	ค่าเฉลี่ย
ตึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ก	0.10	0.10
	0.12	
	0.09	
	0.09	
ตึกที่ 2 ของ โรงพยาบาล ก	-	-
	-	
	-	
ตึกที่ 3 ของ โรงพยาบาล ก	-	-
	-	
	-	
ตึกที่ 1 ของ โรงพยาบาล ข	0.11	0.13
	0.14	
	0.11	
	0.11	
	0.14	
	0.14	
	0.11	
	0.18	

4.2 ข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

4.2.1 ปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler ที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler ที่แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีพยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ได้รับขณะปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง จำแนกตามตึกได้ดังนี้

1) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 37.95, 63.39, 99.97 และ 68.91 mg/L ตามลำดับ พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, 27.16, 70.42 และ 12.55 mg/L ตามลำดับ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 9.71, 58.86, ND และ 17.43 mg/L ตามลำดับ

2) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, ND, ND และ ND ตามลำดับ พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, ND, ND และ ND ตามลำดับ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, ND, ND และ ND ตามลำดับ

3) ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 812.77, 10.27, 245.46 และ 42.58 mg/L ตามลำดับ พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 452.36, 29.62, 24.9 และ 399.92 mg/L ตามลำดับ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 476.16, 33.8, 157.63 และ 20.53 mg/L ตามลำดับ

4) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ 9.76, 7.0, 47.23, 12.46 และ ND mg/L ตามลำดับ พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, 7.31, 5.01, 29.11, 7.84, ND และ 9.2 mg/L ตามลำดับ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรน ใน Passive sampler เท่ากับ ND, ND และ ND ตามลำดับ ดังตารางที่ 4 – 7

ตารางที่ 4 – 7 ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรน ใน Passive ที่บุคลากรทางกรแพทย์ได้รับจำแนกตาม
ตึก ต่างๆ

ตึก	ไอโซฟลูเรนใน Passive sampler (mg/L)		
	วิสัญญีแพทย์	พยาบาลวิสัญญี	ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ก	37.95	ND	9.71
	63.39	27.16	58.86
	99.97	70.42	ND
	68.91	12.55	17.43
ตึกที่2 ของ โรงพยาบาล ก	ND	ND	ND
	ND	ND	ND
	ND	ND	ND
	ND	ND	ND
ตึกที่3 ของ โรงพยาบาล ก	812.77	452.36	476.16
	10.27	29.62	33.8
	245.46	24.9	157.63
	42.58	399.92	20.53
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ข	9.76	ND	ND
	7.0	7.31	ND
	47.23	5.01	ND
	12.46	29.11	
	ND	7.84	
		ND	
	9.2		

หมายเหตุ ND : Non Detectable (Detection limit = 0.01 mg/L)

4.2.2 Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของบุคลากรทางการแพทย์

ผลการวิเคราะห์ Trifluoroacetic acid (TFA) ในปัสสาวะของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง โดยทำการเก็บ ตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะทั้งก่อนและหลังทำงาน จำแนกตามตึกได้ดังนี้

1) ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก พบว่ามี Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของแพทย์ ประจำบ้านวิสัญญีก่อนทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, ND และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ และหลัง ทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, 0.0005 และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะ ของพยาบาลวิสัญญีก่อนทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, 0.0005 และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ และหลัง ทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, 0.0005 และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะ ของผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีก่อนทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, 0.0005 และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ และหลังทำงานมีค่าเท่ากับ ND, ND, 0.0005 และ 0.0005 mg/L ตามลำดับ

2) ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก และตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข ไม่พบว่ามี Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญี และ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ทั้งก่อนและหลังการทำงาน ดังตารางที่ 4 – 8

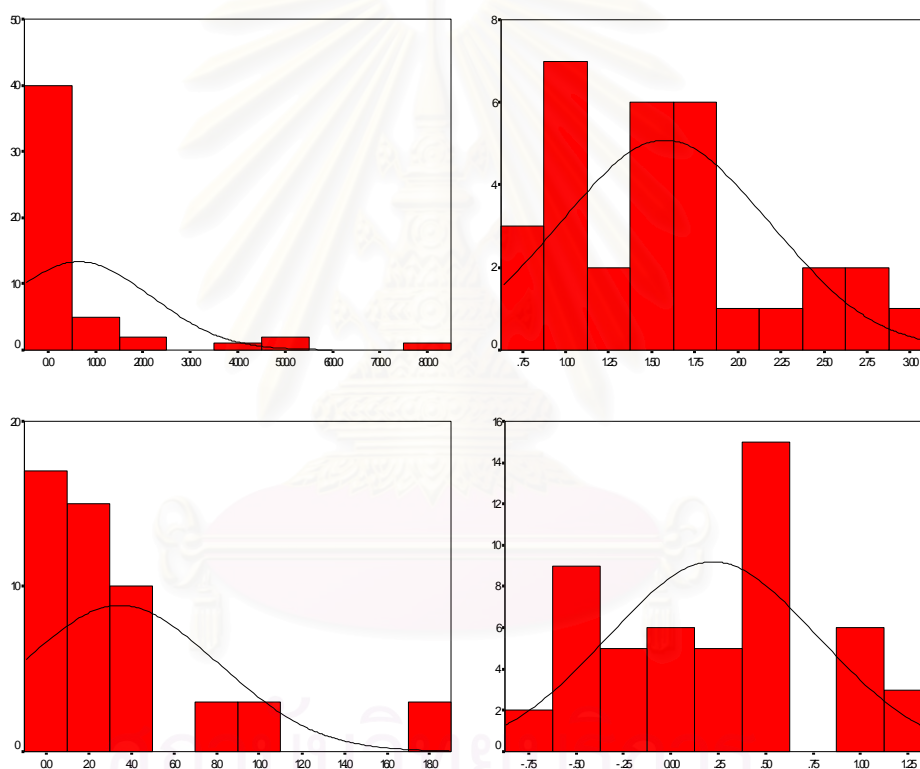
ตารางที่ 4 – 8 Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของบุคลากรทางการแพทย์จำแนกตามตึกต่างๆ

ตึก	Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของบุคลากรทางการแพทย์ (mg/L)					
	วิสัญญีแพทย์		พยาบาลวิสัญญี		ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี	
	ก่อนทำงาน	หลังทำงาน	ก่อนทำงาน	หลังทำงาน	ก่อนทำงาน	หลังทำงาน
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ก	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
ตึกที่2 ของ โรงพยาบาล ก	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ตึกที่3 ของ โรงพยาบาล ก	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ตึกที่1 ของ โรงพยาบาล ข	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ ND : Non Detectable (Detection limit = 0.0001 mg/L)

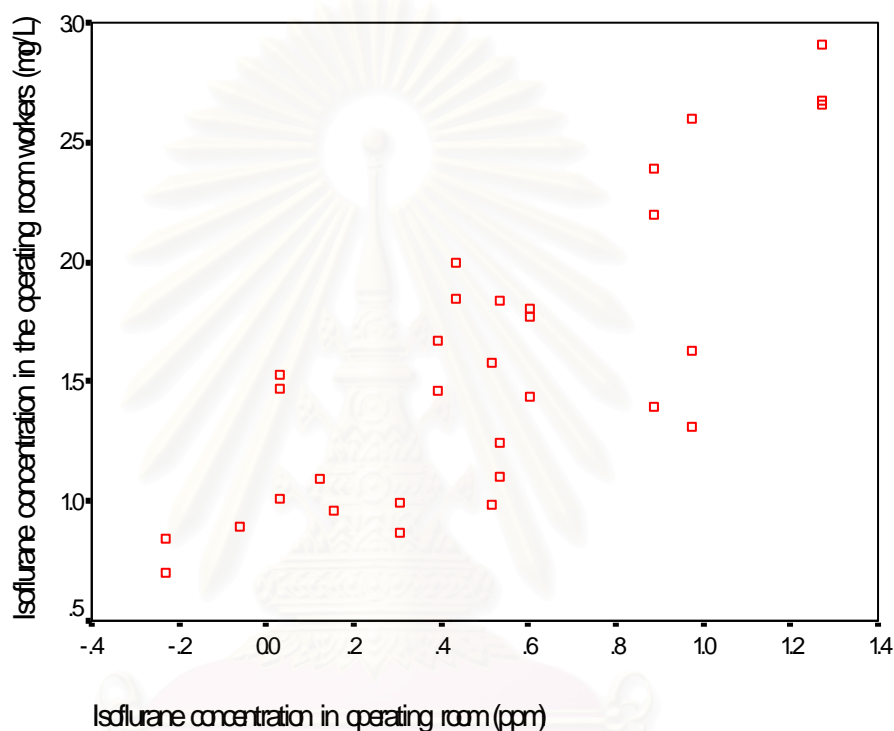
4.3 ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการได้รับสัมผัสก๊าซพิษของบุคลากรการแพทย์

ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด เนื่องจากข้อมูลการตรวจวัดการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์และความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด (ข้อมูลทางสิ่งแวดล้อม) มีการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นแบบ normal distribution ดังนั้น ต้องนำมาทำการ take log เพื่อให้ข้อมูลทางสิ่งแวดล้อมที่ตรวจวัดได้มีการกระจายตัวแบบ normal distribution ใน 1-sample K-S... (test distribution) ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 ข้อมูลการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์ (ซ้ายบน) และข้อมูลความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด (ซ้ายล่าง) มีการกระจายตัวไม่เป็นแบบ normal distribution และเมื่อ take log ทำให้ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ normal distribution

จากนั้น เมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวแบบ normal distribution แล้ว จึงนำข้อมูลการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด มาหาความสัมพันธ์โดยวิธี bivariate correlation (pearson correlation coefficients) ผลการศึกษาพบว่า ข้อมูลมีระดับความสัมพันธ์กันสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.789 ($r = 0.789$)



รูปที่ 4-4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์ (แกน Y) กับความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด (แกน X)

ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์มีดังนี้คือ ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับระยะเวลาที่อยู่ภายในห้องผ่าตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.485 ($r = 0.485$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับน้ำหนักตัว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.300 ($r = 0.300$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับจำนวน case ที่ใช้ไอโซฟลูเรน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.266 ($r = 0.266$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับดัชนีมวลกาย (BMI) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.212 ($r = 0.212$) ความสัมพันธ์ระหว่างการ

ได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับจำนวนเจ้าหน้าที่ภายในห้องผ่าตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.208 ($r = 0.208$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับอายุ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.182 ($r = 0.182$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.136 ($r = 0.136$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับส่วนสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.135 ($r = 0.135$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับขนาดของห้องผ่าตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.200 ($r = -0.200$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับประสบการณ์การทำงาน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.219 ($r = -0.219$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับความเร็วลมภายในห้องผ่าตัด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.322 ($r = -0.322$) ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับชนิดของระบบกำจัดก๊าซทิ้ง มีค่า p-value เท่ากับ 0.000 ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับเพศ มีค่า p-value เท่ากับ 0.068 ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์กับตำแหน่ง มีค่า p-value เท่ากับ 0.417

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาเรื่องการสัมผัสก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนในอากาศของบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงข้อมูลที่ใช้ประกอบการประเมินความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนในอากาศที่มีต่อบุคลากรทางการแพทย์ภายในห้องผ่าตัด อันประกอบด้วย (1) ความเข้มข้นของก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดที่มีระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน (2) ศึกษาถึงความเข้มข้นของก๊าซซมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดและ (3) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซซมยาที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัดกับความเข้มข้นของก๊าซซมยาในบุคลากรทางการแพทย์ที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงาน

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีและวิสัญญีแพทย์จำนวน 17 คน พยาบาลวิสัญญีจำนวน 19 คน ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีจำนวน 15 คน จากการศึกษาพบว่า อายุโดยเฉลี่ยของวิสัญญีแพทย์ พยาบาลวิสัญญี และ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีเท่ากับ 27, 32 และ 36 ปี ตามลำดับ ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) โดยเฉลี่ยของวิสัญญีแพทย์ พยาบาลวิสัญญี และ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีเท่ากับ 20.96, 21.73 และ 21.23 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการทำงานโดยเฉลี่ยของวิสัญญีแพทย์ พยาบาลวิสัญญี และ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีเท่ากับ 28, 89 และ 155 เดือน ตามลำดับ ระยะเวลาที่ได้รับสัมผัสขณะปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยของวิสัญญีแพทย์ พยาบาลวิสัญญี และ ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีเท่ากับ 318, 303 และ 291 นาที

ผลการศึกษานาขนาดของห้องผ่าตัดทั้งหมดมีค่าไม่น้อยกว่าคำแนะนำของมาตรฐานโรงพยาบาล พ.ศ. 2541 ซึ่งมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ. 2541 แนะนำให้พื้นที่ปฏิบัติการห้องผ่าตัด (ภายในห้องที่ตั้งเตียงผ่าตัด) มีขนาดไม่น้อยกว่า 25 ตารางเมตร สูงไม่ต่ำกว่า 3 เมตร คิดเป็นร้อยละ 100 แต่จำนวนเตียงผ่าตัดที่ห้องผ่าตัดตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก มีเตียงผ่าตัดเกินกว่า 1 เตียงผ่าตัดต่อหนึ่งห้อง ซึ่งมาตรฐานโรงพยาบาล ปี พ.ศ. 2541 แนะนำให้ในแต่ละห้องผ่าตัดสามารถตั้งเตียงได้ 1 เตียงผ่าตัด คิดเป็นร้อยละ 20 (4/20 ห้องผ่าตัด)

ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัดของทุกตึกพบว่า ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมงแต่ละตึกมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25, 25, 24.75 และ 24.75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ตามมาตรฐานโรงพยาบาล พ.ศ. 2541 ได้แนะนำอุณหภูมิภายในห้องผ่าตัด ต้องปรับให้อยู่ระหว่าง 20-28 องศาเซลเซียส

ผลการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องผ่าตัด พบว่า ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก มีการเคลื่อนที่ของอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ข มีการเคลื่อนที่ของอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที ตึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก และตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ไม่มีผลการตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอากาศเนื่องจากไม่มีระบบระบายอากาศ

5.1.1 ความเข้มข้นของไนโตรัสออกไซด์และไอโซฟลูเรน

ผลการศึกษาการตรวจวัดไนโตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด พบว่า มีห้องผ่าตัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 4 ห้อง (4/20 ห้องผ่าตัด คิดเป็นร้อยละ 20) โดยเป็นห้องผ่าตัดที่ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ทั้งหมด ซึ่งเป็นระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบใช้เครื่องดูดอากาศที่ประดิษฐ์เองโดยเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาล ตามมาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TLV-TWA) ของ สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีค่าไนโตรัสออกไซด์ที่ปนเปื้อนในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 25 ppm

ผลการศึกษาการตรวจวัดไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนภายในห้องผ่าตัด พบว่า มีห้องผ่าตัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 10 ห้อง (10/20 ห้องผ่าตัด คิดเป็นร้อยละ 50) ตามมาตรฐานค่าความเข้มข้นของสารเคมีในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TLV-TWA) ของ สถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีค่าไอโซฟลูเรนที่ปนเปื้อนในอากาศโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 2 ppm

5.1.2 ปริมาณการได้รับสัมผัสไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler ที่แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีพยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ได้รับขณะปฏิบัติงานตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง พบว่า ตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 70.22 mg/L พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 40.95 mg/L ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 30.12 mg/L ตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ไม่พบปริมาณไอโซฟลูเรนใน

Passive sampler ที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับขณะปฏิบัติงาน ดึกที่3 ของโรงพยาบาล ก พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 298.32 mg/L พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 247.39 mg/L ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 182.98 mg/L ดึกที่1 ของโรงพยาบาล ข พบว่า แพทย์ประจำบ้านวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 22.72 mg/L พยาบาลวิสัญญีมีปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler โดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.97 mg/L และไม่พบปริมาณไอโซฟลูเรนใน Passive sampler ในผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี

ผลการวิเคราะห์ Trifluoroacetic acid (TFA) ในปัสสาวะของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างปัสสาวะทั้งก่อนและหลังทำงาน พบว่า ที่ดึกที่1 ของโรงพยาบาล ก ตรวจพบ Trifluoroacetic acid บ้างทั้งก่อนและหลังการทำงาน ส่วนดึกที่2 ของโรงพยาบาล ก ดึกที่ 3 ของโรงพยาบาล ก และดึกที่1 ของโรงพยาบาล ข ไม่พบว่ามี Trifluoroacetic acid ในปัสสาวะของแพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี ทั้งก่อนและหลังการทำงาน

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการได้รับไอโซฟลูเรน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์พบว่า ปริมาณการได้รับ ไอโซฟลูเรนของบุคลากรมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนภายในห้องผ่าตัด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.789$) ซึ่งก๊าซดมยาที่ออกมาปนเปื้อนในอากาศ อาจมีได้จากหลายแหล่ง เช่น บุคลากรสัมผัสต่อท่อสำหรับนำก๊าซที่ออกสู่ภายนอก ท่อซิลิโคนสำหรับนำก๊าซที่ออกจากรูด หรือต่อไม่สนิทกับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดมยาสลบ ก๊าซรั่วหรือซึมออกมาจากที่ครอบจมูกคนไข้เนื่องจากให้ยาดมสลบมากเกินไปหรือที่ครอบจมูกไม่พอดีกับใบหน้าคนไข้ และระบบกำจัดก๊าซทิ้งไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซที่ดีพอ และพบว่าชนิดของระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณไอโซฟลูเรนที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\text{sig.} = 0.000$) เนื่องจากการลดความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนในอากาศให้มีค่าต่ำลง นั้นแสดงให้เห็นว่าการได้รับไอโซฟลูเรนของบุคลากรทางการแพทย์ก็จะน้อยตามไปด้วย

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในครั้งนี้วิธีการที่ใช้สามารถนำไปเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังการได้รับสัมผัสก๊าซดมยาในบุคลากรทางการแพทย์ คือ การตรวจวัดสิ่งแวดล้อม การตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซดมยาที่ร่างกายได้รับทางลมหายใจ และการวิเคราะห์ปัสสาวะ ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ค่าที่ได้จากการตรวจวัดสิ่งแวดล้อม มีความสัมพันธ์กับการตรวจวัดทางลมหายใจ

แต่ไม่สัมพันธ์กับการตรวจปัสสาวะ ดังนั้น วิธีการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณก๊าซซมยาที่ร่างกายได้รับทางลมหายใจจึงเป็นวิธีที่ใช้ในการเฝ้าระวังการได้รับสัมผัสก๊าซซมยา

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

5.2.1 ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับ ซึ่งวิสัญญีแพทย์ได้รับมากที่สุด รองลงมาคือ พยาบาลวิสัญญี และผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี สาเหตุที่วิสัญญีแพทย์ได้รับมากที่สุดเป็นเพราะต้องคอยดูแลผู้ป่วยทุกขั้นตอนของการดมยาจนเสร็จสิ้นการผ่าตัด โดยมีพยาบาลวิสัญญีและผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีเป็นผู้ช่วย แต่ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญีอาจต้องออกไปนอกห้องผ่าตัดบ่อยกว่าตำแหน่งอื่น เนื่องจากต้องไปหยิบเวชภัณฑ์หรือเครื่องมือต่างๆมาเพิ่มเติมในการดมยา

5.2.2 ความเข้มข้นของไอโซฟลูเรนที่บุคลากรทางการแพทย์ได้รับในห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก มีมากกว่าห้องผ่าตัดที่ 1 ของโรงพยาบาล ข อาจมีสาเหตุมาจากที่ห้องผ่าตัดตึกที่ 1 ของโรงพยาบาล ก ใช้แพทย์ประจำบ้านวิสัญญี ในการดูแลขั้นตอนของการดมยา โดยมิอาจารย์วิสัญญีดูแลอีกทีหนึ่ง ในขณะที่ห้องผ่าตัดที่ 1 ของโรงพยาบาล ข ใช้วิสัญญีแพทย์ ซึ่งมีประสบการณ์ในการดมยามากกว่า ทำให้ก๊าซซมยาสดลบเกิดการรั่วไหลและปนเปื้อนในอากาศน้อยกว่า

5.2.3 ความเข้มข้นของก๊าซซมยาทั้งสองชนิดในอากาศภายในห้องผ่าตัดตึกที่ 2 ของโรงพยาบาล ก มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากระบบกำจัดก๊าซทิ้งที่เจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลประดิษฐ์ขึ้นเองตรงส่วนระบบกำจัดก๊าซทิ้งกับท่อซลิโคนที่นำก๊าซทิ้งจะมีวัสดุเป็นตัวครอบซึ่งมีลมดูดออก ทำให้เป็นการป้องกันการรั่วไหลของก๊าซซมยาบริเวณข้อต่อได้อีกทางหนึ่ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

จากการศึกษานี้ทำการศึกษาในสถานที่ทำงานจริง จึงส่งผลให้ค่าที่ได้จากการศึกษามีความแปรปรวนสูง เนื่องจากไม่สามารถควบคุมปัจจัยอื่นที่ผู้วิจัยไม่ได้สนใจศึกษาได้ แต่ปัจจัยที่รบกวนต่างๆ สามารถนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับห้องผ่าตัดแต่ละแห่ง หรือสามารถนำเอาข้อดีของห้องผ่าตัดแห่งหนึ่งมาใช้กับอีกแห่งหนึ่งได้ เช่น นำข้อดีของระบบกำจัดก๊าซทิ้งแบบประดิษฐ์เองในห้องผ่าตัดที่ 2 ของโรงพยาบาล ก ที่มีที่ดูดอากาศออกอีกชั้นที่ปลายท่อซลิโคนนำก๊าซทิ้งออก เพื่อไม่ให้ความเข้มข้นของก๊าซซมยาในบรรยากาศมีค่าเกินมาตรฐาน

5.3.2 ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

ห้องผ่าตัดที่มีค่าความเข้มข้นของก๊าซดมยาที่ปนเปื้อนภายในบรรยากาศเกินมาตรฐาน ควรมีการจัดการคุณภาพอากาศภายในห้องผ่าตัด จำเป็นต้องทำการสำรวจ แก๊วตามลักษณะของห้อง เนื่องจากแต่ละห้องมีลักษณะเฉพาะตัว ทั้งในด้านขนาดของห้อง ลักษณะกิจกรรมภายในห้องผ่าตัด และตรวจสอบให้ระบบกำจัดก๊าซที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีพอ ท่อทุกชนิดที่ใช้ในระบบให้ยาดมสลบควรมีการตรวจสอบว่าไม่มีรูรั่ว หรือชำรุด

ควรมีมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงของบุคลากรทางการแพทย์และจำเป็นต้องมีการควบคุมให้มีการปฏิบัติจริง เช่น การเปิดใช้ระบบระบายอากาศของห้องในทุกจุด และไม่ควรวางสิ่งของขวางทางระบายลมออก



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมโรค, กรม. 2548. การศึกษาวิจัยเพื่อประเมินความเสี่ยงสุขภาพต่อสารฮาโลเทนของบุคลากร
ที่ทำงานในห้องผ่าตัด. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมโรค.

Charitthip ปรณนทรพาล. 2534 . Uptake และ distribution ของยาคุมสลับ. ใน อังกาบ ปราการรัตน์
และ วรภา สุวรรณจินดา (บรรณาธิการ), ตำราวิสัญญีวิทยา, หน้า 150-162.
กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพเวชสาร.

ประดิษฐ์ สมประกิจ, อังคณา เหลืองนทีเทพ และ ปรีชา สุนทรานันท์. 2539. Hazard of scavenging
system : four incident reports of hits and near hits. วิสัญญีสาร 22: 60-62.

ปรีชา สุนทรานันท์, พิสมร คุ่มพงษ์, ศิริพร ปิติมานะอารี, มานี รักษาเกียรติศักดิ์ และ อรณี
สวัสดิชอุโต. 2542. อันตรายจากอุปกรณ์วิสัญญีที่คุกคามชีวิตผู้ป่วย. วิสัญญีสาร 25: 115-
120.

ปวีณา บุญบุรพงศ์, อรณูช เกี้ยวข้อง และ เทวรักษ์ วีระวัฒนกันนท์. 2550. วิสัญญีวิทยาขั้นต้น.
กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มงคล เชษฐากุล และคนอื่นๆ. 2545. คู่มือระบบก๊าชทางการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: วงศ์กมล
โปรดักชั่น.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2544. เครือข่ายพจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน [online].
<http://rirs3.royin.go.th/ridictionary/lookup.html>. [1 ตุลาคม 2549]

ราชวิทยาลัยวิสัญญีแพทย์แห่งประเทศไทย. 2542. การตรวจก่อนใช้ระบบให้ยาคุมสลับ.
กรุงเทพมหานคร: 179 การพิมพ์.

วรรณาศรีโรจนกุล. 2534 . ยาคุมสลับ. ใน อังกาบ ปราการรัตน์ และ วรภา สุวรรณจินดา
(บรรณาธิการ), ตำราวิสัญญีวิทยา, หน้า 92-107. กรุงเทพมหานคร: กรุงเทพเวชสาร.

วรรณาสมนุรณ์วิบูลย์, เทวรักษ์ วีระวัฒนกันนท์, ปวีณา บุญบุรพงศ์ และ สมลักษณ์ จารุลักษณะ
นันท์. 2546. วิสัญญีวิทยาพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: เท็กซ์ แอนด์ เจอนัล.

สมบัติ ชูติมานุกูล และ อุดมลักษณ์ ไบไกร. 2542. การศึกษาการสัมผัสแก๊สไนตรัสออกไซด์ของบุคลากรห้องผ่าตัดโรงพยาบาล 3 แห่ง ในจังหวัดระยอง. วารสารกรมการแพทย์ 24: 211-216.

สลิทธ เทพตระการพร และ วิกรม แสงศิริ. 2545. กลุ่มอาการที่เกิดจากการทำงานในอาคารปิด. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการงานอาชีพอนามัยในระบบบริการสาธารณสุข. สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.

สาธารณสุข, กระทรวง. กรมอนามัย. 2547. งานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในโรงพยาบาล. ในรายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการพัฒนาทีมประเมินโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ 17-19 พฤศจิกายน 2546 ณ โรงแรมรามการ์เด้นท์ กรุงเทพมหานคร.

สาธารณสุข, กระทรวง. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. 2541. มาตรฐานโรงพยาบาล : แนวทางพัฒนาคุณภาพโดยมุ่งผู้ป่วยเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพมหานคร: ดีไซร์.

อริศรา เอี่ยมอรุณ, ปรีชา สุนทรานันท์, ปฐม ลีหะเมียร, จริยา เลิศอรรมยมนี และ ประดิษฐ์ สมประกิจ. 2540. อันตรายแฝงของถังก๊าซ : การสำรวจในโรงพยาบาลศิริราช. วิสัญญีสาร 23: 6-14.

อะเคื้อ อุณหเลขกะ. 2545. การติดเชื้อในโรงพยาบาล : ระบาดวิทยาและการป้องกัน. เชียงใหม่: โรงพิมพ์เมือง.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2517. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีและสัญลักษณ์สำหรับภาชนะบรรจุก๊าซที่ใช้ในทางการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2527. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมออกซิเจนที่ใช้ในการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2527. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไนตรัสออกไซด์ที่ใช้ในการแพทย์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

- Azar, I. and Eisenkraft, J.B. 1993. Waste anesthetic gas spillage and scavenging system. St. Louis, MO: Mosby.
- Bowie, E. and Huffman, L.M. 1985. The anesthesia machine : essentials for understanding. Wisconsin: Ohmeda.
- Browne, R.A., Bell, R., Pine, W. and Bosnjak, T. 1989. Sterilization of anaesthetic equipment. Can J Anaesth. 36: 359-361.
- Byhahn, C., Wilke, H.J. and Westphal, K. 2001. Occupational exposure to volatile anaesthetics : epidemiology and approaches to reducing the problem. CNS Drugs. 15: 197-215.
- Cohen, E.N. and others. 1990. Occupational disease in dentistry and chronic exposure to trace anesthetic gas. Journal of The American Dental Association 191: 21-32.
- Dina, A.K. and others. 2002. Phase 1 collaborative pilot study: waste anesthetic gas levels in the PACU. Journal of Perianesthesia Nursing 17: 227-239.
- Ebert, T.J. and Schmid, P.G. 2001. Clinical anesthesia. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Eichhorn, J.H. and Ehrenwerth, J. 1993. Anesthesia equipment : principles and applicationa. St. Louis, MO: Mosby.
- Eisenkraft, J.B. 1993. The anesthesia machine. St. Louis, MO: Mosby.
- Gruendemann, B.J. and Fernsebner, B. 1995. Comprehensive perioperative nursing. Boston: Jones & Bartlett.
- Jeanmarie, P. 2003. Occupational, Industrial and Environmental Toxicology. Pennsylvania:
- Kupczewska, D.M. and Socko, R. 2006. Assessment of health risk of sevoflurane and isoflurane exposure among surgical staff. Med Pr. 57: 57-66.

- Lidwell, D.M. and others. 1982. Effect of ultraclean air in operating room deep sepsis in the joint after total hip or knee replacement : a randomised study. B Med J. 285: 10-14. Mosby.
- Nichol, P.K. 1993. Hazards and complications of anesthesia. New York: Churchill livingstone.
- Prado, C., Tortosa, J.A., Ibarra, I., Luna, A., Periago, J.F. 1997. Biological monitoring of occupational exposure to isoflurane by measurement of isoflurane exhaled breath. J Appl Toxicol. 17: 179-183.
- Rowland, A.S. and others. 1992. Reduced fertility among women employed as dental assistants exposed to high levels of nitrous oxide. The New England Journal of Medicine 327: 993-997.
- Roy, M.C. 1997. The operating theater : a special environmental area. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Smith, T.C. 1993. Anesthesia breathing systems. St. Louis, MO: Mosby.
- The occupational safety and health administration. 2000. Anesthetic gases : guidelines for workplace exposures [online]. <http://www.osha.gov/dts/osta/anestheticgases/index.html>. [17 September 2006]
- Tran, N. and others. 1994. Evaluation of waste anesthetic gases, monitoring strategies, and correlations between nitrous oxide levels and health symptoms. American Industrial Hygiene Association Journal 55: 36-41.
- Virgili, A. and others. 2002. Occupational exposure to anesthetic gases at several hospitals. G Ital Med Lav Ergon. 24: 447-450.
- Webb, R.K., Russel, W.J., Klepper, I. and Runciman, W.B. 1993. Equipment failure : an analysis of 2000 incident reports. Anaesth intens care. 21: 673-677.
- Wiesner, G. and others. 2001. A follow-up study on occupational exposure to inhaled anaesthetics in eastern european surgeons and circulating nurses. Int Arch Occup Environ Health. 74: 16-20.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกประจำวันในขณะที่เก็บตัวอย่าง WAGs ในห้องผ่าตัด รพ.จุฬาฯ

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

ตึก _____ ชั้น _____ ห้องหมายเลข _____

ผู้ป่วยรายแรกเริ่มดมยาเวลา _____ น. ถึง _____ ใช้ก๊าซดมยา _____ + _____ + _____

ผู้ป่วยรายที่สองเริ่มดมยาเวลา _____ น. ถึง _____ ใช้ก๊าซดมยา _____ + _____ + _____

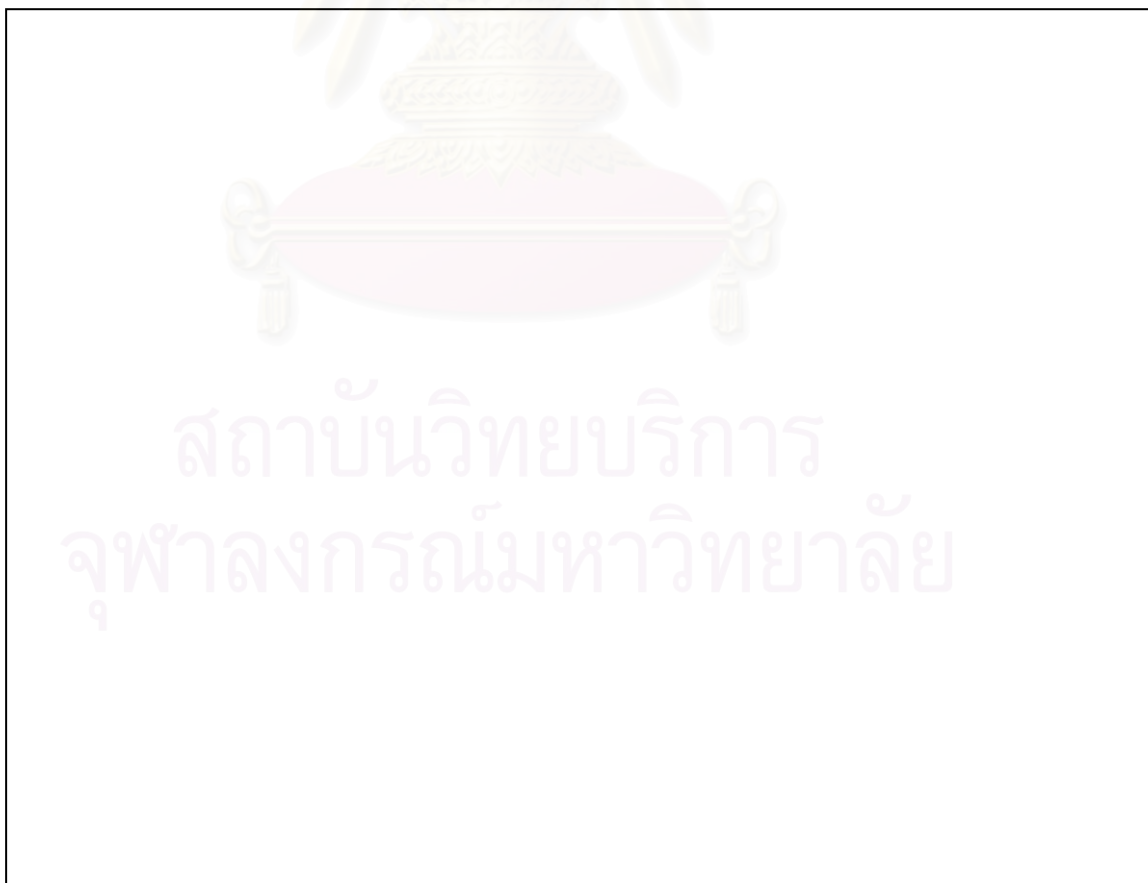
ผู้ป่วยรายที่สามเริ่มดมยาเวลา _____ น. ถึง _____ ใช้ก๊าซดมยา _____ + _____ + _____

เริ่ม start เครื่อง MIRAN เวลา _____ น. ถึง _____ น.

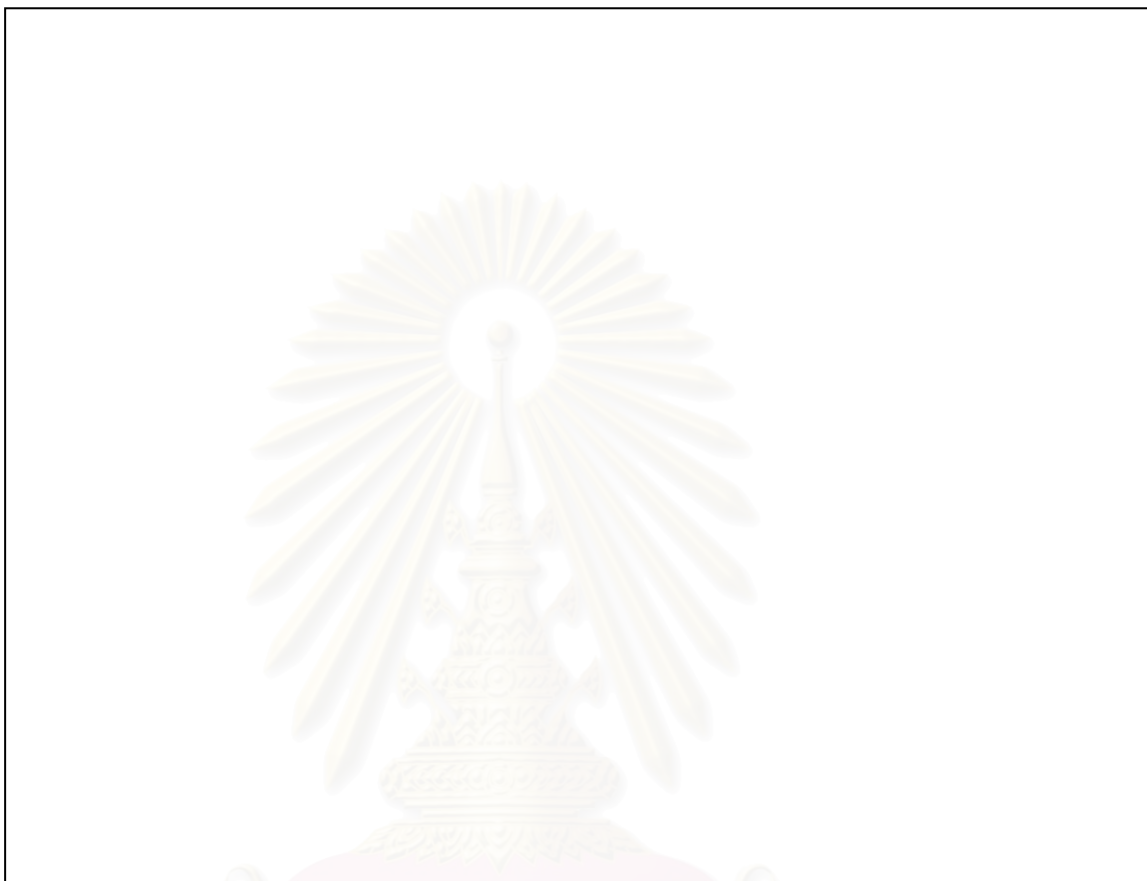
Temp. เมื่อเริ่มเก็บตัวอย่าง _____ องศาเซลเซียส Temp. เมื่อเสร็จสิ้นการเก็บตัวอย่าง _____ องศาเซลเซียส

ขนาดของห้อง (ก×ย×ส×) _____ ม.

แผนผังห้อง



แผนผังชั้น



ระบบระบายอากาศของห้อง มี ไม่มี ทำงาน เสีย

ห้องผ่าตัดข้างเคียงมีการใช้ก๊าซไอโซฟลูเรน และไนตรัสออกไซด์หรือไม่ มี ไม่มี

ในวันที่เก็บตัวอย่างมีการผ่าตัดทั้งหมด จำนวน _____ ห้อง ห้องหมายเลข _____

ทำ New Zero ครั้งที่ 1 เวลา _____ น.

ครั้งที่ 2 เวลา _____ น.

ครั้งที่ 3 เวลา _____ น.

แบบบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับบุคลากร

รหัสบุคลากรที่ตอบแบบบันทึก _____ อายุ _____ ปี เพศ _____ สถานภาพ _____
 ระยะเวลาที่ทำงานในห้องผ่าตัดมาแล้ว _____ ปี _____ เดือน เคยมีประวัติการแท้งบุตร เคย ไม่
 เคย

ตำแหน่ง แพทย์ประจำบ้านวิสัญญี พยาบาลวิสัญญี ผู้ช่วยพยาบาลวิสัญญี
 เข้าปฏิบัติงานครั้งสุดท้ายวันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____ ตั้งแต่เวลา _____ น.
 ถึง _____ น.

ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัด _____ ชม. _____ นาที

ระยะเวลาที่อยู่นอกห้องผ่าตัด (อยู่ภายในชั้นเดียวกัน) _____ ชม. _____ นาที

ระยะเวลาที่อยู่นอกตึก _____ ชม. _____ นาที

Passive

เริ่มเปิดใช้เวลา _____ น.

ปิดเวลา _____ น.

รวมเวลา _____ ชม. _____ นาที

หลังจากวิเคราะห์แล้วมีความเข้มข้น _____

Urine

ก่อนเริ่มงานเก็บเวลา _____ น.

หลังเลิกงานเก็บเวลา _____ น.

รวมเวลา _____ ชม. _____ นาที

หลังจากวิเคราะห์แล้ว

ก่อนเก็บมีความเข้มข้น _____

หลังเก็บมีความเข้มข้น _____

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะการทำงานของเครื่อง GC ในการวิเคราะห์หา TFA ในปัสสาวะ

HP6890 GC METHOD

OVEN

Initial temp : 45 °c
Maximum temp : 240 °c
Initial time : 1.50 min
Equilibration time : 1.00 min
Run time : 6.50 min

FRONT INLET (UNKNOWN)

BACK INLET (SPLIT/SPLITLESS)

Mode : Splitless
Initial temp : 200 °c (on)
Pressure : 6.24 psi (on)
Purge flow : 5.0 mL/min
Purge time : 0.25 min
Total flow : 8.0 mL/min
Gas saver : off
Gas type : Nitrogen

COLUMN 1

Capillary Column Model Number : HP 19091F-115 HP-FFAP Polyethylene Glycol TPA
Max temperature : 240 °c
Nominal length : 50.0 m
Nominal diameter : 320.00 µm
Nominal film thickness : 0.50 µm
Mode : constant flow
Initial flow : 0.8 mL/min
Nominal init pressure : 6.24 psi
Average velocity : 15 cm/sec

Inlet : Back Inlet

Outlet : Front Detector

Outlet pressure : ambient

COLUMN 2

(not installed)

FRONT DETECTOR (FID)

Temperature : 250 ° c (on)

Hydrogen flow : 45.0 mL/min (on)

Air flow : 450.0 mL/min (on)

Mode : Constant column + makeup flow

Combined flow : 40.0 mL/min

Makeup flow : On

Makeup Gas Type : Nitrogen

Flame : On

Electrometer : On

Lit offset : 2.0

BACK DETECTOR (ECD)

Temperature : 250 ° c (on)

Anode purge flow : On

Makeup flow : On

Makeup Gas Type : Nitrogen

Adjust offset : 60.00

Electrometer : off

SIGNAL 1

Data rate : 20 Hz

Type : front detector

Save Data : On

Zero : 0.0 (Off)

Range : 0

Fast Peaks : Off

Attenuation : 0

SIGNAL 2

Data rate : 20 Hz

Type : oven temperature

Save Data : Off

Zero : 0.0 (Off)

Range : 0

Fast Peaks : Off

Attenuation : 0

COLUMN COMP 1

Derive from front detector

COLUMN COMP 2

Derive from back detector

THERMAL AUX 1

Use : Valve Box Heater

Initial temp : 50 ° c (Off)

Initial time : 0.00 min

VALVES

Valve 1 Gas Sampling

Loop Volumn : 1.000 mL

Load Time : 0.50 min

Inject Time : 0.50 min

Inlet : Back Inlet

POST RUN

Post Time : 0.00 min



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถานะการทำงานของเครื่อง GC ในการวิเคราะห์ไอโซฟลูเรนใน Passive Sampler

HP6890 GC METHOD

OVEN

Initial temp : 45 °c
 Maximum temp : 280 °c
 Initial time : 1.00 min
 Equilibration time : 1.00 min
 Run time : 10.00 min

FRONT INLET (UNKNOWN)

BACK INLET (SPLIT/SPLITLESS)

Mode : Splitless
 Initial temp : 250 °c (on)
 Pressure : 16.51 psi (on)
 Split ratio : 10:1
 Split flow : 25.0 mL/min
 Total flow : 29.8 mL/min
 Gas saver : off
 Gas type : Helium

COLUMN 1

Capillary Column Model Number : Agilent 19091F-115 HP-FFAP Polyethylene Glycol
 TPA
 Max temperature : 240 °c
 Nominal length : 50.0 m
 Nominal diameter : 320.00 µm
 Nominal film thickness : 0.50 µm
 Mode : constant flow
 Initial flow : 2.5 mL/min
 Nominal init pressure : 16.52 psi

Average velocity : 34 cm/sec

Inlet : Back Inlet

Outlet : Front Detector

Outlet pressure : ambient

COLUMN 2

(not installed)

FRONT DETECTOR (FID)

Temperature : 300 ° c (on)

Hydrogen flow : 40.0 mL/min (on)

Air flow : 450.0 mL/min (on)

Mode : Constant makeup flow

Makeup flow : 45.0 mL/min

Makeup Gas Type : Nitrogen

Flame : On

Electrometer : On

Lit offset : 2.0

BACK DETECTOR (TCD)

Temperature : 250 ° c (Off)

Reference flow : Off

Makeup flow : Off

Makeup Gas Type : Nitrogen

Filament : Off

Negative polarity : off

SIGNAL 1

Data rate : 5 Hz

Type : front detector

Save Data : On

Zero : 0.0 (Off)

Range : 0

Fast Peaks : Off

Attenuation : 0

SIGNAL 2

Data rate : 20 Hz

Type : oven temperature

Save Data : Off

Zero : 0.0 (Off)

Range : 0

Fast Peaks : Off

Attenuation : 0

COLUMN COMP 1

Derive from front detector

COLUMN COMP 2

Derive from front detector

THERMAL AUX 1

Use : Valve Box Heater

Initial temp : 50 °c (Off)

Initial time : 0.00 min

VALVES

Valve 1 Gas Sampling

Loop Volumn : 1.000 mL

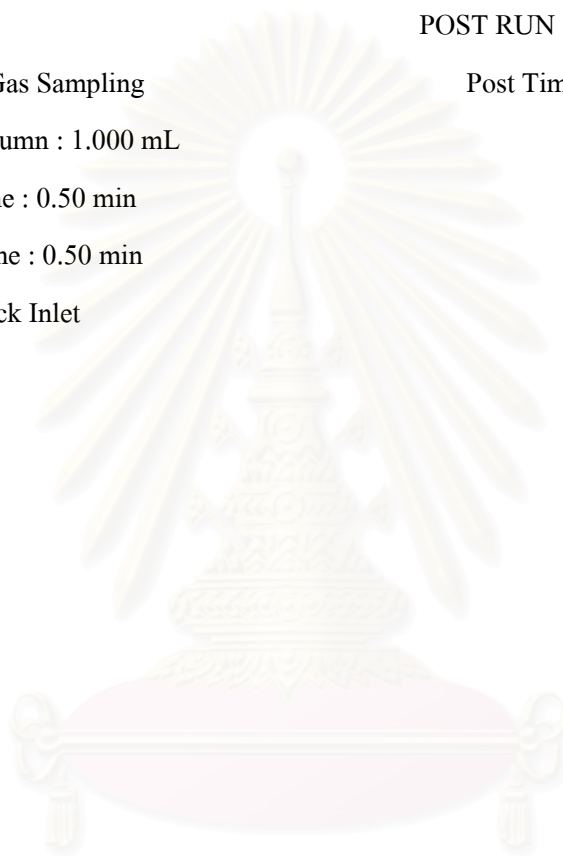
Load Time : 0.50 min

Inject Time : 0.50 min

Inlet : Back Inlet

POST RUN

Post Time : 0.00 min



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย รัฐนุกูล วชิรณพ เกิดวันจันทร์ที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2523 ที่โรงพยาบาลยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ระหว่างที่ศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (มลพิษสิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา ได้ฝึกงานที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เป็นเวลา 450 ชั่วโมง สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) เมื่อปี พ.ศ. 2546 (เกรดเฉลี่ยสะสม 3.22 รุ่นที่ 4) หลังจากนั้นได้ศึกษาต่อระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาควิชาสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2548



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย