

การบำบัดด้วยออกซิเจน
(Oxygen Therapy)

โดย

คณะกรรมการเครื่องมือแพทย์

โรงพยาบาลพระจอมเกล้า

จังหวัดเพชรบุรี

	หน้า
หัวข้อเนื้อหา	
การบำบัดด้วยออกซิเจน (Oxygen Therapy)	1
สรุป เป้าหมายของ Oxygen Therapy	4
ภาวะแทรกซ้อนของการให้ O ₂ (Complication of O ₂ therapy)	4
ข้อห้ามใช้ O ₂ Therapy (Contraindications)	4
แนวทางการบำบัดด้วยออกซิเจนทางคลินิก	6
อุปกรณ์ในการให้ออกซิเจน	7
การคำนวณความเข้มข้นของออกซิเจนเมื่อใช้ Variable Performance System	9
Nasal Cannula	13
ออกซิเจน Face Mask หรือ Oronasal Mask	15
- Simple Face Mask	
- Patial Rebreathing Mask (Mask with bag)	
- Non-Rebreathing Mask	
- Aerosol Mask	
- Nebulizer Face Mask	
O ₂ T- Piece	19
แนวทางการใช้ O ₂ Nebulizer	21
Venturi Mask	22
การพ่นยาขยายหลอดลม	23
การบำบัดด้วยออกซิเจนในโรคต่างๆ	25
- Head Injury	
- Acute Myocardial Infarction (AMI)	
- Angina Pectoris	
- Congestive Heart Failure, Pulmonary Edema	
- Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)	
- Asthma	
- Post anesthesia Period	
- COPD	
- CardioPulmonary Resuscitation	
- Head Injury	
วิธีการวัดระดับ O ₂ ในเลือดแดง	29
การใช้คำย่อสากล เกี่ยวกับการบำบัดระบบทางเดินหายใจ	30
AMBU bag (Manual Resuscitator, Automatic manual breathing unit)	31

การบำบัดด้วยออกซิเจน (Oxygen Therapy)

การบำบัดด้วยออกซิเจน (Oxygen Therapy) หมายถึง การเพิ่มความเข้มข้นของออกซิเจนในอากาศที่หายใจเข้าซึ่งวัดเป็นสัดส่วนของออกซิเจน ต่อ อากาศที่หายใจเข้าทั้งหมด (fraction of inspired O₂) หรือเขียนย่อว่า F_IO₂ การใช้ O₂ Therapy อาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้ ดังนั้นก่อนใช้จำเป็นต้องศึกษาให้แจ่มแจ้งเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การใช้ ข้อบ่งชี้ ภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้น และวิธีการให้ O₂ วิธีต่างๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

ข้อบ่งชี้ในการใช้ O₂ Therapy

1. Hypoxemia
2. Supportive treatment of tissue hypoxia
3. Miscellaneous
 - 3.1 Enhance absorption of air space
 - 3.2 Specific treatment of carbon monoxide poisoning
 - 3.3 Hyperbaric O₂ Therapy

1.Oxygen Therapy ในภาวะ Hypoxemia มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. Prevent and correct hypoxemia

Hypoxemia เกิดจากกลไกต่อไปนี้ คือ

- 1.1 มีความดัน O₂ ที่หายใจเข้าต่ำ แก้ไขโดยเพิ่ม P_IO₂ หรือ F_IO₂
- 1.2 Impaired pulmonary gas exchange ซึ่งเกิดจากกลไกย่อยๆ 4 ประการคือ

-hypoventilation	}	แก้ไขด้วยเพิ่ม F _I O ₂ ไม่เกิน 0.5
-diffusion defect		
-V/Q abnormality		

-shunt hypoxemia ในกรณีที่ใช้ O₂ Therapy ใช้ F_IO₂ เกิน 0.5 แล้วยังมี hypoxemia บ่งว่าเป็น

แบบ shunt hypoxemia การให้ O₂ Therapy ไม่ค่อยได้ผลและมีโอกาสทำให้เกิด pulmonary O₂ toxicity สูงขึ้นด้วย ต้องใช้ airway pressure therapy เพื่อลด shunt

1.3 Low mixed venous O₂ tension (low P_vO₂) ซึ่งพบในภาวะที่ O₂ demand มากกว่า O₂ supply เช่นใน hypermetabolic state ที่รุนแรงมาก ร่วมกับการเกิด shunt ทำให้เกิด hypoxemia แก้ไขโดยพยายามเพิ่ม cardiac output, แก้ไข anemia , ลด metabolic demand ร่วมกับการพยายามลด shunt ด้วย airway pressure therapy ส่วนการให้ O₂ อาจใช้ F_IO₂ ไม่เกิน 0.5 เพื่อแก้ไข V/Q abnormality

เป้าหมายของการใช้ O₂ Therapy เพื่อป้องกันแก้ไข hypoxemia คือ

★ Acute hypoxemia เป้าหมายคือ P_aO₂ > 60 mmHg หรือ arterial O₂ saturation(S_aO₂) >90% หรือ pulse saturation(S_pO₂) >90% ซึ่งการบรรลุเป้าหมายนี้ทำได้โดยใช้ F_IO₂ ไม่เกิน 0.5

★ Acute on top of chronic hypoxemia เช่นใน COPD ที่มี chronic CO₂ retention (hypercapnia) respiratory center จะไม่ตอบสนองต่อ P_aCO₂ แต่การหายใจจะถูกกระตุ้นด้วยภาวะ hypoxemia ดังนั้นถ้าทำให้ P_aO₂ > 70-80 mmHg เมื่อใด respiratory center จะหยุดทำงานได้ เป้าหมายของการใช้ O₂ Therapy จึงอยู่ที่การคงไว้ซึ่งภาวะ mild hypoxemia อย่าให้ P_aO₂ >70 mmHg ระดับ S_aO₂ = 86-92% หรือเป้าหมายเพื่อลดอาการที่เกิดจาก severe hypoxemia เช่น dyspnea, mental dysfunction, Rt.ventricular failure เท่านั้น

1. Decrease Cardiopulmonary Work

ผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของปอดที่ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซผิดปกติได้ แม้ว่าผล ABG จะยังไม่พบ hypoxemia ก็ตาม ร่างกายจะพยายามหายใจเร็วลึกเพื่อชดเชยไม่ให้เกิด hypoxemia ทำให้เพิ่ม WOB breathing ผู้ป่วยจะรู้สึกเหนื่อย หัวใจทำงานมากขึ้น อาจเกิด heart failure ได้ง่ายในผู้ป่วยที่มี cardiac reserve ต่ำหรือเกิด myocardial ischemia ในผู้ป่วย CAD ได้ การให้ O₂ ในผู้ป่วยที่ใกล้จะมี hypoxemia จึงสามารถลดผลเสียที่เกิดจากการเพิ่ม cardiopulmonary work ในผู้ป่วยที่มีโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ หรือมี myocardial infarction อยู่แล้วเกิดมีพยาธิสภาพของปอดที่ทำให้เกิด hypoxemia ได้ เช่น pneumonia, asthma, acute exacerbation ของ COPD, pulmonary contusion, pulmonary edema, airway obstruction เป็นต้น และมีหายใจหอบเร็วควรให้ O₂ ไว้ก่อนด้วย F_IO₂ ไม่เกิน 0.5 แม้ว่าผล ABG จะยังไม่พบ hypoxemia ก็ตาม (ผล ABG ในระยะแรกของผู้ป่วยพวกนี้ มักพบว่า P_aCO₂ ต่ำ ในขณะที่ P_aO₂ ไม่ต่ำหรือ borderline)

เพราะจะช่วยลด cardiopulmonary work ลงได้มาก ป้องกัน heart failure, myocardial infarction แต่ถ้าเมื่อใดที่ ABG เกิด hypoxemia แล้วเป้าหมายการรักษาต้องเปลี่ยนเป็น correct hypoxemia

สรุปการให้ O₂ ในภาวะ hypoxemia หรือเสี่ยงต่อ hypoxemia ใช้ F_IO₂ ไม่เกิน 0.5 ถ้ายังมี hypoxemia ให้แก้ด้วย airway pressure therapy เพื่อลด shunt เป้าหมาย P_aO₂ สำหรับ acute hypoxemia คือ > 60 mmHg ถ้าเป็น chronic hypoxemia คือ < 70 mmHg การใช้ F_IO₂ สูง (ใกล้ๆ 1.0) จำเป็นเฉพาะผู้ป่วยหนักมาก นึกเงินไม่แน่ใจ หรือให้การรักษาทันทีที่กล่าวมาแล้วยังมี hypoxemia มากเท่านั้น

2. Oxygen Therapy ในภาวะ Tissue Hypoxia

Tissue Hypoxia เกิดได้จากสาเหตุและกลไกต่าง ๆ กัน แบ่งเป็น 5 ประเภท

1. Hypoxemic hypoxia หรือ hypoxic hypoxia เกิดจาก hypoxemia มีหลักการให้ O_2 ดังกล่าวมาแล้ว
2. Anemic hypoxia หรือ hypoxia due to abnormal O_2 transport เกิดจาก anemia หรือภาวะที่ hemoglobin ไม่สามารถนำหรือปล่อย O_2 ให้เซลล์ได้ เช่น carbon monoxide poisoning, transfusion of banked blood (decreased 2,3-DPG, hypothermia), methemoglobinemia การที่จะช่วยให้เซลล์ได้ O_2 เพิ่มขึ้นในกรณีนี้ ทำได้โดยเพิ่ม O_2 ส่วนที่ละลายใน plasma ซึ่งต้องใช้ $F_{I}O_2$ สูง ใกล้เคียง 1.0
3. Circulatory hypoxia คือ tissue hypoxia ที่เกิดจากเลือดเลี้ยงไม่พอ เช่น shock, arterial occlusion, Venous stasis (stagnant) ภาวะ shock ที่ทำให้เกิด V/Q abnormality เป็นเหตุให้ hypoxemia ได้จึงควรให้ O_2 $F_{I}O_2$ สูง ใกล้เคียง 1.0 ไว้ก่อน
4. Histotoxic hypoxia เซลล์ไม่สามารถใช้ O_2 ได้ เช่น septic shock หรือได้รับ toxic substance ที่รบกวนการทำงานของ mitochondrial enzyme เช่น cyanide poisoning O_2 ในเลือดไม่ต่ำ การเพิ่ม P_aO_2 ไม่มีประโยชน์ อาจใช้ $F_{I}O_2$ ระดับต่ำ เพื่อป้องกัน hypoxemia
5. Hypermetabolic hypoxia คือ tissue hypoxia ที่เกิดจากเซลล์ต้องการ metabolism มากเกินกว่าที่ Cardiorespiratory function จะ supply ให้ได้ เช่น พบใน malignant hyperthermia, thyrotoxicosis ผลที่เกิดขึ้นคือ hypoxemia หลักการให้ O_2 และเป้าหมายเหมือนภาวะ hypoxemia ที่เกิดจาก Low mixed venous O_2 tension กล่าวคือลด metabolic demand

3. Oxygen Therapy ในภาวะ Enhance absorption of air space

เป็นการใช้ O_2 Therapy เพื่อลดขนาดของก๊าซอื่นใดที่อยู่ในโพรงปิดภายในร่างกาย เช่น

1. ลดอาการท้องอืดจากก๊าซหลงเหลือในช่องท้องหลังการผ่าตัดในช่องท้อง (laparotomy, laparoscopy)
2. ช่วยเร่งการดูดซึมก๊าซในช่องเยื่อหุ้มปอด (enhance absorption of pneumothorax)
3. ลดอาการปวดศีรษะหลังทำ pneumoencephalography

ขนาดของโพรงอากาศจะเล็กลงเร็วขึ้นเพียงใดขึ้นกับ P_aO_2 ถ้า P_aO_2 สูงมาก O_2 จะเข้าไปแทนที่ก๊าซในโพรงอากาศได้มากเท่านั้น ซึ่ง O_2 จะถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือดได้เร็ว ทำให้โพรงอากาศเล็กลงเร็ว เป้าหมายของการให้ O_2 กรณีนี้ ขึ้นกับความต้องการลดโพรงอากาศเร็วหรือช้า ถ้าต้องการลดเร็วมากก็ต้องตั้งเป้าหมายให้ได้ P_aO_2 สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งทำได้โดยใช้ $F_{I}O_2$ สูง

4. Oxygen Therapy ใน Specific treatment of carbon monoxide poisoning

ถ้าให้หายใจ $F_{I}O_2$ 1.0 ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เพื่อให้ได้ P_aO_2 เต็มที่ พบว่าสามารถลด half life ของ carboxyhemoglobin (CO-Hb) ลงจาก 4 ชั่วโมง เหลือเพียง 40 นาที และถ้าให้ P_aO_2 สูงขึ้นอีก โดยใช้ Hyperbaric O_2 Therapy ก็จะลด half life ลงได้อีก

Hyperbaric O_2 Therapy คือการบำบัดด้วย O_2 ภายใต้ความกดดันสูงกว่า 1 บรรยากาศ เพื่อให้ได้ P_aO_2 สูงกว่าที่จะได้จาก O_2 Therapy ที่ความดัน 1 บรรยากาศ เพื่อให้ปริมาณ O_2 ส่วนที่ละลายในเลือดสูงขึ้น เช่น ถ้าให้หายใจ O_2 ที่ความดัน 2 บรรยากาศ สามารถเพิ่ม O_2 ส่วนที่ละลายในเลือดได้จาก 0.3 mL/dL เป็น 4 mL/dL

มีการทดลองใช้เพื่อรักษา chronic ulcer, severe anaerobic infection, cerebral resuscitation ที่ใช้ใน ปัจจุบันที่เป็นที่ยอมรับกัน คือ ใช้เพื่อรักษา carbon monoxide poisoning, decompression sickness

สรุป เป้าหมายของ Oxygen Therapy

	P_aO_2 ที่ต้องการ	$F_I O_2$
1. hypoxemia : Acute	>60-80 มม.ปรอท	low conc (<0.5)
: Acute on top of chronic	<70 มม.ปรอท	controlled low dose
2. Anemic hypoxia	สูงสุด	1.0
3. Circulatory hypoxia :Shock	>100	low conc (<0.5)
: severe shock ,CPR	สูงสุด	1.0
4. Histotoxic hypoxia	>100	low conc (<0.5)
5. Hypermetabolic hypoxia	>100	low conc (<0.5)
6. Carbon monoxide poisoning	สูงสุด	1.0
7. Enhance absorption of air space	สูงสุด	1.0

ข้อห้ามใช้ O_2 Therapy (Contraindications)

มีบางภาวะที่จะเกิดอันตรายจากการให้ O_2 มากเกินไป จึงควรให้เฉพาะเมื่อจำเป็นและให้มากที่สุดเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ได้แก่

1. ผู้ป่วยที่หายใจด้วย hypoxic ventilator drive เช่นผู้ป่วย COPD ที่มี chronic CO_2 retention ถ้าทำให้ $P_aO_2 > 70$ mmHg จะทำให้ผู้ป่วยขาด ventilator drive ส่งผลหายใจน้อยลง จึงควรใช้วิธีเพิ่ม $F_I O_2$ ที่ละน้อย เรียก controlled low dose O_2 therapy เช่น venturi mask
2. Paraquat poisoning เนื่องจากจะทำให้ lung injury มากขึ้น
3. Acute respiratory distress syndrome การใช้ $F_I O_2$ สูง จะทำให้ lung injury มากขึ้น
4. Premature infant อาจเกิด retinopathy of prematurity ได้

ภาวะแทรกซ้อนของการให้ O_2 (Complication of O_2 therapy)

1. Cut off hypoxemic (hypoxic) ventilator drive ในทางปฏิบัติก่อนให้ O_2 ต้องตอบคำถามให้ได้ก่อนว่าผู้ป่วยนั้นมี ventilator drive ผิดปกติหรือไม่ แม้ผู้ป่วย COPD จะมีเพียงส่วนน้อยที่มี chronic CO_2 retention และอยู่ด้วย hypoxic drive แต่เราไม่สามารถทราบได้ว่าคนใดบ้าง จึงแนะนำให้ใช้ controlled O_2 therapy ในผู้ป่วย COPD ทุกคนที่มี acute exacerbation โดยค่อยๆเพิ่ม O_2 ที่ละน้อย เช่นจาก 21% เป็น 24%, 28%, 32%, 36%, 40% เป็นต้น แต่ถ้าสามารถเจาะ ABG ได้ก่อนที่จะให้ O_2 จะทำนายผู้ป่วยที่เสี่ยงต่อการเกิด Cut off hypoxic drive ซึ่งผู้ป่วยที่มี hypoxemia ร่วมกับ marked hypercapnia อยู่ก่อนได้รับ O_2 มีอาการ ซึมลง หายใจช้า สิ่งที่เราควรทำคือ ค่อยๆลด $F_I O_2$ ลงที่ละน้อยกระตุ้นให้หายใจถ้ายังทำได้ ช่วยหายใจเท่าที่จำเป็น ไม่ให้เกิด respiratory acidemia สิ่งที่ต้องจำไว้คือ ห้ามหยุดให้ O_2 ในทันทีอย่างเด็ดขาด เพราะจะทำให้เกิด severe hypoxemia อย่างรวดเร็วทันที เนื่องจาก P_aCO_2 และ $P_A CO_2$ สูงมาก ทำให้ P_aO_2 ต่ำมากจึงทำให้ P_aO_2 ต่ำมาก
2. Pulmonary Oxygen toxicity ความผิดปกติของปอดที่พบในผู้ป่วยที่ได้ O_2 therapy มี 3 ลักษณะ คือ
 - 2.1 Acute tracheobronchitis ทำให้มีอาการ substernal pain , nonproductive cough อาจทำให้ผู้ป่วยไม่ยอมหายใจเข้าลึก ทำให้ tidal volume ลดลง แต่ไม่มีความผิดปกติถาวร
 - 2.2 Acute lung injury ทำให้มีการทำลายของ alveolar-capillary endothelium และดำเนินต่อไปเป็น acute respiratory distress syndrome (ARDS) ได้

2.3 Chronic lung injury คือที่เรียกกันว่า bronchopulmonary dysplasia

ความผิดปกติเหล่านี้จะเกิดขึ้นมากหรือน้อย ขึ้นกับ $P_{A}O_2$ (ซึ่งขึ้นกับ $F_{I}O_2$) และขึ้นกับเวลาที่ปอดสัมผัสกับ O_2 จากการศึกษพบว่า Pulmonary Oxygen toxicity จะเริ่มเกิดเมื่อ $F_{I}O_2$ 1.0 นานเกิน 24 ชั่วโมง หรือ $F_{I}O_2$ 0.7 นานเกิน 2-3 วัน และสามารถให้ $F_{I}O_2$ 0.5 ได้นานนับสัปดาห์ โดยไม่เกิดผลเสีย คำแนะนำในการให้ O_2 therapy คือให้ใช้ $F_{I}O_2$ ต่ำที่สุดที่จะทำให้ได้ $P_{a}O_2$ เพียงพอ โดยพยายามใช้ $F_{I}O_2$ 1.0 ไม่เกิน 24 ชั่วโมงและลดลงไม่เกิน 0.5 ให้ได้ภายใน 5 วัน

3. Systemic toxicity of Oxygen Tissue damage ที่เกิดมากหรือน้อยตาม $P_{a}O_2$ และระยะเวลาที่ $P_{a}O_2$ สูง อวัยวะที่มักเกิดอันตราย ได้แก่

3.1 Retinopathy of prematurity (ROP) เดิมเรียกว่า retrolental fibroplasias เกิดได้ง่ายใน premature newborn เกิดจากการที่ retinal vessel เกิด vasoconstriction เมื่อ $P_{a}O_2$ สูงเกินไป จนเกิด necrosis ของ retinal vessel มี neovascularization ซึ่งเส้นเลือดที่เกิดขึ้นใหม่นี้จะแตกง่าย ทำให้เกิด เลือดออกและเกิดแผลเป็นที่ retina ทำให้ตาบอด การป้องกันคือ พยายามให้ $P_{a}O_2$ ระหว่าง 60-80 mmHg มีรายงานว่าทำให้ oral vitamin E ใน preterm ที่ได้รับ O_2 สามารถลดความรุนแรงของ ROP ได้

3.2 CNS toxicity พบเฉพาะเมื่อ $P_{a}O_2$ สูงมากๆ เช่นเมื่อใช้ Hyperbaric O_2 Therapy มากกว่า 2 บรรยากาศขึ้นไป อาการแสดงคือ tremor, irritability, convulsion, coma ส่วนใน O_2 Therapy ธรรมดาไม่พบ CNS toxicity

4. Drying of secretion ในกรณีที่ humidification ไม่เพียงพอ O_2 แห้งจะระคายเคืองต่อ trachea และทำให้ mucus แห้ง เกิดการคั่งค้างของเสมหะ ถ้าให้ O_2 เกิน 2 L/min ควรให้ humidification เสมอ ถ้า humidifier O_2 ธรรมดาไม่สามารถให้ความชื้นได้พอ ก็ใช้ heated humidifier ถ้ายังไม่พออีกก็ใช้ heated nebulizer หรือ ultrasonic nebulizer

ผู้ป่วยที่ไม่ค่อยรู้สึกตัว ได้รับ O_2 cannula หรือ mask บ่อยครั้งพบว่า มีเสมหะอยู่ในคอ บริเวณ posterior pharynx จะแห้งเหนียวเป็นแผ่น อาจหลุดไปปิด glottic opening ทำให้ผู้ป่วยเขียวขึ้นทันที การดูแลผู้ป่วย ลักษณะนี้ต้องคอยฟังเสียง inspiratory stridor และอาจต้องใช้ laryngoscope เปิดปากดูเป็นระยะ ถ้าเห็น เสมหะเป็นแผ่นอยู่ที่ pharynx ควรใช้ผ้าก๊อศชุบน้ำเช็ดออก หรือใช้ Magill forceps ตีบออก การใช้ suction catheter มักไม่สามารถดูดขึ้นมาได้

5. Denitrogenation Absorption Atelectasis เกิดในกรณีที่ใช้ $F_{I}O_2$ สูงในผู้ป่วยที่ไม่ได้หายใจเข้าลึก ตามปกติใน alveoli จะมี nitrogen อยู่และจะไม่ถูกดูดซึมไปใช้ ทำให้ alveoli ไม่แฟบ แต่ขณะที่ใช้ $F_{I}O_2$ สูงและ อากาศเข้าไม่ถึงทำให้ nitrogen ถูกดูดซึมออกจาก alveoli หมดเกิด Atelectasis ตามมา ทำให้ intrapulmonary shunt สูงขึ้น พบว่าช่วงที่ $F_{I}O_2$ เพิ่มขึ้นจาก 0.6 เป็นต้นไป จะทำให้ shunt สูงขึ้นเรื่อยๆ การป้องกันทำได้โดย พยายามใช้ $F_{I}O_2$ ต่ำสุดเท่าที่จำเป็น และกระตุ้นให้มีการหายใจลึกๆ เป็นระยะ

แนวทางการบำบัดด้วยออกซิเจนทางคลินิก

1. ต้องประเมินได้ว่าผู้ป่วยที่ต้องได้รับการบำบัดด้วยออกซิเจน มีเป้าหมาย P_aO_2 เท่าไร จะใช้ F_iO_2 เท่าไร
2. เลือกอุปกรณ์ให้ออกซิเจนที่จะใช้ ตามหลักการ การบำบัดด้วยออกซิเจน
3. ใช้อุปกรณ์ให้ออกซิเจนนั้นอย่างถูกต้อง รวมถึงการดูแลขณะใช้
 - ตรวจสอบแหล่งจ่ายออกซิเจน ให้แน่ใจว่าเหลือใช้ได้อีกนานเท่าไร
 - ติดป้ายเตือนเกี่ยวกับไฟ
 - เลือกอุปกรณ์ทำความชื้นที่เหมาะสม : humidifier, nebulizer
 - ดูแลเกี่ยวกับ airway care และ bronchial hygiene therapy ร่วมไปด้วย

โดยแพทย์สั่งการรักษาต้องระบุมีเป้าหมาย P_aO_2 เท่าไร จะใช้ F_iO_2 เท่าไร พยาบาลต้องเข้าใจและปฏิบัติตามได้ถูกต้อง และประเมินได้ว่าด้วยอุปกรณ์ที่ผู้ป่วยได้รับอยู่ในขณะนั้นได้ F_iO_2 เท่าไร

4. ประเมินผลการใช้ โดยประเมินว่า
 - 4.1 บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ เช่น
 - ป้องกันหรือแก้ไข hypoxia ได้หรือไม่
 - งานที่ใช้ในการหายใจลดลง งานที่หัวใจต้องทำลดลงหรือไม่
 - 4.2 มีภาวะแทรกซ้อน หรือปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนหรือไม่ โดยประเมินจาก
 - Consciousness
 - General comfort
 - Skin color, temperature
 - Vital sign
 - Respiratory rate, depth, effort
 - ABG, pulse oximetry, transcutaneous oxygen
5. ปรับเปลี่ยนการบำบัดด้วยออกซิเจนที่ให้อยู่ให้เหมาะสม
6. พิจารณาเลิกใช้

อุปกรณ์ในการให้ออกซิเจน

ประกอบด้วย

1. อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของออกซิเจน (Flowmeter)
2. ขวดทำความชื้น (Humidifier / Nebulizer)
3. อุปกรณ์ให้ออกซิเจน (Oxygen delivery devices) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ Low flow oxygen delivery system หรือ Variable performance

1. อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของออกซิเจน (Flowmeter)



ลักษณะจะเป็นแบบลูกลอยมีสเกลตั้งแต่ 0-15 ลิตรต่อนาที (Liter per minute: L/min) ก่อนเปิดถังออกซิเจน หรือก่อนนำ flowmeter ไปใช้ ควรตรวจเช็คให้แน่ใจว่าหมอนปิดลูกลอยไว้แล้ว และการใช้ flowmeter ควรให้อยู่ในท่าตั้งตรงเสมอเพื่อให้อ่านค่าได้อย่างถูกต้อง ถ้าลูกลอยมีลักษณะกลมอ่านค่าที่กึ่งกลางลูกลอย ถ้าเป็นแบบหัวบนตัดให้อ่านที่ขอบบน ถ้าใช้ O_2 จากถัง (Cylinder) ต้องต่อกับ regulator ปรับความดันที่ 50 psig หรือถ้าใช้ O_2 จาก central pipeline ก็ใช้ Inlet เสียบต่อกับ Outlet ซึ่งก็มีความดันที่ 50 psig เช่นกัน

2. ชนิดทำความชื้น (Humidifier / Nebulizer)

- Bubble humidifier ให้ความชื้นในรูปแบบของก๊าซหรือไอน้ำ (vapor) ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ชนิดนี้ให้ความชื้นไม่มาก มักใช้กับสายออกซิเจนขนาดเล็ก เช่น nasal cannula หรือ mask with bag
- Bubble-Jet humidifier เป็นชนิดทำความชื้นที่ปรับให้ผลิตไอน้ำ (bubble) หรือฟอยละออง (jet)
- Nebulizer ให้ความชื้นในรูปแบบละอองน้ำ (aerosol) สามารถมองเห็นเป็นละอองขาวๆ ให้ความชื้นสูง เหมาะกับผู้ป่วยที่มีเสมหะมากและเหนียว หรือผู้ป่วยที่หายใจผ่านท่อหลอดลมคอ คือ endotracheal tube (ET-tube) หรือ tracheostomy tube (T-tube) และต้องต่อกับท่อส่งออกซิเจนขนาดใหญ่ เช่น corrugated tube มีทั้งแบบปรับ % O₂ ได้ และปรับไม่ได้



Bubble humidifier



Nebulizer



Bubble-Jet humidifier

การคำนวณความเข้มข้นของออกซิเจนเมื่อใช้ Variable Performance System

วิธีคำนวณ F_iO_2 ในการเปิด flow แต่ละระดับโดยคำนวณจาก Fresh Gas Flow (FGF) , Reservoir, Air dilution

ตัวอย่างที่ 1 Nasal Cannula เปิด Fresh Gas Flow 1 L/min

1. FGF 1 L/min = 1000 mL / 60 s = 17 mL/s คือผู้ป่วยหายใจ 1 ครั้งเวลา 1 s เอา 100% O_2 เข้าไป 17 mL
2. Reservoir สำหรับ Cannula คือโพรงจมูกและคอจะได้ปริมาตร O_2 = 25% ท้ายของเวลาหายใจออก คือ 0.5 s จะได้ 100% O_2 = 8 mL
3. Air dilution ให้คิดในคนหายใจ normal pattern จะได้ปริมาตร 500 mL ดังนั้น Air dilution จึงได้จาก ปริมาตร 500 mL – FGF 17 mL – Reservoir 8 mL = 475 mL ซึ่งเป็น O_2 20%

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	
FGF	17 mL	100 %	17 mL	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาตร O_2 120 mL คือ ได้ O_2 = 24 %
Reservoir	8 mL	100 %	8 mL	
Air dilution	475 mL	20 %	95 mL	
	500 mL		120 mL	

ตัวอย่างที่ 2 Partial rebreathing mask Fresh Gas Flow 6 L/min

1. FGF 6 L/min = 6000 mL / 60 s = 100 mL/s คือผู้ป่วยหายใจ 1 ครั้งเวลา 1 s เอา 100% O_2 เข้าไป 100 mL
2. Reservoir มีปริมาตรประมาณ 500 เวลาหายใจเข้าที่ถูกต้องควรสูดเอาก๊าซใน Reservoir bag ยุบไป ประมาณ 1 ใน 3 ของ Reservoir bag จะได้ 100% O_2 = 150 mL
3. Air dilution เวลาผู้ป่วยหายใจเข้าไม่ได้เอาก๊าซทั้งหมดจาก reservoir bag แต่สูดเอาอากาศภายนอกเข้าไปด้วย เนื่องจากไม่มี one way valve ดังนั้น Air dilution จึงได้จากปริมาตร 500 mL – FGF 100 mL – Reservoir 150 mL = 250 mL ซึ่งเป็น O_2 20%

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	
FGF	100 mL	100 %	100 mL	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาตร O_2 300 mL คือ ได้ O_2 = 60 %
Reservoir	150 mL	100 %	150 mL	
Air dilution	250 mL	20 %	50 mL	
	500 mL		300 mL	

ถ้าเปิด FGF < 6 L/min จะไม่เพียงพอที่จะไล่ลมหายใจออกใน mask ให้เป็น 100% O_2 ทำให้มี rebreathing และไม่สามารถคิด % O_2 ของ Reservoir bag เป็น 100% O_2 ดังนั้น minimum FGF สำหรับ Partial rebreathing mask คือ ≥ 6 L/min

จากหลักการคิดคำนวณข้างต้นสามารถคำนวณ $F_{I}O_2$ ที่ได้จาก Fresh gas flow ต่างๆกันของ Low-flow O_2 delivery devices ในผู้ป่วยที่มีลักษณะการหายใจปกติ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ชนิดการใช้ O_2	FGF (L/min)	$F_{I}O_2$ ที่คาดว่าจะได้
Nasal Cannula	1	0.24
	2	0.28
	3	0.32
	4	0.36
	5	0.40
	6	0.44
Simple mask (without bag)	6	0.4
	7	0.5
	8	0.6
Patial rebreathing mask (mask with bag)	6	0.6
	7	0.7
	8	0.8
	9	>0.8
	10	>0.9

ค่าจะเป็นตามตารางก็ต่อเมื่อผู้ป่วยหายใจ ventilatory pattern ปกติคือ

1. Tidal volume 300 – 700 mL
2. Respiratory rate < 25 /min
3. Regular and consistent breathing

ถ้าผู้ป่วยหายใจหอบลึกเร็ว $F_{I}O_2$ จะได้น้อยกว่าในตาราง แต่ถ้าผู้ป่วยหายใจช้าและตื้นจะได้ $F_{I}O_2$ สูงกว่า ดังนั้น O_2 ในระบบ variable performance system ทั้ง 3 ชนิดในตารางข้างบนจึงไม่เหมาะกับผู้ป่วยที่ ventilatory pattern ยังไม่สม่ำเสมอคงที่

การคำนวณ $F_{I}O_2$ ในอุปกรณ์ T-piece

1. $F_{I}O_2$ จะได้เท่าไร ขึ้นกับ T_I และ Fresh gas flow ที่เปิด
2. Reservoir จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามี Reservoir นิยมใช้ corrugate tube ความยาวต่างๆ กัน เพื่อให้ได้

ปริมาตร Reservoir ต่างๆ กันตามต้องการ

- ถ้าไม่มี Reservoir จะเปิด FGF เท่าไรก็ได้ เช่น 0.5, 1, 2, 3 L/min และจะได้ $F_{I}O_2$ ตามการคำนวณ
- ถ้ามี Reservoir 50 mL (corrugate tube ยาว 6 นิ้วฟุต) minimum FGF ที่ต้องใช้คือ 5-6 L/min และ $F_{I}O_2$

ที่ได้ก็คำนวณตามแนวทางที่จะแสดงต่อไป

- ถ้ามี Reservoir 100 mL (corrugate tube ยาว 12 นิ้วฟุต) ก็ต้องใช้ minimum FGF สูงถึง 10-12 L/min
3. Air dilution คิดโดยใช้หักจาก V_T เช่นเดิม

ตัวอย่างที่ 3 T-piece without reservoir FGF 3 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O ₂	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O ₂ 140 mL คือ ได้ O ₂ = 28 %
FGF	50 mL	100 %	50 mL	
Reservoir	0 mL	100 %	0 mL	
Air dilution	450 mL	20 %	90 mL	
	500 mL		140 mL	

ตัวอย่างที่ 4 T-piece with 50 mL reservoir FGF 9 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O ₂	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O ₂ 260 mL คือ ได้ O ₂ = 52 %
FGF	150 mL	100 %	150 mL	
Reservoir	50 mL	100 %	50 mL	
Air dilution	300 mL	20 %	60 mL	
	500 mL		260 mL	

ตัวอย่างที่ 5 T-piece with 100 mL reservoir FGF 12 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O ₂	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O ₂ 340 mL คือ ได้ O ₂ = 70 %
FGF	200 mL	100 %	200 mL	
Reservoir	100 mL	100 %	100 mL	
Air dilution	200 mL	20 %	40 mL	
	500 mL		340 mL	

ถ้าผู้ป่วยหายใจ ventilatory pattern ที่ผิดจากปกติ เช่นหายใจหอบลึกเร็ว $F_{I}O_2$ จะได้น้อยกว่า แต่ถ้าผู้ป่วยหายใจช้าและตื้นจะได้ $F_{I}O_2$ สูงกว่า

Nasal Cannula



เป็นสายออกซิเจนที่แยงเข้ารูจมูกทั้ง 2 ข้าง ทิศทางของออกซิเจนพุ่งไปด้านหลังไม่ใช่ขึ้นไปทาง Frontal air sinus เพราะจะระคายเคืองมาก เกิด sinus pain ได้ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สะดวกสามารถใส่ไว้ได้ตลอดเวลา แม้ขณะทานอาหาร พุดคุยหรือขณะพยายามใส่ ET tube ดูแลง่าย หลุดยาก แต่ถ้าให้ Flow สูง 6-8 L/min จะทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อน คือผู้ป่วยรู้สึกไม่สบาย ปากแห้ง แสบจมูก เลือดกำเดาออก กลืนลมเข้าท้อง มีการอักเสบในหลอดลม

ผู้ป่วยที่ไม่เหมาะกับการใช้ **Nasal Cannula** คือ

- ผู้ป่วยที่ต้องการ $F_{I}O_2$ เกิน 0.4-0.5
- ผู้ป่วยที่มี nasal obstruction
- ผู้ป่วยที่ไม่ยอมใส่

แนวทางการใช้ Nasal Cannula

1. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจถึงความจำเป็น และแจ้งว่าจะทำอะไรบ้าง
2. เตรียม Nasal Cannula ต่อกับออกซิเจนที่มาจาก flowmeter และผ่าน humidifier ถ้าเปิด flow < 2 L/min อาจไม่ต้องผ่าน humidifier ได้ ระวังไม่ต่อ ออกซิเจนผ่าน nebulizer เพราะท่อเล็กทำให้มีหยดน้ำในสายอุดตัน ถ้า flow สูงหยดน้ำเข้าจมูกผู้ป่วยได้
3. สอดปลาย Cannula เข้ารูจมูก โดยให้ปลาย Cannula ชี้ไปทางข้างหลังไม่ให้ขึ้นบนศีรษะ
4. จัดสาย Cannula ให้อยู่กับที่โดยคล้องสายผ่านทางเหนือหู และอ้อมหลังหูมารัดไว้ได้คางไม่รัดหลวมหรือแน่นเกินไป
5. ในรายที่เสี่ยงต่อการหลุด อาจใช้พลาสติกปิดสายกับหน้าผู้ป่วย และอาจใช้เข็มกลัด กลัดกับเสื้อเพื่อป้องกันการดึงรั้งที่อาจเกิดขึ้น
6. เปิด flow ตามต้องการ 1 – 6 L/min
7. ประเมินผลการใช้ว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ มีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่
8. การดูแล ควรตรวจสอบปลายรูทุกเวอร์ เพราะอาจเกิดอุดตันจมูกหรือคราบเลือด

ข้อควรระวัง ในผู้ป่วยเด็กไม่ควรใช้ Cannula สำหรับผู้ใหญ่ เพราะสายใหญ่เต็มรูจมูกอาจเกิดปัญหา inadvertent CPAP และ abdominal distension ได้ สาย Cannula สำหรับเด็กควรเป็นสายที่นุ่มและอาจมีกลิ่นหอม แต่ปัญหาที่ต้องระวังคือ แม้ให้ flow ต่ำ เช่น เพียง 1 L/min ก็อาจได้รับ $F_{I}O_2$ สูงได้ อาจต้องเริ่มน้อยกว่านั้น แนะนำให้เจาะ arterial blood gas เพื่อปรับระดับ flow ให้ต่ำที่สุดที่จะได้ค่า $P_a O_2$ เพียงพอ

วิธีคำนวณ $F_{I}O_2$ ในการเปิด flow แต่ละระดับโดยคำนวณจาก Fresh Gas Flow (FGF) , Reservoir, Air dilution

ตัวอย่างที่ 1 Nasal Cannula เปิด Fresh Gas Flow 1 L/min

1. FGF 1 L/min = 1000 mL / 60 s = 17 mL/s คือผู้ป่วยหายใจ 1 ครั้งเวลา 1 s เอา 100% O_2 เข้าไป 17 mL
2. Reservoir สำหรับ Cannula คือ โพรงจมูกและคอจะได้ปริมาตร O_2 = 25% ของเวลาหายใจออก คือ 0.5 s จะได้ 100% O_2 = 8 mL
3. Air dilution ให้คิดในคนหายใจ normal pattern จะได้ปริมาตร 500 mL ดังนั้น Air dilution จึงได้จาก ปริมาตร 500 mL – FGF 17 mL – Reservoir 8 mL = 475 mL ซึ่งเป็น O_2 20%

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O_2 120 mL คือ ได้ O_2 = 24 %
FGF	17 mL	100 %	17 mL	
Reservoir	8 mL	100 %	8 mL	
Air dilution	475 mL	20 %	95 mL	
	500 mL		120 mL	

จากหลักการคิดคำนวณข้างต้นสามารถคำนวณ $F_{I}O_2$ ที่ได้จาก Fresh gas flow ต่างๆกันของ Low-flow O_2 delivery devices ในผู้ป่วยที่มีลักษณะการหายใจปกติ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ชนิดการใช้ O_2	FGF (L/min)	$F_{I}O_2$ ที่คาดว่าจะได้
Nasal Cannula	1	0.24
	2	0.28
	3	0.32
	4	0.36
	5	0.40
	6	0.44

ออกซิเจน Face Mask หรือ Oronasal Mask

ข้อดี Face mask เป็น Reservoir system มีข้อดีคือสามารถให้ F_iO_2 สูงกว่า Nasal Cannula ให้ humidification ได้ดีกว่า ไม่ระคายเคืองและไม่เกิด trauma ต่อจมูก

ข้อเสีย อาจรู้สึกอึดอัดเหมือนมีอากาศไม่พอหายใจ ในขณะที่รับประทานอาหารหรือดื่มน้ำ ทำให้ได้รับ O_2 ขาดช่วง และไม่สามารถครอบสนิทกับหน้าผู้ป่วย ทำให้ได้ F_iO_2 ต่ำกว่าที่คำนวณได้

Face mask มีหลายชนิด ได้แก่ simple face mask, partial rebreathing mask, non-rebreathing mask, aerosol mask, airentrainment mask (venturi mask)

Simple Face Mask



เป็น mask ธรรมดาที่ไม่มี reservoir bag มีหน้ากากครอบจมูกและปากมีรูเล็กๆหลายรูให้อากาศออกทางด้านข้าง 2 ด้าน มีแผ่นโลหะตัดได้เพื่อให้พอดีกับดั้งจมูก มีสายรัดกับศีรษะ เป็นสายเล็ก O_2 ที่เข้า simple face mask ต้องเป็น humidified O_2 ในการเปิด flow 6-8 L/min ได้ O_2 35-45%, flow 8-10 L/min ได้ O_2 45-55%, flow 10-12-8 L/min ได้ O_2 55-65%

แนวทางการใช้ simple face mask

1. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจถึงความจำเป็น และแจ้งว่าจะทำอะไรบ้าง
2. เตรียม **simple face mask** ต่อกับ ออกซิเจนที่มาจาก flowmeter และผ่าน humidifier เปิด flow > 5-6 L/min ไม่ควรผ่าน nebulizer เพราะ aerosol จะทำให้เกิดหยดน้ำอุดกั้นการไหลของ O_2
3. ครอบ mask ให้แนบกับใบหน้า ปรับแผ่นโลหะตัดได้เพื่อให้พอดีกับดั้งจมูก คล้องสายรัดศีรษะผ่านเหนือหู
4. ประเมินผลการใช้ว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ มีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่
5. การดูแล ควรตรวจสอบเช็ดทำความสะอาด mask โดยใช้ผ้าชุบน้ำอุ่นทุกเวร

Patial Rebreathing Mask (Mask with bag)



มักเรียก mask with bag ประกอบด้วย face mask และ reservoir bag ที่มีความจุประมาณ 500 mL มีทางเข้า O_2 ที่บริเวณคอของ mask มีข้อดีคือสามารถให้ F_{I,O_2} ได้ในระดับปานกลาง-สูง ขึ้นกับ FGF ถ้าครอบ mask สนิทดี มักได้ F_{I,O_2} 0.4-0.8 ด้วย flow 6-10 L/min แต่ถ้าครอบไม่สนิทมีอากาศภายนอกเข้าผสมมาก F_{I,O_2} จะต่ำลง หรือถ้าผู้ป่วยหายใจลึกเร็วจะได้ F_{I,O_2} ต่ำกว่าผู้ป่วยหายใจตื้นและช้า ในผู้ป่วยหายใจลึกเร็ว ถ้าต้องการ F_{I,O_2} สูง อาจต้องเปิด flow ถึง 15-20 L/min เพื่อให้ได้ F_{I,O_2} 0.8-0.9 หรือเปลี่ยนใช้ non-rebreathing mask

ชนิดการใช้ O_2	FGF (L/min)	F_{I,O_2} ที่คาดว่าจะได้
Simple mask (without bag)	6	0.4
	7	0.5
	8	0.6
Patial rebreathing mask (mask with bag)	6	0.6
	7	0.7
	8	0.8
	9	>0.8
	10	>0.9

แนวทางการใช้ patial rebreathing mask (mask with bag)

- อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจถึงความจำเป็น และแจ้งว่าจะทำอะไรบ้าง
- เตรียม mask with bag ต่อกับ ออกซิเจนที่มาจาก flowmeter และผ่าน humidifier เปิด flow > 5-6 L/min ให้ reservoir bag โป่งก่อน เวลาหายใจเข้าจะสูด O_2 จาก flowmeter และ reservoir bag ถุงจะยุบลงเล็กน้อยไม่เกิน 1/2 ของถุง เมื่อหายใจออกลมหายใจส่วนแรก จะเข้าในถุงไม่เกิน 1/3 ของลมหายใจออกเพราะ O_2 จาก flowmeter เข้าเต็มถุงก่อน ถ้าเปิด O_2 จาก flowmeter ไม่พอจะทำให้เวลาหายใจเข้าถุงยุบตัวเกือบหมดและเมื่อหายใจออกลมหายใจจะเข้าถุงได้มากทำให้ F_{I,O_2} ต่ำกว่าที่คำนวณ
- ครอบ mask ให้แนบกับใบหน้า ปรับแผ่นโลหะตัดได้เพื่อให้พอดีกับคั้งจมูกคล้องสายรัดศีรษะผ่านเหนือหู
- ประเมินผลการใช้ว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ มีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่
- การดูแล ควรตรวจสอบเช็ดทำความสะอาด mask โดยใช้ผ้าชุบน้ำอุ่นทุกแวน

Non-Rebreathing Mask



เป็น partial rebreathing mask ที่มี one way valves 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็น inhalation valve อยู่ระหว่าง reservoir bag กับ mask จะเปิดให้ก๊าซผ่านจาก reservoir bag เข้า mask ในช่วงหายใจเข้าและปิดในช่วงหายใจออก เพื่อไม่ให้ก๊าซในช่วงหายใจออกเข้าไปใน reservoir bag ชุดที่ 2 เป็น exhalation valves ติดอยู่ที่รูทางออกแต่ละข้างของ mask จะปิดช่วงหายใจเข้าเพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้า และเปิดให้ลมหายใจออกสู่บรรยากาศในช่วงหายใจออก จะได้ $F_{I}O_2$ ก่อนข้างคงที่ใกล้เคียง 1.0 ถ้า mask ครอบสนิทดี one way valves ทำงานดี และ reservoir bag นิ่มเบา มี compliance สูงและต้องมีขนาดใหญ่มากพอ กับ flow demand ของผู้ป่วย

แนวทางการใช้ non-rebreathing mask

1. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจถึงความจำเป็น และแจ้งว่าจะทำอะไรบ้าง
2. เตรียม non-rebreathing mask ต่อกับ ออกซิเจนที่มาจาก flowmeter และผ่าน humidifier เปิด flow ≥ 10 L/min หรือเปิดจนให้ได้ถุงโป่งตลอด เวลาหายใจเข้าถุงจะยุบลงเล็กน้อยไม่เกิน 1/2 ของถุง ถ้าแฟบหมด แสดงว่าปริมาณก๊าซในถุงบวกกับ FGF ก็ยังไม่พอกับ Tidal volume ที่ผู้ป่วยต้องการซึ่งอาจเกิดจากถุงมีขนาดเล็กไปหรือ FGF ต่ำไป ผู้ป่วยอาจขาดอากาศหายใจไปจำนวนหนึ่ง หรืออาจต้องดูดอากาศจากภายนอกเข้าตามรอยรั่ว ทำให้ $F_{I}O_2$ ต่ำกว่าที่ต้องการ
3. ครอบ mask ให้แนบกับใบหน้า ปรับแผ่นโลหะตัดได้เพื่อให้พอดีกับดั้งจมูก คล้องสายรัดศีรษะผ่านเหนือหู
4. ประเมินผลการใช้ว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ มีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่
5. การดูแล ควรตรวจสอบเช็ดทำความสะอาด mask โดยใช้ผ้าชุบน้ำอุ่นทุกเวร

Aerosol Mask

เป็น mask ที่ถูกออกแบบเพื่อใช้กับ nebulizer สำหรับผู้ป่วยที่ต้องการ aerosol therapy มีลักษณะคล้าย simple face mask ต่างกันที่ exhalation port เป็นรูใหญ่อยู่แต่ละข้างของ mask เพื่อป้องกัน aerosol จับเป็นหยดน้ำ และให้ก๊าซออกได้สะดวก ไม่เกิด back pressure ดึงอากาศมาผสมมีผลให้รบกวนการทำ aerosol การใช้ mask นี้มักใช้ flow สูงทำให้มีก๊าซเหลือออกสู่บรรยากาศและอากาศภายนอกเข้ามาผสมไม่ได้ ถือเป็น fixed performance system แต่ถ้า total flow ต่ำกว่า peak inspiratory flow ต้องดึงอากาศภายนอกเข้ามาผสมทำให้ทำให้ F_{I,O_2} ต่ำกว่าที่ต้องการ และไม่ทราบค่า F_{I,O_2} ที่แน่นอน ก็เป็น variable performance system aerosol mask ที่มีใช้โดยทั่วไปมีดังต่อไปนี้

Tracheostomy Mask (Trach Mask หรือ Tracheostomy Collar)



เป็น mask ครอบ Tracheostomy tube มีสายโยงผูกครอบคอ โดยไม่ต้องมีส่วนใดต่อกับ Tracheostomy tube เลย ส่วนบนของ mask มีรูใหญ่เปิดสู่บรรยากาศ ทางที่ O_2 เข้าเป็นข้อต่อรูใหญ่ต่อกับท่อ corrugated O_2 ชนิดนี้ใช้เพื่อ humidity therapy, aerosol therapy หรือ O_2 therapy ถ้าใช้เพื่อให้ O_2 โดยไม่ต้องการ aerosol อาจต่อจาก humidifier ธรรมดาโดยใช้สายเล็กต่อเข้ากับ Tracheostomy mask ก็ได้เหมือนใน O_2 simple mask

Nebulizer Face Mask



เป็น face mask มีรูใหญ่เปิดสู่บรรยากาศ 2 รู ทางที่ O_2 เข้าเป็นข้อต่อรูใหญ่ต่อกับท่อ corrugated เหมือนกับ O_2 ที่ใช้ใน Tracheostomy mask

O₂ T- Piece



มีลักษณะเป็น connector 3 ทาง

ทางที่ 1 เป็นทางเข้าสู่ผู้ป่วย เรียก patient's limb มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 22 มม. ต่อกับ endotracheal tube หรือ tracheostomy tube พอดี

ทางที่ 2 เป็นทางให้ fresh gas เข้า เรียก inspiratory limb จะเป็นท่อใหญ่ต่อกับ corrugated tube ที่ต่อมาจาก nebulizer แต่ถ้าไม่มี corrugated tube อาจใช้สายเล็กต่อกับ humidifier ธรรมดาก็ได้โดยหาข้อต่อเข้ากับ inspiratory limb ของ T- Piece ให้ได้

ทางที่ 3 เป็นทางให้ลมหายใจและก๊าซส่วนเกินออก เรียกว่า expiratory limb อาจเปิดสู่บรรยากาศโดยตรง หรือสามารถนำ corrugated tube ความยาวต่างๆ กันเช่น 6 นิ้วฟุต, 12 นิ้วฟุต มาต่อที่ expiratory limb เป็น reservoir ก็ได้ เพื่อเพิ่ม F_IO₂ และทำให้ humidity สูงขึ้น แต่การจะได้ F_IO₂ สูงนั้นต้องคำนึงว่าต้องเปิด minimum flow ให้ได้ FGF มากพอที่จะไล่ expired gas ใน reservoir ให้หมดก่อนการหายใจเข้าครั้งต่อไป

T- Piece เป็นอุปกรณ์ที่ให้ O₂ อาจต่อกับแหล่งจ่ายก๊าซได้หลายประเภท เช่น O₂ flowmeter ต่อกับ humidifier ธรรมดา, ต่อกับ nebulizer แบบปรับ % O₂ ได้ หรือแบบปรับ % O₂ ไม่ได้ เป็นอุปกรณ์ที่เป็นได้ทั้ง fixed performance และ variable performance system

ถ้าใช้แบบไม่มี reservoir หรืออาจเรียกว่า L- Piece นิยมใช้ในผู้ป่วย COPD ที่ต้องการ F_IO₂ ต่ำๆ อาจเปิด FGF ต่ำๆ 0.5-1 L/min ก็ได้ ก็จะเป็นแบบ variable performance system แต่ถ้าต้องการเป็น fixed performance system จำเป็นต้องเปิด FGF ประมาณ 3 เท่า ของ minute ventilation ของผู้ป่วย ทั้งนี้หมายความว่าผู้ป่วยต้องหายใจด้วย ventilation pattern ค่อนข้างปกติ มี I/E ratio = 1/2 แต่ถ้า I/E ratio เปลี่ยนไป ปริมาณ FGF ที่ต้องการจะเปลี่ยนไปเช่น

I/E ratio = 1/1 ใช้ FGF 2 เท่า ของ minute ventilation

I/E ratio = 1/3 ใช้ FGF 4 เท่า ของ minute ventilation

I/E ratio = 1/4 ใช้ FGF 5 เท่า ของ minute ventilation

การคำนวณ $F_{I}O_2$ ในอุปกรณ์ T-piece

- $F_{I}O_2$ จะได้เท่าไร ขึ้นกับ T_I และ Fresh gas flow ที่เปิด
- Reservoir จะมีหรือไม่มีก็ได้ ถ้ามี Reservoir นิยมใช้ corrugate tube ความยาวต่างๆ กัน เพื่อให้ได้ ปริมาตร Reservoir ต่างๆ กันตามต้องการ
 - ถ้าไม่มี Reservoir จะเปิด FGF เท่าไรก็ได้ เช่น 0.5, 1, 2, 3 L/min และจะได้ $F_{I}O_2$ ตามการคำนวณ
 - ถ้ามี Reservoir 50 mL (corrugate tube ยาว 6 นิ้วฟุต) minimum FGF ที่ต้องใช้คือ 5-6 L/min และ $F_{I}O_2$ ที่ได้ก็ คำนวณตามแนวทางที่จะแสดงต่อไป
 - ถ้ามี Reservoir 100 mL (corrugate tube ยาว 12 นิ้วฟุต) ก็ต้องใช้ minimum FGF สูงถึง 10-12 L/min
- Air dilution คิดโดยใช้หักจาก V_T เช่นเดิม

ตัวอย่างที่ 1 T-piece without reservoir FGF 3 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	
FGF	50 mL	100 %	50 mL	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O_2 140 mL คือ ได้ $O_2 = 28\%$
Reservoir	0 mL	100 %	0 mL	
Air dilution	450 mL	20 %	90 mL	
	500 mL		140 mL	

ตัวอย่างที่ 2 T-piece with 50 mL reservoir FGF 9 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	
FGF	150 mL	100 %	150 mL	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O_2 260 mL คือ ได้ $O_2 = 52\%$
Reservoir	50 mL	100 %	50 mL	
Air dilution	300 mL	20 %	60 mL	
	500 mL		260 mL	

ตัวอย่างที่ 3 T-piece with 100 mL reservoir FGF 12 L/min ventilatory pattern ปกติ

สรุปวิธีคิดได้ดังนี้	Volume	Concentration	ปริมาณ O_2	
FGF	200 mL	100 %	200 mL	∴ ในปริมาตร 500 mL มี ปริมาณ O_2 340 mL คือ ได้ $O_2 = 70\%$
Reservoir	100 mL	100 %	100 mL	
Air dilution	200 mL	20 %	40 mL	
	500 mL		340 mL	

ถ้าผู้ป่วยหายใจ ventilatory pattern ที่ผิดจากปกติ เช่นหายใจหอบลึก เร็ว $F_{I}O_2$ จะได้น้อยกว่า แต่ถ้าผู้ป่วยหายใจช้าและตื้นจะได้ $F_{I}O_2$ สูงกว่า

แนวทางการใช้ O₂ Nebulizer (Aerosol Mask ,O₂T- Piece, Tracheostomy mask)

1. ต้องประเมินได้ว่าผู้ป่วยที่ต้องได้รับการบำบัดด้วยออกซิเจน มีเป้าหมาย P_aO₂ เท่าไร จะใช้ F_IO₂ เท่าไร โดยแพทย์สั่งการรักษาต้องระบุมีเป้าหมาย P_aO₂ เท่าไร จะใช้ F_IO₂ เท่าไร พยาบาลต้องเข้าใจและปฏิบัติตามได้ถูกต้อง และประเมินได้ว่าด้วยอุปกรณ์ที่ผู้ป่วยได้รับอยู่ในขณะนั้นได้ F_IO₂ เท่าไร
2. อธิบายให้ผู้ป่วยเข้าใจถึงความจำเป็น และแจ้งว่าจะทำอะไรบ้าง
3. เตรียม O₂T- Piece ต่อกับ ครอบ nebulizer ใช้ครอบที่ปรับ % O₂ ได้ เปิด flow เท่าใดนั้นต้องดูว่าต้องการ F_IO₂ เท่าใด ปรับ % O₂ และเปิด flow ขึ้นต่ำเท่าที่ระบุไว้ที่ฝาครอบครอบ ข้อสังเกตว่า เปิด flow เพียงพอต่อ Flow demand ของผู้ป่วยหรือไม่คือเวลาหายใจเข้า จะเห็นละอองควันเหลือเล็กน้อย ถ้าผู้ป่วยสูดละอองควันจนหมดแสดงว่า FGF ก็ยังไม่พอกับ Tidal volume ที่ผู้ป่วยต้องการ ผู้ป่วยอาจขาดอากาศหายใจไปจำนวนหนึ่ง หรืออาจต้องดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาผสม ทำให้ F_IO₂ ต่ำกว่าที่ต้องการ ต้องคิดคำนวณ F_IO₂ ที่ได้ตามตารางด้านบน
4. ดูแลให้ corrugated tube ต่ำกว่าท่อหลอดลมคอ ถ้ามีน้ำใน corrugated tube ให้เทออก ดูแลไม่ให้ corrugated tube ค้างหรือ หัก พับ งอ
5. กรณีให้ O₂ tracheostomy mask ให้ครอบ mask เหนือรูเปิดของ tracheostomy tube คล้องสายผูกครอบคอให้กระชับ ไม่แน่นจนเกินไป
6. ประเมินผลการใช้ว่าได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่ มีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นหรือไม่
7. ในบางรายอาจแพ้ aerosol ดูแลได้จากอาการไอตลอดและมี wheezing เพิ่มขึ้นทันทีขณะเปลี่ยนมาใช้ O₂T- Piece ที่ต่อกับ nebulizer ก็ควรเปลี่ยนเป็นใช้ humidifier แทน nebulizer
8. การดูแล ควรตรวจสอบเปลี่ยนสายท่อ corrugated ทุก 24 ชั่วโมง
9. พิจารณาเลิกใช้ตามแพทย์สั่งการรักษา

หมายเหตุ ไม่ควรเลือกใช้ครอบออกซิเจนชนิดที่ไม่มีให้ปรับ F_IO₂ เพราะ ไม่สามารถทราบได้ว่าขณะนั้นได้ F_IO₂ เท่าใด ต้องคำนวณเอง และถ้าดูว่ามีละอองควันเหลือเล็กน้อยตอนสิ้นสุดการหายใจเข้า ก็จะกลายเป็นว่าเราให้ F_IO₂ 1.0 โดยจะเป็นผลเสีย 2 กรณี คือ

1. จาก O₂ F_IO₂ 1.0 เป็นเวลานาน
2. หลัง Extubation ETT ผู้ป่วยได้รับ O₂ F_IO₂ ต่ำกว่า 1.0 ค่อนข้างมากในทันที เนื่องจากอุปกรณ์ให้ออกซิเจน หลัง Extubation ETT ทำ F_IO₂ ได้ เพียง 0.3-0.5 ในทางเป็นจริง ทำให้มีระดับ P_aO₂ ต่ำลงรวดเร็ว อาจต้อง Re intubation ETT

คำถาม ถ้าผู้ป่วย หายใจหอบมากขึ้น ควรทำอย่างไร

1. ปรับ F_IO₂ เพิ่มขึ้น
2. เปิด flow สูงขึ้น

ตอบ ต้องเปิด flow สูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอต่อ Flow demand ของผู้ป่วย คือเวลาหายใจเข้า จะเห็นละอองควันเหลือเล็กน้อย แสดงว่าสามารถให้ F_IO₂ ได้เท่าแผนการรักษาเดิม ถ้าต้องการให้ F_IO₂ สูงขึ้น ต้องปรับเพิ่ม %O₂ และเพิ่ม flow จนเห็นละอองควันเหลือให้เห็นอยู่ท้ายของการหายใจเข้า ถ้าเพิ่ม F_IO₂ > 0.5แล้ว ยังไม่แก้ปัญหา hypoxemia ได้ ต้องรายงานแพทย์เพื่อปรับแผนการรักษาต่อไป

Venturi Mask



Venturi mask ใช้เป็น fixed performance system ที่ให้ $F_{I}O_2$ ระดับต่ำถึงปานกลาง จึงเหมาะกับผู้ป่วยที่ต้องการ controlled low dose O_2 therapy เช่น COPD ที่มี chronic CO_2 retention ซึ่งผู้ป่วยหายใจด้วย hypoxic drive ถ้า $P_a O_2$ สูงกว่า 70 mmHg การกระตุ้นการหายใจน้อยลง $P_a CO_2$ จะสูงขึ้น ถ้าสูง > 100 mmHg ก็จะกดการทำงานของสมอง ระดับความรู้สึกตัวลดลง และหยุดหายใจได้ เรียกภาวะนี้ว่า CO_2 narcosis ดังนั้น O_2 therapy ในรายที่มี Acute exacerbation คือเพื่อแก้ severe hypoxemia และรักษาระดับ $P_a O_2$ ให้อยู่ในช่วง 60-70 mmHg จึงต้องใช้วิธีค่อยๆ เพิ่ม $F_{I}O_2$ ทีละน้อยๆ ไม่ใช่ให้ $F_{I}O_2$ 0.4-0.5 เลยตั้งแต่แรกเหมือนที่ทำในผู้ป่วยที่ไม่ได้หายใจด้วย hypoxic drive



ปัญหาในการใช้ Venturi mask คือ

1. ถ้ามีความต้านทานการไหล อากาศเข้าไปผสมได้น้อย (entrained air ลดลง) ทำให้ $F_{I}O_2$ สูงขึ้น ดังนั้นอย่าใช้ต่อกับ mask ที่มีรูเล็กๆ ให้ก๊าซออก และต้องระวังการเพิ่มของ resistance ในวงจรหายใจ
2. Humidification of inspired gas การใช้ในผู้ป่วยที่หายใจผ่านจมูกให้ต่อสาย O_2 โดยตรงกับ O_2 flowmeter ได้เลย แต่ถ้าจะให้ความชื้นก็ทำได้โดยผ่าน humidifier ธรรมดา *ไม่ควรผ่าน nebulizer* เนื่องจากจะรบกวนต่อ Venturi effect

การพ่นยาขยายหลอดลม

การพ่นยาขยายหลอดลมผ่าน Aerosol mask, T-piece , เครื่องช่วยหายใจ



พ่นยา face mask



พ่นยา tracheostomy mask



การต่อพ่นยาผ่าน T-Piece

1. ดูดยาใส่ในกระเปาะ (medicated nebulizer)
2. ผสมกับน้ำเกลือ ให้ได้ปริมาตรรวมประมาณ 2.5-4 มล. แล้วหมุนกระเปาะ บิดตามเกลียวให้แน่น
3. ต่อสายออกซิเจนที่กั้นกระเปาะ หรือต่อสายออกซิเจนกับเครื่อง air compressor ที่สามารถอัดอากาศได้อย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องผ่าน Humidifier
4. เปิดอัตราไหลของแก๊ส 6-8 ลิตร/นาที
5. ต่อกระเปาะเข้ากับ aerosol face mask ที่มีรูกลมเปิดที่ข้างจมูกทั้ง 2 ข้าง
6. นำไปครอบที่ปากและจมูกของผู้ป่วย
7. ให้ผู้ป่วยหายใจเข้าออกปกติ ในท่านั่ง
8. เคาะกระเปาะยาเป็นระยะๆ เพื่อให้ยาที่ติดค้างข้างกระเปาะ ตกลงมาที่กั้นกระเปาะ
9. พ่นยาต่อจนกระทั่งยาหมดกระเปาะ หรือไม่เห็นละอองยา โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 10-15 นาที
10. ควรเปลี่ยน ชุดพ่นยาทุก 24 ชั่วโมง

แนวทางการบำบัดด้วยออกซิเจนทางคลินิก

1. ต้องประเมินได้ว่าผู้ป่วยที่ต้องได้รับการบำบัดด้วยออกซิเจน มีเป้าหมาย P_aO_2 เท่าไร จะใช้ $F_I O_2$ เท่าไร
2. เลือกอุปกรณ์ให้ออกซิเจนที่จะใช้ ตามหลักการ การบำบัดด้วยออกซิเจน
3. ใช้อุปกรณ์ให้ออกซิเจนนั้นอย่างถูกต้อง รวมถึงการดูแลขณะใช้
 - ตรวจสอบแหล่งจ่ายออกซิเจน ให้แน่ใจว่าเหลือใช้ได้อีกนานเท่าไร
 - ติดป้ายเตือนเกี่ยวกับไฟ
 - เลือกอุปกรณ์ทำความชื้นที่เหมาะสม : humidifier, nebulizer
 - ดูแลเกี่ยวกับ airway care และ bronchial hygiene therapy ร่วมไปด้วย

โดยแพทย์สั่งการรักษาต้องระบุมีเป้าหมาย P_aO_2 เท่าไร จะใช้ $F_I O_2$ เท่าไร พยาบาลต้องเข้าใจและปฏิบัติตามได้ถูกต้อง และประเมินได้ว่าด้วยอุปกรณ์ที่ผู้ป่วยได้รับอยู่ในขณะนั้นได้ $F_I O_2$ เท่าไร

4. ประเมินผลการใช้ โดยประเมินว่า
 - 4.1 บรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ เช่น
 - ป้องกันหรือแก้ไข hypoxia ได้หรือไม่
 - งานที่ใช้ในการหายใจลดลง งานที่หัวใจต้องทำลดลงหรือไม่
 - 4.2 มีภาวะแทรกซ้อน หรือปัจจัยเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนหรือไม่ โดยประเมินจาก
 - Consciousness
 - General comfort
 - Skin color, temperature
 - Vital sign
 - Respiratory rate, depth, effort
 - ABG, pulse oximetry, transcutaneous oxygen
5. ปรับเปลี่ยนการบำบัดด้วยออกซิเจนที่ให้อยู่ให้เหมาะสม
6. พิจารณาเลิกใช้

สรุป เป้าหมายของ Oxygen Therapy

	P_aO_2 ที่ต้องการ	$F_I O_2$
1. hypoxemia : Acute	>60-80 มม.ปรอท	low conc (<0.5)
: Acute on top of chronic	<70 มม.ปรอท	controlled low dose
2. Anemic hypoxia	สูงสุด	1.0
3. Circulatory hypoxia :Shock	>100	low conc (<0.5)
: severe shock ,CPR	สูงสุด	1.0
8. Histotoxic hypoxia	>100	low conc (<0.5)
9. Hypermetabolic hypoxia	>100	low conc (<0.5)
10. Carbon monoxide poisoning	สูงสุด	1.0
11. Enhance absorption of air space	สูงสุด	1.0

การบำบัดด้วยออกซิเจนในโรคต่างๆ

Acute Myocardial Infarction (AMI)

1. Uncomplicated AMI พบว่ามี Mild hypoxemia ร่วมด้วยเกือบร้อยละ 50 ราย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องป้องกันและแก้ไข hypoxemia ที่มีหรืออาจจะมี โดยการให้ออกซิเจน ชนิดที่สามารถให้ $F_{I}O_2$ ไม่ต้องเกิน 0.5 ก็เพียงพอ ที่สะดวกและไม่รบกวนแม้ขณะรับประทานอาหาร คัดน้ำหรือพูด ก็คือ nasal cannula

2. Complicated AMI คือ AMI ที่มี cardiac arrhythmias, heart failure, pulmonary edema, cardiogenic shock ผู้ป่วยเหล่านี้มี associated hypoxemia ได้บ่อยและรุนแรงได้มากๆ O_2 therapy จำเป็นทุกราย และบางรายอาจต้องการ positive pressure ventilation และ/หรือ PEEP ร่วมด้วย อาจเริ่มด้วย nasal cannula ได้ แต่จำเป็นต้อง monitor arterial blood gas เป็นระยะ หรือ monitor O_2 Saturation จาก pulse oximeter ตลอดเวลา เพื่อจะรู้ว่าต้องปรับ $F_{I}O_2$ เท่าไร ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ หรือใช้เครื่องช่วยหายใจหรือไม่

Angina Pectoris

ผู้ป่วยในภาวะนี้ไม่พบว่ามี hypoxemia ร่วมด้วย และการให้ออกซิเจน ก็ไม่ได้ทำให้ Ischemia น้อยลง เพราะไม่ได้เกิดจากปริมาณออกซิเจนในเลือดต่ำ ผู้ป่วยพวกนี้จึงไม่จำเป็นต้องได้ O_2 therapy

Congestive Heart Failure, Pulmonary Edema

ผู้ป่วยที่มี pulmonary edema ยิ่งมาก ยิ่งมี hypoxemia มาก และ compliance ของปอดต่ำมาก ควรต้องได้รับ Airway Pressure Therapy เพื่อลด shunt ผู้ป่วยเหล่านี้จะยังมี hypoxemia แม้จะให้ $F_{I}O_2 > 0.5$ ถ้าประเมินดูแล้วเห็นว่าพยาธิสภาพจะหายในเวลารวดเร็ว อาจใช้ CPAP system หรือใช้ PSV + CPAP จากเครื่อง noninvasive ventilator หรือ BiPAP โดยใช้ O_2 bleed เพื่อควบคุม $F_{I}O_2$ แต่ถ้าไม่มีอุปกรณ์ หรือคิดว่าผู้ป่วยไม่ stable หรือต้องใช้เวลาในการแก้ไขอาการนาน ก็ต้องใส่ ET tube และช่วยการหายใจด้วย Invasive ventilator ตั้ง IPPV และ PEEP ให้เหมาะสม

Pneumonia

Pathophysiology ส่วนใหญ่เป็น V/Q abnormality แต่ถ้าเสมหะเป็นหนองเต็ม alveoli หรือมี atelectasis ร่วมด้วยในปริมาณมาก ก็ทำให้มี shunt มากขึ้น $F_{I}O_2$ ที่ต้องการก็ไม่ต่างจากหลักการแก้ไข Hypoxemia ทั่วไป คือเริ่มด้วย $F_{I}O_2$ ต่ำ ถ้าต้องใช้ > 0.6 ในการแก้ไข Hypoxemia ให้นึกถึง shunt การลด shunt ใน pneumonia ที่เป็น diffuse bilateral pneumonia ก็อาจใช้ PEEP ได้ผลเหมือนใน pulmonary edema แต่ถ้าพยาธิสภาพเป็น localized หรือ unilateral pneumonia การใช้ PEEP อาจทำให้ alveoli ส่วนที่เสียหายมากเกินไป และไล่เลือดมายัง alveoli ส่วนที่มีพยาธิสภาพ ทำให้ shunt มากขึ้น เป็นผลให้ $P_{a}O_2$ ต่ำลง การลด shunt ในกรณีนี้ทำได้โดยใช้ positive pressure ventilator โดยปรับ ventilatory pattern ให้เหมาะสมเพื่อให้ก๊าซเข้าไปยังส่วนที่มีพยาธิสภาพได้มากขึ้น โดยใช้ V_T ก่อนข้างสูง flow ต่ำที่สุดที่จะเพียงพอต่อ inspiratory flow demand ของผู้ป่วย, T_I ยาวกว่าปกติ โดยอาจต้องใช้ inflation hold ถ้าสอน regional breathing exercise ได้ ควรให้ผู้ป่วยหายใจด้วยบริเวณที่เป็น pneumonia มากกว่าบริเวณอื่น

Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS)

Pathophysiology เป็น shunt จาก fluid-filled alveoli และจาก atelectasis ซึ่งเกิดขึ้นมากในบริเวณส่วนที่อยู่ต่ำ (dependent area) ซึ่งมักต้องการ $F_{I}O_2$ สูง แต่การใช้ $F_{I}O_2$ ที่สูงเกินความจำเป็นก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ acute lung injury เกิดมากขึ้น เป้าหมายสำคัญจึงได้แก่ ใช้ $F_{I}O_2$ ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ เป้าหมาย $P_{a}O_2$ ไม่ต้องให้สูง ประมาณ 60 mmHg ก็ยอมรับได้ ปัญหาใหญ่อยู่ที่การใช้ positive pressure ventilator และ PEEP มากกว่า O_2 therapy แต่ถ้ามี severe hypoxemia ทั้งที่ใช้เครื่องช่วยหายใจอย่างเต็มความสามารถแล้วยังไม่หาย ก็ต้องเพิ่ม $F_{I}O_2$ ขึ้น แม้จะถึง 1.0 ก็ต้องใช้

Asthma

Acute attack ทำให้มี V/Q abnormality ถ้ามี atelectasis หรือ pneumonia แทรกซ้อน จึงทำให้ shunt สูงขึ้น หลักการให้ O_2 therapy ไม่ต่างจาก hypoxemia จากโรคอื่นๆ คือให้ $F_{I}O_2 < 0.5$ ก็พอ ถ้าต้องการมากกว่านี้ ควรพิจารณาใช้ airway pressure therapy จะใช้ noninvasive ventilator ก่อนก็ได้

ข้อควรคำนึงในการรักษา asthma คือ

1. การให้ bronchodilator จะทำให้เกิด hypoxemia มากขึ้นเนื่องจากยับยั้ง hypoxic pulmonary vasoconstriction มากขึ้น
2. การให้ bronchodilator ในขณะที่ยังมี hypoxemia อยู่ทำให้เสี่ยงต่อการเกิด ventricular arrhythmias ได้ อาจเป็นสาเหตุของ cardiac arrest โดยเฉพาะ subcutaneous adrenaline หรือ aminophylline IV push
3. O_2 therapy เองอาจเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิด bronchospasm ได้ เช่น cool, dry gas ที่พ่นเข้าไปในรูจมูกอาจเป็นสิ่งกระตุ้นในผู้ป่วยบางราย หรือตัว aerosol เองอาจเป็นสิ่งกระตุ้นในผู้ป่วยบางรายได้ (aerosol-induced bronchospasm)

Post anesthesia Period

ผู้ป่วยในระยะหลังดมยาสลบใหม่ๆ มีสาเหตุที่ทำให้เกิด hypoxemia หลายประการ เช่น

- diffusion hypoxia จากก๊าซ N_2O ที่ค่อยๆ ออกจากกระแสเลือดกลับเข้ามาในปอด
- hypoventilation จาก residual anesthetic หรือ muscle relaxant effect
- pain, - upper airway obstruction, - abdominal distention, - position
- decreased FRC จาก impaired diaphragmatic function
- atelectasis จาก decreased FRC, low tidal volume, absence of sigh ทำให้เกิด increased intrapulmonary shunt

ในผู้ป่วยที่มีภาวะนี้จึงต้องให้ O_2 therapy เพื่อป้องกัน hypoxemia เสมอ อย่างน้อยในช่วง 15-30 นาทีแรก และเนื่องจากก๊าซที่หายใจในระหว่างดมยาสลบเป็นก๊าซแห้ง ทำให้เสมหะแห้งและเหนียวเสมอ ดังนั้น humidity อย่างเดียวจึงไม่พอ จำเป็นต้องมี aerosol therapy เพื่อทำให้เสมหะที่แห้งกลับใสขึ้นมา เป้าหมายคือเพื่อให้ได้ nebulized O_2 ที่มี $F_{I}O_2$ 0.4-0.5 อุปกรณ์ให้ O_2 ที่เหมาะสมจึงควรเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับ nebulizer ได้แก่ aerosol mask, tracheostomy mask, T-piece, head hood แล้วแต่กรณี สำหรับผู้ป่วยที่ต้องการ postoperative ventilator support การใช้ humidifier ของ ventilator ไม่เพียงพอที่จะแก้เสมหะที่แห้งแล้ว ต้องใช้ nebulizer เสริมเข้าไป หรือใช้ normal saline instillation เป็นระยะๆ ทั่วไว้สักครู่แล้ว suction ควรระวังไว้เสมอว่าการฟังดูไม่มีเสียงเสมหะก็คิดว่าไม่ต้อง suction แต่ที่จริงแล้วมีเสมหะที่แห้งต่างหาก

COPD

Acute exacerbation ผู้ป่วยพวกนี้ จะมี hypoxemia ร่วมด้วยแน่นอน O_2 therapy จึงจำเป็นในผู้ป่วยทุกราย แต่ส่วนหนึ่งของผู้ป่วยพวกนี้มักจะมี chronic hypoxemia และ hypercapnia อยู่ก่อนแล้ว ซึ่งทำให้ respiratory center ไม่ตอบสนองต่อ hypercapnia แต่ตอบสนองต่อ hypoxemia ในการกระตุ้นการหายใจ (หายใจด้วย hypoxic drive) การให้ออกซิเจนในผู้ป่วยพวกนี้ ถ้าให้มากจน hypoxemia หายไป จะทำให้ไม่มี ventilator drive ผู้ป่วยจะหายใจน้อยลง P_aCO_2 จะสูงขึ้นๆ จนสูงเกิน 100 mmHg จะกดการทำงานของสมองเกิดภาวะที่เรียกว่า CO_2 narcosis ระดับความรู้สึกตัวจะลดลงและหยุดหายใจได้ ในที่สุดการให้ออกซิเจนในผู้ป่วยพวกนี้ จึงต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่า controlled low dose O_2 therapy อุปกรณ์สำหรับผู้ป่วยนี้โดยเฉพาะคือ venturi mask

ข้อควรระวังเมื่อเกิด CO_2 narcosis แล้วคือ ห้ามหยุดให้ O_2 ที่กำลังให้อยู่โดยเด็ดขาด แม้ว่า O_2 ที่กำลังให้อยู่จะเป็นสาเหตุของ CO_2 narcosis ก็ตาม เพราะในภาวะที่ P_aCO_2 สูงอย่างนั้น การหยุด O_2 โดยทันทีจะทำให้ผู้ป่วยตายจาก severe hypoxemia ในเวลาอันรวดเร็ว วิธีปฏิบัติเมื่อพบปัญหา cut off hypoxic drive คือถ้าผู้ป่วยยังพอรู้สึกตัว ให้ค่อยๆ ลด F_{I,O_2} ลง เรียกกระตุ้นให้หายใจมากขึ้น ถ้าไม่รู้สึกตัวให้ช่วยหายใจทาง facemask หรือ ET tube โดย manual resuscitator (Ambu bag) ที่ต่อ O_2 แต่ไม่ต้องต่อ reservoir เปิด flow ประมาณ 10 L/min มุ่งที่จะให้ได้ F_{I,O_2} 0.4-0.5 ก่อน ให้ช่วยหายใจช้าๆ ไม่ต้องเร็ว อย่าช่วยหายใจมากเกินไปจนเกิด acute respiratory alkalosis ซึ่งทำให้ convulsion, hypotension, cardiac arrhythmias, cardiac arrest ได้ ควรช่วยหายใจจน conscious ดีขึ้น หรือ pH > 7.3 หรือ P_aCO_2 กลับมาใกล้เคียงระดับเดิมของผู้ป่วยก็พอ จากนั้นค่อยๆ ลด F_{I,O_2} ลง เพื่อให้ P_aO_2 ที่มากเกินไปค่อยๆ ลดลงจนอยู่ระดับไม่เกิน 70 mmHg / S_aO_2 90-92%

Long-term O_2 therapy ในผู้ป่วย COPD ที่มี hypoxemia ก่อนข้างรุนแรงจำเป็นต้องได้รับ Long-term O_2 therapy เพื่อให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น และลดอัตราการตาย ข้อบ่งชี้ คือ

1. $P_aO_2 < 50$ mmHg at rest
2. P_aO_2 55-60 mmHg or S_aO_2 86-89% but with followings ; pulmonary hypertension, cor pulmonale, cardiac arrhythmias, erythrocytosis (Hct >50% for women, >55% for men), impaired mentation
3. $P_aO_2 < 50$ mmHg during sleep or exercise

CardioPulmonary Resuscitation

ในขณะที่ CPR จำเป็นต้องให้ F_{I,O_2} สูงเท่าที่จะทำได้ การใช้ manual resuscitator เพื่อให้ได้ F_{I,O_2} สูง ต้องต่อ reservoir ด้วยเสมอและเปิด O_2 flow ให้ reservoir ไม่แฟบไปหมดช่วงปล่อยมือให้หายใจออก พบว่าจะต้องใช้ flow สูงมาก มัก > 15 L/min หรือสุดสเกลของ flow meter ถ้ายังไม่พอให้หมุน flow meter เลยสเกลต่อไปเรื่อยๆ จนติด อาจได้ flow สูงถึง 40-50 L/min ได้

Head Injury

เนื่องจากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ป่วย head injury ที่ไม่รู้สึกรู้สีกว่าจะมี hypoxemia ร่วมด้วย และ hypoxemia นี้ เป็นเหตุสำคัญอย่างหนึ่งให้เกิด secondary brain injury ตามมา นอกจากนี้ยังต้องพยายามรักษาระดับ P_aO_2 ไว้ที่ 100-150 mmHg หรือไม่ต่ำกว่า 100 mmHg จึงจำเป็นต้องให้ O_2 เพื่อป้องกัน hypoxemia และรักษาระดับ $P_aO_2 > 100$ mmHg ผู้ป่วยที่มี GCS < 8 หรือมี sign ของ brain herniation ควรได้รับการใส่ ET tube และต้องการ hyperventilation therapy และการรักษาอื่นเพื่อควบคุม intracranial pressure ด้วย ซึ่งถ้าปอดไม่มีพยาธิสภาพใด การใช้ $F_I O_2$ 0.4 ก็เพียงพอ

สำหรับผู้ป่วยที่มี chest injury หรือมี lung pathology ร่วมด้วย เช่น neurogenic pulmonary edema, pulmonary aspiration of gastric contents หรือมี multiple injury และกำลังเกิดเป็น ARDS ตามมาเป็นต้น เหล่านี้ อาจต้องการ $F_I O_2$ สูง ควรปรับตามผล arterial blood gas อาจมี hypoxemia แม้ให้ $F_I O_2$ 1.0 ควรใช้ PEEP ไม่ต้องกลัวว่าจะทำให้ increased ICP เพราะผลที่ทำให้ P_aO_2 ดีขึ้นสำคัญกว่ามาก การปรับเครื่องช่วยหายใจให้ถูกต้อง การให้ผู้ป่วยอยู่ในท่าหัวสูง จะป้องกัน increased ICP ที่เกิดจากการใช้ PEEP ได้

วิธีการวัดระดับ O₂ ในเลือดแดง

1. ทางตรง (direct) โดยการเจาะเลือดแดงส่งตรวจ arterial blood gas (ABG) เป็นการวัดแรงดัน

ออกซิเจนในเลือดแดง P_aO_2 = arterial partial pressure of oxygen --> ค่าปกติ 80-100 mm.Hg

ข้อดี เป็นการวัดระดับ O₂ ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ข้อเสีย ผู้ป่วยเจ็บ และใช้เวลาในการส่งตรวจ

2. ทางอ้อม (indirect) เรียกว่า pulse oximetry เป็นการตรวจวัดความอิ่มตัว O₂ ของ hemoglobin ในเลือดแดง (arterial oxygen saturation) จากชีพจร โดยใช้ Pulse oximeter วัดโดยอาศัยการดูดซับคลื่นแสงที่แตกต่างกันของฮีโมโกลบินที่จับกับออกซิเจน (Oxyhemoglobin) และฮีโมโกลบินที่ไม่จับกับออกซิเจน

(deoxyhemoglobin) บางตำราเขียน S_pO_2 (pulse oxygen saturation) หรือ Oxygen saturation (S_aO_2) ค่าปกติ 95-100 %

ข้อดี วิธีนี้รู้ค่าได้เร็ว ผู้ป่วยไม่เจ็บตัว

ข้อเสีย คือ ค่าอาจไม่เที่ยงตรงในกรณีปลายมือปลายเท้าเย็น / BP drop / แบตเตอรี่ของเครื่องต่ำ

การใช้คำย่อสากล เกี่ยวกับการบำบัดระบบทางเดินหายใจ

ต้องดูว่าคำนั้นอยู่ในระบบใด แบ่งได้ดังนี้

1.Primary symbols (ตัวธรรมดา)		2.Secondary symbols (ตัวห้อย)	
Gas	Blood	Gas phase	Blood phase
P = pressure	Q = blood volume	I = inspire	a = arterial
V = gas volume	Q° = blood flow	E = expire	c = capillary
V° = gas flow	C = content in blood	A = alveolar	v = venous
F = fraction	S = saturation	T = tidal	\bar{v} = mixed venous
		D = dead space	
		B = barometric	

ตัวอย่างคำย่อเกี่ยวกับการบำบัดระบบทางเดินหายใจ

ET tube = endotracheal tube

V_T = tidal volume = ปริมาตรก๊าซที่หายใจเข้า ใน 1 ครั้ง

T_I = inspiratory time = เวลาในการหายใจเข้า

T_E = expiratory time = เวลาในการหายใจออก

F = Flow = อัตราการไหลของก๊าซ หน่วยเป็น ลิตร ต่อ นาที (l/min)

PCV = pressure control ventilation mode

หรือใช้ PC-CMV (pressure control - continuous mandatory ventilation)

PC-V = pressure controlled ventilation

VCV = volume constant ventilation

VC-V = volume controlled ventilation

RR = respiratory rate

CPAP = continuous positive airway pressure

PEEP = positive end expiratory pressure

$F_{I}O_2$ = fraction of inspired O_2 = สัดส่วนของ O_2 ในก๊าซที่หายใจเข้าทั้งหมด 1 ส่วน

S_pO_2 = pulse O_2 saturation = สามารถวัดได้จาก oxyhemoglobin โดยใช้ Oximeter วัด

S_aO_2 = arterial O_2 saturation = สามารถวัดได้จาก oxyhemoglobin โดยใช้ Oximeter วัด

AMBU bag (Manual Resuscitator, Automatic manual breathing unit)

Manual resuscitator หรือ AMBU bag มีส่วนประกอบคือ

1. Self-inflating bag ทำด้วยวัสดุที่คืนตัวได้หลังการถูกบีบ แต่ bag จะไม่คืนตัวขยายขึ้นตามปกติได้ ถ้าไม่มีอากาศเข้าไป ดังนั้น Self-inflating bag จึงต้องมีช่องทางให้อากาศเข้า (gas inlet port) อยู่ด้วยเสมอ มักทำเป็น flap valve ก๊าซเดินได้ทางเดียว เข้าได้แต่ออกไม่ได้ คุณสมบัติการคืนตัวเร็วหรือช้ามีความสำคัญต่อการทำงานของ bag ถ้าคืนตัวเร็วมาก อาจทำให้สัดส่วนของอากาศที่ถูกดึงเข้า bag มีมาก เมื่อเทียบกับ O₂ flow ที่เปิดไว้ ทำให้ F_IO₂ ไม่สูงเท่าที่ควร แต่ถ้าคืนตัวช้าเกินไป ก็จะทำให้อัตราการช่วยหายใจสูงสุด (maximum ventilator rate) ต่ำ ทำให้ไม่สามารถช่วยหายใจในอัตราเร็วที่ต้องการ ดังนั้น bag ที่ทำสำหรับเด็กเล็กจึงต้องมีการคืนตัวที่เร็วกว่าที่สำหรับผู้ใหญ่ ถ้าจะซื้อ bag สำหรับเด็กควรตรวจสอบ maximum rate ที่ทำได้

2. Non-rebreathing (NRB) valve ต่ออยู่กับ Self-inflating bag มีช่องทางต่อเข้ากับ mask หรือ ETtube ไม่ใช่เป็นเพียง one way valve ธรรมดา แต่ทำหน้าที่เหมือน one way valve 2 อัน เมื่อบีบ bag ก๊าซจะผ่าน NRB valve เข้าสู่ผู้ป่วย ไม่ออกไปทางบรรยากาศ เมื่อเราเลิกบีบ ปล่อยให้ bag คืนตัว ความดันใน bag จะลดลง ส่วนความดันในปอดที่สูงจากการบีบเมื่อครู่ก็จะดันก๊าซให้ผ่าน NRB valve ออกทางบรรยากาศโดยไม่สามารถกลับเข้าทาง bag ได้ **ปัญหาของ NRB valve ได้แก่** การสูญเสียหน้าที่จากการที่ valve ฉีกขาด, ไม่ได้ประกอบ หรือประกอบไม่สนิทบีบแล้วก๊าซออกสู่บรรยากาศแทนที่จะเข้าปอด **และอีกปัญหาหนึ่งคือ** การที่มีความดันบวกใน bag ทำให้ NRB valve เปิดสู่ผู้ป่วย ส่วนทางออกของก๊าซจากปอดสู่บรรยากาศถูกปิด ทำให้ก๊าซเข้าปอดได้แต่ออกจากปอดไม่ได้ การปล่อยมือจึงควรปล่อยเต็มที่อย่าให้มีการคงบีบอยู่เล็กน้อย เพราะใช้ไปจะทำให้ปอดแตกได้ อาจเกิด subcutaneous emphysema, tension pneumothorax และเป็นสาเหตุให้ CPR ไม่สำเร็จได้ ผู้บีบ bag จึงควรระวังปัญหานี้ อย่าให้เกิดความดันบวกใน bag ในระยะหายใจออกของผู้ป่วย **สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ** ใช้ AMBU bag ที่มีช่องทางเข้า O₂ ต่อเข้าตัว bag โดยตรง หรือใช้ AMBU bag ที่ pressure relief valve ของ reservoir นั้นมากกว่า flap valve ที่ gas inlet port

3. Oxygen flow port คือทางที่ O₂ เข้าสู่ AMBU bag รุ่นแรกมีช่องทางให้ O₂ เข้าสู่ bag โดยตรง ถ้าเปิด flow มากจะทำให้ความดันใน bag เป็นบวกตลอดเวลา ก๊าซไม่สามารถออกจากปอดได้ ทำให้ผู้ป่วยปอดแตกได้บ่อยมาก **มาตรฐานอุปกรณ์ในปัจจุบัน ห้ามทำช่องทางให้ออกซิเจนเข้าสู่ bag โดยตรงแต่ให้ต่อจากภายนอกตรง gas inlet port** ถ้ามีผู้นำ Self-inflating bag ที่มีท่อต่อ O₂ เข้า bag โดยตรงถือว่าผิดมาตรฐาน

4. Oxygen reservoir เป็นถุงเก็บ O₂ สะสมไว้เพื่อมีปริมาณเพียงพอต่อการคืนตัวของ bag ทำให้ไม่ต้องดึงอากาศจากบรรยากาศเข้าไปใน bag เลย ซึ่งจะทำให้ได้ O₂ ถึง 100% ได้ ถุงนี้จะอยู่ภายนอก Self-inflating bag โดยจ่ออยู่ปากทางช่องที่ให้อากาศเข้า bag (gas inlet port) ถุง reservoir มี 2 ระบบ คือ

4.1 ระบบปิด เป็นถุงปิดเก็บ O₂ ที่ไหลในช่วงเราบีบ bag ไว้ reservoir ควรจะมีปริมาตรมากกว่า Self-inflating bag หรืออย่างน้อยก็ควรเท่ากัน

- ข้อดี คือ ถ้าเปิด O₂ flow เพื่อให้ reservoir bag ไม่แฟบหมดช่วงปล่อยมือ ก็แสดงว่าผู้ป่วยได้รับ O₂ ถึง 100%
- ถ้าเปิด O₂ flow สูงไป reservoir จะป่องมาก ควรมี pressure relief valve เพื่อป้องกัน reservoir แตก
- ถ้าเปิด O₂ flow ต่ำไป ปริมาตรใน reservoir จะไม่พอต่อการคืนตัวของ bag จะเห็น reservoir แฟบหมดช่วงปล่อยมือ จึงควรต้องมี air inlet valve ให้อากาศภายนอกเข้าได้