

## Different modes of Mechanical ventilation; Does it really matter? การใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูง (High frequency ventilation): Implications for general practice.

รุจิภัตต์ สารานุกรมสารวจกิจ

การใช้เครื่องช่วยหายใจ  
ถือว่าเป็นหลักในการรักษาผู้ป่วยในเวชบำบัดวิกฤต  
และในปัจจุบันมีเครื่องช่วยหายใจให้เลือกใช้มากมายหลายรุ่นหลายรูปแบบและด้วยวิวัฒนาการของเครื่องช่วยหายใจที่มีการพัฒนาระบบการติดตามผู้ป่วย (monitoring), ระบบการส่งจ่ายก๊าซ (gas delivery system) ที่ดีขึ้นมาก  
ดังนั้นแน่นอนเครื่องรุ่นใหม่ที่มีระบบที่ดีกว่าจึงสามารถที่จะทำงานให้สอดคล้องกับผู้ป่วยและมีประสิทธิภาพมากกว่ารุ่นเก่ามีผลทำให้ลดอัตราเสี่ยงและอันตรายจากการใช้เครื่องช่วยหายใจลง (1) แต่ถ้าเราเลือกเปรียบเทียบเฉพาะ mode ในแต่ละเครื่องแล้วถ้าในกรณีที่ผู้ป่วย มีข้อบ่งชี้ของการใช้ถูกต้องชัดเจน  
ในผู้ป่วยที่ไม่มีพยาธิสภาพที่ปอดอาจจะไม่มีผลแตกต่างกันมากนัก แต่ถ้าพิจารณาในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพปอดที่แตกต่างกันการเลือกใช้ mode อาจมีผลทำให้ผลของการรักษาแตกต่างกันเช่นจากหลักฐานทางการแพทย์ทั้งในผู้ป่วยและในสัตว์ทดลองพบว่าเมื่อใช้ Volume control mode (VC) หรือ Pressure control mode (PC) หรือ Pressure regulated volume control (PRVC) mode ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบที่ tidal volume เท่ากัน จะพบว่า ใน mode ของ PRVC จะให้ Peak pressure ต่ำที่สุดตามมาด้วย PC mode และ VC mode ตามลำดับ (2,3) ทั้งนี้ถ้าเลือกใช้ในผู้ป่วยที่ไม่มีพยาธิสภาพที่ปอดแล้ว แพทย์ผู้ให้สามารถเลือกเครื่องช่วยหายใจ และชนิด (Mode) ใช้ได้โดยที่ไม่มีความแตกต่างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถนัดของแพทย์ผู้ให้ ดังนั้นความสำคัญจะไม่ได้อยู่ที่การเลือกใช้ mode แต่อยู่ตรงที่ว่าแพทย์ผู้ดูแลจะต้องรู้วิธีการเฝ้าระวัง ไม่ให้เกิดผลแทรกซ้อนจากเครื่องช่วยหายใจและจำเป็นต้องทราบข้อดีและข้อเสียของการใช้เครื่องในแต่ละ mode และปรับให้เข้ากับพยาธิสภาพที่ปอดจะถือว่าเป็นหัวใจหลักของการใช้เครื่องช่วยหายใจเช่น การเกิด Barotraumas, Volutrauma, Ventilator induced lung injuries (VILI) เป็นต้น  
โดยในบทความนี้ผู้เขียนจะไม่ลงรายละเอียดในเครื่องช่วยหายใจต่างชนิดกัน  
ซึ่งในความเข้าใจแล้วถ้ารุ่นที่ประกอบใกล้เคียงกันจะมีระบบและลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกันหรือประสิทธิภาพไม่ต่างกันมากนัก การเลือกใช้ใน mode ใหม่ ๆ ทำให้ลด work of breathing ลงได้มากเช่น Pressure Regulated Volume Control (PRVC)  
ซึ่งการทำงานเป็นแบบผสม, Volume support, Pressure support + PRVC, Adaptive support ventilation, Proportional assist ventilation เป็นต้น

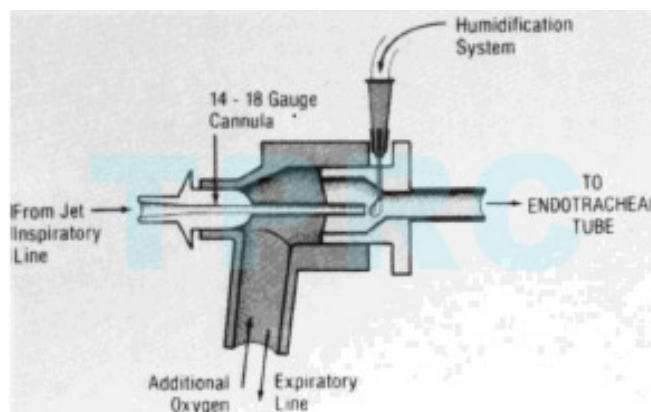
เมื่อกล่าวถึงการใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูง (high frequency ventilation, HFV)  
ในอดีตจัดอยู่ในการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ unconventional mode  
ซึ่งจะหมายถึงการใช้ในกรณีพิเศษจริงๆแต่ในปัจจุบันมีการใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูงเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะในเด็กโตและในผู้ใหญ่  
ดังนั้นในปัจจุบันเราอาจจะไม่จำเป็นต้องแยกชนิด  
สาเหตุหลักที่ทำให้การใช้เพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจาก  
มีรายงานการทำวิจัยโดยใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดนี้ในผู้ใหญ่ที่มีภาวะหายใจล้มเหลวชนิดรุนแรงและพบว่าได้ผลดีนอกเหนือไปจากการวิจัยในเด็กซึ่งผู้เขียนและผู้วิจัยบางท่านเคย (4,5) รายงานไว้  
นอกจากนั้นการพัฒนาอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยเฉพาะให้สามารถใช้ได้ในผู้ใหญ่หรือในเด็กโต  
รวมทั้งจากการวิจัยอื่นๆทำให้เราสามารถเข้าใจในพยาธิสรีรวิทยาของผู้ป่วยที่มีภาวะหายใจล้มเหลวชนิดรุนแรง (ARDS) มากขึ้น แสดงให้เห็นถึงผลดีของการใช้ low tidal volume + high PEEP, การใช้วิธีช่วยหายใจแบบเปิดปอดโดยอาศัย PEEP ที่สูงในระยะแรก (open lung tools) ซึ่งสามารถลดการใช้ oxygen และลดอัตราการตายได้ (6,7) ทำให้มีการยอมรับถึงประสิทธิภาพในการใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูงโดยแพทย์เวชบำบัดวิกฤต จึงทำให้มีการนำ mode นี้มาใช้ในผู้ป่วยวิกฤตเพิ่มมากขึ้น การใช้คำว่า High frequency ventilation

โดยทั่วไปหมายถึง การใช้เครื่องช่วยหายใจในอัตราที่สูงกว่าระดับการหายใจปกติซึ่งเราส่วนใหญ่จะใช้ในระดับเริ่มต้นอย่างน้อยที่สุด 3 Hz (180 ครั้ง/นาท) และให้ Tidal volume เป็นปริมาณน้อย ซึ่งในบางกรณีอาจมีปริมาณน้อยกว่า anatomical dead space ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 4 ชนิดแต่ที่ใช้กันแพร่หลายมี 2 ชนิด(8)

ตารางเปรียบเทียบชนิดของเครื่องช่วยหายใจความถี่สูง

ชนิด	HFPPV	HFJV	HFFI	HFOV
Tidal Volume	$>V_d$	$> \text{ or } < V_d$	$> \text{ or } < V_d$	$< V_d$
Frequency.	60-150	60-600	300-1200	60-900(1-15 hz )
Exp. Phase Cycle/m	Passive	Passive	Passive	Active

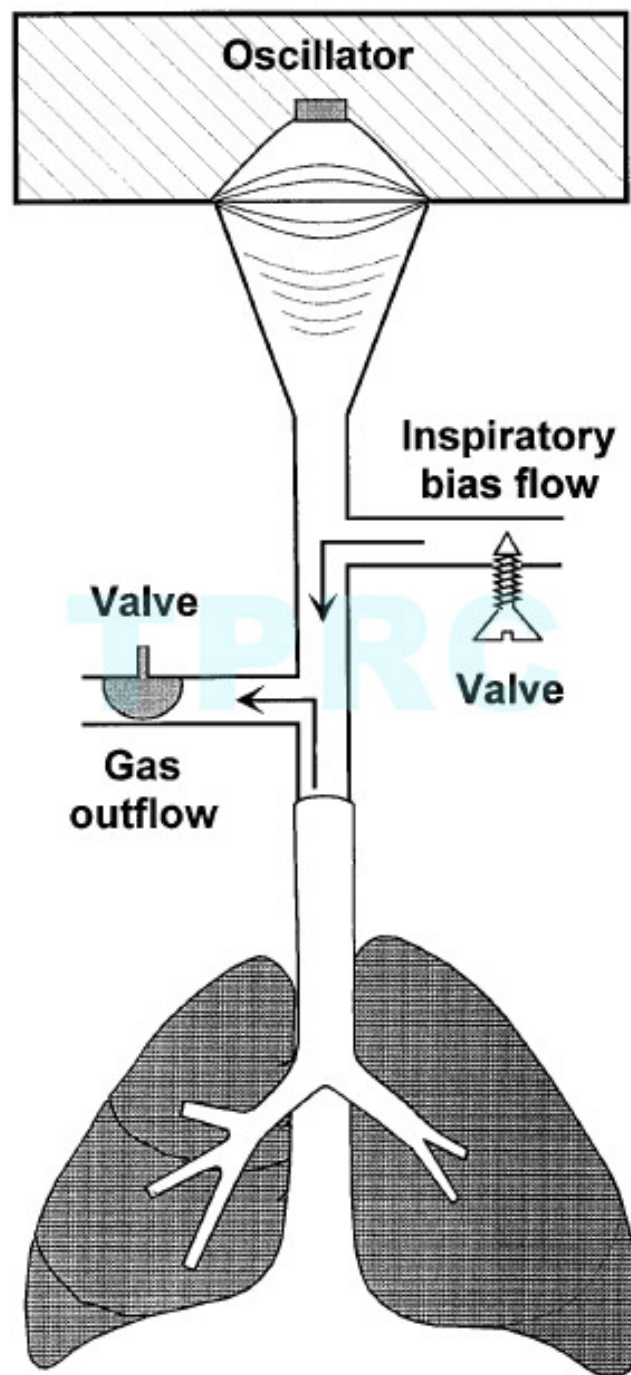
## 1.High frequency Jet ventilator (HFJV)



## รูปภาพแสดง การต่อเครื่องช่วยหายใจชนิด High frequency Jet ventilator (9)

เครื่อง HFJV สามารถขับ ก๊าซที่มีความดันสูงส่งผ่านเข้าไปในปอดเป็นจังหวะๆ ด้วยความถี่ (2-5 Hz) โดย catheter ที่ใส่เข้าไปในท่อทางเดินหายใจที่ทำการพิเศษส่วนการหายใจออกจะเป็นแบบ passive การใช้มีข้อจำกัดที่ขาดระบบ humidification ที่ดี มีโอกาสเกิดภาวะค้างของลมในปอดและการ monitor ก่อนข้างที่จะจำกัด มีรายงานการใช้ได้ผลดีในผู้ป่วยหลังผ่าตัดหัวใจโดยเฉพาะหัวใจด้านขวาเช่นการผ่าตัดผู้ป่วย tetralogy of fallot ที่ต้องระวังเรื่องความดันในช่องอกสูง ในผู้ป่วยผ่าตัด tracheobronchial หรือในผู้ป่วยที่มีปอดอักเสบจาก hydrocarbon aspiration แต่ในปัจจุบันได้รับความนิยมไม่มากนักใน ICU เนื่องจากมีปัญหาในการดูแล ระบบทำความชื้น

## 2. เครื่องช่วยหายใจความถี่สูงชนิด High frequency oscillator ventilation (HFOV)



ภาพแสดงวงจรการต่อเครื่องช่วยหายใจความถี่สูง (HFOV) การเปลี่ยนแปลงความดันในเครื่อง สามารถทำได้จากการปรับระดับของท่อ

(Valve) ปิดเปิด Gas, Oscillating diaphragm หรือ pump จะสามารถสร้าง sinusoidal inspiratory และ expiratory airflow (9)

การใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูงชนิดนี้ถือว่า มีการศึกษาวิจัย ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมามากที่สุด ถึงประสิทธิภาพของการใช้  
มีความนิยมเพิ่มมากขึ้น มีที่ใช้

และได้การยอมรับมากที่สุดในปัจจุบันข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดในการใช้เครื่องช่วยหายใจชนิดนี้กับเครื่องช่วยหายใจแบบ intermittent positive pressure ventilation ก็คือการใช้ปริมาณ tidal volume ซึ่งใน mode ของ High frequency นั้นใช้ปริมาณ tidal volume ประมาณ 1-3 ml/kg/bw เมื่อเปรียบเทียบกับ Intermittent positive pressure ventilation หลักการทำงานของ HFOV ก่อนข้างจะแตกต่างจากการใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูงชนิดอื่นๆ

HFOV ทำงานอย่างไร

1. ใช้ Piston pump เพื่อที่จะให้ Sinusoidal pressure waves ที่ airway opening.
2. ทั้ง Inspiration และ expiration valve ปิดเปิดโดย active phase
3. ให้ปริมาณ tidal volumes (tidal volume น้อยกว่า physiologic dead space) ประมาณ 1-3 cc/kg
4. ให้ความถี่สูง ตั้งแต่ (60-3600 ครั้ง/นาท, 1-60 Hz)
5. สามารถบังคับให้ Mean airway pressure คงที่ตลอดทั้งช่วง inspiration และ expiration, ทำให้มีความดันใน airway เปลี่ยนแปลงน้อย
6. เป็นเครื่องช่วยหายใจที่ดีในผู้ป่วยที่มีปัญหา oxygenation failure แต่ไม่ดีถ้าใช้ในผู้ป่วยที่มี กลไกในการช่วยแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูง (9,10)

1. Convective dispersion จาก asymmetrical velocity profiles.

Axial velocity profiles ใน bifurcating system รายงานโดย Haselton และคณะ อธิบายถึงการวิ่งของก๊าซในทางเดินหายใจและการแลกเปลี่ยนก๊าซในขณะที่ใช้เครื่อง HFOV มีผลมาจากการที่ โมเลกุลของก๊าซมีความเร็วไม่เท่ากัน

2. Taylor type dispersion การเคลื่อนไหวยของโมเลกุลก๊าซ

การกระจายของโมเลกุลก๊าซในท่อทางเดินหายใจมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ในขณะใช้เครื่อง oscillator โมเลกุลของก๊าซในช่วงตรงกลางจะมีความเร็วสูงกว่าด้านข้างใกล้เคียงในช่องที่ก๊าซเคลื่อนไหวยด้วยความเร็วสูงทำให้เกิดการ Interaction ระหว่างโมเลกุลของก๊าซในท่อทางเดินหายใจจากความแตกต่างของ flow ในแต่ละช่วงของทางเดินหายใจ

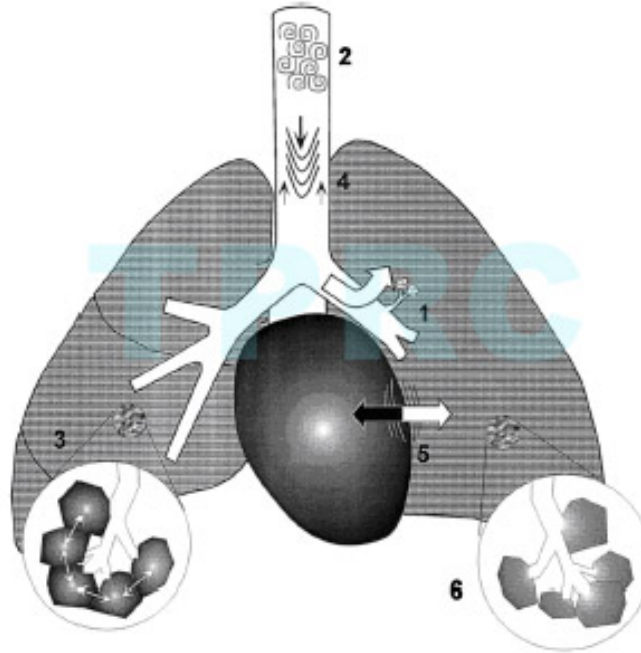
3. Mixing by High-Frequency Pendelluft หรือ Out of phase. โดยใช้หลักการความ แตกต่างของ time constants ในแต่ละ lung unit (TC, Compliance x Resistance) ทำให้การเปิดปิดของถุงลมไม่สัมพันธ์กันโดยที่ถุงลมที่มี TC น้อยกว่า (fast unit) จะมีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เร็วกว่าถุงลมที่มี TC มาก (slow unit) จะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนก๊าซในถุงลมใกล้ๆ หลักการนี้เราเรียกว่า Pendelluft effect.

4. Direct alveolar ventilation by bulk convection

กลไกการแลกเปลี่ยนก๊าซนี้จะให้ผลดีก็ต่อเมื่อ ใช้ Tidal volume ประมาณ 0.5-0.75 ของ anatomical dead space. การเคลื่อนไหวยหรือการเปิดปิดของถุงลมจะแบ่งออกเป็น Phase โดยใช้ตัว Piston ขับดันก๊าซตามความถี่ที่เราตั้งไว้การเคลื่อนไหวยของก๊าซโดยใช้กลไกนี้เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในเครื่องช่วยหายใจแบบ conventional

5. Cardiac mixing(cardiogenic oscillation) เป็นกลไกช่วยในการแลกเปลี่ยนก๊าซซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวของหัวใจ

6. Molecular diffusion เป็นกลไกของการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่าน Alveolo-capillary membrane ทำให้มีการแลกเปลี่ยนของก๊าซ  $\text{CO}_2$  และ  $\text{O}_2$  ซึ่งจะเกิดในส่วนของทางเดินหายใจส่วนปลายๆ



ภาพแสดงกลไกการแลกเปลี่ยนก๊าซจากการใช้เครื่องช่วยหายใจความถี่สูง (9)  
ข้อมูลบางประการที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกใช้ HFOV

1. ผู้ป่วยที่มีลักษณะของการเพิ่ม Airway resistance/ airway obstruction โดยทั่วไปก็ไม่ควรจะเลือกใช้แต่ในบางกรณีก็อาจจะเลือกใช้ได้ถ้าการใช้เครื่องช่วยหายใจแบบ Conventional ไม่ได้ผล ผู้เขียนก็มีประสบการณ์การใช้ HFOV ในผู้ป่วย Acute bronchiolitis ว่าได้ผลดีในเด็กที่มีภาวะลมรั่วในปอด การเกิดภาวะ air trapping มีโอกาสเกิดน้อยเนื่องจากในช่วงหายใจออกเครื่องช่วยหายใจแบบ HFOV จะเป็นแบบ active assisted breath

2. ผู้ป่วยที่มีอาการของการเพิ่มของ Intracranial pressure.

3 น้ำหนักของผู้ป่วย ถ้ามีน้ำหนัก < 35 kgs ก็สามารถเลือกใช้ HFOV รุ่น 3100A แต่ถ้ามีน้ำหนัก > 35 kgs ก็ควรพิจารณาเลือกใช้ HFOV รุ่น 3100 B

ซึ่งรุ่นนี้ก็มียารายงานว่าใช้ได้ผลดีในกลุ่มคนไข้ผู้ใหญ่หรือในเด็กโต

และปัจจุบันได้รับการรับรองการใช้จากองค์การอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา(FDA approved)

4. ผู้ป่วยที่มีระบบ cardiovascular ไม่คงที่