



리 원 연

연세원주의대 호흡기내과

Mechanical Ventilation in neurologic patient

Won-Yeon Lee, M.D., Ph.D.

Department of Internal Medicine, Yonsei University Wonju College of Medicine, Wonju, Korea

The causes of respiratory failure in neurologic disorders are various, and depending on the type or degree of respiratory failure, it is often needed tracheal intubation and/or mechanical ventilation. If mechanical ventilation is required, the mode of mechanical ventilation should be selected according to the degree of spontaneous breathing of patients or abnormality of the lung parenchyma. During mechanical ventilation, should be made efforts to minimize possible complications, and attempts to reduce the duration of mechanical ventilation in consideration of the patient's condition. If the duration of mechanical ventilation is prolonged, tracheotomy is considered, and if long-term mechanical ventilation is required even if the patient's condition is stable, home mechanical ventilation may be considered.

Key Words: Mechanical ventilation, neurologic patients, endotracheal intubation, respiratory failure

서론

기계환기는 호흡부전 환자에서 호흡기능을 유지하기 위하여 적용하게 된다. 호흡부전은 호흡기계 자체의 문제에 의해 발생하는 경우가 대부분이나 호흡을 조절하는 신경계통의 이상에 의하여 발생하기도 한다. 다음에서는 일반적인 호흡부전의 원인과 기계환기 적응증 그리고 신경계 질환에서 기계환기가 필요한 경우에 대하여 기술하고자 한다.

1. 호흡부전의 원인과 분류

호흡부전은 호흡기능이 적절히 유지되지 않아 산소화 장애, 환기 장애, 또는 두 가지가 복합되어 발생할 수 있으며 발생 원인에 따라 네 가지로 분류할 수 있다[1]. 1형 호흡부전은

산소화 장애에 의한 것으로 폐부종, 폐렴, 폐출혈, 급성호흡 곤란증후군과 같은 폐 자체의 손상에 의하여 발생한다. 2형 호흡부전은 환기 장애에 의해 이산화탄소 배출이 적절히 되지 않아 발생하는 것으로 중추신경계의 손상에 의한 호흡구동의 감소, 신경근전달의 장애나 근무력에 의한 호흡근의 약화에 의하여 발생하며 신경계질환 환자에서 호흡 조절 시스템의 이상에 의해 발생하는 호흡부전의 많은 수가 해당이 된다(Figure 1). 또한 기도수축에 의한 기도저항의 증가, 폐유순도의 감소, 흉벽 유순도의 감소 등에 의해 발생할 수 있다. 3형 호흡부전은 폐허탈에 의한 것으로 수술 후 주로 발생하나 신경계질환이 있어 움직이지 못하는 경우에도 발생할 수 있다. 4형 호흡부전은 쇼크상태로 인한 호흡근의 혈액관류 감소에 의한 폐부종, 젖산증, 빈혈 등에 의하여 호흡부전이 발생하게 된다.

2. 신경계질환 환자의 기계환기

호흡부전이 발생하여 기저 질환을 치료하는 과정 중 산소화와 이산화탄소 배출이 적절히 이루어 지지 않을 경우 기계

Won-Yeon Lee, M.D., Ph.D.

Department of Internal Medicine, Yonsei University Wonju

College of Medicine 20 Ilisan-ro, Wonju, Korea

Tel: +82-33-741-0541

E-mail: wonylee@yonsei.ac.kr

호흡이 필요하다. 기계환기는 기관삽관없이 비침습적으로 적용하는 방법과 기관삽관을 통한 침습적 기계환기로 나뉘

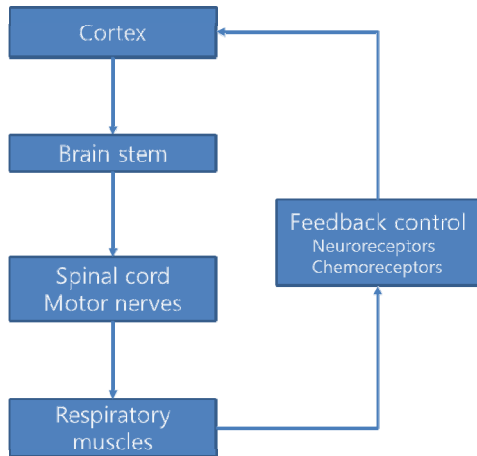


Figure 1 Respiratory system feedback control

어지며 환자의 산소화 요구도와 환기장애의 정도에 따라 선택된다.

신경계질환에서 기계환기 적응증은 뇌손상이나 뇌기능의 저하, 척수신경의 손상, 말초신경이나 근육의 이상으로 인한 호흡부전이 발생할 경우 필요하다[2](Table1).

1) 기관삽관

침습적 기계환기가 필요한 경우 기관삽관이 이루어져야 하나 기계호흡의 목적이외에도 기관삽관이 필요한 경우가 있다[3](Table 2). 기관삽관 전 산소화는 시술 중 발생할 수 있는 저산소증에 의한 2 차 뇌손상을 예방하기 위해 필요하며 비침습적 기계환기나[4] 고유량산소 비강 캐놀라를 이용한 방법을 사용할 수 있다[4]. 위내용물이 흡인되는 것을 피하기 위해서 진정제와 신경근차단제를 이용한 빠른연속기관삽관이 필요할 수도 있다[5].

Table 1. Neuronal disorders requiring mechanical ventilation

Disorders of the brain	Neurosurgical: GCS<8 TBI (lesions in pons and medulla) Raised ICP causing brain stem compression ICSOLs Cranial nerve dysfunction ICH, IVH-sympathetic overdrive Neurogenic pulmonary edema Neurological: Brain stem dysfunction Hypo/hyperventilation syndromes Cerebral ischemic events Diffuse brain dysfunction (encephalopathy, encephalitis, epilepsy) Early brain death
Disorders of the spinal cord	Compressive myelopathy: Craniovertebral junction anomalies Intramedullary spinal tumors Extramedullary spinal tumors High spinal trauma Noncompressive myelopathies Multiple sclerosis Transverse myelitis Infectious causes Demyelinating diseases CNS vasculitis Degenerative diseases of the spine Vitamin deficiency (vitamin B12, vitamin E)
Disorders of the peripheral nervous system	Guillain-Barre syndrome Myasthenia Gravis Amyotrophic lateral sclerosis Lambert-Eaton myasthenic syndrome Botulism Parkinson's crisis Neuroleptic malignant syndrome

GCS - Glasgow coma score, CNS - Central nervous system, TBI - Traumatic brain injury, ICSOL - Intracranial space occupying lesion, ICP - Intracranial pressure, IVH - Intraventricular hemorrhage, ICH - Intracranial hemorrhage

2) 기계환기 시작과 유지

기계환기를 시작할 때, 환자의 자발호흡상태에 따른 환기 장애와 산소화장애 정도를 우선 고려하여 기계환기 양식, 일회환기량, 호흡수, 흡입산소분율, 호기말양압을 결정하게 되며 환자의 자발호흡 정도, 산소분압 또는 산소포화도, 이산화탄소 분압에 따라 기계환기 설정을 변경하여야 한다.

3) 기계환기 설정

i) 기계환기 양식

환자의 자발호흡의 정도와 호흡일(work of breathing)의 요구도에 따라 조절환기 또는 보조환기를 결정하며 기본적인 양식은 Table 3에 요약하였다[2].

ii) 산소포화도 목표

저산소증은 이차적인 뇌손상을 유발하고 사망률을 증가시킬 수 있으므로 [6] 저산소증이 있는 환자에서는 산소투여가 필요하나 과산소증은 호흡기 감염을 증가시키고 혈관의 수축을 유발하고 산소자유기에 의한 폐손상 뿐만 아니라 뇌손상을 유발할 수 있다 [7, 8]. 뇌손상 환자에서 권장되는 산소포화도가 정해진 것은 아직 분명하지 않으나 일반적인 산소치료 권고를 참고할 때 95-97% 가 적절할 것으로 생각된다 [9].

iii) 이산화탄소 분압 목표

이산화탄소분압의 변화는 뇌혈류에 크게 영향을 줄 수 있다. 특히 고이산화탄소혈증은 두개강내압의 상승을 가져올 수 있어 피해야 하고 이산화탄소 분압의 감소는 뇌혈관의 수축을 가져와 뇌졸중환자에서는 뇌혈류의 감소에 의한 뇌저산

소증을 악화시킬 수 있어[10] 두개강내압의 감소를 위해 의도적으로 저이산화탄소혈증을 유발할 목적이 아니라면 이산화탄소분압은 정상 범위를 유지하는 것을 권고한다.

iv) 일회환기량

이산화탄소 분압은 분당호흡량에 의해 변화되며 기계환기에서는 일회환기량과 호흡수 설정에 의하여 조절된다. 내과적인 질환, 특히 급성호흡곤란증후군의 기계환기에서는 폐손상을 줄이고 예방하기 위하여 폐보호환기량인 낮은 일회환기량(6ml/kg, 예측체중)이 권고되고 있다. 뇌손상 환자에서도 높은 일회환기량을 적용하였을 때 폐손상과 급성 두개강내압상승이 보고되고 있어[11, 12] 폐보호환기량(≤ 7 mL/kg, 예측 체중)이 권고된다 [13].

v) 호기말양압

호기말양압은 산소화를 향상시킬 수 있는 유용한 기계환기 전략 중 하나이다. 그러나 호기말 양압이 증가하면 복귀정맥혈이 감소하여 심박출량이 감소해서 뇌관류압이 감소될 수 있다. 또한 흉곽내압을 증가시키고 두개강에서의 정맥혈 복귀를 감소시킴으로 정맥압을 높여 뇌정맥혈량이 증가하여 두개강내압이 증가할 수 있다. 임상 실험에서 호기말 양압을 10cmH₂O 증가시키면 두개강내압이 14 mmHg 까지 증가할 수 있고 호기말 양압을 감소시키면 두개강내압이 다시 감소한다는 보고가 있다[14, 15]. 749명의 뇌손상 환자를 대상으로 한 다기관 연구에서 폐보호환기(≤ 7 mL/kg, 예측체중)와 함께 호기말양압 6-8 cmH₂O를 적용한 환자에서 사망률을 감소시켰다는 보고가 있으나 [13] 저산소증과 두개강내압의 상승을 고려하여 호기말양압을 결정하여야 하겠다.

4) 기계환기 이탈과 발관

신경계질환 환자에서 비신경계질환 환자에 비하여 중환자실 재실기간과 기계환기 기간이 더 길고 조기 기관절개의 빈도와 기계환기연관 폐렴의 빈도가 높으며 기계환기 기간에 비례하여 다양한 합병증과 사망률이 높은 것으로 알려져 있다[16, 17]. 이런 이유로 기계환기의 기간을 가능한 줄이는 것이 필요하다. 신경계환자에서는 발관실패와 재삽관률이 20-40%로 높아[18] 지연 발관과 조기 발관 모두 환자에게 좋지않은 결과를 가져올 수 있다. 여러가지 기계환기 이탈 지표가 제시되고 있으나 신경계 환자에서 기계환기 이탈이나 발관의 지표로 명확한 것은 제시되고 있지 않다. 다기관 연구에서 40 세 미만, GCS >10, 시추적(visual pursuit), 상기도 반응이 있는 경우

Table 2. Indications for Intubation for the Neurological Patient

Immediate (life-threatening hypoxia likely)
persistent apnea
persistent airway obstruction despite airway insertion
inability to bag/mask ventilate.
Urgent
Glasgow Coma scale(8)
protection of the lower respiratory tract from soiling
anticipated occlusion by: hematoma; edema (burns, angioedema); displacement of a laryngotracheal fracture.
Relative
control of intracranial pressure by controlling PCO ₂
therapeutic ventilation for hypoxemia/hypercarbia in:
pulmonary contusion/edema/infection; flail chest; cervical spinal cord injury
therapeutic and diagnostic procedures in combative or uncooperative patients
high metabolic demand from work of breathing

등이 성공지표로 보고되고 있다[19, 20].

5) 기관절개

뇌졸중으로 입원한 환자의 45%에서 기관절개가 필요했다는 보고와 같이[21] 많은 신경계 질환 환자에서 기관절개가 필요하다. 기관절개는 장기간 구강-기관삽관 환자의 인후두 병변을 줄이고 구강내 위생과 구강간호를 호전시키며 환자에게 편안한 방법이다[22]. 기관절개가 필요한 환자는 다음과 같은 장기간 기관삽관이 필요한 환자에서 시행될 수 있다 [23]. 첫째, 호흡부전 없이 기도보호가 필요한 환자, 둘째, 심각한 뇌손상으로 호흡구동이 감소되어 있는 환자, 셋째, 뇌손상에 의해 발생한 심폐기능 장애가 발생한 환자, 넷째, 말초 신경장애에 의한 과탄산혈증 호흡부전 환자가 있으며 이런 환자에서는 폐허탈의 예방과 기도분비물 배출도 필요하다.

기관절개의 시기는 위에 열거한 환자의 기저질환의 회복 가능성과 회복에 필요한 시간을 고려하여 결정하여야 한다.

6) 기계환기 합병증의 예방

기계환기는 생명을 유지하는 장치이나 심각한 합병증을 유발할 수 있다. 합병증을 줄이기 위해 폐보호환기와 함께 폐-뇌, 폐-신장의 상호작용에 대하여 고려하여야 하고 중환자실에서 발생할 수 있는 일반적인 합병증의 감소를 위하여 다발접근(bundle approach)가 필요하다.

3. 가정 기계환기

위에 열거한 장기간 기관삽관이 필요한 경우는[23] 장기간 기계환기가 필요할 수 있으며 신경근 질환 환자의 초기에는 비침습기계환기가 기관절개를 미루고 가정에서 유지할 수 있는 대안이 될 수 있다[24]. 최근 가정 기계환기가 의료보험 적용이 되면서 가정 기계환기를 받는 환자가 증가하고 있다. 국내 의료보험공단 자료를 분석한 연구에서 4,785명의 가정 기계환기를 받고 있는 환자 중 67.2%가 신경계질환으로 기계환기를 받고 있었으며 신경근 질환과 뇌혈관 질환 환자가 대부분을 차지하고 있었다 [25]. 가정 기계환기는 환자의 삶의 질 향상과 의료자원의 분배를 위해 고려해 볼 수 있는 방법이나 환자와 보호자의 교육이 필요하며 환자의 상태 가족의 사회 경제적 지지능력 등이 고려되어야 한다.

결론

신경계 질환에서 발생할 수 있는 호흡부전의 원인은 다양하며 호흡부전의 양상이나 정도에 따라 기관삽관이나 기계환기가 필요한 경우가 자주 발생할 수 있다. 기계환기가 필요한 경우 자발호흡의 정도 폐실질의 이상 유무에 따라 기계환기 양식을 선택하여야 한다. 기계환기를 시작하면 발생할 수 있는 합병증을 최소화하려는 노력을 하여야 하며 환자의 상

Table 3. Modes of ventilation in neurocritical care (Modified from Reference 2)

Mode of ventilation		Description	Utility
Controlled ventilation	Controlled mandatory ventilation (CMV)	All breaths triggered by ventilator; predefined rate and volume set	Useful in initiation of ventilation in comatose patients and spinal cord injury patients without/very weak spontaneous breathing
	• Volume-CMV	Timer-triggered, time-cycled, and volume-targeted	
	• Pressure-CMV	Timer-triggered, time-cycled, and pressure-limited	
Support ventilation	Assist-controlled ventilation (ACV)	Breath triggered by patient's effort, if no patient breath per unit time, ventilator triggered; predefined tidal volume(Pressure) set	Useful in weaning from ventilation after primary insult is cured and onset of spontaneous respiration is ascertained
	• Volume	Spontaneous breathing permitted with no ventilator assist; mandatory, timed breaths delivered in synchrony with patient's breaths when possible; predefined tidal volume(Pressure) set	
	• pressure		
	Synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV)	Triggered by patient's inspiration only; assist with pressure limitation provided	
	• Volume		
• pressure	Combination of PSV and SIMV; ensures that spontaneous breaths permitted in SIMV receive pressure assist		
Pressure support ventilation (PSV)			
SIMV/PSV	All breaths patient triggered; provides gas at a constant predefined pressure		
Continuous positive airway pressure (CPAP)			

태를 고려하여 가능한 기계환기의 기간을 줄이려는 시도를 하여야 한다. 기계환기의 기간이 길어질 경우 기관절개를 고려하여야하나 적절한 시기에 대하여는 아직 논란이 있다. 환자 상태가 안정되었음에도 장기 기계환기가 필요한 경우 가정 기계환기를 고려해 볼 수 있다.

참고문헌

- Kress, J.P., Hall, J.B. Approach to the Patient with Critical Illness. In: Jameson J, Fauci AS, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Loscalzo J. eds, *Harrison's Principles of Internal Medicine*, 20e. McGraw-Hill; Accessed July 06, 2020. <https://accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2129§ionid=188731384>
- Swain, A., et al., *Mechanical ventilation in neurological and neurosurgical patients*. Neurol India, 2016. 64(3): p. 485-93.
- Souter, M.J. and E.M. Mann, *Ventilatory management and extubation criteria of the neurological/neurosurgical patient*. Neurohospitalist, 2013. 3(1): p. 39-45.
- Cabrini, L., et al., *Tracheal intubation in critically ill patients: a comprehensive systematic review of randomized trials*. Crit Care, 2018. 22(1): p. 6.
- Brown, C.A., 3rd, et al., *Techniques, success, and adverse events of emergency department adult intubations*. Ann Emerg Med, 2015. 65(4): p. 363-370 e1.
- Rowat, A.M., M.S. Dennis, and J.M. Wardlaw, *Hypoxaemia in acute stroke is frequent and worsens outcome*. Cerebrovasc Dis, 2006. 21(3): p. 166-72.
- Jeon, S.B., et al., *Hyperoxia may be related to delayed cerebral ischemia and poor outcome after subarachnoid haemorrhage*. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2014. 85(12): p. 1301-7.
- Floyd, T.F., et al., *Independent cerebral vasoconstrictive effects of hyperoxia and accompanying arterial hypocapnia at 1 ATA*. J Appl Physiol (1985), 2003. 95(6): p. 2453-61.
- Siemieniuk, R.A.C., et al., *Oxygen therapy for acutely ill medical patients: a clinical practice guideline*. BMJ, 2018. 363: p. k4169.
- Borsellino, B., et al., *Mechanical ventilation in neurocritical care patients: a systematic literature review*. Expert Rev Respir Med, 2016. 10(10): p. 1123-32.
- Pelosi, P. and P.R. Rocca, *The lung and the brain: a dangerous cross-talk*. Crit Care, 2011. 15(3): p. 168.
- Tejedor, E., et al., *Association between ventilatory settings and development of acute respiratory distress syndrome in mechanically ventilated patients due to brain injury*. J Crit Care, 2017. 38: p. 341-345.
- Asehnoune, K., et al., *A multi-faceted strategy to reduce ventilation-associated mortality in brain-injured patients. The BI-VILI project: a nationwide quality improvement project*. Intensive Care Med, 2017. 43(7): p. 957-970.
- Shapiro, H.M. and L.F. Marshall, *Intracranial pressure responses to PEEP in head-injured patients*. J Trauma, 1978. 18(4): p. 254-6.
- Videtta W., et al., *Effects of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure*. Acta Neurochir Suppl, 2002. 81: p. 93-7.
- Robba, C., et al., *Mechanical ventilation in patients with acute ischaemic stroke: from pathophysiology to clinical practice*. Crit Care, 2019. 23(1): p. 388.
- Pelosi, P., et al., *Management and outcome of mechanically ventilated neurologic patients*. Crit Care Med, 2011. 39(6): p. 1482-92.
- Wang, S., et al., *Predictors of extubation failure in neurocritical patients identified by a systematic review and meta-analysis*. PLoS One, 2014. 9(12): p. e112198.
- Asehnoune, K., et al., *Extubation Success Prediction in a Multicentric Cohort of Patients with Severe Brain Injury*. Anesthesiology, 2017. 127(2): p. 338-346.
- Godet, T., et al., *Extubation Failure in Brain-injured Patients: Risk Factors and Development of a Prediction Score in a Preliminary Prospective Cohort Study*. Anesthesiology, 2017. 126(1): p. 104-114.
- McCredie, V.A., et al., *Airway Management Strategies for Brain-injured Patients Meeting Standard Criteria to Consider Extubation. A Prospective Cohort Study*. Ann Am Thorac Soc, 2017. 14(1): p. 85-93.
- Bosel, J., *Use and Timing of Tracheostomy After Severe Stroke*. Stroke, 2017. 48(9): p. 2638-2643.
- Chang, W.T. and P.A. Nyquist, *Strategies for the use of mechanical ventilation in the neurologic intensive care unit*. Neurosurg Clin N Am, 2013. 24(3): p. 407-16.
- Servera, E., et al., *Alternatives to endotracheal intubation for patients with neuromuscular diseases*. Am J Phys Med Rehabil, 2005. 84(11): p. 851-7.
- Kim, H.I., et al., *Home Mechanical Ventilation Use in South Korea Based on National Health Insurance Service Data*. Respir Care, 2019. 64(5): p. 528-535.