

## МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РЕГУЛИРОВКИ МИНУТНОГО ОБЪЕМА ДЫХАНИЯ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ КАПНОГРАФИИ

Сатишур О.О.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Чураков А.В. – канд. мед. Наук

Предложен способ автоматической регулировки минутного объема дыхания как основного компонента внешней вентиляции пациента во время проведения общей анестезии на основании обратной связи от показателя парциального давления углекислого газа в конце выхода.

Одна из основных задач внешней вентиляции в физиологии дыхания человека – это соответствующая элиминация углекислого газа из легких для поддержания определенных пределов уровня парциального давления углекислого газа в крови. Минутный объем дыхания (МОД) – это основной параметр внешней вентиляции, от которого зависит элиминация углекислоты. Косвенным показателем содержания  $CO_2$  в крови человека является парциальное давление углекислого газа в конце выдоха ( $PetCO_2$ ) [1]. Следовательно, мониторируя величину  $PetCO_2$ , предлагается ее использовать в качестве параметра обратной связи для автоматической регулировки МОД наркозно-дыхательным аппаратом с целью удержания  $PetCO_2$  в заданных приемлемых пределах.

Предлагаемый способ проиллюстрирован на рисунке 1. Если  $PetCO_2$  находится в допустимых границах, то МОД не требует изменения. В случае снижения  $PetCO_2$  ниже допустимой границы (состояние гипокапнии), МОД автоматически уменьшается для снижения элиминации углекислоты. С другой стороны, в случае увеличения  $PetCO_2$  выше допустимой границы (состояние гиперкапнии) МОД автоматически увеличивается, чтобы повысить удаление углекислого газа.

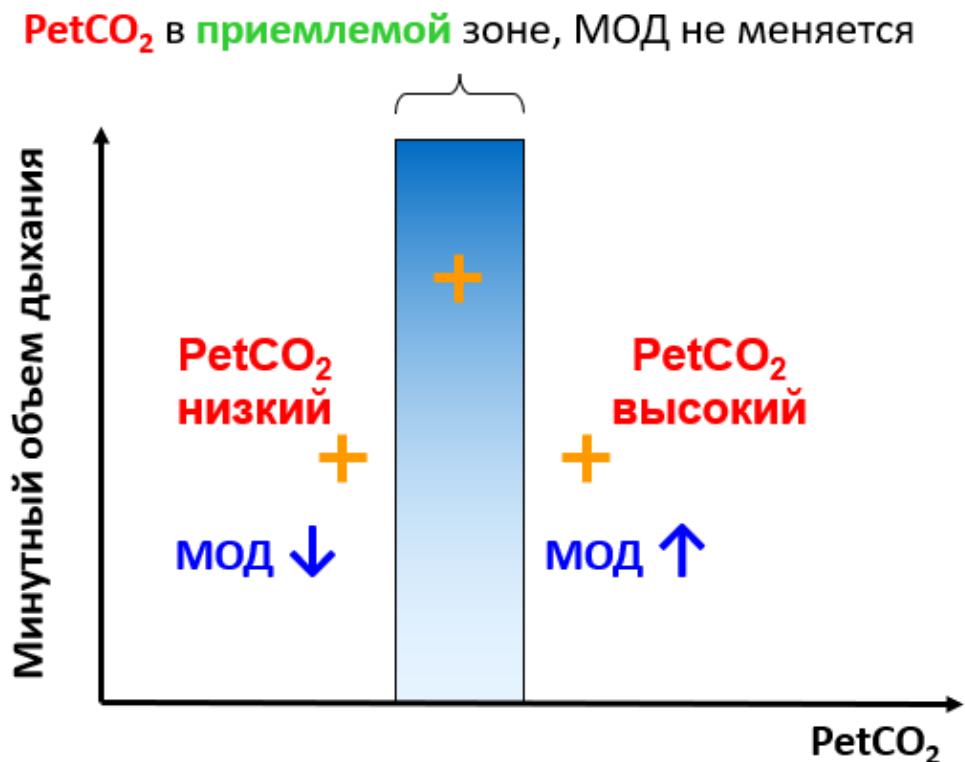


Рисунок 1 – График автоматической регулировки МОД в зависимости от  $PetCO_2$

Поддержание уровня углекислоты в определенных пределах очень важно с медицинской точки зрения, т.к. состояния гипокапнии и гиперкапнии связаны с неблагоприятным воздействием на организм человека, особенно во время общей анестезии при отсутствующим самостоятельным дыханием у пациента [2]. В частности, гипокапния может вызвать сужение сосудов головного мозга и соответственно нарушение мозгового кровообращения. С другой стороны, гиперкапния способна вызвать избыточное расширение сосудов головного мозга, а также артериальную гипотензию.

У пациента без тяжелых заболеваний легких и выраженных вентиляционно-перфузионных нарушений  $PetCO_2$  можно принять 30-40 мм.рт.ст. [2, 3]. Средняя величина  $PetCO_2$  принимается за 35

мм.рт.ст. как типичное целевое  $PetCO_2$  [4]. При этом предусматривается возможность для врача изменить данное целевое значение  $PetCO_2$  в ту или иную сторону, на сколько он считает нужным. Как известно из физиологии дыхания, допустимая разбежка от средней величины  $PCO_2$  либо  $PetCO_2$  составляет 3-3.5 мм.рт.ст., т.е. 10% [5]. Таким образом приемлемая разбежка допустимого  $PetCO_2$  в типичных случаях для взрослых составляет 32-38 мм.рт.ст.

У пациентов без тяжелых заболеваний легких и выраженных вентиляционно-перфузионных нарушений имеется определенная зависимость между  $PetCO_2$  и МОД, что выражается формулой [2]:

$$PetCO_{2c} * V_{Ec} = PetCO_{2t} * V_{Et} \quad (1)$$

где  $PetCO_{2c}$  – текущее парциальное давление углекислого газа в конце выдоха;  
 $V_{Ec}$  – текущий общий МОД;  
 $PetCO_{2t}$  – целевое парциальное давление углекислого газа в конце выдоха;  
 $V_{Et}$  – целевой общий МОД.

Отсюда можно рассчитать необходимый МОД для достижения желаемой целевой величины  $PetCO_2$ :

$$V_{Et} = \frac{PetCO_{2c} * V_{Ec}}{PetCO_{2t}} \quad (2)$$

В настоящее время изменение МОД преимущественно достигается за счет частоты дыхания, в то время как величина подаваемого дыхательного объема остается постоянной в рекомендованных пределах 6-8 мл/кг идеальной массы тела [6].

Как правило, во время общей анестезии соответствующее изменение  $PetCO_2$  наступает в течение 5 минут после изменения МОД [1; 4]. У ряда пациентов может произойти недостаточное изменение  $PetCO_2$ , т.е. через 5-6 минут уровень  $PetCO_2$  не достигнет целевого. Это может быть связано с целым рядом причин. В частности, индивидуальными особенностями метаболизма пациента, глубиной анестезии, глубиной миорелаксации, травматичностью оперативного вмешательства и т.д. [1; 4]. Следовательно, если через 5 минут параметр  $PetCO_2$  не достиг приемлемой разбежки (целевое значение 10%), значит необходимо дополнительное изменение МОД. В этом случае предлагаемый способ регуляции МОД предусматривает автоматическое дополнительное изменение МОД на 10% в сторону уменьшения или увеличения в зависимости от текущего уровня  $PetCO_2$ . Если в течение последующих 5 минут уровень  $PetCO_2$  не достиг приемлемой разбежки, необходимо вновь изменить МОД на 10%, одновременно отображая данное действие на мониторе в виде сообщения для врача.

Таким образом, система автоматизированной регуляции МОД позволяет своевременно осуществлять необходимые изменения элиминации углекислого газа, что способствует поддержанию уровня  $CO_2$  в заданных пределах и повышает безопасность пациента во время проведения общей анестезии.

**Список использованных источников:**

1. Морган Д.Э. Клиническая анестезиология. Пер. с англ.: в 3 т. - Москва: Медицина, 2001. Том 1: Наркозный аппарат – 307 с.
2. J.M.Cairo. Mechanical ventilation: physiological and clinical applications. Maryland: Mosby, 2016. – 589 p.
3. R.M.Kacmarek, J.K.Stoller, A.J.Heuer. Egan's fundamentals of respiratory care. – Maryland: Mosby, 2017. – 1397 p.
4. Миллер Р.Д. Анестезия. Пер. с англ.: в 4 т. – М: Человек, 2015. Том 1: Анестезиология и реаниматология – 568 с.
5. Дж.Уэст. Физиология дыхания. Пер. С англ. – М: Мир, 1988. – 196 с.
6. B.O'Gara, D.Talmor. Perioperative lung protective ventilation // British Medical Journal, 2018. – P. 362.