

ДЕЙСТВИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЫХАНИЮ НА ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГАЗООБМЕН В ЛЕГКИХ У БОЛЬНЫХ ХОБЛ

О.В.Гришин, Д.Ю.Урюмцев

Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения РАН, 630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 4

РЕЗЮМЕ

Адаптация системы дыхания к постепенному увеличению резистивной нагрузки у больных хронической обструктивной болезнью легких изменяет субъективную оценку дыхательной недостаточности, что отражается на качестве своевременной диагностики и назначении адекватной терапии. Поскольку чувство дыхательного дискомфорта во многом зависит от сопротивления дыханию, были изучены изменения вентиляции и газообмена легких при действии подпороговой резистивной респираторной нагрузки (0,4 см вод. ст.·л⁻¹·с), не вызывающей ощущение одышки. В обследовании участвовали пациенты с хронической обструктивной болезнью легких (21 человек) обоего пола, средний возраст которых составлял 59 лет. Установлено, что резистивная нагрузка (0,4 см вод. ст.·л⁻¹·с) значимо не влияет на параметры вентиляции. Частота дыхания, минутная вентиляция и дыхательный объем достоверно не изменились. Однако одновременно происходит значительное снижение потребления кислорода на 18% и выделения углекислого газа на 17%. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что реакция на дополнительное сопротивление осуществляется на центральном уровне по принципу возмущения или прогнозирования и направлена на оптимизацию энергетических процессов в ответ на появление признаков нарушения вентиляции легких.

Ключевые слова: дополнительное сопротивление дыханию, легочный газообмен, паттерн дыхания, одышка.

SUMMARY

THE EFFECTS OF SUPPLEMENTARY BREATHING RESISTANCE ON PULMONARY VENTILATION AND GAS EXCHANGE IN PATIENTS WITH COPD

O.V.Grishin, D.Y.Uryumtsev

Research Institute of Physiology and Fundamental Medicine of Siberian Branch RAMS, 4 Timakova Str., Novosibirsk, 630117, Russian Federation

The adaptation of the respiratory system to the gradual increase of resistive loading in patients with a chronic obstructive pulmonary disease changes the subjective assessment of breathlessness, which influences the quality of modern diagnostics and adequate therapy. As the feeling of the respiratory discomfort depends on the resistance to the respiration, the changes in pulmonary ventilation and gas exchange under the action of subthreshold resistive respiratory load (0.4

smH₂O·L⁻¹·s) not causing the dyspnoea were studied. The study included the patients with chronic obstructive pulmonary disease (21 people) of both sexes; the mean age was 59 years. It was revealed that the resistive load (0.4 smH₂O·L⁻¹·s) does not significantly affect the ventilation parameters. The breathing rate, a minute ventilation and the tidal volume did not change. But at the same time there was a decrease in the oxygen consumption by 18% and carbon dioxide release by 17%. The obtained results suggest that the reaction to the increased respiratory resistance is carried out on the brain level by a principle of perturbation and forecasting and is directed to the optimization of the energy balance of an organism in the response to the disturbance of lung ventilation.

Key words: supplementary respiratory resistance, gas exchange, breathing pattern, dyspnea.

Адаптация системы дыхания к постепенному увеличению резистивной нагрузки у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) изменяет субъективную оценку дыхательной недостаточности, что отражается на качестве своевременной диагностики и назначении адекватной терапии. Вместе с этим больные с хронической дыхательной недостаточностью 1-2 степени могут не замечать ни нарушения бронхиальной проходимости, ни гипоксии, что следует из сопоставления результатов спирометрии и вопросников [7]. Поэтому на первый план выходит разработка методов функциональной оценки систем транспорта кислорода [1]. Считается, что одышка обычно связана с повышенной механической нагрузкой на вентиляторный аппарат, и чувство дыхательного дискомфорта во многом зависит от сопротивления дыханию. В связи с этим целью настоящего исследования было изучить изменения вентиляции и газообмена легких при действии подпороговой резистивной респираторной нагрузки, не вызывающей ощущение одышки.

Материалы и методы исследования

В обследовании принимали участие больные с клиническим диагнозом ХОБЛ (n=21) с хронической дыхательной недостаточностью 1-2 стадии. Средний возраст составлял 59 лет. Перед основным исследованием измеряли антропометрические показатели, определяли вентиляционную функцию легких методом спирометрии. Исследование вентиляционной функции легких проводили с помощью спирометрической системы CareFusion IOS System (Германия). Измеряли жизненную емкость легких (ЖЕЛ), форсированную жизненную емкость (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁), мгновенную объемную скорость (МОС₂₅, МОС₅₀ и МОС₇₅). Исследо-

вание легочного газообмена проводили на автоматизированном спирометаболическом комплексе Ultima PFX (США). На первом этапе запись производилась без дополнительного сопротивления, а на втором этапе использовалась резистивная нагрузка, равная 0,4 см вод. ст.·л⁻¹·с. Каждое обследование проводилось в положении сидя, в состоянии покоя в течение 7 минут. В соответствии с методикой, обследуемые адаптировались к дыханию через загубник 2-3 минуты. Затем проводилась запись следующих показателей легочного газообмена: дыхательный объем (ДО), объем легочной вентиляции в минуту (МОД), частота дыхания за минуту (ЧД), потребление кислорода (ПО₂) и выделение углекислого газа (ВСО₂) на общую массу тела, коэффициент использования кислорода (КИО₂) и дыхательный коэффициент (ДК). При статистическом анализе динамики количественных показателей использовали Т-критерий Вилкоксона. Достоверным принимались результаты при $p < 0,05$.

Исследование проведено без риска для здоровья людей с соблюдением всех принципов гуманности и этических норм (Хельсинкская декларация 2000 г., Директивы Европейского сообщества 86/609) и одобрено Комитетом по биомедицинской этике НИИ физиологии и фундаментальной медицины СО РАМН.

Результаты исследования и их обсуждение

Средний рост обследованных составлял 166,4±8,84 см, масса тела 83,0±13,6 кг. В группе больных величины

ЖЕЛ и ФЖЕЛ соответствовали нормативным значениям, при этом, средние значения ОФВ₁ оказались на нижней границе нормы, а показатели МОС₅₀ и МОС₇₅ в 2 раза ниже должной величины, что является признаком нарушения бронхиальной проходимости [6]. Это вполне соответствует клинической характеристике обследованных больных, у которых основное заболевание в стадии ремиссии (на момент обследования) сопровождается хронической дыхательной недостаточностью 1 степени. При сравнении параметров легочного газообмена в условиях без дополнительного сопротивления и с дополнительным сопротивлением обращает внимание достоверное ($p < 0,0001$) снижение скорости потребления кислорода и выделения углекислого газа на 18 и 17 %, соответственно (табл.). Коэффициент использования кислорода в условиях дополнительного сопротивления опустился на 15% от исходного уровня и оказался ниже границы принятой нормы (35 об. %). Что касается дыхательного коэффициента, то достоверной динамики этого показателя не обнаружено, что указывает на достаточно пропорциональное изменение ПО₂ и ВСО₂. Значения МОД на обоих этапах не различались, что отражает падение эффективности альвеолярной вентиляции. Так же при резистивной нагрузке с дополнительным сопротивлением частота дыхания и его глубина практически не менялись, что говорит об отсутствии изменения паттерна дыхания.

Таблица

Показатели внешнего дыхания и газообмена у больных ХОБЛ (приведены в медиане и квартилях)

Показатели	Больные ХОБЛ (n=21)				p=
	Исходные данные без дополнительного сопротивления		Данные с дополнительным сопротивлением		
	Median	Quartile Lower/Upper	Median	Quartile Lower/Upper	
ПО ₂ , мл/кг•мин	3,30	2,90/3,40	2,70	2,50/2,90	0,0001
ВСО ₂ , мл/кг•мин	2,87	2,53/3,18	2,39	2,04/2,67	0,0001
КИО ₂	35,6	33,0/38,5	30,3	27,7/32,5	0,0001
ДК	0,88	0,85/0,92	0,90	0,84/0,91	0,4347
МОД, л/мин	8,90	8,00/10,9	9,20	7,90/9,90	0,3411
ЧД, дыханий/мин	16,0	13,0/19,0	16,0	14,0/18,0	0,3684
ДО, мл	588	488/690	572,0	503/686	0,5438

Известно, что нервно-рефлекторная регуляция возросшего сопротивления осуществляется по проприоцептивному пути, по которому афферентные сигналы от межреберных мышц, так же, как и от других скелетных мышц, поступают в кору головного мозга. При этом отмечено, что человек способен заметить рост резистивной нагрузки на 0,5 см вод. ст.·л⁻¹·с. Таким образом, мы исключали возможность непосредственно сознательных реакций по управлению дыханием, связанным с его затруднением или иным дискомфортом, вызываемым дополнительным сопротивлением, так

как у пациентов с обструктивным синдромом обнаружено усиление электромиографической активности дыхательных мышц, напрямую связанной с его выраженностью. Отмечается связь миографической активности с регионарным распределением вентиляции и кровотока [5]. Так же эффективность вентиляции и газообмен могут снижаться в зависимости от изменения тонуса бронхиальной мускулатуры, которая оказывает на окружающие сосуды как прямое механическое, так и нейрогенное воздействие [4]. Непосредственное изменение бронхиального тонуса может быть связано с

динамикой трансмурального давления в процессе дыхания, вызванного дополнительным сопротивлением. Выявленные изменения газообмена могут являться частным случаем стратегии снижения энергетического запроса в ответ на дополнительную нагрузку. Уже отмечено, что такие факторы как гипоксия, холод, недостаточность питания, действующие на организм человека в определенных условиях, так же приводят к проявлению гипометаболизма [2, 3], который может являться универсальной реакцией на угрозу осуществления жизненно важной функции.

Таким образом, при дополнительном сопротивлении, равном 0,4 см вод. ст. $\cdot$ л⁻¹•с, не вызывающем чувство одышки у больных ХОБЛ, выявлено отсутствие изменения паттерна дыхания, а так же снижение газообмена и эффективности вентиляции. Функциональный смысл данных реакций заключается в оптимизации энергетических процессов со стороны дыхательной системы, связанной с повышением нагрузки на её звенья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гипоксический тест и функциональные критерии дыхательной недостаточности / О.В.Гришин [и др.] // Функциональная диагностика. 2011. №1. С.71–72.
2. Гришин О.В. Адаптивный гипометаболизм у человека // Вестник РАМН. 2011. №8. С.33–41.
3. Увеличение скорости выделения CO₂ в покое при кратковременной гипоксии у здоровых людей / О.В.Гришин [и др.] // Физиология человека. 2011. Т.37, №5. С.77–83.
4. Дворецкий Д.П., Ткаченко Б.И. Гемодинамика в

легких. М.: Медицина, 1987. 288 с.

5. Ершов С.П., Перельман Ю.М. Электрофизиологическая характеристика дыхательных мышц у больных хроническим бронхитом // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 1999. №5. С.28–35.

6. Altalag A., Road J., Wilcox P. Pulmonary function tests in clinical practice. London: Springer, 2009. 285 p.

7. How do dyspnoea scales compare with measurement of functional capacity in patients with COPD and at risk of COPD? / L.M.Boer [et al.] // Prim. Care Respir. J. 2012. Vol.21, №2. P.202–207.

REFERENCES

1. Grishin O.V., Basalaeva S.V., Umantseva N.D., Ustyuzhaninova N.V., Grishin V.G. *Funktsional'naya diagnostika* 2011; 1:71–72.
2. Grishin O.V. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Meditsinskikh Nauk* 2011; 8:33–41.
3. Grishin O.V., Basalaeva S.V., Umantseva N.D., Ustyuzhaninova N.V., Grishin V.G., Mitrofanov I.M. *Fiziologiya cheloveka* 2011; 37(5):77–83.
4. Dvoretzkiy D.P., Tkachenko B.I. *Gemodinamika v legkikh* [Hemodynamics in the lungs]. Moscow: Meditsina; 1987.
5. Ershov S.P., Perelman J.M. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniya* 1999; 5:28–35.
6. Altalag A., Road J., Wilcox P. Pulmonary function tests in clinical practice. London: Springer; 2009.
7. Boer L.M., Asijee G.M., van Schayck O.C., Schermer T.R. How do dyspnoea scales compare with measurement of functional capacity in patients with COPD and at risk of COPD? *Prim. Care Respir. J.* 2012; 21(2):202–207.

Поступила 05.11.2013

Контактная информация

Олег Витальевич Гришин,

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории физиологии дыхания,
НИИ физиологии и фундаментальной медицины Сибирского отделения РАМН,
630117, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 4.

E-mail: ovgrishin@physiol.ru

Correspondence should be addressed to

Oleg V. Grishin,

MD, PhD, Head of Laboratory of Physiology of Respiration,
Research Institute of Physiology and Fundamental Medicine of Siberian Branch RAMS,
4 Timakova Str., Novosibirsk, 630117, Russian Federation.

E-mail: ovgrishin@physiol.ru