

*А.И. Мирошниченко<sup>1</sup>, А.К. Кунарбаева<sup>1</sup>,  
К.М. Иванов<sup>1</sup>, И.В. Мирошниченко<sup>2</sup>*

## **ВЛИЯНИЕ ОБСТРУКТИВНЫХ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ ВО СНЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ СИЛЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ**

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, каф. пропедевтики внутренних болезней<sup>1</sup>, каф. нормальной физиологии<sup>2</sup>*

**Резюме.** В последние годы возрос интерес к роли обструктивных нарушений дыхания во сне (ОНДС) и влиянию их на функциональное состояние дыхательных мышц (ДМ). Цель исследования: выявить изменения показателей силы ДМ при различной степени тяжести ОНДС. Были обследованы 48 пациентов, разделенные по результатам кардио-респираторного мониторинга на 4 группы в зависимости степени тяжести ОНДС. Силу ДМ оценивали по максимальному инспираторному и экспираторному давлению, измеренным на уровне полости рта. Прогрессирование тяжести дыхательных расстройств в течение ночи способствовало нарастанию степени тяжести ночной гипоксемии. По мере увеличения степени тяжести ОНДС наблюдалось увеличение силы ДМ. Была выявлена взаимосвязь между показателями силы ДМ и показателями степени тяжести ОНДС. Заключение. Адаптация дыхательных мышц к периодически возникающему их напряжению во время эпизодов апноэ и хронической интермиттирующей гипоксии при ОНДС во сне проявляется увеличением силы ДМ.

**Ключевые слова:** обструктивные нарушения дыхания во сне, дыхательные мышцы.

**Актуальность.** За последние годы возрос интерес к роли обструктивных нарушений дыхания во сне (ОНДС) в развитии заболеваний внутренних органов. ОНДС оказывают неблагоприятное влияние на здоровье человека, приводя к интермиттирующей гипоксии, фрагментации сна, нарушениям сердечного ритма, колебаниям артериального и внутригрудного давления, что способствует развитию коморбидной патологии [1, 2].

Обструкция дыхательных путей с усилением вдоха сопровождается напряжением дыхательных мышц (ДМ) и может приводить к их хронической перегрузке. Однако вопрос о влиянии ОНДС на функциональное состояние ДМ остаётся спорным [3, 4, 5, 6]. Цель исследования: выявить изменения показателей силы дыхательных мышц при различной степени тяжести обструктивных нарушений дыхания во сне.

**Материалы и методы исследования.** Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава РФ. Критериями включения в исследование были мужской пол; возраст 30–69 лет; ОНДС; способность к выполнению дыхательных манёвров в ходе функционального исследования дыхательной системы; информированное добровольное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: центральное апноэ сна; острые и хронические заболевания дыхательной системы; патологические формы и деформации грудной клетки; операции на органах грудной клетки; заболевания центральной и периферической нервной системы, сопровождающиеся нарушением нервно-мышечной проводимости; приём препаратов, замедляющих нервно-мышечную проводимость; ожирение 3-й степени (ИМТ > 40 кг/м<sup>2</sup>); отказ от участия в

исследовании. Согласно критериям включения и исключения в исследование были включены 48 пациентов, которые были разделены на 4 группы в зависимости от наличия и степени тяжести ОНДС. В 1 группу вошли 16 пациентов без ОНДС, во 2 группу – 16 пациентов с ОНДС легкой степени, 3 группу составили 8 пациентов с ОНДС средней степени, 4 группу – 8 пациентов с ОНДС тяжелой степени. Обследованные группы были рандомизированы по возрасту и структуре сопутствующей патологии. Для выявления обструктивных нарушений дыхания во сне и определения степени тяжести их проводился кардиореспираторный мониторинг по стандартной методике с помощью скрининговой системы ApneaLink (ResMed, Австралия). Диагноз ОНДС устанавливался согласно The International Classification of Sleep Disorders, Third Edition, 2014. Определение силы ДМ проводилось с использованием методики измерения максимальных уровней статического давления на уровне рта (максимальное инспираторное давление, maximal inspiratory pressure, MIP и максимальное экспираторное давление maximal expiratory pressure, MEP) при закрытых дыхательных путях согласно ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing, 2002. С этой целью применялся прибор для измерения силы ДМ MicroRPM (Micro Medical Ltd., Великобритания). Значения MIP и MEP более 80 см вод. ст. свидетельствовали о сохранённой функции ДМ [7].

Для обработки данных, полученных в результате исследования, применялся программный комплекс Statistica 10 (Statsoft, Россия) с использованием непараметрических методов. Данные представлены в виде Me [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. Данные считали достоверными при уровне значимости p<0,05.

**Полученные результаты и их обсуждение.** При проведении кардиореспираторного мониторинга значения показателей сатурации кислорода крови (SpO<sub>2</sub>), зарегистрированные во время засыпания, во всех группах находились в пределах референсных значений (табл. 1).

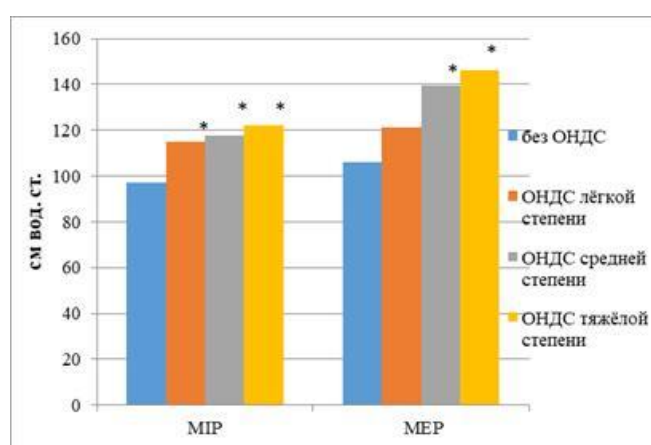
Таблица 1.

**Показатели кардиореспираторного мониторинга в обследованных группах**

Показатель	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа	p
ИАГ, соб./ч	2,0 [1,0; 3,25]	8,0 [7,0; 9,5]*	20,0 [18,0; 22,0]*&	41,5 [32,75; 67,0]*&\$	<0,001
Bas. SpO <sub>2</sub> , %	98,0 [97,5; 98,0]	97,0 [96,0; 98,0]	97,0 [96,0; 97,0]	96,0 [95,0; 98,0]*&	0,002
Ср SpO <sub>2</sub> , %	95,0 [94,0; 96,0]	95,0 [94,0; 96,0]	94,0 [93,0; 95,0]	93,0 [91,0; 95,0]*&\$	<0,001
Min SpO <sub>2</sub> , %	89,0 [86,0; 92,0]	87,0 [82,0; 89,0]	84,0 [78,0; 86,0]*	78,0 [68,0; 82,0]*&\$	<0,001
ΔSpO <sub>2</sub> , %	8,25 [5,61; 12,24]	10,2 [7,29; 14,95]	13,4 [9,21; 20,25]*	18,85 [14,24; 27,56]*&\$	<0,001
Примечание: p – достоверность различий показателей кардио-респираторного мониторинга между обследованными группами; * – различия достоверны по сравнению с 1 группой; & – различия достоверны по сравнению с 2 группой; \$ – различия достоверны по сравнению с 3 группой					

У пациентов с ОНДС тяжёлой степени была зарегистрирована гипоксемия в ночные часы, о чем свидетельствуют значения показателя средней  $SpO_2$ . По мере прогрессирования ОНДС наблюдалось достоверное уменьшение показателя минимальной  $SpO_2$ , зарегистрированной в течение ночи. У пациентов без ОНДС показатели степени снижения  $SpO_2$  были наименьшими. Таким образом, прогрессирование тяжести дыхательных расстройств в течение ночи способствовало нарастанию степени тяжести ночной гипоксемии.

Анализ показателей силы ДМ позволил установить, что во всех обследуемых группах сила инспираторных и экспираторных мышц была сохранена (Рисунок 1). Следует отметить, что по мере прогрессирования степени тяжести ОНДС наблюдается увеличение силы ИМ и ЭМ. У пациентов с ОНДС лёгкой степени значения МIP были на 18,5% выше, чем у пациентов без ОНДС, у пациентов с ОНДС средней и тяжёлой степени – на 21,1% и 25,8% соответственно. В группе пациентов с ОНДС средней степени значения МЕР были выше на 31,6%, чем у пациентов без ОНДС. В группе пациентов с ОНДС тяжёлой степени значения МЕР были выше на 37,7%, чем у группы пациентов без ОНДС и на 20,7% и у группы пациентов с ОНДС лёгкой степени.



**Рис. 1. Показатели силы дыхательных мышц в обследованных группах**

**Примечание – \* – различия достоверны по сравнению с 1 группой ( $p \leq 0,05$ ); & – различия достоверны по сравнению с 2 группой ( $p \leq 0,05$ ).**

Проведенный корреляционный анализ выявил положительную среднюю силу корреляционную связь между силой инспираторных мышц (МIP) и ИАГ ( $r=0,3$ ,  $p=0,005$ ), силой экспираторных мышц (МЕР) и ИАГ ( $r=0,57$ ,  $p < 0,001$ ).

Полученные результаты позволяют предположить, что периодически возникающие в течение ночи эпизоды остановок дыхания во сне, сопровождающиеся статическим напряжением ДМ и интермиттирующей гипоксией, влияют на увеличение силы ДМ по мере прогрессирования степени дыхательных расстройств в течение ночи.

Увеличение силы ДМ обусловлено уменьшением диаметра ВДП как во время сна, так и во время бодрствования у пациентов с ОНДС, которое по своему

воздействию сходно с тренировками ДМ, основанными на удержании статического респираторного усилия, а также адаптационным действием гипоксии, периодически возникающей в ночное время [8, 9, 10].

**Выводы.** Адаптация дыхательных мышц к периодически возникающему их напряжению во время эпизодов апноэ и хронической интермиттирующей гипоксии при обструктивных нарушениях дыхания во сне проявляется увеличением силы дыхательных мышц.

Литература.

1. Heinzer, R. Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: the HypnoLaus study / R. Heinzer, S. Vat, P. Marques-Vidal [et al.] // *Lancet Respir Med.* – 2015. – Vol. 3, №4. – P. 310–318. doi: 10.1016/S2213-2600(15)00043-0.
2. Peppard, P.E. Increased prevalence of sleep-disordered breathing in adults / P.E. Peppard, T. Young, J.H. Barnett [et al.] // *Am J Epidemiol.* – 2013. – Vol. 177, №9. – P. 1006–1014. doi: 10.1093/aje/kws342.
3. Chien, M.-Y. Inspiratory muscle dysfunction in patients with severe obstructive sleep apnoea / M.-Y. Chien, Y.-T. Wu, P.-L. Lee [et al.] // *Eur Respir J.* – 2010. – Vol. 35, №2. – P. 373–380. doi: 10.1183/09031936.00190208.
4. Montserrat, J.M. Lack of evidence for <sup>SEP</sup>diaphragmatic fatigue over the course of the night in obstructive sleep apnea / J.M. Montserrat, E.N. Kosmas, M.G. Cosio [et al.] // *Eur Respir J.* – 1997. – №10. – P. 133–138.
5. Cibella, F. Evaluation of diaphragmatic fatigue in obstructive sleep apnoeas during non-REM sleep / F. Cibella, G. Cuttitta, S. Romano [et al.] // *Thorax.* – 1997. – Vol. 52. – P.731–735.
6. Ray, A. D. Intermittent hypoxia reduces upper airway stability in lean but not obese Zucker rats / A. D Ray, U. J Magalang, C. P Michlin [et al.] // *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* – 2007. – Vol. 293. – P. 372–378. doi: 10.1152/ajpregu.00038.2007.
7. Гельцер, Б.И. Силовые характеристики дыхательных мышц у здоровых лиц: возрастные, гендерные и конституциональные особенности / Б.И. Гельцер, И.Г. Курпатов, В.Н. Котельников // *Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова.* – 2017. – Т.103, №12. – С. 1425-1433.
8. Тимофеев, Н.Н. Влияние тренировки инспираторных мышц на их устойчивость к развитию утомления при интенсивных мышечных нагрузках / Н.Н. Тимофеев, М.О. Сегизбаева, Е.Н. Курьянович, Н.П. Александрова // *Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур.* – 2015. – №3. – С. 91-101.
9. Geddes, E.L. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review / E.L. Geddes, K. O'Brien, W. D. Reid, D. Brooks, J. Crowe // *Respir Med.* – 2008. – Vol. 102, №12. – P. 1715-1729. doi: 10.1016/j.rmed.2008.07.005.
10. Romer, L.M. Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training / L.M. Romer, A.K. McConnell, D.A. Jones // *Med Sci Sports Exerc.* – 2002. – Vol. 34, №5. – P. 785-792.

**Abstract.**

**A.I. Miroshnichenko, A.K. Kunarbaeva, K.M. Ivanov, I.V. Miroshnichenko**  
**EFFECT OF OBSTRUCTIVE BREATHING DISORDERS IN SLEEP**  
**ON CHANGES IN THE FORCE OF THE RESPIRATORY MUSCLES**

*Orenburg State Medical University,*

*Dep. of Propedeutics of Internal Diseases, Dep. of Normal Physiology*

In recent years, interest has increased in the role of obstructive breathing disorders during sleep (OSBD) and their influence on the functional state of the respiratory muscles (RM). Objective of the study: to identify changes in the indicators of the strength of the RM with varying degrees of severity of OSBD. 48 patients were examined, divided according to the results of cardiorespiratory monitoring into 4 groups depending on the severity of OSBD. The strength of the RM was assessed by the maximum inspiratory and expiratory pressure measured at the level of the oral cavity. The progression of the severity of respiratory disorders during the night contributed to an increase in the severity of nocturnal

hypoxemia. As the severity of OSBD increased, an increase in the strength of the RM was observed. The relationship was revealed between the indicators of the strength of the RM and the indicators of the severity of OSBD. Conclusion. The adaptation of the respiratory muscles to their periodic tension during episodes of apnea and chronic intermittent hypoxia with OSBD in sleep is manifested by an increase in the strength of the RM.

Keywords: obstructive sleep breathing disorders, respiratory muscles.

#### References.

1. Heinzer R., Vat S., Marques-Vidal P. et al. Prevalence of sleep-disordered breathing in the general population: the HypnoLaus study. *Lancet Respir Med* 2015; Vol. 3 (4): 310–318. doi: 10.1016/S2213-2600(15)00043-0.
2. Peppard P.E., Young T., Barnet J.H. et al. Increased prevalence of sleep-disordered breathing in adults. *Am J Epidemiol* 2013; Vol. 177 (9): P. 1006–1014. doi: 10.1093/aje/kws342.
3. Chien M.-Y., Wu Y.-T., Lee P.-L. et al. Inspiratory muscle dysfunction in patients with severe obstructive sleep apnoea. *Eur Respir J* 2010; Vol. 35(2): 373–380. doi: 10.1183/09031936.00190208.
4. Montserrat J.M., Kosmas E.N., Cosio M.G. et al. Lack of evidence for  $\dot{V}_{SEP}$  diaphragmatic fatigue over the course of the night in obstructive  $\dot{V}_{SEP}$  sleep apnea. *Eur Respir J* 1997; Vol. 10: 133–138.
5. Cibella F., Cuttitta G., Romano S. et al. Evaluation of diaphragmatic fatigue in obstructive sleep apnoeas during non-REM sleep. *Thorax* 1997; Vol. 52: P.731–735.
6. Ray A. D., Magalang U.J., Michlin C.P et al. Intermittent hypoxia reduces upper airway stability in lean but not obese Zucker rats *Am. J. Physiol. Regu. Integr. Comp. Physiol* 2007; Vol. 293: 372–378. doi: 10.1152/ajpregu.00038.2007.
7. Geltser B.I., Kurpatov I.G., Kotelnikov V.N. Powerful characteristics of respiratory muscles in healthy persons: age, gender and constitutional features. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov* 2017; Vol. 103(12): 1425-1433. (In Russian).
8. Timofeev N.N., Segizbayeva M.O., Kur'yanyovich E.N., Alexandrova N.P. The inspiratory muscles training influence on the resistance to fatigue development under intensive muscle exercising. *Actual problems of physical and special training of law enforcement agencies* 2015; 3: 91-101. (in Russian).
9. Geddes E.L., O'Brien K., Reid W.D., Brooks D., Crowe J. Inspiratory muscle training in adults with chronic obstructive pulmonary disease: an update of a systematic review. *Respir Med* 2008; Vol. 102(12): 1715-1729. doi: 10.1016/j.rmed.2008.07.005.
10. Romer L.M. McConnell A.K., Jones D.A. Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training. *Med Sci Sports Exerc* 2002; Vol. 34(5): 785-792.

Сведения об авторах: Мирошниченко Анастасия Игоревна – соискатель кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет», e-mail: miroshni4enko.nast@yandex.ru; Кунарбаева Адель Камидуллоевна – аспирант кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет», e-mail: kunarbaeva.adel@yandex.ru; Иванов Константин Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет», e-mail: kmiwanov@mail.ru; Мирошниченко Игорь Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной физиологии, «Оренбургский государственный медицинский университет», e-mail: miv\_2000@mail.ru