

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2021

Нененко О.И.¹, Серебряков П.В.^{2,3,4}, Денисова Е.А.¹

Нагрузочные пробы в диагностике пылевой патологии органов дыхания

¹ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Московская область, Россия;

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва, Россия;

³ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии» ФМБА России, 123182, Москва, Россия;

⁴ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 125993, Москва, Россия

Введение. Влияние аэрозолей фиброгенного действия на состояние кардиореспираторной системы у работников пылеопасных производств не теряет своей значимости, т.к. патология органов дыхания постепенно развивается у работников трудоспособного возраста.

Цель – изучить взаимосвязь состояния кардиореспираторной системы и толерантности к физической нагрузке на основе результатов теста 6-минутной ходьбы у больных с пылевой патологией органов дыхания.

Материал и методы. Методами эхокардиографии, спирометрии, бодиплетизмографии, проведением нагрузочного теста с 6-минутной ходьбой с одновременным мониторингом насыщения крови кислородом (сатурации) и пульса обследовано 193 мужчины с подтвержденным пневмокониозом (79 человек), профессиональной хронической обструктивной болезнью лёгких (58 человек) и контактирующих с пылевым фактором на производстве без патологии органов дыхания (56 человек).

Результаты. Выявлена взаимосвязь результатов 6-минутного теста с функциональным состоянием кардиореспираторной системы обследуемых. Подтверждено, что насыщение крови кислородом в ходе выполнения нагрузочной пробы различным образом проявляет взаимосвязь с показателями бодиплетизмографии и спирометрии, характеризуя основные патогенетические моменты формирования дыхательной недостаточности.

Заключение. Характерные изменения сатурации при проведении теста с 6-минутной ходьбой вносят доступный и при этом существенный вклад в диагностику органов дыхания у работников пылеопасных профессий.

Ключевые слова: нагрузочные пробы; тест с шестиминутной ходьбой; пылевая патология; сатурация; кардиореспираторная система

Для цитирования: Нененко О.И., Серебряков П.В., Денисова Е.А. Нагрузочные пробы в диагностике пылевой патологии органов дыхания. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021; 65(4): 384-387. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-384-387>

Для корреспонденции: Нененко Ольга Ивановна, врач-терапевт терапевтического отделения клиники ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Московская область. E-mail: 4e2gy@mail.ru

Участие авторов: Нененко О.И. – сбор и обработка материала, написание текста, составление списка литературы; Серебряков П.В. – написание текста, статистическая обработка данных, составление списка литературы, редактирование; Денисова Е.А. – составление списка литературы, редактирование. *Все соавторы* – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 07.07.2021

Принята в печать 14.07.2021

Опубликована 07.09.2021

Olga I. Nenenko¹, Pavel V. Serebryakov^{2,3,4}, Elena A. Denisova¹

Load tests in the diagnosis of dust pathology of the respiratory system

¹Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Moscow Region, 141014, Russian Federation;

²Research Institute of Occupational Medicine named after Academician N.F. Izmerov, Moscow, 105275, Russian Federation;

³National Medical Research Center of Otorhinolaryngology, Federal Medical Biological Agency of Russian Federation, Moscow, 123182, Russian Federation;

⁴Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, 125993, Russian Federation

The influence of aerosols of fibrogenic action on the state of the cardiorespiratory system in dust-hazardous industries does not lose its significance over the years since the pathology of the respiratory organs gradually develops in working-age workers. Continuous medical monitoring of the health status of the working population, improvement of diagnostic research methods and their application at the early stages of exposure to

harmful industrial factors will help prevent the development of occupational diseases and preserve the ability to work professional aptitude.

Objective. To study the relationship between the state of the cardiorespiratory system and exercise tolerance based on the results of a 6-minute walk test in patients with dust pathology of the respiratory organs.

Material and methods. 193 men with confirmed pneumoconiosis (79 people), occupational chronic obstructive pulmonary disease (58 people) and those in contact with the dust factor at work without respiratory pathology (56 people) were examined using echocardiography, spirometry, bodyplethysmography, a 6-minute walking load test with simultaneous monitoring of blood oxygen saturation (saturation) and pulse.

Results. The correlation of the results of the 6-minute test with the functional state of the cardiorespiratory system of the subjects was revealed. The oxygen saturation of the blood during the exercise test was confirmed to show a different relationship with the indices of bodyplethysmography and spirometry, characterizing the central pathogenetic moments of the formation of respiratory failure.

Conclusion. Characteristic changes in saturation during the test with a 6-minute walk make an accessible and at the same time significant contribution to the diagnosis of respiratory organs in workers of dust-hazardous occupations.

Keywords: exercise tests; 6-minute walking test; dust pathology; saturation; cardiorespiratory system

For citation: Nenenko O.I., Serebryakov P.V., Denisova E.A. Load tests in the diagnosis of dust pathology of the respiratory system. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii (Health Care of the Russian Federation, Russian journal)*. 2021; 65(4): 384-387. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-384-387>

For correspondence: Olga I. Nenenko, MD, therapist, of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Mytishchi, Moscow region, 141014, Russian Federation. E-mail: 4e2ry@mail.ru

Information about the authors:

Nenenko O.I., <https://orcid.org/0000-0002-3349-5842>

Serebryakov P.V., <https://orcid.org/0000-0002-3349-5842>

Denisova E.A., <https://orcid.org/0000-0001-5030-1360>

Contribution of the authors: Nenenko O.I. – collection and processing of the material, writing the text, compilation of the list of references; Serebryakov P.V. – writing the text, statistical data processing, compilation of the list of references, editing; Denisova E.A. – compilation of the list of references, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: July 07, 2021

Accepted: July 14, 2021

Published: September 07, 2021

Введение

Пылевая патология органов дыхания занимает 3-е место в структуре профессиональных заболеваний, приводя к ранней инвалидизации трудоспособного населения [1–3]. Наблюдение за состоянием здоровья работников пылеопасных предприятий остается значимым. Ранние признаки воздействия пылевого фактора могут быть выявлены не только с помощью стандартных методов обследования, но и благодаря несложным, но информативным нагрузочным пробам, одной из которых является тест с 6-минутной ходьбой (тест 6МХ) [4]. Тест позволяет оценить функциональное состояние дыхательной и сердечно-сосудистой систем при выполнении физиологической нагрузки [5–7]. Пройденная за отведённое время дистанция с одновременным контролем уровня сатурации и пульса при ходьбе по ровной поверхности даёт дополнительную информацию об адаптационных способностях обследуемого и может отразить прогноз заболевания.

Цель исследования – оценить результаты теста 6МХ и выявить взаимосвязь между толерантностью к физической нагрузке и состоянием кардиореспираторной системы больных с пылевой патологией органов дыхания.

Материал и методы

Обследованы 193 пациентов мужского пола, разделённых на 3 группы. Первую группу с установленным диагнозом «пневмоконоз» (ПК) составили 79 человек. Во 2-ю группу вошли 56 человек с профессиональной хро-

нической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). Третья группа представлена 58 работниками, находившимися в контакте с пылевым фактором, но без установленного заболевания органов дыхания. Средний возраст обследуемых (51,5–53,9 года) и стаж работы (20,0–21,5 года) в группах были сопоставимы. Всем проводились лабораторные (клинические анализы крови, мокроты), инструментальные (электрокардиография, рентгенография, ультразвуковые методы исследования) и функциональные (бодиплетизмография, спирометрия, тест 6МХ) методы обследования.

Функциональное состояние бронхолегочной системы у обследованных оценивали методами спирометрии и бодиплетизмографии. Проводился контроль жизненной емкости лёгких (ЖЕЛ, % от должного), объёма форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁, % от должного) общей ёмкости лёгких (% от должного), остаточного объёма лёгких (ООЛ, % от должного), внутригрудного объёма (ВГО, % от должного) и диффузионной способности лёгких (DLCO, % от должного) [8, 9].

Методом эхокардиографии (ЭхоКГ) оценивали структурные показатели и функциональную способность миокарда: конечный систолический и диастолический размеры левого желудочка, конечный систолический и диастолический объёмы левого желудочка (ЛЖ), толщину задней стенки ЛЖ и межжелудочковой перегородки, фракцию выброса, переднезадний размер правого желудочка (ПЖ) и толщину его стенки, систолическое давление в лёгочной артерии [10].

Всем обследованным проводился тест 6МХ с использованием запястного пульсоксиметра «Choicemmed MD300W» («Beijing Choice Electronic Tech Co, Ltd.»). Непрерывная регистрация уровней сатурации (SpO₂) и частоты сердечных сокращений начиналась за минуту до начала пробы, продолжалась во время нагрузки и в течение 3 мин после её прекращения. Показатели артериального давления фиксировали до и после выполнения пробы. По результатам теста 6МХ оценивали уровень произведённой работы по формуле:

$$P = m \times s, \quad (1)$$

где P – работа, совершённая пациентом в ходе выполнения теста 6МХ (кг × м); m – масса пациента (кг); s – пройденная за 6 мин дистанция (м).

Достигнутую мощность оценивали по формуле:

$$W = P / t, \quad (2)$$

где W – мощность, достигнутая в ходе выполнения теста 6МХ (мг × м/с); P – работа, совершенная пациентом в ходе выполнения теста 6МХ (кг × м); t – время выполнения теста 6МХ (с).

Критериями исключения из исследования были: пациенты с уровнями артериального давления выше 180/120 мм рт. ст., пульсом выше 120 уд./мин или ниже 50 уд./мин, нестабильной стенокардией или перенесённым менее месяца назад инфарктом миокарда, нарушениями опорно-двигательной системы, ограничивающими двигательную активность.

Статистическая обработка материалов включала методы дисперсионного и корреляционного анализов. Достоверность различий оценивали с использованием непараметрического критерия Вилкоксона–Манна–Уитни ($W_{ЭМП}$), критическое значение которого соответствовало 1,96 при $p < 0,05$.

Результаты

Достоверное снижение средних значений показателей функции внешнего дыхания выявлено во 2-й группе пациентов (ЖЕЛ – $77,2 \pm 18,4\%$; $W_{ЭМП} = 2,8$; $p < 0,05$ и ОФВ₁ – $62,6 \pm 23,8\%$; $W_{ЭМП} = 5,9$; $p < 0,05$). Средние значения ЖЕЛ ($90,6 \pm 18,9$ и $97,5 \pm 13,9\%$) и ОФВ₁ ($91,5 \pm 22,5$ и $98,5 \pm 18,5\%$) в 1-й и 3-й группах находились в пределах нормы. Также у пациентов 2-й группы были получены наиболее высокие средние значения ООЛ и ВГО ($186,1 \pm 60,2$ и $165,5 \pm 44,2\%$ соответственно) при сравнении с аналогичными показателями у пациентов 1-й и 3-й групп (ООЛ – $121,1$ – $123,2\%$; ВГО – $132,8$ – $133,1\%$; $W_{ЭМП} = 3,7$ – $5,95$; $p < 0,05$). Показатели, отражающие DLCO, были наименьшими в группе пациентов с ХОБЛ ($66,3 \pm 20,4\%$), а наибольшими – в группе «контактных» ($77,9 \pm 14,8\%$; $W_{ЭМП} = 3,08$; $p < 0,05$). Диффузионная способность лёгких у пациентов с ПК соответствовала $75,0 \pm 15,9\%$ ($W_{ЭМП} = 2,75$; $p < 0,05$).

Средние значения показателей ЭхоКГ у обследованных находились в пределах референсных границ. Однако наибольшую нагрузку на правые отделы сердца испытывали пациенты 2-й группы, что подтверждается несколько большими значениями систолического давления в лёгочной артерии ($27,6 \pm 5,8$ мм рт. ст.), толщины стенки ПЖ ($4,5 \pm 0,9$ мм) и переднезаднего размера ПЖ

($2,8 \pm 0,3$ см). Наименьшими эти показатели были у пациентов в 3-й группе (систолическое давление в лёгочной артерии – $24,2 \pm 3,8$ мм рт. ст., толщина стенки ПЖ – $0,4 \pm 0,1$ мм, переднезадний размер ПЖ – $2,7 \pm 0,2$ см), что свидетельствует о минимальной нагрузке на правые отделы сердца у пациентов данной группы. В группе пациентов с ПК выявлены наименьшие средние значения, отражающие размеры ЛЖ (конечный систолический и диастолический размеры, конечный систолический и диастолический объёмы), а также толщины межжелудочковой перегородки.

Средние значения дистанции, пройденной в ходе теста 6МХ, в группах достоверно не различались. Максимальная дистанция пройденного пути за отведённое время отмечена у 3-й группы ($486,8 \pm 67,5$ м). Наименьшие средние значения нагрузочного теста выявлены в 1-й ($466,9 \pm 63,2$ м) и 2-й ($467,4 \pm 77,2$ м) группах. Уровни развиваемой мощности также были наибольшими у пациентов 3-й группы ($113,2 \pm 18,5$ кг × м/с) по сравнению с 1-й ($100,7 \pm 20,9$ кг × м/с) и 2-й ($111,3 \pm 30,1$ кг × м/с) группами. После проведения пробы во всех группах отмечено снижение средних значений уровней сатурации: $93,47 \pm 3,88$, $93,70 \pm 2,89$ и $95,24 \pm 2,31\%$ в 1–3-й группах соответственно.

Выявлена слабая корреляционная связь между пройденной дистанцией и переднезадним размером ПЖ у пациентов 2-й группы ($r = 0,4$) и между пройденной дистанцией и уровнями ЖЕЛ и ОФВ₁ в 1-й группе ($r = 0,3$ и $0,38$ соответственно). Других значимых связей между тестом 6МХ и показателями ЭхоКГ с вентиляционной способностью лёгких не отмечено. С учётом полученных результатов проведён корреляционный анализ между уровнями сатурации в ходе выполнения пробы и показателями ФВД и ЭхоКГ у всех обследуемых.

В 1-й группе выявлена положительная связь между SpO₂ и показателями, отражающими DLCO, с 3-й минуты пробы до её завершения и на первых 2 минутах отдыха ($r = 0,33$ – $0,44$). Также отмечена положительная связь на первых 2 минутах отдыха между SpO₂ и уровнями ОФВ₁ и ЖЕЛ.

Во 2-й группе связь SpO₂ и ОФВ₁ была положительной и стойкой на всех этапах выполнения пробы ($r = 0,28$ – $0,45$) и в период отдыха ($r = 0,27$ – $0,31$). Слабый положительный характер связи у пациентов данной группы выявлен между ЖЕЛ и SpO₂ ($r = 0,15$ – $0,27$). Примечательно, что уровень DLCO положительно коррелировал с SpO₂ в течение всего периода физической активности ($r = 0,27$ – $0,49$) и на последней минуте отдыха ($r = 0,31$), а общая ёмкость лёгких, ВГО, ООЛ проявляли отрицательную корреляционную связь с уровнями SpO₂ в первые 4 мин пробы (r от $-0,25$ до $-0,63$) и на последней минуте отдыха (r от $-0,38$ до $-0,48$).

В 3-й группе ЖЕЛ и ОФВ₁ положительно коррелировали с уровнем SpO₂ со 2-й минуты ходьбы до 3-й минуты отдыха ($r = 0,26$ – $0,43$). В течение всего исследования выявлена слабая положительная связь между общей ёмкостью лёгких и SpO₂ ($r = 0,15$ – $0,32$), а взаимосвязь между уровнями SpO₂ и ВГО носила устойчивый положительный характер ($r = 0,36$ – $0,51$). Обращает на себя внимание, что DLCO, ООЛ с SpO₂ в данной группе на всех этапах исследования не были взаимосвязаны.

Обсуждение

По результатам проведённого исследования видно, что тест 6МХ у работников пылевых профессий наглядно демонстрирует зависимость насыщения крови кислородом от варианта клинико-функциональных изменений со стороны кардиореспираторной системы обследуемых. Так, в 1-й группе формирование дыхательной недостаточности определяется преимущественно характером интерстициальных изменений, обусловленных снижением эластичности легочной ткани, о чём свидетельствуют положительные корреляционные связи сатурации и диффузионной способности в ходе выполнения пробы. Устойчивая корреляция в группе обследуемых с ХОБЛ при проведении теста 6МХ подтверждает зависимость дыхательной недостаточности от обструктивных нарушений и выраженности эмфиземы лёгких. Однонаправленный характер положительной связи насыщения крови кислородом с объёмными показателями вентиляционной функции лёгких (с ЖЕЛ, ОФВ₁ и ВГО) при отсутствии взаимосвязи с показателями диффузионной способности лёгких и остаточным объёмом свидетельствует об наличии наиболее оптимального функционирования лёгочных объёмов и отсутствие дыхательной недостаточности у пациентов 3-й группы, у которых определяются наиболее высокие значения результатов нагрузочных проб и показателей развиваемой при проведении пробы мощности.

Выводы

1. Оценка результатов теста 6МХ у работников пылеопасных профессий должна проводиться с учётом вентиляционной функции, диффузионной способности, результатов ЭхоКГ и уровня развиваемой мощности в ходе выполнения пробы.

2. Толерантность к физической нагрузке у рабочих пылевых профессий определяется проходимость дыхательных путей, выраженностью эмфиземы, фиброзных изменений и сократительной способностью миокарда, заинтересованностью левых и правых отделов сердца.

3. Взаимосвязь сатурации на фоне физической нагрузки с показателями функции дыхания может быть диагностическим критерием ранних проявлений различных вариантов развития пылевой патологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году». М.; 2020.
2. Яцына И.В., Попова А.Ю., Сааркопель Л.М., Серебряков П.В., Федина И.Н. Показатели профессиональной заболеваемости в Российской Федерации с 1998 по 2014 год. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (10): 1–4.
3. Сухова А.В., Преображенская Е.А., Ильницкая А.В., Кирьяков В.А. Состояние здоровья работников обогатительных фабрик при современных технологиях обогащения полезных ископаемых и меры профилактики. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2017; 61(4): 196–201.
4. Чикина С.Ю. Роль теста с 6-минутной ходьбой в ведении больных с бронхолегочными заболеваниями. *Практическая пульмонология*. 2015; (4): 34–8.

5. Перегудова Н.Н., Абросимов В.Н., Пономарева И.Б. Новые возможности 6-минутного шагового теста при функциональной оценке у больных ХОБЛ. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2016; (4): 55–6.
6. Мордяшова С.В. Применения 6-минутного теста ходьбы у больных гипертрофической кардиомиопатии. *Международный медицинский журнал*. 2009; (2): 54–8.
7. Будневский А.В., Кравченко А.Я., Токмачев Р.Е., Черник Т.А., Летникова Ю.Б. Диагностические, прогностические и терапевтические возможности использования теста с 6-минутной ходьбы у пациентов хронической сердечной недостаточностью. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2020; 19(6): 109–16.
8. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю., Черняк А.В., Калманова Е.Н. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология*. 2014; (6): 11–23.
9. Абросимов В.Н., Агеев К.И., Филлипов Е.В. Оценка параметров дыхания у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких во время физической нагрузки. *Терапевтический архив*. 2021; 93(3): 265–72.
10. Фейгенбаум Х. Эхокардиографическая оценка камер сердца. В кн.: Фейгенбаум Х. *Эхокардиография*. Пер. с англ. М.: Видар; 1999: 105–32.

REFERENCES

1. State report «On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2019». Moscow; 2020. (in Russian)
2. Yatsyna I.V., Popova A.Yu., Saarkoppel' L.M., Serebryakov P.V., Fedina I.N. Indicators of occupational morbidity in the Russian Federation from 1998 to 2014. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (10): 1–4. (in Russian)
3. Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A., Il'nitskaya A.V., Kir'yakov V.A. The state of health of workers of processing plants with modern technologies of mineral processing and preventive measures. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*. 2017; 61(4): 196–201. (in Russian)
4. Chikina S.Yu. The role of the test with a 6-minute walk in the management of patients with bronchopulmonary diseases. *Prakticheskaya pul'monologiya*. 2015; (4): 34–8. (in Russian)
5. Peregudova N.N., Abrosimov V.N., Ponomareva I.B. New possibilities of a 6-minute step test for functional assessment in patients with COPD. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*. 2016; (4): 55–6. (in Russian)
6. Mordiyashova S.V. The use of a 6-minute walking test in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal*. 2009; (2): 54–8. (in Russian)
7. Budnevskiy A.V., Kravchenko A.Ya., Tokmachev R.E., Chernik T.A., Letnikova Yu.B. Diagnostic, prognostic and therapeutic possibilities of using the test with a 6-minute walk in patients with chronic heart failure. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*. 2020; 19(6): 109–16. (in Russian)
8. Chuchalin A.G., Aysanov Z.R., Chikina S.Yu., Chernyak A.V., Kalmanova E.N. Federal guidelines of Russian Respiratory Society on spirometry. *Pul'monologiya*. 2014; (6): 11–23. (in Russian)
9. Abrosimov V.N., Ageev K.I., Fillipov E.V. Assessment of respiratory parameters in patients with chronic obstructive pulmonary disease during physical activity. *Terapevticheskiy arkhiv*. 2021; 93(3): 265–72. (in Russian)
10. Feigenbaum H. Echocardiographic assessment of the heart chambers. In: Feigenbaum H. *Echocardiography*. Philadelphia: Williams & Wilkins; 1994.