

Н.Н.Вавилова, Е.В.Колотова

Эргоспирометрические критерии течения хронической обструктивной болезни легких

ГУ Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН, г. Благовещенск

N.N.Vavilova, E.V.Kolotova

Ergospirometric criteria of chronic obstructive pulmonary disease

Summary

Lung function and physical capacity of 27 patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in stable period and exacerbation were monitored. The purpose was to determine ergospirometric criteria of changes in respiratory function under maximal muscular exertion. We used "Ergopneumotest" equipment (Erich Jaeger, Germany). We investigated physical tolerance and cardiorespiratory capacity, ventilation, hemodynamic parameters, and gas exchange with analysis of O₂ and CO₂ in the exhaled air. Adaptive capability of O₂ transport system in exacerbation of COPD depended on the disease severity.

Резюме

Проведен мониторинг функции внешнего дыхания (ФВД) и физической работоспособности у 27 больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) в фазе ремиссии и обострения заболевания. Цель: определить эргоспирометрические признаки изменений функционального состояния дыхательной системы при максимальной мышечной деятельности в динамике. Исследования проводились на аппарате "Эргопневмотест" (Эрих Егер, Германия). Определялась толерантность к физической нагрузке и ее максимальное кардиореспираторное обеспечение с оценкой деятельности аппарата вентиляции, гемодинамики и газообмена с анализом выдыхаемого воздуха по O₂ и CO₂. Адаптационные возможности системы транспорта кислорода у больных по мере прогрессирования ХОБЛ изменяются в зависимости от степени тяжести заболевания.

Эргоспирометрическое тестирование изменений легочного газообмена во время физической нагрузки позволяет выявить наиболее ранние изменения функции внешнего дыхания (ФВД) у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) [1]. Динамическая оценка эффективности газообменной функции легких, наряду с определением физической работоспособности, может служить критерием прогрессирования заболевания. С этой точки зрения наиболее важным является сопоставление исходных уровней газов крови, ФВД и физической работоспособности с их изменениями при текущем обострении [2]. Однако в клинической практике чаще оперируют данными ограничения привычного уровня физической активности пациентов, чем количественными критериями снижения работоспособности. В этой связи, при оценке клинической ситуации в тактике ведения больных с обострением ХОБЛ необходим учет способности пациента к выполнению физической нагрузки, достигнутого уровня газообмена.

В ходе настоящего исследования нами проведен мониторинг ФВД и физической работоспособности у больных ХОБЛ в фазе ремиссии и обострения заболевания с целью определения эргоспирометрических признаков изменений функционального состояния системы транспорта кислорода при максимальной мышечной деятельности в зависимости от степени тяжести заболевания.

Объект и методы обследования

Комплексное клинко-функциональное обследование проведено у 27 больных, которым в соответствии с экспертной оценкой был выставлен диагноз ХОБЛ легкого (I стадия) и среднетяжелого (II стадия) течения заболевания (основная группа, $n = 14$) и 0 стадии ХОБЛ (группа повышенного риска, $n = 13$). Группа сравнения состояла из 27 здоровых лиц. Показатели антропометрии данных лиц достоверно не отличались от среднегрупповых значений обследованных больных.

По протоколу исследований проводилось парное тестирование у одних и тех же больных в фазе ремиссии (первичное обследование) и умеренного неосложненного обострения заболевания в интервале 3–4 нед. (повторное обследование).

Вентиляционная функция легких изучалась методами спирометрии на аппарате "Ultrascreen" ("Erich Jaeger", Германия) с определением параметров форсированного выдоха. Велоэргометрическое исследование с субмаксимальными физическими нагрузками проводилось в конце 1-й нед. пребывания в стационаре при стабилизации основных параметров вентиляции и гемодинамики с учетом клинических и электрокардиографических противопоказаний для проведения нагрузочного теста, при соблюдении общих требований. Абсолютные и относительные противопоказания к тестированию и состояния, тре-

бующие особого внимания и предосторожности, учитывались на основе рекомендаций Американского торакального общества (2000, 2003) [3, 4].

Эргоспирометрия проводилась на аппарате "Ergopneumotes" OM/05-Ц ("Erich Jaeger", Германия). Определялись толерантность к физической нагрузке и ее максимальное кардиореспираторное обеспечение с оценкой деятельности аппарата вентиляции, гемодинамики и газообмена с анализом выдыхаемого воздуха по O_2 и CO_2 . Для определения физической работоспособности использовался тест на велоэргометре ЭР/2. Физическая нагрузка задавалась в положении сидя под контролем мониторной электрокардиографии и контролем артериального давления по Короткову. В разработанном нами методе тестирования использовалась нагрузка возрастающей мощности, стандартизированная по отношению к должной аэробной мощности для индивидуума данного пола, возраста и массы тела [5].

Анализ максимальных абсолютных и относительных величин системы транспорта кислорода проводился по максимальному потреблению кислорода (PO_2), метаболической интенсивности (Мет). Оценивалось функциональное аэробное несоответствие (ФАН), указывающее на отклонение аэробной мощности от нормальных значений. Расчетным методом определялось дополнительное выведение CO_2 за время работы ($BCO_{2\text{доп}}$), анаэробная фракция работы (ААФ) и суммарная величина анаэробной работы (PO_2A), характеризующие анаэробные механизмы энергообеспечения. В процессе исследования определялся дыхательный коэффициент (ДК) — показатель объема выдыхаемого CO_2 к объему поглощаемого PO_2 .

Газотранспортная деятельность определялась по минутному объему дыхания (МОД) и кислородному пульсу (КП) на высоте нагрузки. В процессе исследования регистрировалась максимальная частота сердечных сокращений (ЧСС) и определялась хронотропная реакция сердца ($\Delta\text{ЧСС} / \text{Мет}$). Физическая работоспособность оценивалась в единицах работы (W) и мощности ($\dot{W}$). Экономичность мышечной деятельности оценивалась по кислородной стоимости выполненной работы (PO_2 / W).

Полученные результаты обработаны методами вариационной статистики. Достоверность различий показателей между группами больных ХОБЛ и данными здоровых лиц определялась с помощью непарного t-критерия Стьюдента, в группах в различные фазы заболевания — с помощью парного t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамика показателей ФВД у больных ХОБЛ по данным форсированного выдоха определялась при ремиссии и обострении заболевания. По данным спирометрии у больных группы риска развития ХОБЛ при обострении заболевания было отмечено

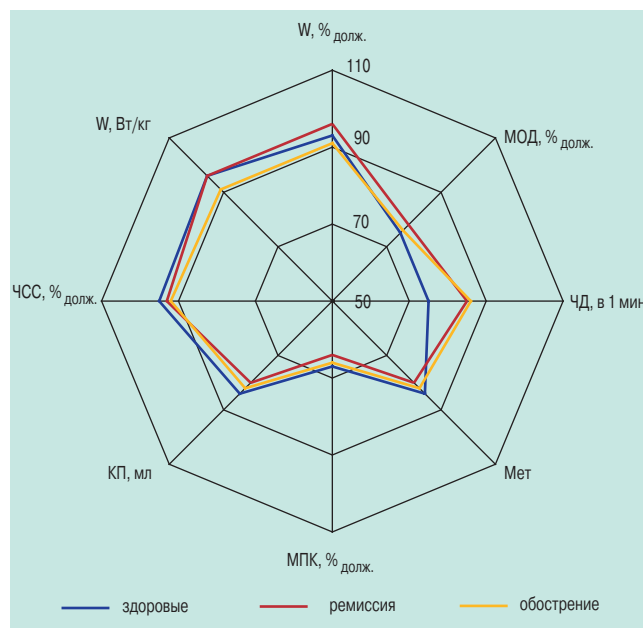


Рис. 1. Динамика эргоспирометрических показателей больных ХОБЛ 0-й стадии заболевания

ухудшение пиковой объемной скорости выдоха с $9,3 \pm 0,76$ до $8,7 \pm 0,71$ л / с ($p < 0,05$), в то время как у больных 1–2 стадии ХОБЛ отмечена статистически недостоверная тенденция к снижению данного показателя (соответственно, с $6,9 \pm 1,19$ до $5,5 \pm 0,88$ л / с, $p < 0,05$) по сравнению с фазой ремиссии.

Показатели физической работоспособности, вентиляции, гемодинамики и газообмена у обследованных больных, полученные в процессе тестирования в фазу ремиссии и при обострении заболевания, представлены на рис. 1 и 2.

Проведенные исследования функционального состояния системы транспорта кислорода у больных

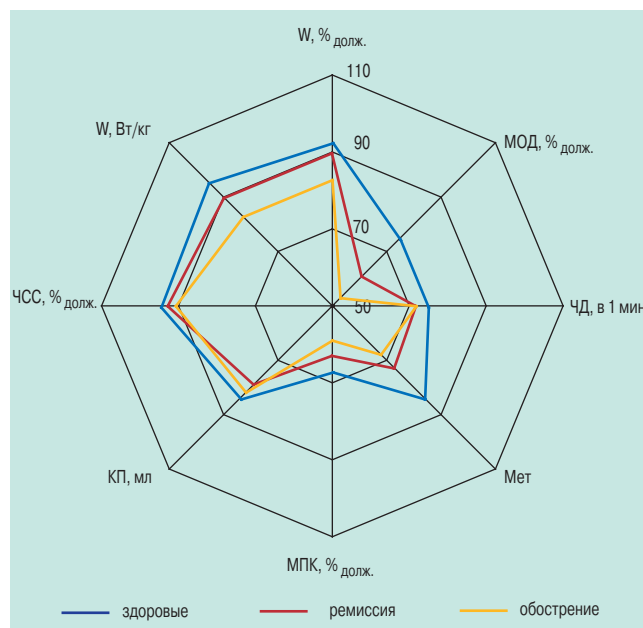


Рис. 2. Динамика эргоспирометрических показателей больных ХОБЛ I–II стадии заболевания

0-й стадии ХОБЛ показали отсутствие достоверного различия уровня физического состояния больных по сравнению с показателями здоровых лиц (рис. 1). Уровень $\text{ФАН}_{\text{долж.}}$ в различные фазы заболевания составил в пределах 34–36 % ($p > 0,05$).

Полученные данные свидетельствуют о том, что поддержание высокого уровня работоспособности достигалось нерациональным режимом функционирования аппарата вентиляции. У больных 0-й стадии ХОБЛ как в фазу ремиссии, так и в фазу обострения высокий уровень МОД на высоте физической нагрузки обеспечивался более высокой частотой дыхания (ЧД) по сравнению с уровнем здоровых лиц (соответственно, $p < 0,01$ и $p < 0,05$). В фазу ремиссии и обострения заболевания ЧД на высоте физической нагрузки составила $36,9 \pm 1,30$ и $36,52 \pm 1,39$ в 1 мин ($p > 0,05$). При этом дыхательный эквивалент по кислороду был достоверно выше, чем у здоровых лиц.

В динамике заболевания абсолютные и относительные показатели толерантности к физической нагрузке больных в фазу обострения были значительно ниже (табл. 1). В среднем по группе максимальный уровень выполненной нагрузки, выраженный в ваттах и в % $_{\text{долж.}}$, достоверно снизился на 5,2 и 5,3 %, соответственно.

Достоверное снижение толерантности к физической нагрузке в динамике заболевания (рис. 1) не сопровождалось ухудшением гемодинамики при достижении максимального потребления кислорода (МПК). Достигнутый уровень ЧСС и величина КП (мл) на высоте нагрузки в различные фазы заболевания достоверно не различались. Полученные результаты свидетельствуют, что у больных 0-й стадии ХОБЛ в фазу ремиссии заболевания не увеличивается производительность сердечно-сосудистой системы за счет ударного объема крови. Анализ данных эргоспирометрии в динамике позволяет предположить, что снижение толерантности к физической нагрузке в фазу обострения заболевания больных 0-й стадии ХОБЛ в большей степени связано с наруше-

нием экономичности мышечной деятельности, весьма характерным признаком которого являлось повышение $\text{ПО}_2 / \text{W}$ (мл / кДж), в то время как показатели газообмена, выраженные в единицах Met , суммарного потребления кислорода ($\text{ПО}_2\text{T}$, л) и выведения углекислого газа за время тестирования ($\text{ВСО}_2\text{T}$, л), достоверно не изменились (табл. 1).

Таким образом, в целом можно констатировать, что выявленное преодоление 5%-ного барьера вариабельности максимальной нагрузки больных 0-й стадии ХОБЛ означает умеренное ухудшение состояния физической работоспособности. При мониторинге заболевания оптимальным является выбор 1–2 нагрузочных параметров, определяемых методом велоэргометрии с целью оценки физической работоспособности.

Сравнительный анализ показателей физической работоспособности и кардиореспираторного обеспечения максимального уровня метаболизма у больных I–II стадиями ХОБЛ, полученных в процессе тестирования, представлен на рис. 2. Изменения вентиляции, гемодинамики и газообмена больных основной группы соответствовали уровню их энергообмена во время мышечной деятельности и были достоверно ниже показателей здоровых лиц (табл. 2).

Несмотря на отсутствие выраженных изменений в респираторном статусе больных I–II стадиями ХОБЛ в фазу обострения, при динамическом наблюдении достоверно изменилось функциональное состояние системы транспорта кислорода по сравнению с данными, полученными в фазу ремиссии заболевания. Из данных табл. 2 видно, что суммарное потребление кислорода и выведение углекислого газа за время тестирования достоверно снизилось в период обострения ($p < 0,05$). В среднем по группе $\text{ПО}_2\text{T}$ (л) и $\text{ВСО}_2\text{T}$ (л) снизились на 10,2 и 11,1 %, соответственно, по сравнению с исходными данными.

Для достижения максимального уровня газообмена, при низких показателях минутного объема развиваемой вентиляции, увеличилась нагрузка на

Таблица 1
Динамика максимальных показателей работоспособности, потребления кислорода и суммарных показателей газообмена в процессе тестирования у пациентов 0-й стадии ХОБЛ

Показатель	Здоровые	Группа повышенного риска		
		ремиссия	обострение	p
ОФВ ₁ , л	3,93 ± 0,37	4,1 ± 0,39	3,9 ± 0,34	> 0,05
W, кДж	62,03 ± 4,39	62,37 ± 4,55	57,56 ± 4,91	> 0,05
$\dot{W}$, Вт	205,56 ± 10,05	207,66 ± 11,61	197,04 ± 12,64	< 0,05
$\dot{W}$, Вт / кг	2,90 ± 0,10	2,86 ± 0,21	2,74 ± 0,21	> 0,05
$\dot{W}$, % $_{\text{долж.}}$	92,98 ± 2,35	96,43 ± 4,01	91,42 ± 4,79	< 0,05
ПО_2 , л	2,10 ± 0,10	2,04 ± 0,11	2,07 ± 0,15	> 0,05
$\text{ПО}_2 / \text{W}$, мл / кДж	31,2 ± 3,00	34,9 ± 2,17	37,3 ± 1,36**	< 0,01
$\text{ПО}_2\text{T}$, л	16,59 ± 0,84	16,83 ± 0,77	16,63 ± 1,14	> 0,05
$\text{ВСО}_2\text{T}$, л	17,07 ± 0,85	18,25 ± 0,85	18,34 ± 0,85	> 0,05
$\text{ВСО}_2\text{допT}$, л	3,46 ± 0,26	4,20 ± 0,41	3,84 ± 0,35	> 0,05

Примечание: * — здесь и далее достоверные различия показателей здоровых лиц и больных: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Таблица 2
Максимальные показатели кардиореспираторной системы на высоте нагрузки и суммарные показатели газообмена у больных I–II стадия ХОБЛ в динамике заболевания

Показатель	Здоровые	Основная группа		
		ремиссия	обострение	p
ОФВ ₁ , л	3,93 ± 0,37	2,7 ± 0,33	2,4 ± 0,37	> 0,05
W, кДж	62,03 ± 4,39	49,63 ± 4,03	44,42 ± 5,05*	> 0,05
Ḡ, Вт	205,56 ± 10,05	207,66 ± 11,61	164,07 ± 13,42*	> 0,05
Ḡ, Вт / кг	2,90 ± 0,10	2,66 ± 0,20	2,61 ± 0,22	> 0,05
Ḡ, % _{доп.}	92,98 ± 2,35	90,62 ± 4,66	83,84 ± 4,47	> 0,05
ПО ₂ , л	2,10 ± 0,10	1,65 ± 0,11*	1,51 ± 0,16**	> 0,05
ПО ₂ , мл / кг	29,48 ± 1,05	25,71 ± 1,74	24,02 ± 2,42*	> 0,05
Мет	8,42 ± 0,30	7,35 ± 0,50	6,85 ± 0,69*	> 0,05
ФАН	0,33 ± 0,02	0,37 ± 0,04	0,41 ± 0,06	> 0,05
ВСО ₂ доп, л	0,60 ± 0,05	0,38 ± 0,05*	0,36 ± 0,11*	> 0,05
ДК	1,13 ± 0,02	1,15 ± 0,03	1,11 ± 0,02	> 0,05
ЧСС, в 1 мин	161,93 ± 1,95	152,79 ± 2,65*	151,54 ± 3,76*	> 0,05
КП, мл	13,59 ± 0,66	11,40 ± 0,76	13,11 ± 0,82	> 0,05
ΔЧСС / Мет	10,03 ± 0,36	10,01 ± 1,09	11,45 ± 1,17	< 0,05
ЧД, в 1 мин	32,34 ± 0,79	31,64 ± 0,72	31,78 ± 1,76	> 0,05
МОД, л	64,98 ± 3,20	54,85 ± 3,43	48,28 ± 3,82*	< 0,05
ААФ, %	16,1 ± 1,50	11,44 ± 2,41	14,08 ± 2,40	> 0,05
ПО ₂ / W, мл / кДж	31,2 ± 3,00	36,4 ± 2,70	34,9 ± 2,17	> 0,05
ПО ₂ A, л	-1,94 ± 0,14	-1,93 ± 0,20	-1,53 ± 0,18	> 0,05
ПО ₂ T, л	16,59 ± 0,84	14,30 ± 1,20	12,44 ± 1,43*	< 0,05
ВСО ₂ T, л	17,07 ± 0,85	15,45 ± 1,30	13,41 ± 1,59	< 0,05
ВСО ₂ допT, л	3,46 ± 0,26	2,68 ± 0,32	2,67 ± 0,74	> 0,05

работу сердечно-сосудистой системы, о чем свидетельствовало снижение МОД на 13,2 % и повышение хронотропной реакции (ДЧСС / Мет) на 11,1 % по сравнению с эргоспирометрическими значениями, полученными в фазе ремиссии заболевания.

Таким образом, при проведении оперативного контроля с применением эргоспирометрии у больных I–II стадии ХОБЛ необходимо сопоставить изменения данных физической работоспособности с учетом динамики 2–3 количественных (МОД, Мет) и качественных показателей (ΔЧСС / Мет) реакции кардиореспираторной системы при мышечной деятельности. Преодоление 10%-ного барьера по ПО₂ и ВСО₂ и 15%-ного барьера по МОД является объективным критерием в комплексной оценке клинко-функционального статуса пациента с точки зрения доказательной медицины [6, 7]. Сравнительный анализ данных эргоспирометрии, полученных М.Г.Гиревой и соавт. (1997), свидетельствует о более значительном ухудшении адаптационных возможностей к физической нагрузке больных бронхиальной астмой (БА) в фазе обострения [8]. При этом авторы обследовали две различные группы больных — с обострением и вне обострения заболевания. Наши данные о менее выраженной динамике у больных ХОБЛ можно объяснить как отличиями в характере течения ХОБЛ и БА, так и использованной технологией эксперимента с применением парного тестирования у одних и тех же больных.

Проводя анализ полученных данных по динамике эргоспирометрических показателей больных ХОБЛ в различные стадии заболевания можно сделать следующие выводы:

1. Применение велоэргометрического тестирования у больных ХОБЛ должно стать неотъемлемой частью исследования функционального состояния кардиореспираторной системы на всех стадиях развития заболевания. Использование теста с нагрузкой ежеминутно возрастающей мощности позволяет определить уровень физической готовности больных ХОБЛ как в фазу ремиссии, так и в период умеренного обострения, что является необходимым для уточнения прогноза течения заболевания.
2. По данным эргоспирометрии установлено, что наиболее чувствительным маркером обострения у больных повышенного риска развития ХОБЛ является снижение мощности выполненной нагрузки (Вт) на 5 % и повышение кислородной стоимости работы (мл / кДж) на 10 % и более.
3. У больных легкой и среднетяжелой стадия ХОБЛ при велоэргометрии необходимо определение максимального уровня вентиляции, газообмена и достигнутой ЧСС. При этом информативными критериями положительной динамики в фазе становления ремиссии заболевания является повышение данных показателей более, чем на 10–15 % от исходного уровня.

Литература

1. Айсанов З.Р., Калманова Е.Н. Проблемы функционального диагноза и эргоспирометрия у больных ХОЗЛ. Пульмонология 1996; 3: 13–20.
2. Чучалин А.Г. (ред.). Хроническая обструктивная болезнь легких (Федеральная программа). Практическое руководство для врачей. 2-е изд. М.: МЗ РФ, НИИ пульмонологии МЗ РФ; 2004.
3. American Thoracic Society. Guidelines for methacholine and exercise challenge testing 1999. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2000;161 (1): 309–329.
4. ATS / ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2003;167: 211–277.
5. Вавилова Н.Н., Перельман Ю.М. Дозированная велотерапия в реабилитации больных хроническим бронхитом: Метод. рекомендации: Благовещенск; 1991.
6. Вавилова Н.Н. Воспроизводимость показателей энергодеятельности и газообмена у здоровых лиц и больных хроническим бронхитом. В кн.: Сборник резюме 1-го Всесоюзного конгресса по болезням органов дыхания, Киев 9–12 окт. 1990 г. Киев; 1990. № 963.
7. Вавилова Н.Н. Воспроизводимость и повторяемость эргоспирометрических параметров у здоровых людей. Бюл. физиол. и патол. дыхания 1999; 5: 24–27.
8. Гиреева М.Г., Эседов Э.М., Абдулпатахов Д.Д., Алиев Т.С. Сравнительный анализ адаптационных возможностей к физической нагрузке у больных бронхиальной астмой в фазе ремиссии и обострения. В кн.: Сборник резюме 7-го Национального конгресса по болезням органов дыхания. М.; 1997. № 0028.

Поступила 15.03.06

© Вавилова Н.Н., Колотова Е.В., 2006

УДК 616.24-036.12-072.7