

А. И. Ячник
ВОЗМОЖНОСТИ ЭРГОСПИРОМЕТРИИ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ
КРОВООБРАЩЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОБСТРУКТИВНЫМ
ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЛЕГКИХ

Институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф. Г. Яновского АМН Украины

В последние годы заболевания органов дыхания приобретают все большее значение, что обусловлено влиянием ряда факторов, приводящих к возрастающей нагрузке на органы дыхания. Все это способствует тому, что в настоящее время заболевания органов дыхания занимают четвертое место в структуре причин смертности в мире с тенденцией к росту распространенности в ближайшие десятилетия [4].

Современные подходы к определению стадии хронического воспалительного процесса в легких не учитывают такой важный фактор, как способность пациента к выполнению физической нагрузки и изменения метаболизма в ответ на ее выполнение. Исследование этих параметров позволяет во многих случаях точно определить уровень функциональных нарушений и выявить более ранние механизмы ограничения физической работоспособности, скрытые при обычных исследованиях в состоянии покоя [5].

Выполнение физических упражнений вызывает глубокие физиологические изменения во всех органах и системах организма. Увеличение объемной скорости потока воздуха и дыхательного объема приводят к повышению резистивной и эластической нагрузки на легкие. Потребление O_2 дыхательными мышцами возрастает, а увеличение венозного возврата, частоты сердечных сокращений и уровня катехоламинов повышает сердечный выброс и легочный кровоток. Дополнительное вовлечение легочных сосудов в кровообращение и их расширение, а также снижение сосудистого сопротивления легких, способствуют увеличению кровотока [3].

Изучение параметров системы дыхания при физической нагрузке позволяет адекватно оценить не только состояние воздухопроводящих путей, но и дыхательной мускулатуры, особенности обмена газов между альвеолярным воздухом и кровью, а также судить о процессах тканевого дыхания. В состоянии покоя у респираторной системы имеются огромные резервы: вентиляция и легочный кровоток, перенос O_2 и CO_2 и диффузионная способность при нагрузке могут возрастать в несколько раз. Часто на ранних стадиях заболевания параметры дыхания в состоянии покоя не отличаются от нормы, однако при нагрузке выявляются патологические изменения. Учитывая тесную функциональную взаимосвязь органов дыхания и кровообращения, целесообразным является комплексный подход к оценке изменений в функционировании каждой из этих систем [8, 9].

Вследствие того, что ХОЗЛ, как и другие заболевания легких, сопровождаются снижением физической работоспособности и изменением потребления кислорода [6, 7], роль нагрузочных тестов в ранней диагностике нарушений все более возрастает. Кроме того, значительно возросло число случаев сочетанной патологии, а именно, увеличение количества больных с легочной патологией и сопутствующими сердечно-сосудистыми заболеваниями.

В этом случае точное выяснение роли каждой из систем в развитии клинической картины является необходимым условием для установления диагноза и проведения адекватной терапии основного заболевания. Физическая нагрузка, являясь, по сути, стрессовым фактором, позволяет оценить адаптационные возможности кардиореспираторной системы и определить участие отдельных компонентов ее в ограничении физической работоспособности, а также метаболического обеспечения выполнения физической нагрузки [1].

Целью настоящего исследования было изучение нарушений системы транспорта кислорода у больных ХОЗЛ с различными клинико-инструментальными признаками вентиляционных и гемодинамических нарушений в условиях нагрузочных тестов.

Обследованы 14 больных, из них женщин — 2, мужчин — 12 в возрасте от 24 до 80 лет (средний возраст — $56,7 \pm 4,1$ лет). Диагноз хронического обструктивного заболевания легких (ХОЗЛ) был установлен на основании данных анамнеза, жалоб и результатов рентгенологического, а также инструментального методов исследования.

С учетом клинико-функциональных показателей у 6 человек была диагностирована II стадия заболевания (1-я группа), у 8 — III стадия (2-я группа). Клинические признаки легочной недостаточности у больных 1-й группы соответствовали I степени, у больных 2-й группы — II степени. У всех пациентов отсутствовали клинические признаки застойной недостаточности кровообращения по большому кругу (согласно классификации Ассоциации фтизиатров и пульмонологов Украины, 2003 г.).

Всем больным в исходном состоянии было проведено исследование функции внешнего дыхания с помощью аппарата "Vitalograph-Alpha" (Ирландия) с регистрацией и анализом (в % к должным величинам) показателей форсированного выдоха: форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1 секунду ($ОФВ_1$), отношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ (%) и $ОФВ_1/ЖЕЛ$ (%), пиковой объемной скорости выдоха на уровне 25 %, 50 %, 75 % ФЖЕЛ, максимальной пиковой скорости выдоха (ПОС).

С целью выяснения роли нарушений системы транспорта кислорода у больных ХОЗЛ с различными клинико-инструментальными признаками вентиляционных нарушений и стадией заболевания в снижении физической работоспособности проведено обследование методом эргоспирометрии с помощью прибора "MetaLyzer" фирмы "Cortex" (Германия).

Выполнение нагрузочного теста на тредмиле позволяет вовлечь в работу достаточно большие мышечные группы, которые максимально нагружают систему транспорта кислорода, что необходимо для оценки параметров сердечно-сосудистой системы, вентиляции и газообмена.

Физическая нагрузка осуществлялась на тредмиле "Laufergotest" фирмы "Erich Jaeger" (Германия). Проведение нагрузки предполагало выполнение 10 шаттлов, каждый продолжительностью 1 мин с постоянно возрас-

тающою швидкістю ходьби [8] під контролем електрокардіограми, частоти серцевих скорочень (ЧСС), частоти дихання (ЧД), минутної вентиляції легких (VE), максимального поглинання кисню (VO_2) і відношення VO_2 к одиниці маси тіла ($VO_2/кг$), виділення вуглекислого газу (VCO_2).

В результаті проведених досліджень встановлено, що у всіх хворих мали місце значимі порушення вентиляційної функції легких, прослідковується залежність від стадії захворювання. При цьому різниця показателів $ОФВ_1$, співвідношення $ОФВ_1/ЖЕЛ$, ПОС, $МОС_{25}$ і $МОС_{50}$ у пацієнтів 1-ї і 2-ї груп (табл. 1) носили достовірний ($P < 0,05$) характер.

Аналіз результатів виконання ергоспирометричного дослідження підтвердив залежність між об'ємом виконаної навантаження і стадією захворювання. Так, дистанція, пройдена пацієнтами 1-ї групи, склала ($772,1 \pm 106,3$) м, пацієнтами 2-ї групи — ($402,8 \pm 74,0$) м ($P < 0,05$).

Результати змін вентиляції легких в процесі проведення ергоспирометричного тесту у хворих ХОЗЛ 1-ї і 2-ї груп представлені в таблиці 2.

Отримані результати свідчать про більш тяжке вихідне стані пацієнтів 2-ї групи, на що вказує достовірне збільшення в спокої частоти дихання ($20,8 \pm 1,1$) у досліджуваних 2-ї групи проти ($15,6 \pm 1,6$) — в 1-ї). Зменшення в групі хворих з ХОЗЛ III стадії показателя VE може свідчити про усталість дихальних м'язів, з нашої точки зору, об усталості дихальних м'язів у хворих цієї групи внаслідок більш виражених порушень бронхіальної прохідності і збільшеної ЧД

на фоні однакових, в обох групах, коефіцієнтів VE/VO_2 і VE/VCO_2 . Стан анаеробного порога у досліджуваних 2-ї групи досягалося шляхом збільшеного споживання O_2 і посилення компенсаторного, в відповідь на розвиток ацидоза в працюючих м'язах, виділення CO_2 . Для рівня максимальної фізичної навантаження у пацієнтів 2-ї групи характерні ознаки втоми дихальних м'язів (зменшення природи ЧД і минутної вентиляції по порівнянню з 1-ї групою), а також неадекватне зменшення, по порівнянню з рівнем анаеробного порога, показателів вентиляторних еквівалентів O_2 ($24,7 \pm 1,1$) і ($22,9 \pm 1,2$) і CO_2 ($31,5 \pm 2,9$) і ($26,5 \pm 2,4$), відповідно.

Направленість і характер змін показателів стану серцево-судинної системи в процесі виконання шаттл-тесту представлені в таблиці 3.

Отримані дані вказують на збільшення ЧСС у хворих 2-ї групи в стані спокою по порівнянню з хворими 1-ї групи як відображення загального більш тяжкого клінічного стану. Відповідь на фізичну навантаження у хворих 1-ї групи супроводжується достовірним збільшенням показателя поглинання кисню на 1 серцеве скорочення ($VO_2/ЧСС$) на етапі досягнення анаеробного порога і максимального рівня фізичної навантаження ($4,7 \pm 1,1$), ($13,7 \pm 1,2$) і ($16,3 \pm 1,3$), відповідно. У досліджуваних хворих 2-ї групи має місце парадоксальна реакція, свідчаюча про наявність латентної серцевої недостаточності, проявлюючоїся максимальним збільшенням ЧСС на висоті досягнення анаеробного порога при незначительному збільшенні показателя $VO_2/ЧСС$ і вичерпання резервів серцево-судинної системи (тенденція до зниження ЧСС) на піку максимальної навантаження (відповідно, ($126,6 \pm 20,7$) і ($123,6 \pm 8,1$)).

Важким показателем виконання фізичної навантаження є рівень переходу аеробної енергопродукції в анаеробну. Показателі газообміну у хворих ХОЗЛ претерпевають в процесі виконання фізичної навантаження суттєві зміни (табл. 4).

Вихідне стані газообміну у хворих 2-ї групи характеризується підвищенням споживання O_2 на одиницю маси тіла при тенденції до зниження показателя VCO_2 по порівнянню з досліджуваними 1-ї групи. Досягнення анаеробного порога хворими обох груп супроводжується зростанням як поглинання O_2 , так і виділення CO_2 . Виконання навантажувального тесту після досягнення анаеробного порога до досягнення максимального рівня навантаження відбувається на фоні більш виражених змін у хворих 2-ї групи: практично відсутнє збільшення вентиляторного еквівалента O_2 ($1,32 \pm 0,24$) і ($1,50 \pm 0,32$) відповідно), в тому числі і показателя

Таблиця 1

Показатели форсированного выдоха у больных ХОЗЛ в зависимости от стадии заболевания, $M \pm m$

Показатель	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 8)	P
ЖЕЛ	$78,0 \pm 2,9$	$64,1 \pm 3,1$	
ФЖЕЛ	$72,6 \pm 2,4$	$58,2 \pm 3,6$	
$ОФВ_1$	$44,0 \pm 1,8$	$56,9 \pm 2,1$	$<0,05$
$ОФВ_1/ФЖЕЛ$	$49,6 \pm 2,6$	$58,2 \pm 2,2$	
$ОФВ_1/ЖЕЛ$	$45,1 \pm 1,8$	$59,8 \pm 3,0$	$<0,05$
ПОС	$51,1 \pm 2,9$	$66,7 \pm 2,3$	$<0,05$
$МОС_{25}$	$22,1 \pm 3,6$	$45,8 \pm 4,2$	$<0,01$
$МОС_{50}$	$27,3 \pm 1,9$	$39,8 \pm 2,2$	$<0,05$
$МОС_{75}$	$26,7 \pm 2,7$	$32,5 \pm 2,8$	

Показатели вентиляции легких в процессе выполнения физической нагрузки у больных ХОЗЛ с различной тяжестью течения заболевания, $M \pm m$

Нагрузка	1-я группа				2-я группа			
	ЧД	VE	VE/VO_2	VE/VCO_2	ЧД	VE	VE/VO_2	VE/VCO_2
Исходное значение	$15,6 \pm 1,6$	$17,1 \pm 1,2$	$24,5 \pm 0,9$	$33,4 \pm 2,9$	$20,8 \pm 1,1^*$	$13,7 \pm 1,0^*$	$24,9 \pm 1,0$	$34,5 \pm 1,0$
Анаэробный порог	$21,7 \pm 5,1$	$42,6 \pm 10,3$	$20,8 \pm 0,9$	$22,4 \pm 1,7$	$24,2 \pm 6,9$	$31,6 \pm 12,2$	$24,7 \pm 1,1$	$31,5 \pm 2,9$
Максимальный уровень нагрузки	$34,1 \pm 2,3$	$71,5 \pm 10,4$	$25,0 \pm 2,0$	$28,4 \pm 0,9$	$27,9 \pm 2,4^*$	$40,9 \pm 7,4^*$	$22,9 \pm 1,2$	$26,5 \pm 2,4$

Примечание: * — различия между показателями 1-й и 2-й групп достоверны ($P < 0,05$).

Таблиця 2

VO₂/кг (рост на 30 %, по сравнению со 100 % приростом в 1-й группе), при незначительном увеличении вентиляционного эквивалента CO₂ ((1,04 ± 0,32) и (1,38 ± 0,33), соответственно). Указанные изменения свидетельствуют о развитии значительного кислородного долга на фоне углубляющихся метаболических изменений (незначительное увеличение выделения CO₂ у больных ХОЗЛ III стадии в процессе проведения шаттл-теста, что обуславливает его более раннее прекращение).

Вентиляционные нарушения явились причиной метаболических сдвигов. Анализ соотношения вентиляционных эквивалентов (VCO₂/VO₂) указывает на более ранние метаболические сдвиги в сторону избыточного образования кислых продуктов вследствие перехода на анаэробный метаболизм у больных с более тяжелым течением ХОЗЛ (2-я группа). Этот факт оказался важным при оценке причин, приведших к прекращению выполнения шаттл-теста больными ХОЗЛ. Анализ их показал, что у 8 пациентов это были боли в икроножных мышцах, у 5 — значительная одышка, у 1 исследуемого — чувство тяжести в грудной клетке при нормальной ЭКГ-кривой.

Скорость и характер нормализации изменений, происходящих при выполнении физической нагрузки, во время восстановительного периода обусловлены, в значительной мере, их количественными характеристиками (табл. 5). У больных 2-й группы наблюдаются более медленные темпы восстановления показателя VO₂, что обусловлено покрытием возникшего "кислородного долга" и метаболического ацидоза в процессе выполнения нагрузки. Это подтверждают также и более низкие показате-

тели VCO₂ во 2-й группе по сравнению с 1-й к пятой минуте восстановительного периода ((0,50 ± 0,10) против (0,69 ± 0,12) в 1-й группе) на фоне повышенной ЧД ((25,4 ± 2,1) — во 2-й группе по сравнению с (21,5 ± 1,8) — в 1-й). Полученные данные подтверждают необходимость проведения физических реабилитационных программ у больных ХОЗЛ III стадии.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

У больных ХОЗЛ III стадии имеют место изменения эргоспирометрических показателей, указывающие на выраженные нарушения в системе транспорта O₂.

Таблица 3

Показатели состояния сердечно-сосудистой системы в процессе выполнения физической нагрузки у больных ХОЗЛ с различной тяжестью течения заболевания, M ± m

Нагрузка	1-я группа		2-я группа	
	ЧСС	VO ₂ /ЧСС	ЧСС	VO ₂ /ЧСС
Исходное значение	72,9 ± 1,9	4,7 ± 1,1	79,1 ± 1,1*	5,2 ± 1,0
Анаэробный порог	111,7 ± 17,8	13,7 ± 1,2	126,6 ± 20,7	8,5 ± 1,1*
Максимальный уровень нагрузки	131,6 ± 8,6*	16,3 ± 1,3*	123,6 ± 8,1	10,2 ± 1,9*

Примечание: * — разница показателей между группами статистически достоверна, P < 0,05.

Таблица 4

Показатели газообмена в процессе выполнения физической нагрузки у больных ХОЗЛ с различной тяжестью течения заболевания, M ± m

Нагрузка	1-я группа				2-я группа			
	VO ₂	VO ₂ /кг	VCO ₂	VCO ₂ /VO ₂	VO ₂	VO ₂ /кг	VCO ₂	VCO ₂ /VO ₂
Исходное значение	0,52 ± 0,05	4,6 ± 0,5	0,45 ± 0,03		0,50 ± 0,05	6,1 ± 0,8	0,35 ± 0,02	
Анаэробный порог	1,54 ± 0,30	16,3 ± 3,3	1,47 ± 0,38	0,76 ± 0,06	1,32 ± 0,24	17,8 ± 2,6	1,04 ± 0,32	1,34 ± 0,05
Максимальный уровень нагрузки	2,18 ± 0,23	27,3 ± 2,4	2,81 ± 0,39		1,50 ± 0,32*	18,7 ± 1,3*	1,38 ± 0,33*	

Примечание: * — разница показателей между группами статистически достоверна, P < 0,05.

Таблица 5

Показатели эргоспирометрии у больных ХОЗЛ различной степени тяжести в течение 5 минут восстановительного периода, M ± m

Показатель	1 минута		3 минута		5 минута	
	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа	1 группа	2 группа
ЧСС	156,2 ± 8,7	141,8 ± 8,0	121,5 ± 9,3	108,0 ± 10,8#	113,6 ± 5,3**	100,8 ± 10,5
VO ₂ /ЧСС	14,67 ± 2,10	10,86 ± 1,82	5,90 ± 0,31*	6,08 ± 1,17#	5,02 ± 0,49**	4,76 ± 0,82
VO ₂	2,30 ± 0,35	1,53 ± 0,27	0,71 ± 0,06*	0,62 ± 0,07#	0,56 ± 0,06**	0,46 ± 0,05
VO ₂ /кг	24,25 ± 3,63	20,40 ± 0,97	7,25 ± 0,75*	8,80 ± 0,91#	6,00 ± 0,70**	6,60 ± 0,87
VCO ₂	2,54 ± 0,47	1,43 ± 0,30	1,01 ± 0,18*	0,72 ± 0,15#	0,69 ± 0,12**	0,50 ± 0,10
VCO ₂ /VO ₂	1,09 ± 0,04	0,91 ± 0,04	1,38 ± 0,11	1,11 ± 0,09	1,19 ± 0,83	1,05 ± 0,08
VE	74,4 ± 14,2	43,08 ± 6,42	35,70 ± 7,10*	27,08 ± 4,06#	26,12 ± 5,09**	21,64 ± 3,45
ЧД	30,1 ± 2,2	30,8 ± 0,6	21,9 ± 2,5*	25,5 ± 2,2	21,5 ± 1,8**	25,4 ± 2,1
VE/VO ₂	30,7 ± 1,7	26,94 ± 0,09	45,67 ± 5,60*	39,48 ± 1,46#	41,52 ± 4,50**	41,20 ± 2,26

Примечание: * — различия между показателями на 1-й и 3-й минутах восстановительного периода в 1-й группе больных достоверны, P < 0,05; ** — различия между показателями на 3-й и 5-й минутах восстановительного периода в 1-й группе больных достоверны, P < 0,05; # — различия между показателями на 1-й и 3-й минутах восстановительного периода во 2-й группе больных достоверны, P < 0,05.

Эргоспирометрическое исследование позволяет выявить скрытые признаки латентно существующей недостаточности кровообращения у больных ХОЗЛ III стадии, что необходимо учитывать при проведении лечебных мероприятий.

Выполнение физической нагрузки больными ХОЗЛ III стадии лимитируется не только состоянием системы транспорта O_2 , но и метаболическими изменениями в мышцах, что определяет необходимость назначения больным ограничительного двигательного режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вавилова Н. Н., Перельман Ю. Н., Клячкин Л. М.* Эргоспирометрия в диагностике нарушений системы транспорта кислорода у больных хроническим бронхитом // Тер. архив. — 1991. — № 11. — С. 97–100.
2. *Гаврисюк В. К., Ячник А. И., Беренда Е. А.* Анализ перспектив применения функциональных тестов с ходьбой у больных хроническими заболеваниями легких // Укр. пульмонолог. журн. — 2004. — № 3. — С. 46–50.
3. *Гриппи Майкл А.* Патофизиология легких. — Москва: Бином, Санкт-Петербург: Невский диалект, 1999. — 344 с.
4. *Фещенко Ю. И.* Новые подходы в лечении и диагностике хронического обструктивного бронхита // Укр. пульмонолог. журн. — 2003. — № 1. — С. 5–11.
5. *Чучалин А. Г.* Хронические обструктивные болезни легких. — Москва: ЗАО "Издательство БИНОМ", 2000. — 512 с.
6. *Carter R., Nikotra B., Huber G.* Differing effects of airway obstruction on physical work capacity and ventilation in men and women with COPD // Chest. — 1994. — Vol. 106, № 6. — P. 1730–1739.
7. *Factor analysis of exercise capacity, dyspnoea ratings and lung function in patients with severe COPD / R. E. Wegner, R. A. Jorres, D. K. Kirsten, H. Magnussen // Eur.Respir. J. — 1994. — Vol. 7. — P. 725–729.*
8. *Jones N. L., Killian K. J.* Exercise limitation in health and disease // N. Engl. J. Med. — 2003. — Vol. 343. — P. 632–641.
9. *Martinez F. J., Stamopoulos I., Acero R.* Graded comprehensive cardiopulmonary exercise testing in the evaluation of dyspnea

unexplained by routine evaluation // Chest. — 1994. — Vol. 105. — P. 168–174.

ВОЗМОЖНОСТИ ЭРГОСПИРОМЕТРИИ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ У БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОБСТРУКТИВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЛЕГКИХ

А. И. Ячник

Резюме

Проведено эргоспирометрическое исследование у 14 больных ХОЗЛ II (6 чел.) и III стадии (8 чел.) без клинических признаков недостаточности кровообращения. Результаты исследования свидетельствуют о нарушениях в системе транспорта кислорода, степень которых зависит от стадии заболевания. Для больных ХОЗЛ III стадии характерны признаки латентной недостаточности кровообращения, что необходимо учитывать при проведении лечебных мероприятий. Помимо нарушений системы транспорта кислорода, выполнение физической нагрузки больными ХОЗЛ лимитируется метаболическими изменениями в мышцах ног.

ERGOSPIROMETRY IN EARLY DIAGNOSTICS OF BLOOD CIRCULATION IMPAIRMENT IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

A. I. Yachnik

Summary

We conducted ergospirometry in 14 patients with COPD (grade II — 6 patients and grade III — 8 patients) without signs of blood circulation failure. The results of the trial suggest the presence of oxygen transport disturbances, the magnitude of which depends on the stage of the disease. The signs of latent circulation failure were attributable for stage III COPD. This fact must be considered during the administration of therapy in such patients. Besides oxygen transport disturbances, the exercise testing was also limited by metabolic changes in lower extremities muscles of the patients.