

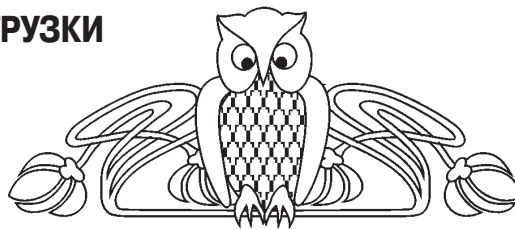


УДК: 612.2

## ЭКСПИРАТОРНЫЕ ЛЕГОЧНЫЕ ОБЪЕМЫ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОКОЯ И В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

И. Б. Исупов, Г. А. Севрюкова, Я. Г. Шмарина,  
К. А. Ряскова, В. А. Белова

Волгоградский государственный университет  
E-mail: molli785@yandex.ru



Настоящее исследование посвящено проблематике комплексной оценки функциональных резервов респираторной системы молодых нетренированных лиц, пребывающих в различных условиях жизнедеятельности. Цель настоящих исследований заключалась в динамическом исследовании величин основных дыхательных объемов, определяемых методами стандартной и форсированной спирометрии, у практически здоровых молодых лиц – неспортсменов в покое и в восстановительный период после завершения теста Мартине. С помощью диагностического комплекса «Валента» и дифференциального электронного спирометра измеряли дыхательный объем, резервный объем выдоха, жизненную емкость легких, экспираторную форсированную жизненную емкость легких, секундную и двухсекундную фракции экспираторной форсированной жизненной емкости легких, форсированный резервный объем выдоха и его секундную фракцию, рассчитывали индекс Тиффно–Вотчала, индекс форсированной секундной экспирации. В условиях покоя у обследованных обнаружено снижение жизненной емкости легких и дыхательного объема по сравнению с возрастными нормативами. В ранний восстановительный период после теста Мартине обнаружено снижение показателей форсированной экспирации, характеризующих силу сокращений вспомогательных экспираторных мышц в ранний восстановительный период после теста Мартине, – уменьшение индекса форсированной секундной экспирации, а также дыхательного объема и обычной (нефорсированной) жизненной емкости легких. На основании результатов анализа разработаны регрессионные математические модели, предназначенные для экспресс-оценки соответствия реальных величин параметров функционального состояния респираторной системы их ожидаемым (прогнозируемым) значениям у молодых лиц женского пола после дозированных физических нагрузок небольшой мощности, что может найти применение для исследований общего адаптационного потенциала человека.

**Ключевые слова:** спирометрия, физиология человека, дыхательная система, дыхательный объем, форсированная спирометрия.

### Expiratory Lung Volumes of Young People at Rest and Recovery Period after a Dosed Physical Load

I. B. Isupov, G. A. Sevrukova,  
Ya. G. Shmarina, K. A. Ryaskova, V. A. Belova

The present research is devoted to the problems of a complex estimation of functional reserves of the respiratory system of young untrained persons staying in the different conditions of life. The lung function of healthy young female persons at rest and after dosed

physical activity, which used the sample of Martin, was investigated by standard and forced methods of spirometry. Respiratory volume, reserve volume of exhalation, vital capacity of lungs, expiratory forced vital capacity of the lungs, second and two-second expiratory fraction forced vital capacity of the lungs, forced reserve volume expiratory and its momentary fraction were measured by diagnostic complex «Valenta» and differential electronic spirometer, index Tiffno–Votchala and index second forced expiratory were calculated. The decrease in vital capacity and tidal volume as compared to the age regulations was found of examinees at rest. There was decline in forced expiratory characterizing force reductions auxiliary expiratory muscles in the early recovery period after Martin test, – reduction of the index of forced expiratory second and tidal volume and normal (unforced) lung capacity in the early recovery period after the test of Martin. Based on the results of analysis were developed regression mathematical models, designed for the rapid assessment of conformity of real values of parameters of the functional state of the respiratory system and their expected (predicted) values in young women after a physical load of low power that can be used for studies of the General adaptive capacity of the person.

**Key words:** spirometry, human physiology, respiratory system, respiratory volume, forced spirometry.

DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-2-197-200

В условиях физиологического покоя достаточно надежным методом массовых исследований основных дыхательных объемов человека является стандартная (нефорсированная) спирометрия [1]. Показатели, полученные с помощью указанного метода, позволяют судить не только о состоятельности респираторной системы, но и отчасти об общем физическом развитии конкретного лица, косвенно, весьма приблизительно оценивать его физическую тренированность [2–4].

Появление и развитие различных модификаций форсированной («скоростной») спирометрии, существенно расширив диагностические возможности функционально-диагностических методик исследований легочных объемов, позволило осуществлять количественную оценку трахеобронхиальной проходимости, общего аэродинамического сопротивления воздухоносных путей с высокой точностью. Форсированная спирометрия (наряду с пневмотахометрией)



позволяет более полно и объективно, нежели обычная спирометрия, исследовать общее физическое состояние человека на основе оценки скоростно-силовых качеств ин- и экспираторной мускулатуры [1, 5].

Одной из злободневных проблем современного общества является гипокинезия и обусловленная ею общая гиподинамия [2]. Студенческая молодежь гуманитарных, естественно-научных, педагогических или технических вузов испытывает последствия гипокинезии не менее редко, чем лица более зрелого возраста.

Несомненно, общий дефицит двигательной активности – многолетнее генерализованное негативное воздействие на организм «сидячего образа жизни» – в своих частных проявлениях способствует снижению основных сократительных характеристик инспираторной мускулатуры и вспомогательных экспираторных мышц лиц юношеского возраста.

Детренированный молодой человек имеет формально функционально состоятельную респираторную систему, нормальную проходимость трахеобронхиального дерева, что обеспечивает в целом адекватное потребностям тканей насыщение крови кислородом в покое [2]. Однако в динамике разнообразных физических или комбинированных нагрузок резервы функциональной системы внешнего дыхания могут быть существенно снижены вплоть до своего истощения [6]. Набор показателей внешнего дыхания может являться индикатором адаптационного потенциала человека различного возраста в целом [3, 5].

Таким образом, несомненно актуальным является комплексный анализ количественных характеристик дыхательного цикла (спокойного и форсированного) в процессе динамического наблюдения за обследуемым при выполнении им функциональных нагрузочных проб и особенно в восстановительный период после их окончания. Не менее ценен для физиолога, врача-клинициста или спортивного медика количественный математический прогноз [5] изменений величин скоростных показателей дыхательного цикла, имеющих место сразу после физической нагрузки.

В связи с изложенным цель настоящего исследования заключалась в динамическом исследовании величин основных дыхательных объемов, определяемых методами стандартной и форсированной спирометрии, у практически здоровых молодых лиц – неспортсменов в покое и в восстановительный период после завершения теста Мартине.

## Материал и методы исследования

Исследования выполнены на базе учебно-исследовательской лаборатории физиологии функциональных систем Волгоградского государственного университета. С помощью программного пакета «Функции внешнего дыхания» (ФВД) диагностического комплекса «Валента», а также прибора «Дифференциальный электронный спирометр» (ДЭС) [1] выполнена регистрация основных дыхательных объемов в условиях обычной и форсированной экспирации.

Под наблюдением находилось 28 женщин, средний возраст  $19,7 \pm 1,4$  лет. Наблюдения выполнены в первой половине дня, натощак. Положение испытуемых во время спирометрии – сидя.

Исследования осуществлялись в два этапа.

1. В состоянии физиологического покоя (результаты, полученные на данном этапе, являлись условным контролем для последующего этапа наблюдений).

2. На 1-й минуте периода восстановления после завершения пробы Мартине (20 приседаний в течение 20 с).

На обоих этапах определяли величины обычной жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и экспираторной форсированной ЖЕЛ (ЭФЖЕЛ, л), секундной фракции ЭФЖЕЛ (ЭФЖЕЛ1, л), двухсекундной фракции ЖЕЛ (ЭФЖЕЛ2) дыхательного объема (ДО, мл), резервного объема выдоха (РОВыд, л) и его форсированного варианта (ФРОВыд, л). Рассчитывали индекс Тиффно–Вотчала (ИТВ) как отношение ЭФЖЕЛ к ЖЕЛ, а также индекс форсированной секундной экспирации (ИФСЭ) как отношение ЭФЖЕЛ1 к ЭФЖЕЛ. Дополнительно определяли двухсекундные фракции экспираторной форсированной ЖЕЛ (ЭФЖЕЛ2, л) и форсированного резервного объема выдоха (ФРОВыд2, л).

Статистическая обработка первичной информации включала в себя вычисление средних арифметических ( $M$ ), ошибки средней ( $m$ ). Достоверности различий показателей определяли по значениям  $t$ -критерия Стьюдента. Проведен парный линейный корреляционный анализ взаимосвязей показателей дыхательных объемов. На основании корреляционного анализа выполнен регрессионный прогноз ожидаемых величин некоторых показателей спирометрии после нагрузки.

## Результаты и их обсуждение

В условиях покоя величины дыхательных объемов (ЖЕЛ, ДО), полученные методом обычной спирометрии, соответствовали возрастной норме (табл. 1).



Таблица 1  
Дыхательные объемы обследованных, измеренные методом обычной спирометрии ( $M \pm m$ )

Объем	В покое	После нагрузки
ЖЕЛ, л	3,31 ± 0,08	2,86 ± 0,09 *
ДО, мл	494,57 ± 46,86	305,69 ± 27,91 *
РОВыд, л	1,29 ± 0,08	1,33 ± 0,06

Примечание. Знаком «\*» отмечены достоверности различий показателей до и после нагрузки ( $p < 0,05$  и более).

Средние показатели ЭФЖЕЛ были меньше по сравнению с величинами обычной ЖЕЛ на 7,3 %,  $p < 0,05$ . Индекс Тиффно–Вотчала составлял 92,7%. Параметры РОВыд и ФРОВыд существенно не различались между собой ( $p > 0,05$ ) (см. табл. 1, табл. 2). В условиях покоя параметр ЭФЖЕЛ1 был ниже ЭФЖЕЛ на 35,2 %,  $p < 0,01$ , или, иначе, ИФСЭ в покое составлял 0,65 (или 64,8%).

Таблица 2  
Дыхательные объемы обследованных, измеренные методом форсированной спирометрии ( $M \pm m$ )

Объем, л	В покое	После нагрузки
ЭФЖЕЛ1	1,99 ± 0,12	1,61 ± 0,15 *
ЭФЖЕЛ	3,07 ± 0,13	2,85 ± 0,15
ФРОВыд1	1,07 ± 0,07	0,91 ± 0,10м *
ФРОВыд	1,41 ± 0,06	1,38 ± 0,06
ЭФЖЕЛ2	2,81 ± 0,11	2,48 ± 0,14 *
ФРОВыд2	1,41 ± 0,05	1,35 ± 0,06

Примечание. Знаком «\*» отмечены достоверности различий показателей до и после нагрузки ( $p < 0,05$  и более).

В процессе анализа первичных данных выявлено достоверное уменьшение величин ФРОВыд1 по сравнению с ФРОВыд в покое (на 24,1%,  $p < 0,05$ ), что существенно ниже возрастной нормы рассматриваемых параметров внешнего дыхания.

По-видимому, описанные выше феномены обусловлены значительным снижением силы сокращений вспомогательной дыхательной мускулатуры – внутренних косых межреберных мышц и мышц брюшного пресса. Это может являться признаком детренированности обследованных и требует дальнейшего углубленного анализа. Возможно, что одной из причин резкого снижения величин ЭФЖЕЛ1 может быть повышение «давления заклинивания» воздухопроводящих путей переходной зоны (преимущественно мел-

ких бронхов и бронхиол) в результате сдавления их тканями легких при быстром сокращении объема грудной полости в конце первой секунды форсированной, активной экспирации.

В восстановительный период после завершения теста Мартине основные дыхательные объемы (ЖЕЛ и ДО) по сравнению с исходным состоянием снижались соответственно на 13,6 и 38,2% ( $p < 0,05$ ). Подобные изменения не характерны для РОВыд, который после пробы Мартине обнаруживал слабую тенденцию к повышению (см. табл. 1).

На наш взгляд, значительное снижение ДО после нагрузки является вполне информативным индикатором недостаточной общей физической тренированности обследованных лиц молодого возраста. Известно, что при выраженном уменьшении ДО неизбежно существенное компенсаторное увеличение частоты дыхания в ущерб его глубине, что нецелесообразно после физической нагрузки небольшой интенсивности.

После теста Мартине показатели форсированной экспирации снижались весьма существенно. ЭФЖЕЛ1 после пробы была ниже исходного уровня на 19,1% ( $p < 0,05$ ), параметр ФРОВыд1 меньше, чем в покое, на 15,0% ( $p < 0,06$ ) (см. табл. 2).

После нагрузки наблюдалось значительное уменьшение секундной фракции ЭФЖЕЛ1 по сравнению с ЭФЖЕЛ: ЭФЖЕЛ1 был ниже ЭФЖЕЛ на 43,5%. Соответственно ИФСЭ после физической нагрузки равен 0,56 (или 56,5%), что почти на 8,5 % ниже, чем до проведения теста Мартине (см. табл. 2).

Таким образом, тенденция к снижению секундных фракций форсированных экспираторных объемов после физической нагрузки у обследованных весьма отчетлива. По-видимому, доминирующей причиной данного феномена является вызванное физической работой временное снижение силы сокращений мышц брюшного пресса. Для молодых женщин, помимо ухудшения вентиляции легких при нагрузках, значительное снижение силы сокращений мышц передней брюшной стенки может быть фактором, затрудняющим естественный родовой акт.

В процессе анализа данных выявлен ряд значимых ( $r = 0,80$  и более) корреляций между параметрами форсированной экспирации, определенными в покое и после завершения теста Мартине. Это позволило создать уравнения линейной регрессии важнейших показателей форсированной экспирации:

ЭФЖЕЛ1 (покой) = 0,54\*ЭФЖЕЛ (нагрузка) + 0,32,  $r = 0,81$ ;



ФРовыд1 (покой) = 0,85\*ФРовыд1 (нагрузка) + 0,26,  $r = 0,87$ ;

ЭФЖЕЛ2 (покой) = 0,025\*ИТВ (нагрузка) + 0,57,  $r = 0,80$ ;

ИТВ (покой) = 0,78\*ИТВ (нагрузка) + 20,1,  $r = 0,83$ .

Проведя в условиях покоя предварительный прогноз ожидаемых величин параметров внешнего дыхания у конкретного обследуемого, в первые подвергнутого диагностической процедуре спирометрии, и затем предложив ему выполнить физическую нагрузку (тест Мартине), можно определить отклонение фактического (реального) параметра внешнего дыхания от ожидаемого, заранее прогнозируемого (согласно представленным уравнениям) его значения.

Если реальное и ожидаемое (прогнозируемое) значения близки – обследуемый здоров, умеренно нетренирован, что характерно для значительной части современной молодежи России. Если же значение, полученное в результате прямого наблюдения, существенно ниже ожидаемого, обследуемый, по-видимому, или выражено детренирован – резко дезадаптирован к нагрузкам или же он имеет заболевание респираторной системы, что в любом случае требует дополнительных функционально-диагностических процедур.

#### Выводы

1. Диагностическая ценность спирометрии во время массовых обследований молодых нетренированных лиц повышается при ее использовании в сочетании с функциональными пробами с дозированной физической нагрузкой.

2. Индекс форсированной секундной экспирации (ИФСЭ) имеет наибольшую инфор-

мативность для оценки силы вспомогательных дыхательных мышц молодых лиц женского пола. Снижение ИФСЭ является признаком уменьшения адаптационного потенциала человека.

3. Предложенные модели регрессионного прогноза величин показателей форсированной экспирации позволяют осуществлять экспресс-оценку общего состояния респираторной системы молодых лиц женского пола в условиях массовых обследований диспансерного типа.

#### Список литературы

1. Исупов И. Б. Создание и совершенствование учебных приборов междисциплинарного назначения как составная часть модернизации образовательного процесса (Опыт конструирования. Обобщение). Волгоград : Изд-во ВГАПО, 2015. 224 с.
2. Агаджанян Н. А. Функции организма в условиях гипоксии и гиперкапнии. М. : Медицина, 1986. 269 с.
3. Исупов И. Б., Надежкина Е. Ю., Филимонова О. С. Возрастные особенности показателей форсированного дыхания // Клиническая геронтология. 2013. Т. 19, № 7–8. С. 31–33.
4. Исупов И. Б., Надежкина Е. Ю., Филимонова О. С. Способ определения биологического возраста человека по показателям форсированной спирометрии // Клиническая геронтология. 2014. Т. 20, № 5–6. С. 41–43.
5. Исупов И. Б., Надежкина Е. Ю., Филимонова О. С. Разработка математической модели для определения биологического возраста человека по показателям форсированной спирометрии // Dny vedy-2012 : materialy VIII mezinar. ved.-prakt. conf. Dol. 75. Praha : Biologicke vedy, 2012. S. 46–50.
6. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М. : Медицина, 1975. 448 с.

#### Образец для цитирования:

Исупов И. Б., Севрюкова Г. А., Шмарина Я. Г., Ряскова К. А., Белова В. А. Экспираторные легочные объемы молодых людей в условиях покоя и в период восстановления после дозированной физической нагрузки // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, вып. 2. С. 197–200. DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-2-197-200.

#### Cite this article as:

Isupov I. B., Sevrukova G. A., Shmarina Ya. G., Ryaskova K. A., Belova V. A. Expiratory Lung Volumes of Young People at Rest and Recovery Period after a Dosed Physical Load. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2017, vol. 17, iss. 2, pp. 197–200 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-2-197-200.