

УДК 612.216.2«32»(470.1)

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ЗДОРОВЫХ СТУДЕНТОВ В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

© 2012 г. Н. В. Ефимова, О. Н. Попова

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

У жителей Севера респираторная система действует в состоянии функционального напряжения [3–5]. Система внешнего дыхания у северян испытывает морфологические и функциональные перестройки [11, 12], которые регистрируются в виде различных отклонений от должных величин [7, 14]. Некоторые из них следует рассматривать как «плату за адаптацию» к суровым климатогеографическим условиям Севера и как фактор пульмонологического риска возможного формирования хронической легочной патологии.

Функциональное состояние системы внешнего дыхания у студентов исследовалось многократно, и полученные результаты использовались как для расчета должных величин [8], так и для решения задач клинической физиологии [13]. Динамические исследования показателей деятельности дыхательной системы у студентов в различные сезоны года особенно необходимы для понимания закономерностей проявления компенсаторно-приспособительных реакций организма на изменяющиеся условия среды. Однако данные о функционировании системы внешнего дыхания у жителей Европейского Севера в сезонной динамике носят фрагментарный характер [2, 9, 10], что недостаточно для понимания характера адаптивных реакций на условия среды.

Целью настоящей работы было выявление особенностей функции внешнего дыхания в годовом цикле у одной и той же группы студентов, родившихся и постоянно проживающих на территории Европейского Севера России, для анализа и оценки механизмов адаптивных реакций северянина на природно-климатические факторы окружающей среды.

Методы

В исследовании приняли участие здоровые студенты Северного государственного медицинского университета г. Архангельска (35 мужчин и 35 женщин) в возрасте 18–22 лет, являющиеся уроженцами Архангельской области. Отбирались они по официальному критерию ВОЗ, согласно которому здоровыми считаются те, кто не имеет хронических заболеваний, освобождений от работы или учебы по острому заболеванию и не предъявляет жалоб в день обследования. Кроме того, при объективном обследовании у этих студентов не обнаруживались скрытые патологические изменения. Непосредственно перед началом исследования измерялись длина, масса тела и окружность грудной клетки. Хотя антропометрические показатели и не являются респираторными, ввиду связи со многими параметрами дыхания они использовались для расчета их должных величин.

Исследование функции внешнего дыхания проводилось четыре раза в год: в январе, апреле, июле и ноябре при помощи спирографа микро-

В динамике годового цикла у одних и тех же 35 мужчин и 35 женщин 18–22 лет изучены статические и динамические легочные объемы. Показано, что в обеих группах обследуемых величины дыхательного и минутного объемов, жизненная емкость легких и резервный объем выдоха максимальны в осенне-зимний период года.

Ключевые слова: сезонные изменения, внешнее дыхание, Европейский Север.

процессорного портативного СМП-21/01-«Р-Д» при дыхании атмосферным воздухом в комфортных микроклиматических условиях ($t = 20-22^\circ\text{C}$, относительная влажность 40–60 % и скорость движения воздуха 0,2–0,3 м/с) в положении сидя. Исследование осуществлялось в первой половине дня через 1,5–2 ч после приема пищи и 20-минутного отдыха.

Исследование обсервационное, аналитическое, разновидность исследования — экологическое (корреляционное).

Для анализа полученных результатов использовался статистический программный пакет SPSS 18.0. Распределение измеренных переменных проверялось при помощи теста Шапиро — Уилка ($n \leq 50$). При нормальном распределении переменных применялся однофакторный дисперсионный анализ, при распределении, отличном от нормального, — непараметрический критерий Вилкоксона для парных выборок с поправкой Бонферрони. Результаты непараметрических методов обработки данных представлялись в виде медианы (Me), первого (Q1) и третьего (Q3) квартилей, параметрических — среднего значения (M) и стандартного отклонения (s). Критический уровень значимости (p) составил менее 0,05.

Обследование студентов проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609 ЕС), и было одобрено локальным комитетом по этике Северного государственного медицинского университета.

Результаты

Известно, что жизненная емкость легких (ЖЕЛ) определяет максимально возможную глубину дыхания и поэтому является важным показателем функцио-

нальных возможностей внешнего дыхания. Анализ полученных данных (табл. 1) показал сезонную изменчивость ЖЕЛ у студентов, как у мужчин, так и у женщин.

Так, статистически значимое увеличение средних показателей ЖЕЛ в сезонном аспекте у женщин было выявлено осенью в сравнении с весной ($p = 0,048$) и зимой в сравнении с весной и летом ($p < 0,001$). Среди мужчин также установлен рост величины ЖЕЛ осенью в сравнении с весной ($p = 0,008$) и зимой в сравнении с весной и летом ($p < 0,001$). Таким образом, наблюдается увеличение показателей ЖЕЛ от теплого времени года к холодному с наивысшими значениями в зимний период времени в обеих группах обследуемых ($p \leq 0,05$).

При изучении объемов, составляющих ЖЕЛ, было установлено, что фактические величины резервного объема вдоха ($PO_{\text{вд}}$) не зависят от сезонности как у мужчин, так и у женщин, однако среди мужчин наблюдалась тенденция к снижению значений данной величины от зимы к лету ($p = 0,052$). При оценке резервного объема выдоха ($PO_{\text{выд}}$) значимое нарастание величины данного показателя определялось только у женщин осенью на 41,7 % ($p = 0,012$) и зимой на 39,7 % ($p = 0,006$) в сравнении с весной.

При оценке дыхательного объема (ДО), являющегося демонстративным показателем функции системы дыхания, отмечалась тенденция к увеличению данной величины от теплого времени года к холодному в обеих группах, однако статистически значимых различий не прослеживалось. Имело место уменьшение величины ДО на 54,3 % летом и на 20,0 % осенью в сравнении с зимой у женщин ($p = 0,011$; $p = 0,018$).

Возможно, увеличение ЖЕЛ, $PO_{\text{выд}}$ и незначительное изменение ДО и $PO_{\text{вд}}$ в процессе приспособления

Статические легочные объемы и емкости у студентов в годовом цикле $M \pm s$, Me (Q1; Q3)

Таблица 1

$n = 70$

Показатель	Пол	Сезон				Значимость различий между сезонами					
		Зима (I)	Весна (II)	Лето (III)	Осень (IV)	P_{I-II}	P_{I-III}	P_{I-IV}	P_{II-III}	P_{II-IV}	P_{III-IV}
ЖЕЛ, л	М ²	5,75 (5,50; 6,45)	5,25 (4,60; 5,69)	5,43 (4,95; 6,22)	5,60 (5,13; 6,29)	***	***	—	—	*	—
	Ж ²	4,30 (3,87; 4,64)	3,31 (2,34; 3,82)	3,72 (3,41; 4,14)	3,77 (3,66; 3,89)	***	***	***	—	*	—
$PO_{\text{вд}}$, л	М ²	2,12 (1,07; 2,47)	1,49 (0,94; 2,22)	1,44 (0,80; 2,21)	1,80 (1,23; 2,35)	—	—	—	—	—	—
	Ж ²	1,48 (0,89; 1,74)	1,11 (0,95; 1,80)	1,20 (0,99; 1,66)	1,12 (0,98; 1,70)	—	—	—	—	—	—
$PO_{\text{выд}}$, л	М ¹	$3,06 \pm 0,59$	$2,77 \pm 0,80$	$2,90 \pm 0,69$	$3,05 \pm 0,86$	—	—	—	—	—	—
	Ж ²	2,18 (1,79; 2,94)	1,56 (0,70; 2,13)	1,88 (1,45; 2,64)	2,21 (1,71; 2,91)	**	—	—	—	*	—
ДО, л	М ¹	$0,47 \pm 0,26$	$0,42 \pm 0,20$	$0,39 \pm 0,18$	$0,43 \pm 0,28$	—	—	—	—	—	—
	Ж ²	0,54 (0,45; 0,64)	0,42 (0,30; 0,50)	0,35 (0,30; 0,40)	0,45 (0,38; 0,50)	—	—	—	—	—	—
$E_{\text{вд}}$, л	М ¹	$3,30 \pm 1,02$	$2,16 \pm 1,09$	$2,28 \pm 1,11$	$2,45 \pm 1,00$	—	—	—	—	—	—
	Ж ¹	$2,11 \pm 0,41$	$2,0 \pm 0,43$	$1,90 \pm 0,49$	$1,84 \pm 0,42$	—	—	—	—	—	—

Примечания: сравнение зависимых выборок осуществлялось: ¹ — однофакторным дисперсионным анализом, $M \pm s$, ² — непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, Me (Q1; Q3) с поправкой Бонферрони; различия между сезонами значимы: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,001$.

к изменяющимся климатическим условиям при переходе от теплого времени года к холодному связано с воздействием холодного фактора, который изменяет не только величину ЖЕЛ, но и ее структуру.

Оценка величины емкости вдоха ($E_{\text{вд}}$) в обеих группах статистически значимых различий не выявила, но наибольшие показатели анализируемой величины в обеих группах определены зимой, что также указывает на возможное включение в вентиляцию резервных ацинусов при снижении температуры воздуха.

Расчет долевого отношения ДО к ЖЕЛ показал, что при дыхании в состоянии покоя молодые мужчины трудоспособного возраста, уроженцы Севера, используют 7,2–8,2 % от абсолютной величины ЖЕЛ, а женщины – 9,4–12,7 % в динамике годового цикла. Следовательно, более 87,0 % от величины ЖЕЛ при спокойном дыхании у них находится в резерве. Резервный объем вдоха в сезонном аспекте у мужчин составил 26,5–36,9 % от величины ЖЕЛ, у женщин – от 28,1 до 34,4 %. Резервный объем выдоха у обследованных мужчин составил 52,8–54,5 % от величины ЖЕЛ, а у женщин – 47,1–55,4 %, что несколько больше данных, приведенных, например, для жителей Республики Коми: у мужчин в годовом цикле 40,9–51,6 % от величины ЖЕЛ [12], у женщин 20–29 лет – 50,3 % [1]. Поскольку резервные объемы вдоха и выдоха определяют способность дыхательной мускулатуры увеличивать количество вентилируемого воздуха [6], можно заключить, что северяне обладают большей возможностью для увеличения легочной вентиляции. Таким образом, у уроженцев Европейского Севера прослеживается статистически значимое увеличение величин ЖЕЛ и $PO_{\text{вд}}$ как среди мужчин, так и среди женщин от теплого времени года к холодному, отмечается тенденция к увеличению значений $PO_{\text{вд}}$ и ДО с похолоданием в обеих группах.

В общем комплексе методов и проб, используемых при функциональном исследовании аппарата внешнего дыхания, большое место занимает изучение легочной вентиляции в покое, поскольку ее основное предназначение заключается в поддержании парциального давления кислорода в альвеолярном газе. Наиболее ярко функциональные особенности аппарата внешнего дыхания отражает такой показатель легочной вентиляции, как величина минутного объема дыхания (МОД). Исследование показало, что МОД в группах и мужчин и женщин статистически значимо не изменяется в динамике годового цикла, однако отмечена тенденция его увеличения к осени у мужчин и к зиме у женщин ($p \geq 0,05$) (табл. 2).

Частота дыхания (ЧД) в динамике годового цикла практически не изменялась и оставалась на уровне 15–16 движений в минуту у мужчин и 15–17 у женщин. Вероятно, что с наступлением холодного времени года у северян преобладает тенденция к росту МОД в большей степени за счет увеличения ДО, а не ЧД.

При анализе сезонных изменений максимальной вентиляции легких (МВЛ) у женщин прослеживались большие значения этого показателя зимой по сравнению с летом ($p = 0,045$), у мужчин значимых различий не определялось.

Для оценки функциональных способностей аппарата внешнего дыхания был рассчитан резерв дыхания (РД), который показывает способность обследуемого увеличивать вентиляцию легких. Величина его определялась в состоянии покоя по разнице между МВЛ и МОД. Дополнительно была рассчитана относительная величина РД (в % от МВЛ). И абсолютный, и относительный показатели резерва дыхания в динамике годового цикла значимо не различались в обеих группах обследованных.

Динамические легочные объемы у студентов в годовом цикле $M \pm s$, Me (Q1; Q3)

Таблица 2
n = 70

Показатель	Пол	Сезон				Значимость различий между сезонами					
		Зима (I)	Весна (II)	Лето (III)	Осень (IV)	P_{I-II}	P_{I-III}	P_{I-IV}	P_{II-III}	P_{II-IV}	P_{III-IV}
МОД, л/мин	М ²	10,26 (8,94; 15,60)	10,03 (8,21; 12,32)	11,00 (7,84; 14,66)	12,06 (8,08; 22,93)	–	–	–	–	–	–
	Ж ²	9,44 (7,44; 12,28)	7,80 (5,33; 10,20)	8,28 (5,72; 12,46)	8,40 (6,06; 11,91)	–	–	–	–	–	–
ЧД, кол./мин	М ²	15 (12; 18)	16 (14; 19)	16 (13; 18)	16 (13; 18)	–	–	–	–	–	–
	Ж ¹	16,03±3,84	16,97±4,01	16,26±4,03	15,97±3,72	–	–	–	–	–	–
МВЛ, л/мин	М ¹	172,96±37,14	152,61±40,79	159,85±31,18	154,85±43,09	–	–	–	–	–	–
	Ж ¹	108,28±31,35	99,15±30,05	91,96±32,85	96,44±29,52	–	*	–	–	–	–
РД, л/мин	М ¹	160,20±37,16	141,69±41,21	148,34±31,19	142,56±39,19	–	–	–	–	–	–
	Ж ¹	97,76±30,05	90,67±28,53	84,87±29,22	88,05±25,59	–	–	–	–	–	–
РД _{отн} , % от МВЛ	М ²	92,97 (91,59; 94,95)	93,02 (90,44; 94,72)	92,75 (90,80; 95,39)	92,12 (88,04; 94,39)	–	–	–	–	–	–
	Ж ²	90,10 (87,60; 92,79)	92,73 (90,12; 94,52)	90,00 (87,24; 93,44)	89,95 (77,31; 107,59)	–	–	–	–	–	–

Примечания: сравнение зависимых выборок осуществлялось: ¹ – однофакторным дисперсионным анализом, $M \pm s$, ² – непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, Me (Q1; Q3) с поправкой Бонферрони; различия между сезонами значимы: * – $p < 0,05$.

Обсуждение результатов

Установлено, что у здоровых уроженцев Европейского Севера в динамике годового цикла происходят функциональные перестройки, направленные на приспособление системы дыхания к изменяющимся условиям среды.

Так, нарастание величины ЖЕЛ при переходе от теплого времени года к холодному способствует увеличению дыхательной поверхности легких и тем самым создает условия для более эффективного приспособления легочной вентиляции к удовлетворению повышенных метаболических потребностей организма зимой. Кроме того, увеличение ЖЕЛ в зимний период года способствует лучшему согреванию вдыхаемого воздуха и насыщению его влагой.

В годовом цикле изменяется не только величина ЖЕЛ, но и ее структура. В большей степени изменение структуры ЖЕЛ отмечено среди женщин — имело место значимое увеличение $PO_{\text{выд}}$ в осенне-зимний период при статистически незначимом снижении $PO_{\text{вд}}$ от холодного времени года к тепловому. Можно предположить, что компенсаторно-приспособительные реакции направлены на удлинение фазы выдоха, укорочение фазы вдоха и, как следствие, увеличение остаточного объема легких и сокращение времени контакта холодного воздуха с респираторным трактом, необходимого для согревания воздуха, особенно в зимний период. Кроме того, величина $PO_{\text{выд}}$ выступает в роли своеобразного механизма шлюзирования, позволяющего постепенно снижать напряжение кислорода во вдыхаемом воздухе до уровня альвеолярного и, наоборот, препятствовать резкому снижению PCO_2 в легких до уровня атмосферного давления.

Возрастание фактической величины ДО с похолоданием у лиц, проживающих в суровых условиях Европейского Севера, вероятно, способствует увеличению количества функционирующих альвеол.

Расчет долевого соотношения ДО и ЖЕЛ показал несколько меньшие значения, чем у других авторов [2], что в большей степени происходит за счет увеличенных показателей ЖЕЛ у северян, нежели сниженными значениями ДО. То есть большая доля ЖЕЛ в обеих группах исследуемых остается в резерве, что создает возможность для увеличения легочной вентиляции в холодное время года.

Поскольку легочная вентиляция коррелирует с интенсивностью метаболических процессов в организме (а как известно, уровень обмена веществ у северян повышен), увеличение МОД от теплого времени года к холодному можно рассматривать как приспособительный механизм в ответ на повышенную потребность организма в кислороде, направленную на обеспечение усиленного тканевого метаболизма при повышенных энергозатратах.

Легочные объемы, показывая количество воздуха, содержащегося в легких при определенных положениях грудной клетки, характеризуют функциональные возможности аппарата внешнего дыхания. Предельные возможности системы внешнего дыхания

можно определить при изучении МВЛ — суммарного показателя вентиляционной функции аппарата внешнего дыхания. Полагают, если ЖЕЛ характеризует функциональные возможности аппарата внешнего дыхания, то МВЛ определяет способность использовать эти возможности.

Наблюдаемые сниженные значения МВЛ среди женщин в весенне-летний период, вероятно, указывают на некоторое снижение у них предельных возможностей системы дыхания на этом этапе.

Таким образом, у жителей Севера в сезонной динамике отмечен рост величин статических легочных объемов в холодные периоды года, что способствует созданию условий для более эффективного приспособления легочной вентиляции к обеспечению повышенных метаболических запросов организма и является адаптивной реакцией, позволяющей улучшить параметры кондиционирования воздуха. Анализ динамических легочных объемов указывает на более напряженную работу аппарата внешнего дыхания в зимний период года, более выраженную у женщин. При этом предельные способности системы внешнего дыхания несколько снижены в холодные периоды года.

Список литературы

1. Варламова Н. Г., Евдокимов В. Г. Функция внешнего дыхания у девушек и женщин разного возраста // Успехи геронтологии. 2006. Вып. 19. С. 85–89.
2. Варламова Н. Г., Евдокимов В. Г., Бойко Е. Р. Функция внешнего дыхания у молодых мужчин Европейского Севера в годовом цикле // Физиология человека. 2008. № 6. С. 85–91.
3. Величковский Б. Т. Полярная одышка [Электронный ресурс] // Социальное партнерство. 2006. № 3. URL: <http://www.oilru.com/>
4. Гришин О. В., Устюжанинова Н. В. Медленно развивающиеся реакции органов дыхания // Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск, 2006. С. 38–40.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере : монография. Архангельск : Изд-во СГМУ, 2009. 239 с.
6. Дембо А. Г. Легочные объемы // Физиология дыхания. Л., 1973. С. 4–16.
7. Евдокимов В. Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека на Севере : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2004. 34 с.
8. Клемент Р. Ф. Принципиальные и методические основы разработки единой системы должных величин // Современные проблемы клинической физиологии дыхания. Л., 1987. С. 5–20.
9. Копытова Н. С., Гудков А. Б. Сезонные изменения функционального состояния системы внешнего дыхания у жителей Европейского Севера России // Экология человека. 2007. № 10. С. 41–43.
10. Максимова И. М. Сезонные изменения функции дыхательной и сердечно-сосудистой систем у жителей Европейского Севера // Бюллетень СГМУ. 2007. № 1. С. 95.
11. Марачев А. Г., Беседин Ф. Ф. Морфологические изменения верхних и средних дыхательных путей в норме и при неспецифических заболеваниях легких у жителей Севера

ра // Вопросы акклиматизации и проблемы практического здравоохранения. Архангельск, 1981. С. 87–88.

12. Устюжанинова Н. В., Шишкин Г. С., Милованов А. П. Морфологические основы изменений газообмена в респираторных отделах легких у жителей Севера // Бюллетень СО РАМН. 1997. № 2. С. 106–112.

13. Устюжанинова Н. В., Шишкин Г. С., Уманцева Н. Д. Функциональное состояние внешнего дыхания здоровых студентов // Бюллетень СО РАМН. 2004. № 1. С. 134–137.

14. Шишкин Г. С., Уманцева Н. Д., Устюжанинова Н. В. Нормативы показателей внешнего дыхания для мужчин, проживающих в Западной Сибири // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2005. Вып. 21. С. 7–12.

References

1. Varlamova N. G., Evdokimov V. G. *Uspekhi gerontologii* [Advancement of gerontology], 2006, fasc. 19, pp. 85-89. [in Russian]

2. Varlamova N. G. i dr. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2008, no. 6, pp. 85-91. [in Russian]

3. Velichkovskii B. T. *Sotsial'noe partnerstvo* [Social partnership]. 2006, no. 3. Available at: <http://www.oilru.com/> [in Russian]

4. Grishin O. V., Ustyuzhaninova N. V. *Dykhaniye na Severe. Funktsiya. Struktura. Rezervy. Patologiya* [Respiration in the North. Function. Structure. Reserves. Pathology]. Novosibirsk, 2006, pp. 38-40. [in Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N. *Vneshnee dykhanie cheloveka na Evropeiskom Severe* [Human external respiration in European North]. Arkhangelsk, 2009, 239 p. [in Russian]

6. Dembo A. G. *Fiziologiya dykhaniya* [Respiration Physiology]. Leningrad, 1973, pp. 4-16. [in Russian]

7. Evdokimov V. G. *Funktsional'noe sostoyaniye serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem cheloveka na Severe (avtoref. dis. ... d-ra biol. Nauk)* [Functional state of human cardio-vascular and respiratory systems in the North (Cand. Dis. Thesis). Syktyvkar, 2004, 34 p. [in Russian]

8. Klement R. F. *Sovremennye problemy klinicheskoi fiziologii dykhaniya* [Modern problems of clinical respiration physiology]. Leningrad, 1987, pp. 5-20. [in Russian]

9. Kopytova N. S., Gudkov A. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2007, no. 10, pp. 41-43. [in Russian]

10. Maksimova I. M. *Byulleten' SGMU* [Bulletin of Northern State Medical University], 2007, no. 1, p. 95. [in Russian]

11. Marachev A. G., Besedin F. F. *Voprosy akklimatizatsii i problemy prakticheskogo zdoravookhraneniya* [Issues of acclimatization and problems of practical healthcare]. Arkhangelsk, 1981, pp. 87-88. [in Russian]

12. Ustyuzhaninova N. V., Shishkin G. S., Milovanov A. P. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch RAMS], 1997, no. 2, pp. 106-112. [in Russian]

13. Ustyuzhaninova N. V., Shishkin G. S., Umantseva N. D. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch RAMS] 2004, no. 1, pp. 134-137. [in Russian]

14. Shishkin G. S., Umantseva N. D., Ustyuzhaninova N. V. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya* [Bulletin of respiration physiology and pathology], 2005, fasc. 21, pp. 7-12. [in Russian]

ADAPTIVE RESPONSES OF EXTERNAL RESPIRATION IN HEALTHY STUDENTS ANNUAL CYCLE IN EUROPEAN NORTH

N. V. Efimova, O. N. Popova

Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

In dynamics of the annual cycle of young men and women aged 18-22 years, static and dynamic lung volumes have been studied. It has been shown that in both groups, respiratory and minute volume, vital capacity and maximum breathing capacity were maximum in autumn - winter.

Keywords: seasonal variations, external respiration, European North

Контактная информация:

Ефимова Надежда Васильевна — соискатель кафедры гигиены и медицинской экологии ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздравсоцразвития России

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

Тел. (8182) 24-84-21

E-mail: n_efimova@list.ru