
ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У СТУДЕНТОВ 17—22 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В.Н. Фёдоров

Кафедра общей биологии

Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева
ул. Пушкина, 86, Петропавловск, Казахстан, 150000

Проведено изучение функции внешнего дыхания у студентов в возрасте 17—22 лет, проживающих в неблагоприятных экологических условиях Северного Казахстана. Изучение внешнего дыхания проводилось методом спирографии с использованием аппаратно-программного комплекса «Валента». Физиологическую оценку функционального состояния дыхательной системы обследуемых студентов давали на основании сравнения фактических показателей к должным величинам в процентном отношении. В работе показано, что ряд параметров внешнего дыхания отличается от нормативных величин, что связано с адаптацией организма к комплексу негативных природно-климатических и экологических факторов среды проживания.

Ключевые слова: внешнее дыхание, загрязняющие вещества, студенты, форсированный выдох, бронхиальная проходимость, заболеваемость.

Население, проживающее в регионе Северного Казахстана, подвергается комплексному воздействию неблагоприятных климатогеографических и экологических факторов, которое оказывает негативное влияние на качество жизни и уровень здоровья [7]. В течение ряда лет по уровню заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований Северо-Казахстанская область (СКО) опережает регионы Казахстана, официально объявленные зонами экологического бедствия — Семипалатинское Прииртышье, Приаралье, а также крупные промышленные территории республики [8].

Анализ экологической ситуации показал, что в СКО и в г. Петропавловске валовое количество выбросов вредных веществ постоянно растет. Так, в 2004 г. в атмосферу области от стационарных и передвижных источников было выброшено 139,9 тыс. т загрязняющих веществ. Основные объемы загрязняющих атмосферу вредных веществ в г. Петропавловске составляют 39,7 тыс. т. Из общей структуры выбросов по области 58% составляют твердые загрязняющие вещества, 42% — газообразные. Самым крупным источником загрязнения атмосферы является Петропавловская ТЭЦ-2, выбросы которой по области составляют 38,2 тыс. т. В том же году общий выброс загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников в целом по СКО составил 79,95 тыс. т. Негативное влияние на атмосферу г. Петропавловска также оказывает стремительный рост автомобильного транспорта. Основную массу газообразных загрязняющих веществ составляет сернистый ангидрид — 51%, окиси углерода — 18%, окислы азота — 12%, углеводороды — 5% и другие загрязняющие вещества, в том числе и канцерогенные. Общее количество ингредиентов, присутствующих в атмосфере г. Петропавловска, приближается к пятидесяти, многие из них относятся к первой и второй категории опасности. Поэтому неудивительно, что спектр заболеваний, возникающих

у населения СКО, крайне разнообразен. В популяции имеют место заболевания органов дыхания (в том числе бронхиальная астма), заболевания сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), болезни крови и кроветворных органов, болезни кожи, нервной системы, эндокринные заболевания (в том числе диабет), новообразования, аллергозы, врожденные аномалии развития, осложнения беременности и родов и т.д. [9]. Система органов дыхания, как и другие функциональные системы организма, в процессе адаптации к условиям Северного Казахстана перестраивается в направлении более экономичного использования резервных ресурсов для обеспечения нормальной жизнедеятельности организма [1].

Наиболее незащищенным и уязвимым к влиянию природно-климатических факторов Казахстанского Севера является внешнее дыхание (ВД). Возникновению патологии органов дыхания могут предшествовать изменения функциональных параметров внешнего дыхания [4]. Значительная частота и распространенность среди детей, подростков и юношей Северного Казахстана заболеваний дыхательной системы свидетельствует о необходимости углубленного изучения патогенеза их формирования. В настоящее время особенности функционирования системы ВД у молодого населения Северного Казахстана изучены недостаточно, что и определило цель нашего исследования.

Материалы и методы исследования. Для изучения функции внешнего дыхания было обследовано 140 студентов Северо-Казахстанского государственного университета, 1989—1993 года рождения, в возрасте 17—22 лет. Исследования проводились в осенне-зимний период в лаборатории медико-биологических исследований. Все испытуемые считались практически здоровыми на основании комплексного обследования врачами университета. Студенты I и II курса неспортивных факультетов занимались физической культурой один раз в неделю — два академических часа. Студенты III и IV курса занимались самостоятельно, из них 50% студентов по возможности посещали спортивные секции. Перед началом физиологических экспериментов для оценки психоэмоционального состояния испытуемых проводили тестирование по шкале реактивной тревожности (РТ) Спилбергера—Ханина и опроснику САН (самочувствие—активность—настроение) по Гончарову.

Изучение показателей ВД студентов проводилось с использованием аппаратно-программного комплекса (АПК) «Валента[®]», разработанного научно-производственным объединением НЕО (г. Санкт-Петербург, Россия). При выполнении исследований коммутацию всех аналоговых сигналов, их преобразование в цифровую форму и передачу в персональный компьютер (ПК) осуществляет преобразователь биосигналов (ПБС) «Валента[®]». Результаты выводились на бумажный носитель и представлялись в виде информации о пациенте, словесного заключения, числовых значений объемно-временных параметров ВД, графиков-спирограмм и диаграмм. В начале исследования у всех испытуемых определяли длину тела (ДТ) и массу тела (МТ), систолическое артериальное давление (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД) измеряли аускультативно по методу Н.С. Короткова. Регистрация параметров ВД осуществлялась спирографом «Валента[®]» в помещении при температуре воздуха 22 ± 1 °С в положении стоя. После звукового

сигнала испытуемый выполнял 2—3 спокойных дыхательных цикла: глубокий выдох, полный глубокий вдох, резкий полный выдох и спокойное дыхание до конца сеанса. В программном обеспечении компьютера заложены нормативные значения, по отношению к которым автоматически рассчитывался процент отклонения от должного показателя, условно принятого за 100%.

Физиологическую оценку функционального состояния дыхательной системы обследуемых проводили на основании следующих показателей:

$T_{\text{жел}}$ — время спокойного выдоха, сек.;

ЖЕЛ — жизненная емкость легких, л;

$T_{\text{фжел}}$ — время форсированного выдоха, сек.;

ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких, л;

ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду;

ПОС — пиковая объемная скорость выдоха, л/с;

$T_{\text{пос}}$ — время достижения пиковой объемной скорости, сек.;

ОФВ_{пос} — ОФВ при достижении пиковой объемной скорости, л;

МОС₂₅ — мгновенная объемная скорость на 25% от ФЖЕЛ, л/сек.;

МОС₅₀ — мгновенная объемная скорость на 50% от ФЖЕЛ, л/сек.;

МОС₇₅ — мгновенная объемная скорость на 75% от ФЖЕЛ, л/сек.;

СОС_{25—75} — средняя объемная скорость форсированного выдоха в диапазоне 25—75% ФЖЕЛ, л/сек.;

СОС_{75—85} — средняя объемная скорость форсированного выдоха в диапазоне 75—85% ФЖЕЛ, л/сек.

Для более полной оценки проходимости воздухоносных путей использовали индекс Тиффно (ИТ) — ОФВ₁/ЖЕЛ, %.

Обработку полученного материала производили на компьютере Intel Pentium IV с помощью стандартных методов математической статистики. Достоверность различий оценивали по *t*-критерию Стьюдента [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенное психологическое тестирование обследуемых студентов для выявления уровня личностной тревожности (ЛТ) по Спилбергеру показало равномерное распределение студентов по уровню ЛТ. У 57% испытуемых студентов выявлен средний уровень ЛТ в диапазоне $30 < \text{ЛТ} < 43$ баллов, у 40% испытуемых — незначительное превышение ЛТ от 44 до 49 баллов. Показатели по тесту САН среди студентов I—IV курсов достоверных различий не имели. Так, показатели теста САН у студентов I курса имели следующие показатели: С (самочувствие) — $5,19 \pm 0,17$ балла, А (активность) — $4,47 \pm 0,33$ балла и Н (настроение) — $5,39 \pm 0,56$ балла. У студентов II курса нами были зарегистрированы: С — $5,19 \pm 0,11$ балла, А — $4,85 \pm 0,46$ балла и Н (настроение) — $5,40 \pm 0,29$ балла. Таким образом, можно заключить, что начало семестра не отражается на психологическом статусе студентов.

Результаты проведенных исследований показали увеличение ЖЕЛ от I к III курсу у юношей. У первокурсников ЖЕЛ составила $3,75 \pm 0,11$ л, на II — $3,80 \pm 0,21$ л и у студентов III курса ЖЕЛ равна $4,50 \pm 0,20$ л. У студентов IV курса зарегистрированы более низкие показатели ЖЕЛ, чем на III курсе. Для более полной оценки фактических величин объема форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁)

у обследованных студентов было проанализировано отклонение объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ₁) от нормативных показателей в процентах. Значительное снижение фактических величин ОФВ₁ по сравнению с нормативными наблюдали на II и IV курсах, что составило 32—42%, тогда как аналогичные показатели у I и III курса составили всего 22—23%.

Проба форсированного выдоха является интегральным выражением механических свойств легких, в ней наиболее отчетливо проявляется динамика взаимосвязи легких, сопротивления дыхательных путей и внутригрудного давления. Поскольку результаты проб с форсированным дыханием зависят не только от состояния механических свойств легких, но также и от состояния дыхательной мускулатуры, ее силы и быстроты развития мышечного усилия, снижение фактических величин от нормативных значений объемных параметров форсированного выдоха, по всей видимости, можно объяснить слаборазвитой дыхательной мускулатурой у обследованных студентов.

Известно, что пиковая объемная скорость (ПОС) показывает наибольшее значение потока воздуха, которое достигается обычно после выдоха первых 20% ЖЕЛ. Самая высокая пиковая объемная скорость выявлена у первокурсников и равна $7,56 \pm 0,21$ л/сек., что в процентном отношении к нормативной величине составило $81,44 \pm 2,34\%$. На II—IV курсах зарегистрировано снижение фактических показателей ПОС по сравнению с нормативными величинами, которое составило 34—45% (табл.).

Таблица

Объемно-временные показатели внешнего дыхания у юношей 17—22 лет ($M \pm m$)

Показатели ФВД	Курс обучения			
	I	II	III	IV
ЖЕЛ, л	$3,75 \pm 0,11$	$3,80 \pm 0,21$	$4,50 \pm 0,20$	$4,08 \pm 0,20$
ЖЕЛ в % к <i>N</i>	$72,33 \pm 2,16$	$79,4 \pm 2,34$	$89,8 \pm 4,04$	$83 \pm 3,49$
ФЖЕЛ, л	$3,89 \pm 0,09$	$3,65 \pm 0,21$	$4,99 \pm 0,18$	$4,19 \pm 0,23$
ФЖЕЛ в % к <i>N</i>	$78,11 \pm 1,9$	$78,40 \pm 1,6$	$101 \pm 2,01$	$88,17 \pm 1,96$
ОФВ ₁ , л/сек.	$3,39 \pm 0,07$	$2,34 \pm 0,13$	$3,27 \pm 0,13$	$2,79 \pm 0,17$
ОФВ ₁ в % к <i>N</i>	$76,67 \pm 1,8$	$57,7 \pm 3,23^{***}$	$77,8 \pm 3,56$	$68,0 \pm 3,68^{**}$
ПОС, л/сек.	$7,56 \pm 0,21$	$4,82 \pm 0,32$	$5,97 \pm 0,41$	$5,53 \pm 0,52$
ПОС, в % к <i>N</i>	$81,44 \pm 2,34$	$54,3 \pm 2,55^{***}$	$65,40 \pm 2,69^{**}$	$61,0 \pm 3,81^{**}$
МОС ₂₅ , л/сек.	$7,14 \pm 0,21$	$4,24 \pm 0,34$	$5,54 \pm 0,40$	$5,26 \pm 0,46$
МОС ₂₅ в % к <i>N</i>	$85,00 \pm 2,32$	$53,7 \pm 3,15^{***}$	$67,6 \pm 4,10^{**}$	$64,8 \pm 5,16^{**}$
МОС ₅₀ , л/сек.	$6,09 \pm 0,13$	$4,05 \pm 0,30$	$4,67 \pm 0,35$	$4,72 \pm 0,42$
МОС ₅₀ в % к <i>N</i>	$104,89 \pm 3,26$	$72,9 \pm 4,03$	$82,00 \pm 5,11$	$83,33 \pm 6,23$
МОС ₇₅ , л/сек.	$3,96 \pm 0,41$	$2,85 \pm 0,32$	$2,14 \pm 0,36$	$3,06 \pm 0,29$
МОС ₇₅ в % к <i>N</i>	$134,67 \pm 4,12^*$	$96,2 \pm 4,49$	$79,8 \pm 5,36$	$113,83 \pm 7,11$
МОС ₈₅ , л/сек.	$2,66 \pm 0,21$	$2,06 \pm 0,31$	$1,39 \pm 0,16$	$2,23 \pm 0,43$
СОС ₂₅₋₇₅ , л/сек.	$5,74 \pm 0,14$	$3,74 \pm 0,14$	$3,66 \pm 0,22$	$4,30 \pm 0,31$
СОС ₂₅₋₇₅ в % к <i>N</i>	$113,00 \pm 2,93$	$78,00 \pm 3,34$	$74,8 \pm 5,14$	$88,67 \pm 4,18$
T _{ФЖЕЛ} , сек.	$1,51 \pm 0,11$	$2,53 \pm 0,21$	$3,15 \pm 0,17$	$2,18 \pm 0,13$
T _{ПОС} , сек.	$0,30 \pm 0,01$	$0,73 \pm 0,03$	$0,67 \pm 0,02$	$0,67 \pm 0,02$
ИТ, %	$90,82 \pm 1,68$	$63,94 \pm 1,32^{**}$	$67,94 \pm 2,12^*$	$68,05 \pm 2,96^*$
ИТ, в % к <i>N</i>	—	$78,20 \pm 3,12$	$79,80 \pm 2,70$	$93,33 \pm 3,56$

N — нормативная величина показателя.

Достоверность процентного показателя на каждом курсе: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

ПОС достигается после выдоха 10—20% ФЖЕЛ, после чего происходит постепенное уменьшение мгновенных максимальных скоростей воздуха (МОС), которое рассчитывается после выдоха 25,50 и 75% от форсированной ЖЕЛ. Так, фактический показатель МОС₂₅, характеризующий проходимость крупных бронхов, на II—IV курсах у юношей был значительно ниже нормативных величин на 32—46%, тогда как у студентов I курса фактический показатель МОС₂₅ равнялся $7,14 \pm 0,21$ л/сек., а в отношении к нормативным величинам составил $85,00 \pm 2,32\%$.

О проходимости средних и мелких бронхов легких можно судить по параметрам МОС₅₀ и МОС₇₅. Снижение фактической величины над нормативной на всех курсах достоверно и составляет 16—27% для МОС₅₀ и 3—20% для МОС₇₅, кроме юношей I и IV курсов. Превышение фактической величины у юношей I курса составило 5% для МОС₅₀ и у юношей I и II курса 14—35% для МОС₇₅. Аналогичное превышение фактических показателей над нормативными наблюдается как для показателей МОС₇₅, так и для средней объемной скорости (СОС) в интервале от 25 до 75% ФЖЕЛ. По данным некоторых авторов, особенно интенсивный рост легких наблюдается между 12 и 16 годами, продолжается рост легких до 20 лет [12]. Однако интенсивность развития дыхательной системы определяется не только индивидуальными особенностями, связанными с наследственными признаками, но и двигательной активностью растущего организма. Двигательная активность является естественной потребностью на всех этапах онтогенеза человека, и в особенности в период развития, который совпадает не только с обучением в школе, но и продолжается в период учебы в вузе. Таким образом, по нашему мнению, оздоровительные влияния физических нагрузок на систему внешнего дыхания оказывает регулярность физических занятий три раза в объеме 6—8 час. в неделю, а если это условие не выполняется, то у студентов с низкой двигательной активностью наблюдается отставание фактических показателей ФВД от нормативных величин.

Показатели СОС характеризуют проходимость воздуха на конкретных участках дыхательных путей. Так, средняя объемная скорость форсированного выдоха в интервале от 25 до 75% ФЖЕЛ дает представление о прохождении воздуха в бронхах крупного и среднего калибра, тогда как СОС_{75—85} отражает проходимость воздуха в бронхах мелкого калибра. При сравнении фактических величин СОС_{25—75} у студентов I—IV курсов с нормативными значениями было установлено их снижение от 11—22%, кроме студентов I курса. У первокурсников превышение фактических величин СОС_{25—75} над нормативными составило 13%.

Для определения уровня нарушения бронхиальной проходимости легких проводится сопоставление показателей объемных скоростей на различных участках форсированного выдоха [11]. Анализ полученных результатов выявил, что по сравнению с СОС_{25—75} средняя скорость выдоха в интервале от 75 до 85% ФЖЕЛ (СОС_{75—85}) была снижена на всех курсах — с I по IV обследованных юношей ($p < 0,01$), что может свидетельствовать о более выраженном сопротивлении прохождению воздуха в бронхах мелкого калибра вследствие вероятного наличия obstructивных нарушений.

Индекс Тиффно (ИТ), также характеризующий проходимость бронхов, показал значительное снижение фактических показателей от нормативных величин ИТ у студентов II—IV курсов составило 26—32%, за исключением первокурсников. У студентов I курса отставание фактических показателей от нормативных величин составило всего 9%, что вполне соответствует норме. Известно, что проба Тиффно достоверно отражает наличие и степень бронхиальной обструкции только в тех случаях, когда величина ЖЕЛ близка к нормальной [2]. Сравнительный анализ величин индекса Тиффно у студентов мужского пола I—IV курса показал, что начиная со второго (II) курса происходит снижение ИТ, которое указывает, что проходимость воздухоносных путей бронхиального дерева с 19 лет к зрелому возрасту снижается, хотя, по мнению ряда авторов, возрастные сдвиги параметров респираторной функции человека обратного характера начинаются уже с 20-го года жизни [10]. Таким образом, проведенные исследования показали, что у молодых людей с низкой двигательной активностью некоторые параметры ВД (ЖЕЛ, ПОС, ОФВ, СОС_{25–75}) отличаются от нормативных величин.

Наличие сезонных различий в параметрах ФВД тем не менее позволяет констатировать, что эффективность системы дыхания в течение учебного года в неблагоприятных экологических условиях Северного Казахстана у подростков и юношей находится на низком уровне.

Выводы. В регионе Северного Казахстана у лиц юношеского возраста происходит формирование экологически обусловленной региональной нормы системы ВД. Параметры внешнего дыхания (ЖЕЛ, ОФВ₁, ПОС, СОС_{25–75}) отличаются от нормативных величин снижением.

В юношеском возрасте наблюдается снижение фактических показателей функции ВД с 19 лет.

Функция ВД испытывает выраженную зависимость со стороны комплекса климатоэкологических факторов Северного Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Агаджанян Н.А., Марачев А.Г., Бобков Т.А. Экологическая физиология человека. — М.: КРУК, 1998.
- [2] Амапуни В.Г., Акопян А.С. К оценке некоторых показателей бронхиальной проходимости // Клиническая медицина. — 1976. — № 3. — С. 32.
- [3] Буштуева К.А., Случанко И.С. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды. — М.: Медицина, 1979.
- [4] Гудков А.Б., Кубушка О.Н. Проходимость воздухоносных путей у детей старшего школьного возраста — жителей Европейского Севера // Физиология человека. — 2006. — Т. 32. — № 3. — С. 84—91.
- [5] Лакин Г.Ф. Биометрия. — М.: Высшая школа, 1990.
- [6] Медицинская экология: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Королева. — М.: Академия, 2008.
- [7] Фёдоров В.Н., Айтуллина А.А. Анализ функционального состояния миокарда у лиц юношеского возраста по результатам ЭКГ // Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия химико-биологическая. — 2008. — № 3. — С. 159—169.
- [8] Фёдоров В.Н. Вегетативная регуляция кардиоритма у лиц юношеского возраста, проживающих в неблагоприятных экологических условиях Северного Казахстана // Вестник РУДН. — 2007. — № 3. — С. 52—60.

- [9] *Фёдоров В.Н.* Особенности гемодинамики, функционального состояния миокарда и вегетативной регуляции кардиоритма у лиц юношеского возраста, обучающихся в университете: Дисс. ... канд. биол. наук. — Томск, 2007.
- [10] *Хасис Г.Д.* Показатели внешнего дыхания здорового человека. — Кемерово, 1975. — Т. 1—2.
- [11] *Шмыков И.И., Перельман Ю.М.* Возрастные изменения вентиляционной функции легких и гемодинамики малого круга кровообращения у детей и подростков // Физиология человека. — 1989. — Т. 15. — № 4. — С. 56.
- [12] *Weibel E.R.* Morphometry of the human lung. — Berlin, 1963.

PECULIARITIES OF EXTERNAL RESPIRATORY FUNCTIONING IN 17—22-YEAR-OLD STUDENTS LIVING IN ADVERSE ECOLOGICAL CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

V.N. Fedorov

General Biology Department
North Kazakhstan state University
Pushkin str., 86, Petropavlovsk, Kazakhstan, 150000

Respiratory function of 17—22-year old students living in adverse environmental conditions of Northern Kazakhstan was investigated. The study of external respiration was carried out according to the spiograph method using the hardware-in-the-loop complex “Valenta”. Physiological assessment of students’ respiratory function was evaluated on the basis of the percentage correlation of actual rate to due value. It is found that a number of external respiration parameters differ from due value. Reliable drop of external respiration actual rate has been revealed that can be caused by the human organism adaptation to the complex of negative climatic and environmental factors of Northern Kazakhstan.

Key words: external respiration, students, forced expiration, pollutants, bronchial tree potency.