

УДК 612.216.2.014.4-053.5(470.1/.2)

## ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© 2013 г. В. С. Смолина

Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

В течение года (зимой, весной, летом и осенью) проводилось спирографическое обследование одной и той же группы практически здоровых детей – 33 мальчиков и 32 девочек младшего школьного возраста, уроженцев г. Архангельска. Установлено, что в переходный период от теплого времени года к холодному (осенью) у детей 8–9 лет наблюдается повышение предельных и резервных функциональных способностей внешнего дыхания. Увеличение минутной легочной вентиляции у обследованных детей связано в большей степени с увеличением дыхательного объема, чем с возрастанием частоты дыхания.

**Ключевые слова:** Европейский Север, дети младшего школьного возраста, легочная вентиляция, сезонная динамика

Адаптация респираторной системы детей к неблагоприятным климатическим условиям Европейского Севера, среди которых имеется большая группа пульмонотропных факторов [6], сопровождается изменениями функции внешнего дыхания, стабильно регистрирующимися при тепловом комфорте [5, 11]. Возрастная динамика морфофункционального развития детского организма при этом модулируется ежегодными циклами сезонных адаптивных изменений, степень влияния которых определяется соотношением теплого и холодного периодов года и жесткостью климатических условий проживания [7]. Исходя из этого, одной из важнейших проблем возрастной экологической физиологии является изучение сезонной изменчивости системы внешнего дыхания, определяющей эффективность приспособительных реакций организма ребенка к различным сезонам года.

В настоящее время получены данные о влиянии климатических факторов приполярных районов Европейского Севера в различные сезоны года на дыхательную систему детей среднего [8] и старшего [17] школьного возраста, однако работы, посвященные исследованиям сезонных изменений внешнего дыхания у детей младшего школьного возраста носят фрагментарный характер [16], что определяет актуальность дальнейшего изучения этого вопроса.

### Методы

На базе МОУ СОШ № 10 г. Архангельска с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского общества (8/609 ЕС), проведено исследование функции внешнего дыхания зимой (январь), весной (апрель), летом (июнь) и осенью (ноябрь) у одной и той же группы детей 8–9 лет среднего уровня физического развития (33 мальчиков и 32 девочек), родившихся и постоянно проживающих в г. Архангельске. В число обследуемых не были включены дети, имеющие хронические заболевания органов дыхания и других органов и систем, влияющих на функцию внешнего дыхания, а также острые заболевания и жалобы в день обследования.

Для изучения функционального состояния внешнего дыхания у детей в условиях температурного комфорта и относительного покоя в положении сидя было проведено спирографическое исследование с помощью спирографа микропроцессорного портативного СМП-21/01-«Р-Д».

Анализ полученных результатов выполнялся с помощью статистического пакета SPSS 18.0. Проверка на нормальность распределения данных осуществлялась при помощи критерия Шапиро – Уилка (для выборки до 50 наблюдений). Результаты описательной статистики для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, представлялись в виде среднего значения ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $s$ ), для данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, — в виде

медианы ( $Md$ ), первого и третьего квартилей ( $Q_1$  и  $Q_3$  соответственно). В случае нормального распределения переменных использовался дисперсионный анализ для зависимых выборок, для попарных сравнений —  $t$ -критерий Стьюдента для зависимых выборок с поправкой Бонферрони. В случае распределения данных, отличных от нормального, применялся дисперсионный анализ по Фридману, для попарных сравнений — критерий Вилкоксона для зависимых выборок с поправкой Бонферрони. В качестве критерия статистической значимости была выбрана вероятность случайной ошибки менее 5 % ( $p < 0,05$ ).

### Результаты

В общем комплексе методов и проб, используемых при функциональном исследовании аппарата внешнего дыхания, большое место занимает изучение легочной вентиляции в покое, поскольку основное ее предназначение заключается в поддержании парциального давления кислорода в альвеолярном газе [9]. Наиболее ярко функциональные особенности системы дыхания отражает такой показатель легочной вентиляции, как величина минутного объема дыхания (МОД).

Статистическая обработка полученных данных показала зависимость величины МОД от сезона года у обследуемых детей ( $p < 0,001$ ) (таблица). У мальчиков величины МОД были статистически значимо ( $p < 0,001$ ) больше осенью по сравнению с зимой и летом. У девочек — значимо больше осенью по сравнению с летом ( $p < 0,001$ ) и весной ( $p = 0,014$ ). В зимний период года по сравнению с летним у девочек-северян также было выявлено значимое превышение МОД ( $p = 0,047$ ).

Показатель МОД определяется произведением дыхательного объема (ДО) и частоты дыхания (ЧД). Статистически значимых различий в ЧД между сезонами у обследованных детей-северян выявлено не было, но наблюдалась тенденция к ее повышению осенью и зимой по сравнению с весной и летом (таблица).

Сезонная зависимость была установлена в величине ДО как у девочек ( $p = 0,047$ ), так и у мальчиков ( $p = 0,004$ ) (см. таблицу). У девочек глубина дыхания была значимо больше осенью по сравнению с летом ( $p = 0,014$ ). Наблюдалась тенденция к снижению ДО у девочек от зимы к лету и повышению от лета к осени. У мальчиков в осенний период года уровень ДО значимо превышал летнее ( $p < 0,001$ ), весеннее ( $p = 0,024$ ) и зимнее ( $p = 0,001$ ) значения.

Как известно, легочные объемы, показывая количество воздуха, содержащегося в легких, характеризуют функциональные возможности аппарата внешнего дыхания, а его функциональные способности можно определить при изучении максимальной вентиляции легких (МВЛ). Проведенные исследования выявили зависимость величины МВЛ от сезона года ( $p < 0,001$ ) как у мальчиков, так и у девочек. Так, у мальчиков показатель МВЛ был статистически значимо выше осенью по сравнению с зимой ( $p = 0,018$ ), весной ( $p < 0,001$ ) и летом ( $p = 0,03$ ). У девочек наблюдалась тенденция к повышению данного показателя в осенне-зимний периоды года со значимыми различиями между осенью и летом ( $p = 0,018$ ), осенью и весной ( $p < 0,001$ ), зимой и весной ( $p = 0,018$ ).

В оценке функционального состояния дыхательной системы наряду с МВЛ большое значение имеет и

Показатели легочной вентиляции в различные сезоны года у детей 8–9 лет, уроженцев Европейского Севера

$n = 32$  (д),  $n = 33$  (м)

Показатель	Пол	Сезон года				p	p1–2	p1–3	p1–4	p2–3	p2–4	p3–4
		Зима (1)	Весна (2)	Лето (3)	Осень (4)							
МОД, л/мин	Д <sup>2</sup>	6,85±0,87	6,65±1,01	6,31±0,89	7,50±1,27	< 0,001		*			*	***
	М <sup>2</sup>	7,34±0,61	7,83±1,27	7,30±1,02	8,26±0,68	< 0,001			***			***
ДО, л	Д <sup>2</sup>	0,38±0,09	0,37±0,10	0,36±0,08	0,42±0,11	0,047						*
	М <sup>1</sup>	0,43 (0,39; 0,48)	0,43 (0,39; 0,55)	0,42 (0,37; 0,48)	0,53 (0,43; 0,62)	0,004			**		*	***
ЧД, мин	Д <sup>1</sup>	19 (20; 17,5)	18 (20; 15,5)	18 (20; 16)	19 (20; 16,5)	0,223						
	М <sup>1</sup>	18 (15; 20)	17 (14; 20)	17 (15,5; 19)	18 (16; 20)	0,199						
МВЛ, л/мин	Д <sup>1</sup>	46,46 (42,07; 64,4)	41,71 (39,25; 55,6)	47,14 (38,97; 61,8)	56,0 (50,14; 65,7)	< 0,001	*				***	*
	М <sup>1</sup>	61,63 (58,0; 66,85)	56,80 (49,5; 60,63)	58,60 (52,0; 72,0)	67,8 (64,8; 79,58)	< 0,001			*		***	*
РД, л/мин	Д <sup>1</sup>	38,96 (34,9; 58,13)	35,34 (32,62; 49,6)	39,93 (31,77; 55,6)	49,92 (42,9; 58,27)	< 0,001					***	*
	М <sup>1</sup>	54,77 (49,3; 59,49)	48,08 (40,88; 53,0)	51,24 (45,0; 65,83)	59,84 (57,0; 71,64)	0,001					***	
Относительный РД (в % от МВЛ)	Д <sup>1</sup>	86,23 (82,4; 90,21)	85,13 (82,26; 89,6)	87,04 (82,19; 89,9)	87,02 (84,7; 88,63)	0,181						
	М <sup>1</sup>	88,15 (86,76; 88,9)	86,87 (83,1; 88,33)	87,48 (85,9; 90,65)	88,05 (87,39; 90,7)	0,063						

Примечания: различия между сезонами статистически значимы: \* —  $p \leq 0,05$ ; \*\* —  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* —  $p \leq 0,001$ ; сравнение зависимых выборок осуществлялось: <sup>1</sup> — непараметрическим  $t$ -критерием Вилкоксона,  $Md$  ( $Q_1$ ;  $Q_3$ ); <sup>2</sup> — параметрическим  $t$ -критерием Стьюдента,  $M \pm s$ .

резерв дыхания (РД). Чем выше РД, тем совершеннее функция аппарата внешнего дыхания, и наоборот, чем ниже РД, тем меньшие жизненные требования могут предъявляться к организму. В ходе обследования детей-северян была выявлена сезонная зависимость данного показателя ( $p < 0,001$ ). У мальчиков значимые различия по величине РД были выявлены между осенью и весной ( $p < 0,001$ ), а у девочек — между осенью и весной ( $p < 0,001$ ), а также между осенью и летом ( $p = 0,036$ ).

Выявлена большая вариабельность МВЛ и РД среди обследованных мальчиков и девочек. В связи с этим кроме определения абсолютных величин РД рассчитаны также и его относительные величины (% от МВЛ). Значимые различия между сезонами года по данному показателю у детей-северян не установлены, но выявлена тенденция к снижению относительной величины РД от зимы к весне и повышению от лета к осени.

### Обсуждение результатов

Известно, что непосредственным результатом работы системы внешнего дыхания является величина МОД, которая обеспечивает поддержание скорости поступления кислорода в легкие и выведение углекислого газа на необходимом уровне [1, 4]. При изучении сезонной динамики МОД было выявлено его статистически значимое повышение осенью по сравнению с зимой и летом у мальчиков, по сравнению с весной и летом — у девочек. При этом возрастание минутной легочной вентиляции у детей-северян, жителей Европейского Севера, в осенне-зимний периоды года связано было с преимущественным повышением ДО. Такой механизм обеспечения необходимого уровня минутной легочной вентиляции является более рациональным и менее энергозатратным, так как повышение МОД за счет ЧД приводит к нарастанию удельного веса вентиляции «мертвого пространства» и снижению эффективности вентиляции альвеол [15].

Легочная вентиляция тесно связана с интенсивностью процессов метаболизма в организме. По сравнению с жителями умеренных широт у северян уровень обменных процессов выше на 8–13 % [13], поэтому можно предположить, что повышение величины МОД у обследованных детей в осенне-зимний период года отражает повышенную потребность организма в кислороде и является важным приспособительным механизмом внешнего дыхания, направленным на обеспечение усиленного тканевого метаболизма при повышенных энергозатратах [14]. Возможно, установленная интенсификация легочной вентиляции за счет увеличения глубины дыхания — компенсаторная реакция организма, направленная на достижение необходимого для газообмена уровня вентиляции. Зависимости парциального напряжения кислорода в альвеолярном воздухе ни от одного из показателей легочной вентиляции в ранее проведенных исследованиях установлено не было [18], поэтому, вероятно, достижение необходимого уровня вентиляции происходит за счет увеличения количества функционирующих альвеол, увеличения кровотока в них и создания лучших условий для газообмена [1, 12]. При этом возрастание диффузионной способности легких за счет увеличения

общей диффузионной поверхности способствует увеличению объема кислорода, поступающего в кровь в единицу времени [10].

При изучении вентиляционной функции легких немаловажное значение имеют предельные функциональные способности и резервы дыхательной системы. Считается, что их можно оценить по МВЛ [2]. Величина МВЛ является суммарным показателем вентиляционной функции легких и позволяет судить об интегральных изменениях механики дыхания, так как зависит от мышечной силы дыхательных мышц, растяжимости легких и грудной клетки, а также от сопротивления воздушному потоку [3]. У обследованных мальчиков и девочек наибольшие значения МВЛ приходились на осень, что указывает на максимальные функциональные способности системы внешнего дыхания у детей-северян в переходный период от теплого времени года к холодному.

Для выявления функциональных способностей аппарата внешнего дыхания большое значение имеет также определение величины РД, которая характеризует способность обследуемого увеличить вентиляцию легких. И у мальчиков, и у девочек было установлено снижение РД от зимы к весне и повышение от лета к осени, что свидетельствует об увеличении резервных возможностей дыхательной системы у детей-северян в осенний период года.

Таким образом, в переходный период от теплого времени года к холодному (осенью) у детей младшего школьного возраста, жителей Европейского Севера, наблюдается усиление минутной легочной вентиляции преимущественно за счет увеличения дыхательного объема, а также повышаются предельные и резервные функциональные способности системы внешнего дыхания.

### Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Гневушев В. В., Катков А. Ю. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания. М.: Изд-во УДН, 1987. 186 с.
2. Анохин М. И. Компьютерная спирометрия у детей. М.: Издательство «Бином», 2012. 104 с.
3. Голикова Т. М., Любченко Л. Н. Исследование функции внешнего дыхания // Справочник по функциональной диагностике в педиатрии. М.: Медицина, 1979. С. 265–305.
4. Гришин О. В. Система внешнего дыхания при переходе от здоровья к хроническим заболеваниям // Бюллетень СО РАМН. 2004. № 2. С. 118–122.
5. 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.
6. Гудков А. Б., Попова О. Н. Пульмонотропные факторы Европейского Севера // Вестник Поморского университета. Серия «Физиологические и психолого-педагогические науки». 2008. № 2. С. 15.
7. Евдокимов В. Г. Функциональное состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека на Севере: дис. ... д-ра мед. наук. Сыктывкар, 2004. 287 с.
8. Завьялова А. А., Щербина Ф. А., Смолина В. С. Сезонные изменения показателей внешнего дыхания у детей среднего школьного возраста — уроженцев г. Архангельска // Экология человека. 2012. № 2. С. 28–31.
9. Каламанова Е. Н., Айсанов З. Р. Исследование респираторной функции и функциональный диагноз в

пульмонологии // Русский медицинский журнал. 2000. Т. 8, № 12. С. 510–514.

10. Колчинская А. З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка. Киев, 1973. 320 с.

11. Кубушка О. Н., Гудков А. Б. Особенности структуры жизненной емкости легких у северян старшего школьного возраста // Вестник Поморского университета. Серия «Физиологические и психолого-педагогические науки». 2003. № 1. С. 42.

12. Куликов В. Ю., Ким Л. Б. Кислородный режим при адаптации человека на Крайнем Севере. Новосибирск : Наука, 1987. 159 с.

13. Милованов А. П. Физиологическая оценка адаптации легких к экстремальным факторам Крайнего Севера // Физиология человека. 1977. Т. 3, № 6. С. 1023–1035.

14. Нязов В. А. Роль условий среды в функциональном становлении системы дыхания у детей в онтогенезе на Крайнем Севере // Актуальные вопросы развития здоровья и профилактики заболеваний в детском возрасте в условиях Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока / под ред. К. Р. Седова. Красноярск, 1987. Ч. 2. С. 12–13.

15. Рапопорт Ж. Ж. Адаптация ребенка на Севере. Л. : Медицина, 1979. 191 с.

16. Рогачевская О. В. Функционирование сердечно-сосудистой и дыхательной систем у школьников в условиях Европейского Севера : дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2002. 166 с.

17. Чупакова Л. В., Щербина Ф. А., Смолина В. С. Изменения показателей легочной вентиляции в годовом цикле у детей старшего школьного возраста, уроженцев Европейского Севера // Экология человека. 2012. № 8. С. 50–53.

18. Ширяева И. С. Клиническая физиология дыхания в детском возрасте // Болезни органов дыхания у детей / под ред. С. В. Рачинского, В. К. Таточенко. М. : Медицина, 1987. С. 15–49.

## References

1. Agadzhanyan N. A., Gnevushev V. V., Katkov A. Yu. *Adaptatsiya k gipoksii i bioekonomika vneshnego dykhaniya* [Adaptation to hypoxia and external respiration bioeconomics]. Moscow, 1987, 186 p. [in Russian]

2. Anokhin M. I. *Komp'yuternaya spirometriya u detei* [Computerized spirometry in children]. Moscow, 2012, 104 p. [in Russian]

3. Golikova T. M., Lyubchenko L. N. *Spravochnik po funktsional'noi diagnostike v pediatrii* [Reference book on functional diagnostics in pediatrics]. Moscow, 1979, pp. 265–305. [in Russian]

4. Grishin O. V. *Bulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch RAMS]. 2004, no. 2, pp. 118–122. [in Russian]

5. Gudkov A. B., Kubushka O. N. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2006, vol. 32, no. 3, pp. 84–91. [in Russian]

6. Gudkov A. B., Popova O. N. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya "Fiziologicheskie i psikhologo-pedagogicheskie nauki"* [Pomor University Bulletin. «Physiological and psychological-pedagogical sciences» series]. 2008, no. 2, p. 15. [in Russian]

7. Evdokimov V. G. *Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem cheloveka na Severe (doc. dis.)* [Functional status of cardiovascular and respiratory systems of a human on the North (Doctoral Thesis)] Syktyvkar, 2004, 287 p. [in Russian]

8. Zavyalova A. A., Shcherbina F. A., Smolina V. S. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 2, pp. 28–31. [in Russian]

9. Kalamanova E. N., Aisanov Z. R. *Russkii meditsinskii zhurnal* [Russian Medical Journal]. 2000, vol. 8, no. 12, pp. 510–514. [in Russian]

10. Kolchinskaya A. Z. *Kislородnye rezhimy organizma rebenka i podrostka* [Oxygen regimes of child and teenager organisms]. Kiev, 1973, 320 p. [in Russian]

11. Kubushka O. N., Gudkov A. B. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya «Fiziologicheskie i psikhologo-pedagogicheskie nauki»* [Pomor University Bulletin. «Physiological and psychological-pedagogical sciences» series]. 2003, no. 1, p. 42. [in Russian]

12. Kulikov V. Yu., Kim L. B. *Kislородnyi rezhim pri adaptatsii cheloveka na Krainem Severe* [Oxygen regime during human adaptation on the Far North]. Novosibirsk, 1987, 159 p. [in Russian]

13. Milovanov A. P. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1977, vol. 3, no. 6, pp. 1023–1035. [in Russian]

14. Neyazov V. A. *Aktual'nye voprosy razvitiya zdorov'ya i profilaktiki zabolevanii v detskom vozraste v usloviyakh Sibiri, Krainego Severa i Dal'nego Vostoka* [Burning questions of health and disease prevention development in childhood in conditions of Siberia, Far North and Far East]. Krasnoyarsk, 1987, pt. 2, pp. 12–13. [in Russian]

15. Rapoport Zh. Zh. *Adaptatsiya rebenka na Severe* [Adaptation of a child in the North]. Leningrad, 1979, 191 p. [in Russian]

16. Rogachevskaya O. V. *Funktsionirovanie serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem u shkol'nikov v usloviyakh Evropeiskogo Severa (kand. dis.)* [Cardiovascular and respiratory systems functioning in schoolchildren in conditions of European North (Candidate Thesis)]. Syktyvkar, 2002, 166 p. [in Russian]

17. Chupakova L. V., Shcherbina F. A., Smolina V. S. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 8, pp. 50–53. [in Russian]

18. Shiryayeva I. S. *Bolezni organov dykhaniya u detei* [Respiratory diseases in children]. Moscow, 1987, pp. 15–49. [in Russian]

## DYNAMICS OF PULMONARY VENTILATION INDICATORS IN ANNUAL CYCLE IN CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE, RESIDENTS OF THE EUROPEAN NORTH

V. S. Smolina

Northern Medical State University, Arkhangelsk, Russia

During a year (in winter, spring, summer and autumn) the spiographic survey of one and the same group of healthy children (33 boys and 32 girls of primary school age, natives of the Arkhangelsk) was conducted. It has been detected that the increased utmost and reserve functional abilities of external respiration in children aged 8–9 years in the transition period from the warm season to the cold season (autumn) are observed.

The increased minute pulmonary ventilation in the surveyed children is connected mostly with the increased respiratory volume rather than with respiration rate.

**Keywords:** European North, children of primary school age, pulmonary ventilation, seasonal dynamics

## Контактная информация:

Смолина Виктория Сергеевна — доцент кафедры гигиены и медицинской экологии ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России

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

Тел. (8182) 21-57-38

E-mail: smol.ros@yandex.ru