

УДК 612.2:799.3

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ-СТРЕЛКОВ

Сафронова Н. С., Фоменко А. В., Ситкевич Д. Г., Сафронова П. С.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: nine195@rambler.ru*

В работе рассмотрены адаптационные изменения системы внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой. У стрелков наблюдалось выраженное перераспределение значений компонентов жизненной емкости легких в сторону увеличения резервного объема вдоха до 50 % и снижения резервного объема выдоха до 35 % в общей структуре. Было отмечено снижение величин пиковой объемной скорости и максимальной объемной скорости на уровне 25 % от форсированной ЖЕЛ относительно их должных значений на 10–15 %, ($p < 0,05$). У высококвалифицированных спортсменов отмечалась склонность к гиперкапнии, что не было характерным для стрелков с меньшим стажем занятий.

Ключевые слова: дыхательная система, спортсмены-стрелки, капнометрия, спирография.

ВВЕДЕНИЕ

Успех в современном спорте невозможен без эффективного и своевременного медико-биологического обеспечения тренировочного процесса. Любая спортивная деятельность детерминирована функциональными возможностями организма атлета [1, 2]. При этом каждый вид спорта требует формирования своего оптимального функционального состояния. В пулевой стрельбе спортсмен не связан с выполнением интенсивных физических нагрузок, но в то же время должен демонстрировать высокую координацию, внимание и психологическую устойчивость [3–5]. Только благодаря скоординированной работе органов зрения, опорно-двигательного аппарата и рациональных дыхательных движений возможно выполнение четкого стрелкового маневра. Таким образом, респираторная система играет важную роль в осуществлении успешной стрельбы. Однако дыхание сопровождается ритмичным движением грудной клетки, живота и плечевого пояса, что вызывает смещение и колебания оружия, при которых трудно произвести точный выстрел. Поэтому опытные спортсмены, с целью максимально нивелировать возмущающие факторы, годами вырабатывают и используют во время прицеливания особый паттерн дыхания [5, 6]. Кроме того, ряд упражнений в стрельбе сопровождается вдыханием воздуха, содержащего примеси пороховых газов (особенно при работе в тирах полузакрытого и закрытого типов с неудовлетворительной вентиляцией). Вышеперечисленные факторы не только определяют функциональные характеристики дыхательной системы стрелков, но

также могут спровоцировать развитие донозологических состояний и заболеваний. Поэтому изучение функциональных особенностей системы внешнего дыхания, закономерностей их формирования в процессе тренировочной деятельности, своевременная диагностика и последующая коррекция нарушений является необходимым условием сохранения здоровья и высокой спортивной работоспособности спортсмена-стрелка.

В этой связи **целью** нашей работы стало выявление особенностей и закономерностей формирования функционального состояния дыхательной системы спортсменов-стрелков в процессе спортивной тренировки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании с соблюдением этических норм приняли участие 18 спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой из пистолета и винтовки. Они были разделены на две группы, которые стали основными. 1 основную ($n = 10$) составили спортсмены массовых разрядов в возрасте 14–17 лет, имеющие стаж занятий от двух до четырех лет. Во 2 основную вошли высококвалифицированные стрелки ($n = 8$) со званием МС и МСМК, в возрасте от 20 до 30 лет. 1 ($n = 10$) и 2 ($n = 10$) контрольную группу составили практически здоровые лица, не занимающиеся спортом, которые по возрасту и антропометрическим параметрам были сопоставимы с обследуемыми спортсменами.

Механика дыхания изучалась при помощи прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали минутный объем дыхания (МОД, л/мин), дыхательный объем (ДО, л), частоту дыхательных движений (ЧДД, цикл/мин), жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л), резервный объем вдоха (РОВд, л), резервный объем выдоха (РОВыд, л). При выполнении маневра форсированного выдоха регистрировали пиковую объемную скорость (ПОС, л/с), мгновенную объемную скорость на уровне 25, 50, 75 % от форсированной ЖЕЛ (МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅, л/с). Показатели ОФВ₁, ПОС, МОС₂₅, МОС₅₀, МОС₇₅ сравнивали с их должными величинами в процентном отношении (%ДОФВ₁, %ДПОС, %ДМОС₂₅, %ДМОС₅₀, %ДМОС₇₅) [7, 8].

С помощью ультразвукового проточного капнометра КП-01-«ЕЛАМЕД» в состоянии относительного покоя в течение 3 минут записывали капнограмму. Регистрировали показатели давления углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха $P_{Et}CO_2$ (мм рт.ст), неравномерности дыхания (ПНД, %) [9].

Обработку полученных данных осуществляли с использованием лицензированных пакетов программ статистического анализа Statistica 6.0, OriginPro 8.5. Оценку характера распределения данных проводили по критерию Шапиро - Уилка. Результаты описательной статистики для данных, подчиняющихся закону нормального распределения, представляли в виде среднего арифметического значения (M) и стандартной ошибки среднего арифметического (m). Поскольку все анализируемые параметры соответствовали нормальному распределению, для оценки значимости независимых выборок использовали критерий t Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа полученных данных было выявлено, что под влиянием многолетних тренировок у стрелков высокого класса в системе внешнего дыхания наблюдаются характерные адаптационные изменения (табл. 1). В первую очередь, обращает внимание выраженное перераспределение значений компонентов жизненной емкости легких. Так, при практически одинаковых величинах данного параметра у всех обследуемых, удельный вес резервного объема вдоха в структуре ЖЕЛ у спортсменов составлял $50,4 \pm 3,1$ %, резервный объем выдоха равнялся $36,9 \pm 1,4$ %, тогда как у лиц контрольной группы эти показатели составили $39,9 \pm 2,6$ % ($p < 0,01$) и $49,5 \pm 2,9$ %, ($p < 0,01$) соответственно. Интересно отметить, что уже у начинающих стрелков наблюдается аналогичная картина структуры ЖЕЛ, не свойственная лицам контрольной группы.

В большинстве случаев, как у спортсменов, так и у остальных обследуемых, зарегистрированные значения ЖЕЛ соответствовали должным значениям для данного возраста или незначительно превышали их. У стрелков старшей и младшей возрастной категории показатели минутного объема легочной вентиляции в среднем не превышали 8–9 л/мин. Выявлено, что в группах контроля данный параметр был выше на 30–50 %, ($p < 0,05$). Данное увеличение, в основном, было обусловлено частотной составляющей. Таким образом, имеются основания предположить, что система внешнего дыхания спортсменов в состоянии покоя работает в более экономичном режиме по обеспечению метаболического запроса организма.

Обращает на себя внимание факт снижения у спортсменов некоторых параметров форсированного выдоха. При этом они находились в пределах физиологической нормы. Так, пиковая объемная скорость (ПОС) и максимальная объемная скорость на уровне 25 % от форсированной ЖЕЛ ($МОС_{25}$), характеризующие силу экспираторных мышц и бронхиальную проходимость бронхов крупного калибра, у стрелков были ниже должных значений на 10–15 %, ($p < 0,05$). Аналогичные показатели у обследуемых группы контроля соответствовали должным значениям или превышали их.

Очевидно, обнаруженные особенности функционального состояния дыхательной системы занимающихся пулевой стрельбой являются закономерным следствием специфической коррекции дыхательного цикла во время прицеливания. Задержка дыхания на несколько секунд производится опытным стрелком на фазе неполного вдоха или выдоха, реже на полном вдохе или выдохе. Как правило, данные маневры носят индивидуальный характер и постоянны для каждого спортсмена [5, 6]. Вместе с тем постоянные, физиологически не оправданные, дополнительные порции воздуха в легких, очевидно, не только создают определенный дисбаланс в нейрогуморальной регуляции дыхательного акта, но и находят отражение в механических характеристиках дыхания. Кроме того, можно предположить, что длительные статические исходные положения, сопровождающиеся напряжением верхних и нижних конечностей, туловища и особенно мышечного корсета грудной клетки, ослабляют динамические усилия экспираторной мускулатуры при выполнении маневра форсированного выдоха. Уменьшение просвета крупных бронхов у стрелков может быть следствием начальных изменений в бронхиальной стенке и эпителиальном слое под влиянием раздражающего

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ...

действия пороховых газов, что в дальнейшем может привести к более серьезным нарушениям и заболеваниям органов дыхания.

Таблица 1

**Показатели антропометрии и спирографии обследуемых
1 и 2 основной и 1 и 2 контрольной групп (M ± m)**

Обсле- дуемые Показа- тели	Основная группа		р 2-3	Контрольная группа		р 5-6	р 2-5	р 3-6
	1 (n=10)	2 (n=8)		1 (n=10)	2 (n=10)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Возраст, лет	15,9 ±1,2	23,8 ±1,2	<0,001	16,1 ±1,3	22,5 ±0,2	<0,001	-	-
Рост, см	168,5 ±3,2	170,4 ±4,1	-	172,5 ±3,5	173,1 ±1,5	-	-	-
Вес, кг	53,0 ±1,9	63,2 ±4,3	-	56,4 ±2,3	66,6 ±1,2	-	-	-
ЖЕЛ, л	4,16 ±0,30	4,45 ±0,64	-	4,29 ±0,23	4,24 ±0,29	-	-	-
Ровд, л	2,05 ±0,10	2,18 ±0,14	-	1,44 ±0,14	1,69 ±0,11	-	<0,05	<0,05
ДО, л	0,65 ±0,08	0,63 ±0,05	-	0,74 ±0,11	0,70 ±0,06	-	-	-
РОВЫД, л	1,48 ±0,21	1,64 ±0,15	-	2,10 ±0,10	2,10 ±0,15	-	<0,05	<0,05
МОД, л/мин	9,38 ±1,31	8,01 ±0,36	-	14,85 ±1,44	11,86 ±0,89	-	<0,05	<0,05
ЧД, цкл/мин	15,1 ±1,3	12,5 ±0,9	<0,05	18,5 ±0,76	17,4 ±1,56	-	<0,05	<0,001
ПОС (л/с)	6,16 ±0,31	7,51 ±0,30	<0,05	7,75 ±0,37	8,53 ±0,29	-	<0,05	<0,05
ДПОС (л/с)	7,71 ±0,40	8,52 ±0,40	-	7,85 ±0,32	8,49 ±0,30	-	-	-
МОС ₂₅ (л/с)	5,92 ±0,27	7,05 ±0,25	<0,01	6,68 ±0,21	8,02 ±0,20	<0,05	<0,05	<0,01
ДМОС ₂₅ (л/с)	6,55 ±0,17	7,71±0, 24	-	6,75 ±0,16	7,93 ±0,24	<0,05	-	-
МОС ₅₀ (л/с)	4,99 ±0,43	5,77 ±0,54	-	4,93 ±0,14	5,46 ±0,22	-	-	-
ДМОС ₅₀ (л/с)	4,60 ±0,19	5,49 ±0,33	<0,05	4,78 ±0,23	5,55 ±0,32	<0,05	-	-
МОС ₇₅ (л/с)	3,21 ±0,35	3,34 ±0,17	-	3,02 ±0,21	3,19 ±0,23	-	-	-
ДМОС ₇₅ (л/с)	2,39 ±0,10	2,63 ±0,11	-	2,51 ±0,13	2,76 ±0,15	-	-	-

Результаты капнографического исследования стали дополнительным свидетельством закономерных перестроек в респираторной системе обследуемых спортсменов. У всех, без исключения, стрелков высокого класса отмечалась гиперкапния или же тенденция к ней. В данной группе лиц значения парциального давления CO_2 в конечной порции выдыхаемого воздуха варьировали от 43 до 48 мм рт. ст. При этом у молодых спортсменов величина $P_{\text{ET}}\text{CO}_2$ была значительно ниже (рис. 1. А.). У лиц контрольной группы изучаемый параметр, в среднем, равнялся $36,6 \pm 2,9$ мм рт.ст. Более того, у некоторых обследуемых наблюдались явления гипокапнии на фоне гипервентиляции. Следовательно, есть основания предположить, что у опытных спортсменов в процессе тренировок в результате постоянных задержек дыхания создается повышенное содержание углекислоты в альвеолярном воздухе и альвеолярной крови, что со временем способствует повышению порога чувствительности дыхательного центра к углекислоте, однако для окончательного формирования данного свойства необходим достаточно длительный период.

Вызывает интерес факт, что показатель неравномерности дыхания, характеризующий в большей степени нейрогенный компонент регуляции дыхания, у спортсменов-мастеров в 2–2,5 раза ($p < 0,001$) был ниже, чем у испытуемых других групп (рис. 1. Б.). У начинающих спортсменов величина ПНД превышала значения 2 основной группы на 57,4 % ($p < 0,001$), однако была меньше показателей групп контроля. Вероятно, это является проявлением долговременной адаптации центральной и вегетативной нервной системы стрелков к внешним возмущающим воздействиям психогенного характера и умением четко управлять дыхательными движениями.

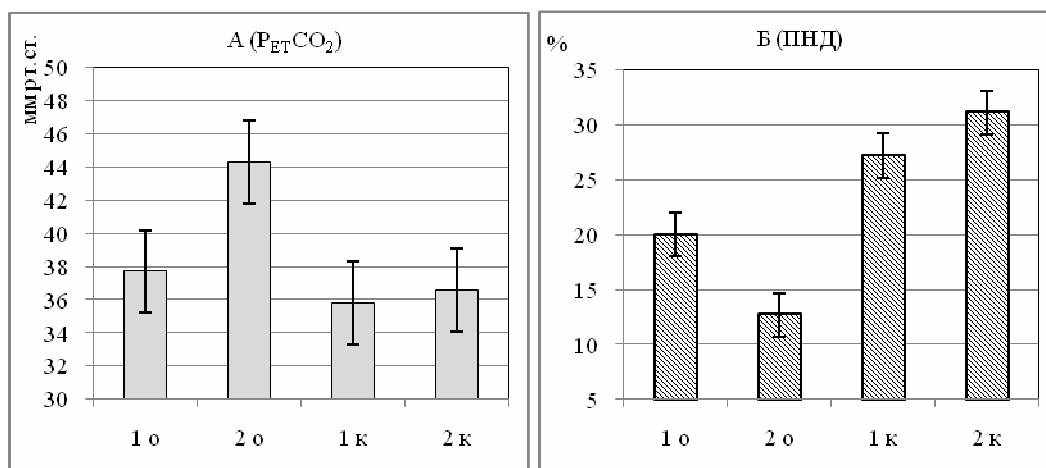


Рис.1. Показатели $P_{\text{ET}}\text{CO}_2$ (А) и неравномерности дыхания (Б) обследуемых 1 и 2 основной и 1 и 2 контрольной групп

Примечание: 1о – 1 основная группа, 2о – 2 основная группа, 1к – 1 контрольная группа, 2к – 2 контрольная группа

Таким образом, в результате многолетнего тренировочного процесса у спортсменов, занимающихся пулевой стрельбой, происходят специфические адаптационные перестройки в дыхательной системе. Данный факт обусловлен постоянными произвольными изменениями дыхательного цикла, сопровождающимися нарушением динамичности вдоха и выдоха, задержками дополнительных порций воздуха в легких, длительными статическими напряжениями грудной клетки и верхних конечностей. Вследствие этого формируется особый паттерн дыхания, состояние гиперкапнии, ослабление психогенной составляющей в регуляции дыхания. С одной стороны, ряд данных изменений способствуют оптимальному функциональному состоянию атлета и детерминируют высокую спортивную результативность, с другой – является фактором риска возникновения заболеваний органов внешнего дыхания. В связи с этим важно четко дифференцировать специфические адаптационные изменения в организме спортсмена от патологических, осуществлять своевременный мониторинг и коррекцию его функционального состояния с целью сохранения здоровья и поддержания высокой спортивной работоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате проведенных исследований было выявлено, что у спортсменов-стрелков под влиянием многолетних тренировок в системе внешнего дыхания наблюдаются характерные адаптационные изменения. У всех обследуемых спортсменов, независимо от возраста и квалификации, наблюдалось выраженное перераспределение значений компонентов жизненной емкости легких (ЖЕЛ) в сторону увеличения резервного объема вдоха до 50 % и снижения резервного объема выдоха до 35 % в общей структуре ЖЕЛ.
2. Исследование показало, что у высококвалифицированных спортсменов отмечалась склонность к гиперкапнии и наиболее низкий частотный компонент минутного объема дыхания, ($p < 0,05 - 0,001$) среди всех обследуемых. Показатель парциального давления углекислого газа в конечной порции выдыхаемого воздуха во 2 основной группе в среднем составил $44,3 \pm 2,2$ мм рт. ст., что не являлось характерным для стрелков с меньшим стажем занятий и для лиц контрольных групп ($p < 0,001$).
3. Было определено, что в процессе многолетней тренировки на фоне выявленных адаптационных перестроек, проявились негативные специфические изменения вентилляторной функции у стрелков. Так, пиковая объемная скорость и максимальная объемная скорость на уровне 25 % от форсированной ЖЕЛ, характеризующие силу экспираторной мускулатуры и бронхиальную проходимость бронхов крупного калибра, у спортсменов были ниже должных значений на 10-15 %, ($p < 0,05$).
4. В ходе исследования было отмечено ослабление психогенной составляющей в регуляции дыхания у высококвалифицированных спортсменов, что отразилось на величине показателя неравномерности дыхания, который у лиц 2 основной группы в 2–2,5 раза ($p < 0,001$) был ниже, чем у обследуемых контрольных групп.

Список литературы

1. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практическое приложение / В. Н. Платонов. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
2. Перхуров А. М. Очерки донозологической функциональной диагностики в спорте. Под научной редакцией проф. Б. А. Поляева / А. М. Перхуров. – М.: РАСМИРБИ, 2006. – 152 с.
3. Насонова А. А. Пулевая стрельба / А. А. Насонова. – М.: Советский спорт, 2005. – 248 с.
4. Мейтин А. Е. Особенности функциональной подготовленности юношей, специализирующихся в пулевой стрельбе / А. Е. Мейтин // Детский тренер. – 2007. – № 4. – С. 38–51.
5. Напалков Д. А. Аппаратные методы диагностики и коррекции функционального состояния стрелка: Методические рекомендации / Д. А. Напалков, П. О. Ратманова, М. Б. Коликов. – М.: МАКС Пресс, 2009. – 212 с.
6. Гачечиладзе Я. В. Дыхание стрелка / Я. В. Гачечиладзе, В. А. Орлов // Разноцветные мишени: сборник статей и очерков по стрелковому спорту, стендовой стрельбе и стрельбе из лука. М.: Физкультура и спорт, 1985. – С. 77–80.
7. Кузнецова В. К. Методика проведения и унифицированная оценка результатов функционального исследования механических свойств аппарата вентиляции на основе спирометрии: Пособие для врачей / В. К. Кузнецова, Е. С. Аганезова, Н. Г. Яковлева. – СПб: Наука, 1996. – 36 с.
8. Клемент Р. Ф. Принципиальные и методические основы разработки единой системы должных величин / Р. Ф. Клемент // Современные проблемы клинической физиологии дыхания. – Л., 1987. – С. 5–20.
9. Бяловский Ю. Ю. Капнография в общеврачебной практике / Ю. Ю. Бяловский, В. Н. Абросимов. – Рязань.: Дело, 2007. – 142 с.

PECULIARITIES OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF SPORTSMEN-SHOOTERS RESPIRATORY SYSTEM

Safronova N. S., Fomenko A. V., Sitkevich D. G., Safronova P. S.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: nine195@rambler.ru*

The success in modern sports is impossible without effective and timely medical and biologic maintenance of training process. In bullet shooting sportsmen develop and use a special pattern of breath during an aiming for years, which lead to characteristic adaptable changes in system of external breath, however can provoke development of donosologic conditions and diseases. Therefore studying of functional peculiarities of external breath system, regularity of their formation in the course of training activity, timely diagnostics and the subsequent correction of disturbances is a necessary condition of preservation of health and high sports working capacity of the sportsman-shooter. Thereupon revealing of peculiarities and regularities of formation of a respiratory system functional condition of sportsmen-shooters in the course of sports training became by an object of this research.

In the research 18 sportsmen have taken part with observance of ethical standards, who are engaged in bullet shooting. They have been divided into two groups, which became by the basic. The 1st basic group (n=10) was made by sportsmen of mass categories at the age of 14–17 years, having the experience of employment from two till four years. Highly skilled shooters have entered into the 2nd basic group (n=8) with rank sports master and sports master of international class at the age from 20 till 30 years. The

1st (n=10) and 2nd (n=10) control groups were made practically by the healthy persons, who are not going in for sports, who on age and anthropometrical parameters were comparable with examined sportsmen. Analyzed parameters corresponded to normal distribution; it was used criterion t Student's for an estimation of the importance independent selections. Distinctions considered statistically significant at $p < 0,05$.

As a result of the spent researches it has been revealed that at sportsmen-shooters under the influence of long-term trainings in the external breath system characteristic adaptable changes are observed. At all examined sportsmen irrespective of age and qualification the expressed redistribution of values of components of vital capacity (VC) towards increase in reserve volume of a breath to 50 % and decrease in reserve volume of an exhalation to 35 % in the general structure of VC was observed. Research has shown that at highly skilled sportsmen propensity to hypercapnia and the lowest frequency component of minute volume of breath, ($p < 0,05-0,001$) among all examined sportsmen was marked. The indicator of partial pressure of carbon dioxide in a final portion of exhaled air in the 2nd basic group on the average has made $44,3 \pm 2,2$ mm hg, that was not characteristic for shooters with the smaller experience of employment and for persons of control groups, ($p < 0,001$).

It has been defined that in the course of long-term training on the background of the revealed adaptable reorganizations, negative specific changes of ventilated functions at shooters were showed. So, peak volume speed and the maximum volume speed at level of 25 % from forced VC characterizing force expiator muscles and bronchial permeability of bronchi of large calibre at sportsmen were below due values on 10–15 %, ($p < 0,05$).

During research relief of a psychogenic component in regulation of breath at highly skilled sportsmen that was reflected in size of an indicator of reregulation of breath, which at persons of the 2nd basic group in 2–2,5 times ($p < 0,001$) was lower than at examined persons of control groups has been noticed.

Thus, as a result of long-term training process the sportsmen who are engaged in bullet shooting have specific adaptable reorganizations in respiratory system. The given fact is caused by constant some changes of the respiratory cycle accompanied by disturbance of dynamism of a breath and an exhalation, delays of additional portions of air in lungs, long static pressure of a thorax and the upper extremities. Thereof the special pattern of breath, a condition of hypercapnia, relief of a psychogenic component in breath regulation is formed. On the one hand a number of the given changes promote an optimum functional condition of the athlete and determine high sports productivity, with another hand it is risk factor of occurrence of diseases of organs of external breath. In this connection, it is important accurately to differentiate specific adaptable changes in an organism of the sportsman from pathological, to carry out timely monitoring and correction of his functional condition, for the purpose of preservation of health and maintenance of high sports working capacity.

Keywords: respiratory system, athlete-shooters, capnometry, spirometry.

References

1. Platonov V. N. *Sistema podgotovki sportsmenov v olimpijskom sporte. Obshchaya teoriya i ee prakticheskoe prilozhenie* 808 p. (K.: Olimpijskaya literatura, 2004). [in Russian].
2. Perhurov A. M. *Ocherki donozologicheskoy funkcional'noj diagnostiki v sporte. Pod nauchnoj redakciej prof. B.A. Polyayeva*, 152 p. (M.: RASMIRBI, 2006). [in Russian].
3. Nasonova A. A. *Pulevaya strel'ba*. 248 p. (M.: Sovetskij sport, 2005.) [in Russian].
4. Mejtin A. E. *Detskij trener*, **4**, 38. (2007) [in Russian].
5. Napalkov D. A. *Apparatnye metody diagnostiki i korrekcii funkcional'nogo sostoyaniya strelka: Metodicheskie rekomendacii*, 212 p. (M.: MAKS Press, 2009). [in Russian].
6. Gachechiladze Y. V. *Raznocvetnye misheni: sbornik statej i ocherkov po strelkovomu sportu, stendovoj strel'be i strel'be iz luka*, pp. 77–80. (M.: Fizkul'tura i sport, 1985). [in Russian].
7. Kuznetsova V. K., Aganezova E. S. *Pul'monologija*, **1**, 125 (1996) [in Russian].
8. Klement R. F. *Principialnye i metodicheskie osnovy razrabotki edinoj sistemy dolzhnyh velichin, Sovremennye problemy klinicheskoy fiziologii dyhaniya*, 5. (1987). [in Russian].
9. Byalovsky J. J., Abrosimov V. N. *Kapnografiya v obshchevrachebnoj praktike* 142 p. (Ryazan: Business, 2007). [in Russian].