

Похожая ситуация отмечена в отношении безболевого ишемии миокарда. При исходном исследовании она встречалась $14,6 \pm 0,3$ раза в сутки в основной и $13,4 \pm 0,3$ раза в сутки в контрольной группе. После 3 мес терапии этот показатель в основной и контрольной группах уменьшился на 8,2% ($p < 0,05$) и 6,0% ($p < 0,05$), после 6 мес — на 23,3% ($p < 0,01$) и 14,9% ($p < 0,01$), а после 12 мес — на 36,3% ($p < 0,01$) и 21,6% ($p < 0,01$) соответственно.

ВЫВОД

Добавление больным в стандартное лечение 1000 мг метформина и 360 мг орлистата в сутки привело к снижению концентрации глюкозы в среднем на 14,3%, индекса массы тела — на 10,3%, частоты эпизодов ишемии миокарда болевого типа — на 19,6%, безболевого типа — на 36,3%, повышению толерантности к физической нагрузке — на 26,5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аметов А.С. Ожирение — эпидемия XXI века // Тер. арх. — 2002. — Т. 74, №10. — С. 5–7.

2. Балаболкин М.И., Дедов И.И. Генетические аспекты сахарного диабета // Сахарн. диабет. — 2000. — №1. — С. 2–10.

3. Кобалава Ж.Д. Артериальная гипертензия и ожирение: случайная ассоциация или причинно-следственная связь? // Клин. фарм. и терап. — 2000. — Т. 9, №3. — С. 35–39.

4. Мохорт Т.В., Холодова Е.А. Современные методы лечения сахарного диабета 2 типа. — Минск, 2002. — 122 с.

5. Мычка В.Б. Артериальная гипертензия и ожирение // Consil. provisorum. — 2002. — №5. — С. 18–21.

6. Сторожаков Г.И., Стародубов А.В., Кисляк О.А. Ожирение как фактор риска сердечно-сосудистой заболеваемости у женщин // Сердце. — 2003. — Т. 2, №3. — С. 137–138.

7. Шевченко О.П., Праскурничий Е.А., Шевченко А.О. Артериальная гипертензия и ожирение. — М.: Реафарм, 2006. — 144 с.

8. Almazov V.A. Insulin resistance and arterial hypertension — the influence of moxonidine and metformine therapy // J. Hypertens. — 2000. — Vol. 18, suppl. 2. — P. 12.

9. By W.B. Weight loss reduces breast cancer risk in women with BRCA mutations // Breast Cancer Res. — 2005. — Vol. 7. — P. 833–843.

10. Cohn G., Valdes G., Capuzzi D. Pathophysiology and treatment of the dyslipidemia of insulin resistance // Curr. Cardiol. Rep. — 2001. — Vol. 3, N 5. — P. 416–423.

11. Hashimoto N., Saito Y. Diagnostic criteria of insulin resistance and multiple risk factor syndrome // Nippon Rinsho. — 2000. — Vol. 58, N 2. — P. 405–415.

12. Standl E. Aetiology and consequences of the metabolic syndrome // Eur. Heart J. — 2005. — Vol. 7. — P. 10–13.

УДК 613.955: 616-053.5: 612.017.2: 612.215 612.216.2: 612.744.211

Т14

ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВАННОЙ ИЗОМЕТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ МАЛЬЧИКОВ ВТОРОГО ГОДА ОБУЧЕНИЯ В ДИНАМИКЕ УЧЕБНОГО ГОДА

Марсель Муратханович Зайнеев*, Раиса Габдулловна Биктемирова,
Алевтина Васильевна Крылова, Олег Петрович Мартьянов, Тимур Львович Зефирова

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Реферат

Цель. Изучение адаптивных реакций респираторной системы мальчиков 9 лет на дозированную изометрическую нагрузку в динамике учебного года.

Методы. В течение учебного года (октябрь, февраль, май) у 38 мальчиков второго года обучения анализировали динамику показателей вентиляционной способности лёгких, определяемых в состоянии покоя, и степень их изменения под влиянием изометрической нагрузки. Для анализа показателей респираторной системы использовали автоматизированный кардиопульмонологический комплекс АД-03М. Дозированную изометрическую нагрузку создавали методом кистевой динамометрии (50% максимально производимого усилия в течение минуты). Проведён корреляционный анализ исследованных показателей дыхательной системы. Статистическая обработка результатов исследования выполнена с учётом t-критерия Стьюдента.

Результаты. Сравнительный анализ системы внешнего дыхания мальчиков 9 лет в течение учебного года показал, что в состоянии покоя наблюдается позитивная возрастная динамика показателей лёгочных объёмов и вентиляционной способности лёгких. Дозированная изометрическая нагрузка вызывает неблагоприятные сдвиги показателей внешнего дыхания, снижение резервных возможностей респираторной системы. К концу второго года обучения у мальчиков 9 лет в ответ на статическую нагрузку происходит повышение реактивности и снижение экономичности реакций системы дыхания.

Вывод. Респираторная система мальчиков второго года обучения недостаточно адаптирована к изометрическим нагрузкам, что проявляется напряжённым функционированием системы в конце учебного года.

Ключевые слова: респираторная система, изометрическая нагрузка, показатели внешнего дыхания, адаптация, младший школьный возраст.

THE EFFECT OF DOSED ISOMETRIC EXERCISE ON THE RESPIRATORY SYSTEM PARAMETERS CHANGE IN SECOND GRADE MALE STUDENTS *M.M. Zaynnev, R.G. Biktemirova, A.V. Krylova, O.P. Martyanov, T.L. Zefirov. Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia.* **Aim.** To study the respiratory system adaptive reactions to dosed isometric load in 9 years old boys during the academic year. **Methods.** Pulmonary function parameters change at rest and their response to isometric load were measured repeatedly in 38 second grade male students during the academic year (October, February, May). An automated cardiopulmonologic AD-03M complex was used to perform the pulmonary tests. The dosed isometric load was applied using a hand-held dynamometer at 50% from maximal grip strength within a minute. Correlation analysis of the measured parameters was performed. Statistical analysis was performed using Student's t-test. **Results.** The comparative analysis of the respiratory system parameters in 9 years old boys during the academic year showed the increase in pulmonary volumes and lung function at rest. Dosed isometric load caused decrease in lung function tests and lung function reserves. An increased reactivity and decreased profitability of pulmonary system reactions was observed in 9 years old boys by the end of the second school year as a response to isometric load. **Conclusion.** The respiratory system of second grade male students is not well adapted for isometric load leading to its over-functioning at the end of the academic year. **Keywords:** respiratory system, isometric load, pulmonary function tests, adaptive reactions, younger school age.

Влияние динамической нагрузки на показатели кардиореспираторной системы изучено в работах ряда авторов [2–4]. Для изучения механизмов адаптации респираторной системы детей применяют различные тестовые физические нагрузки [6–12]. Известно, что функциональное состояние респираторной системы во многом определяет адаптивные возможности детского организма к различным видам деятельности, в том числе к учебной нагрузке [5, 9].

В ранее опубликованном материале нами дан общий анализ реакций дыхательной системы младших школьников на разные виды нагрузок (динамическую, статическую) [2]. Возраст 9 лет является критическим периодом развития ребёнка. Нами были представлены данные исследования дыхательной системы девочек 9 лет [3]. Однако, поскольку у детей этой возрастной группы присутствуют гетерохронное развитие систем жизнеобеспечения и значительные половые различия как в показателях дыхания, так и в реакциях на статическую и учебную нагрузку, мы не можем переносить выявленные у девочек закономерности функционального состояния респираторной системы на всю возрастную группу. Исходя из вышеизложенного, нами проведены дополнительные исследования респираторной системы мальчиков 9 лет. Кроме того, на втором году обучения велико влияние статической нагрузки, нарастающей в течение учебного года. Следует обратить внимание и на тот факт, что при актуальности означенной проблемы данный вопрос ранее не был изучен.

Целью нашей работы стало изучение адаптивных реакций респираторной системы мальчиков 9 лет на дозированную изометрическую нагрузку в динамике учебного года.

Трижды в течение учебного года (осень, зима, весна) анализировали как динамику параметров внешнего дыхания, определяемых в состоянии покоя, так и реактивность

системы, оцениваемую по степени изменения лёгочных объёмов и показателей вентиляционной способности лёгких под влиянием изометрической нагрузки.

В исследовании приняли участие 38 мальчиков 9 лет со средним уровнем физического развития, относящихся к первой и второй группам здоровья, обучающихся во втором классе общеобразовательной школы г. Казани.

Для анализа показателей внешнего дыхания использовали автоматизированный кардиопульмонологический комплекс АД-03М на базе «Пентиум 1». Исследование проводили в динамике учебного года с учётом влияния циркадных и недельных биоритмов.

Оценивали такие показатели респираторной системы, как жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), минутный объём дыхания (МОД), дыхательный объём (ДО), частота дыхания (ЧД), резервный объём вдоха (РОВд) и выдоха (РОВыд), резервный объём при спокойной вентиляции лёгких (РВЛ), максимальная вентиляция лёгких (МВЛ). Для оценки экономичности дыхания изучали отношение времени вдоха и выдоха к общей длительности дыхательного цикла. Лёгочные объёмы и показатели вентиляционной способности лёгких приведены в системе BTPS (от англ. Body Temperature and Pressure Saturated — температура тела, окружающее атмосферное давление в момент исследования, полное насыщение водяными парами).

В качестве функциональной мышечной пробы использовали дозированную изометрическую нагрузку, создаваемую методом кистевой динамометрии [1]: испытуемый в положении сидя сжимал левой рукой динамометр в течение 1 мин с усилием, равным 50% максимального. За показатель максимально производимого усилия принимали среднюю величину трёх попыток. В качестве контроля показателей внешнего дыхания брали значения, полученные в состоянии покоя. Изменение параметров внешнего

дыхания на тестирующую пробу регистрировали на первой минуте после завершения статической нагрузки. Проведён корреляционный анализ взаимосвязей между всеми анализируемыми параметрами системы дыхания. Статистическая обработка результатов исследования выполнена в соответствии с общепринятыми методами вариационной статистики, для оценки статистической значимости различий использовали стандартные значения *t*-критерия Стьюдента.

Согласно результатам исследования респираторной системы мальчиков 9 лет в состоянии физиологического покоя, проведённого в начале учебного года, МОД составил $11,54 \pm 0,36$ л/мин, ДО — $0,59 \pm 0,09$ л, ЧД — $19,49 \pm 0,3$ цикла в минуту, ЖЕЛ — $1,85 \pm 0,17$ л. Показатели, отражающие резервные объёмы лёгких, — РОвд, РОвд, РВЛ, МВЛ — составили $0,35 \pm 0,07$ л, $1,00 \pm 0,08$ л, $63,87 \pm 1,18$ л и $73,23 \pm 1,04$ л соответственно.

Изучение адаптивных реакций системы дыхания на изометрическую нагрузку у мальчиков второго года обучения в начале учебного года показало, что величина МОД увеличивалась до $13,26 \pm 0,29$ л/мин (на 14,81%, $p < 0,05$), ЧД — до $21,04 \pm 0,39$ цикла в минуту (на 7,9%, $p < 0,05$), тогда как ДО практически не менялся (рис. 1). Следовательно, в первый период исследования изометрическая нагрузка приводит к увеличению МОД мальчиков только за счёт частотного компонента лёгочной вентиляции (ЧД).

Величина ЖЕЛ и показателей, отражающих резервные объёмы лёгких, в ответ на функциональную пробу, напротив, имели тенденцию к снижению (см. рис. 1). ЖЕЛ после нагрузки снизился до $1,71 \pm 0,15$ л, РОвд — до $0,83 \pm 0,19$ л, РОвд — до $0,33 \pm 0,12$ л, а величины РВЛ и МВЛ статистически значимо уменьшились (рис. 2). Так, величина РВЛ после нагрузки составила $55,8 \pm 1,05$ л, МВЛ — $68,44 \pm 1,08$ л (снижение на 12,6 и 6,5% соответственно, $p < 0,05$).

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей системы дыхания мальчиков в состоянии покоя позволил обнаружить наличие прямой корреляции между ЧД и МОД ($r=0,58$, $p < 0,05$), а также между МОД и ДО ($r=0,49$, $p < 0,05$).

После изометрической нагрузки выявлено увеличение жёсткости связей между ЧД и МОД ($r=0,71$, $p < 0,05$). Вместе с тем отмечено изменение вектора взаимосвязи между МОД и ДО ($r=-0,34$, $p < 0,05$), отражающее рассогласование функций между этими дыхательными компонентами.

В целом результаты исследования адаптивных реакций, полученные в начале учебного года, отражают недостаточную подготовленность респираторной системы мальчиков второго года обучения к изометрической нагрузке.

В середине учебного года основные значения показателей респираторной системы (в состоянии покоя) у мальчиков второго года обучения при наличии стойкой тенденции к росту не имели, однако, статистически значимых различий с результатами предыдущего периода исследования.

Изометрическая нагрузка привела к незначительному учащению дыхания и увеличению МОД, величина ДО при этом не менялась. Вместе с тем после окончания нагрузки зарегистрировано снижение ЖЕЛ (с $1,85 \pm 0,18$ до $1,67 \pm 0,15$ л), РВЛ (с $66,35 \pm 1,04$ до $52,90 \pm 1,06$ л) и МВЛ (с $76,18 \pm 1,07$ до $65,57 \pm 1,11$ л) и, как следствие, уменьшение соотношения РВЛ/МВЛ ($p < 0,05$). Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном характере адаптивных реакций биомеханических параметров дыхания в ответ на изометрическую нагрузку и отражают низкие резервные возможности дыхательной системы. Величина других исследованных показателей внешнего дыхания не имела выраженных различий с фоновым состоянием после изометрической нагрузки.

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей системы дыхания в состоянии покоя, проведённый в середине учебного года, позволил выявить наличие прямой корреляции между ЧД и МОД ($r=0,53$, $p < 0,05$), между МОД и ДО ($r=0,43$, $p < 0,05$). После изометрической нагрузки показатели ЧД, МОД, ДО находились в обратной взаимосвязи. Выявлено наличие отрицательной связи между ЧД и МОД ($r=-0,38$, $p < 0,05$), а также между МОД и ДО ($r=-0,36$, $p < 0,05$), что свидетельствует о напряжённом функционировании респираторной системы мальчиков.

Проведённые в конце второго года обучения исследования показали, что по сравнению с предыдущими анализируемыми периодами величины МОД, ЧД, РВЛ, МВЛ в состоянии покоя значительно увеличивались. МОД составил $15,07 \pm 0,41$ л/мин, ЧД — $23,76 \pm 0,38$ цикла в минуту ($p < 0,05$), РВЛ — $69,70 \pm 1,27$ л, МВЛ — $79,59 \pm 1,20$ л, тогда как в динамике ДО, ЖЕЛ, РОвд и РОвд отмечена лишь тенденция к позитивному возрастному росту показателей.

После изометрической нагрузки в конце учебного года у мальчиков зарегистрировано

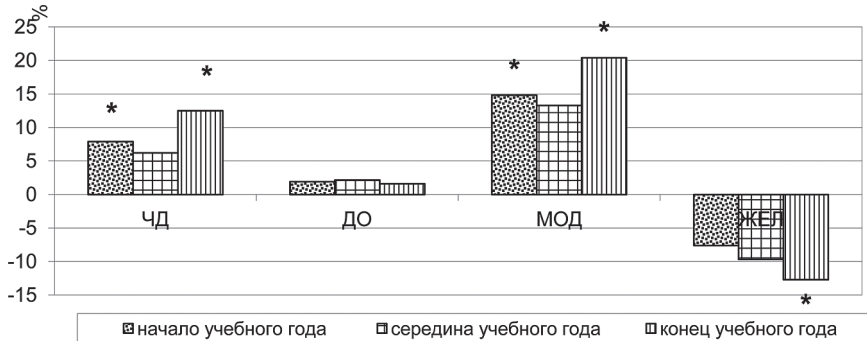


Рис. 1. Динамика показателей внешнего дыхания в ответ на дозированную изометрическую нагрузку у мальчиков второго года обучения в течение учебного года (% по отношению к показателю в покое); ЧД — частота дыхания; ДО — дыхательный объём; МОД — минутный объём дыхания; ЖЕЛ — жизненная ёмкость лёгких; *различие с состоянием покоя статистически значимо ($p < 0,05$).

достоверное увеличение МОД (до $18,94 \pm 0,58$ л, $p < 0,05$), обусловленное увеличением ЧД (до $27,49 \pm 0,49$ цикла в минуту, $p < 0,05$). Прирост МОД составил 20,4%, ЧД — 14,8%. Значение ДО после нагрузки не изменялось (см. рис. 1). Вместе с тем наблюдалось выраженное снижение большинства показателей внешнего дыхания: РВЛ (до $57,00 \pm 1,07$ л, $p < 0,05$), МВЛ (до $71,33 \pm 1,01$ л, $p < 0,05$), ЖЕЛ (с $1,89 \pm 0,03$ до $1,65 \pm 0,03$ л, $p < 0,05$), РОвд (с $1,02 \pm 0,11$ до $0,60 \pm 0,10$ л, $p < 0,05$). Значение РОвыд имело тенденцию к снижению (с $0,44 \pm 0,18$ до $0,38 \pm 0,14$ л), а отношение РВЛ/МВЛ статистически значимо уменьшалось ($p < 0,05$).

В конце учебного года присутствует тенденция к увеличению отношения времени выдоха к общей длительности дыхательного цикла и снижению отношения времени вдоха к общей длительности дыхательного цикла (с $0,47 \pm 0,08$ до $0,53 \pm 0,08$ с и с $0,53 \pm 0,07$ до $0,47 \pm 0,06$ с соответственно, $p < 0,05$), что свидетельствует о снижении экономичности внешнего дыхания в этот период исследования.

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей системы дыхания, проведённый в конце учебного года в состоянии покоя, показал наличие прямой зависимости между ЧД и МОД ($r=0,55$, $p < 0,05$), а также между МОД и ДО ($r=0,48$, $p < 0,05$).

После изометрической нагрузки степень сопряжения ЧД и МОД была достаточно жёсткой ($r=0,89$, $p < 0,05$). Вместе с тем выявлена отрицательная связь между МОД и ДО ($r=-0,36$, $p < 0,05$), что свидетельствует о напряжённом функционировании респираторной системы мальчиков в конце учебного года.

Сравнительный анализ возрастной динамики лёгочных объёмов и показателей вентилиционной способности лёгких мальчиков 9 лет в течение учебного года показал,

что все параметры респираторной системы, определяемые в состоянии покоя, имеют чётко выраженную тенденцию к увеличению от начала к концу учебного года. Наиболее значительный прирост отмечен по таким показателям, как МОД (12,5%, $p < 0,05$) и ЧД (12,5%, $p < 0,05$). Прирост ДО выражен в меньшей степени и составляет лишь 1,6% (см. рис. 1).

Корреляционный анализ взаимосвязей показателей системы дыхания в состоянии покоя позволил выявить наличие прямой корреляционной зависимости между ЧД, ДО и МОД ($p < 0,05$) в течение всего учебного года.

Примечательно, что в динамике учебного года прирост величины МОД в покое происходит при участии как частотного, так и объёмного компонента вентилиции, что свидетельствует о достаточно благоприятной возрастной динамике показателей респираторной системы у мальчиков 9 лет.

Позитивным фактом является и возрастное увеличение показателей, отражающих резервные возможности респираторной системы. К концу учебного года отмечено выраженное снижение РВЛ (18,2%, $p < 0,05$) и МВЛ (13,4%, $p=0,05$; см. рис. 2).

Во все периоды исследования происходит снижение показателей ЖЕЛ, РОвд, РОвыд, МВЛ, РВЛ по сравнению с их уровнем в покое, появляются отрицательные корреляционные связи между МОД — ДО — ЧД, что свидетельствует о неблагоприятной реакции системы на предъявляемую тестовую пробу.

Примечательно, что увеличение МОД в ответ на изометрическую нагрузку обеспечивается преимущественно за счёт вклада частотного компонента (ЧД) на фоне незначительного изменения ДО.

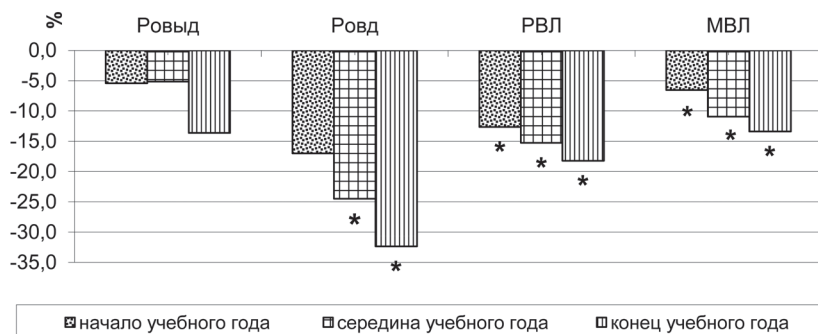


Рис. 2. Динамика показателей, отражающих резервные возможности респираторной системы, в ответ на дозированную изометрическую нагрузку у мальчиков второго года обучения в течение учебного года (% по отношению к показателю в покое); Ровыд — резервный объём выдоха; Ровд — резервный объём вдоха; РВЛ — резервный объём при спокойной вентиляции лёгких; МВЛ — максимальная вентиляция лёгких; *различие с состоянием покоя статистически значимо ($p < 0,05$).

К концу второго года обучения у мальчиков выявлено увеличение реактивности и снижение экономичности реакций системы дыхания на статическую нагрузку, что отражает напряжённое функционирование анализируемой системы к концу учебного года.

ВЫВОДЫ

1. У мальчиков 9 лет в состоянии покоя наблюдается позитивная возрастная динамика показателей лёгочных объёмов и вентиляционной способности лёгких в течение учебного года.

2. Дозированная изометрическая нагрузка вызывает у мальчиков 9 лет неблагоприятные сдвиги показателей внешнего дыхания, снижение резервных возможностей респираторной системы.

3. К концу второго года обучения у мальчиков в ответ на изометрическую нагрузку происходит повышение реактивности и снижение экономичности реакций системы дыхания.

4. Респираторная система мальчиков второго года обучения недостаточно адаптирована к изометрической нагрузке, что характеризуется напряжённым функционированием системы внешнего дыхания, наиболее выраженным к концу учебного года.

5. Выявленные закономерности реакций респираторной системы на тестовую пробу необходимо учитывать при планировании статических и динамических нагрузок, организации режима труда и отдыха, оценке степени адаптации детей младшего школьного возраста к школьным нагрузкам в динамике учебного года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникина Т.А., Зефиров Т.Л., Крылова А.В., Ситников Ф.Г. Физиология возбудимых тканей и центральной нервной системы. — Казань: ТГГПУ, 2011. — С. 48–51.
2. Зайннеев М.М., Зиятдинова Н.И., Зефиров Т.Л. Особенности функционального состояния внешнего дыхания детей младшего школьного возраста при адаптации к различным нагрузкам // Казан. мед. ж. — 2012. — Т. 93, №1. — С. 89–92.
3. Зайннеев М.М., Зиятдинова Н.И., Мартыянов О.П., Зефиров Т.Л. Особенности влияния динамической и статической нагрузки на дыхательную систему младших школьников // Казан. мед. ж. — 2012. — Т. 93, №6. — С. 870–874.
4. Соколов Г.В., Кузнецова Т.Д., Самбурава И.П. Возрастное развитие резервных и адаптивных возможностей системы дыхания. Физиология развития ребёнка. — М.: Медицина, 2000. — С. 167–184.
5. Ferguson C., Whipp B.J., Cathcart A.J. et al. Effects of prior very-heavy intensity exercise on indices of aerobic function and high-intensity exercise tolerance // J. Appl. Physiol. — 2007. — Vol. 103, N 3. — P. 812–822.
6. Marchal F., Schweitzer C., Demoulin B. Filtering artefacts in measurements of forced oscillation respiratory impedance in young children // Physiol. Meas. — 2004. — Vol. 25, N 5. — P. 1153–1166.
7. Ozyener F., Rossiter H.B., Ward S.A., Whipp B.J. Negative accumulated oxygen deficit during heavy and very heavy intensity cycle ergometry in humans // Eur. J. Appl. Physiol. — 2003. — Vol. 90, N 1–2. — P. 185–190.
8. Palange P., Ward S.A., Carlsen K.H. et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice // Eur. Respir. J. — 2007. — Vol. 29, N 1. — P. 185–209.
9. Puente-Maestu L., Sanz M.L., Sanz P. et al. Effects of two types of training on pulmonary and cardiac responses to moderate exercise in patients with COPD // Eur. Respir. J. — 2000. — Vol. 15. — P. 1026–1032.
10. Rossiter H.W., Kowalchuk J.M., Whipp B.J. A test to establish maximum O_2 uptake despite no plateau in the O_2 uptake response to ramp incremental exercise // J. Appl. Physiol. — 2006. — Vol. 100, N 3. — P. 764–770.
11. Stringer W.W., Whipp B.J., Wasserman K. et al. Non-linear cardiac output dynamics during ramp-incremental cycle ergometry // Eur. J. Appl. Physiol. — 2005. — Vol. 93, N 5–6. — P. 634–639.
12. Whipp B.J. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO_2 and O_2 exchange dynamics during exercise in humans // Exp. Physiol. — 2007. — Vol. 92, N 2. — P. 347–355.