

УДК 612.017.2+612.273+612.766.1:796

¹О.М. Лисенко, ²В.С. Міщенко

РЕАКТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ КАРДІОРЕСПІРАТОНОЇ СИСТЕМИ В ПРОЦЕСІ НАПРУЖЕНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПІСЛЯ НЬОГО

Досліджені зміни реактивності кардіореспіраторної системи кваліфікованих спортсменів при виконанні тривалого фізичного навантаження, а також зміни швидкості дихальної реакції на короткочасні дії (тимчасові прямокутні збільшення потужності роботи, короткочасні гіпоксичні і гіперкапічні стимули) при виконанні тривалої фізичної роботи.

Виявлено, що при розвитку втоми в процесі фізичного навантаження спостерігається зниження пікових величин реакції, а також швидкості їх розгортання. Обґрунтовано значення на фоні втоми підтримки чутливості дихальних реакцій на $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимул для більшої ефективності дихальної компенсації метаболічного ацидозу, що забезпечує стійкість і рухливість функціональних реакцій на високому рівні фізичної працездатності при конкретній діяльності змагання.

Ключові слова: кардіореспіраторна система, фізичні навантаження

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. При адаптації системи дихання до м'язового навантаження виділяють два аспекти регуляції дихання: з однієї сторони – це автономна регуляція дихання як вісцеральної функції, що забезпечує метаболічний запит організму шляхом підтримання постійності дихального гомеостазису; з другої сторони – поведінкова регуляція дихання під контролем довільної сфери (рухово-соматичної) [1, 2, 2, 13, 20, 24]. Перший можна взагалішому наближенні ототожнювати з ефектом гуморальних факторів, а другий – з “нейрогенним” компонентом вентиляторної реакції. Специфіка регуляції дихання при виконанні м'язового навантаження полягає, очевидно, в модифікації хеморецепторних механізмів завдяки впливам нейрогенного характеру.

З практики спортивного тренування відомо, що виснажливі м'язові тренувальні навантаження мають тривалий період післядії (слідові зміни) по метаболічним змінам [4, 11, 12, 15, 21, 22, 23]. Спрямованість та ступінь змін реактивних властивостей системи дихання в процесі фізичного навантаження залежать від його відносної інтенсивності (напруженості) та потужності, а також від вираженості загального об'єму перехідних режимів за умов навантаження. Для розуміння механізмів формування довгострокових ефектів тренування важлива можливість накопичення (кумуляції) змін, що відбуваються в організмі під впливом фізичних навантажень. Для цього необхідно знати тривалість і глибину післядії фізичних навантажень на реактивні властивості функціональних систем організму. Важливо встановити характер такої післядії на реактивні властивості системи дихання.

Для поглиблення розуміння ролі регуляторних факторів у збільшенні меж працездатності виникла необхідність проаналізувати зміни реактивності системи дихання в процесі напруженого м'язового навантаження, що виконується “до відмови” від подальшого його виконання.

Мета статті – дослідити зміни реактивності системи дихання при виконанні тривалого фізичного навантаження, а також зміни швидкості дихальної реакції на короткочасні впливи (тимчасові прямокутні збільшення потужності роботи, короткочасні гіпоксичні та гіперкапічні стимули) під час виконання тривалої фізичної роботи.

Робота виконувалася в рамках держбюджетної теми "Критерії оцінки функціонального потенціалу спортсменів високого класу" (номер держреєстрації теми: №0114U001482) Міністерства освіти і науки України.

Методика

У змагальному періоді на експериментальній базі науково-дослідного інституту Національного університету фізичного виховання і спорту України було обстежено 97 висококваліфікованих спортсменів у віці 19-29 років з високим рівнем спортивної кваліфікації (КМС-МС), які 8-19 років спеціалізувалися у видах спорту, що вимагали прояву витривалості (легка атлетика, п'ятиборство, триатлон, веслування на байдарках і каное, академічне веслування).

Використовували методи комплексного тестування реакції системи дихання (чутливості, стійкості і швидкості її розгортання) на гіпоксичні і гіперкапічні ($\text{CO}_2\text{-H}^+$) зрушення дихального гомеостазису та комп'ютерна програма їх розрахунку [7, 8]. Прогресуючу $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимуляцію створювали методом "зворотного дихання" у системі "baginthebox", робоча система якого заповнювалася газовою сумішшю з 50-60% вмістом O_2 [5, 6; 14, 17, 18]. Наростаючий ступінь ізокапічної гіпоксичної стимуляції створювали методом "зворотного" дихання у діапазоні змін напруження O_2 у альвеолярному повітрі (P_{AO_2}) від 135 до 45 мм рт.ст. і чутливість до гіпоксії оцінювали по приросту $V_E(\Delta V_E/\Delta \text{SaO}_2)$ та ЧСС ($\Delta \text{ЧСС}/\Delta \text{SaO}_2$) на зниження насичення артеріальної крові O_2 [14, 17].

Кінетичні характеристики реакції системи дихання на фізичні навантаження визначали з урахуванням швидкості початкової частини реакції, її піку та стійкості [8, 16]. Тестові фізичні навантаження на ергометрах різного типу були спрямовані на характеристику різних сторін енергозабезпечення роботи [25, 26]. Безперервне комп'ютерне опрацювання даних у реальному масштабі часу "breath-by-breath" [19] за допомогою швидкодіючого ергоспірометричного комплексу "OxyconPro" ("Jaeger", VIASYS Healthcare, Німеччина-США) дозволило оцінювати реакцію системи дихання на тестові впливи. По закінченні тестування проводили комп'ютерний розрахунок комплексу показників, що значною мірою відображали рівень функціональних можливостей спортсменів [8, 8].

Статистичну обробку результатів проводили з використанням комп'ютерних програм «Statistica for Windows-5.0», «Microsoft Excel» з визначенням основних статистичних показників.

Результати та їх обговорення

Для визначення сторін реактивних властивостей системи дихання, що характеризували прояв її стійкості до наростаючого ступеня стомлення, були проведені дослідження змін ролі стимулів, адекватних для системи дихання, при напружених м'язових навантаженнях різного характеру. При виконанні тривалого навантаження "до відмови" з відносною інтенсивністю 65% від $\text{VO}_{2\text{max}}$ вже на 15 хвилині його виконання відмічалася менше підвищення рівня V_E та VO_2 у відповідь на короткочасні тимчасові (протягом 30 с) зміни потужності роботи на 33 % кожні 5 хвилин, а для ЧСС – на 25 хвилині. Це свідчило про зниження внеску нейрогенного компонента в формуванні дихальної реакції під впливом розвитку стомлення. При цьому, вентиляторна реакція була більшою при підвищенні потужності навантаження за рахунок швидкості бігу (збільшення V_E на $6,85 \pm 0,82$ %), ніж за рахунок збільшення зусилля (V_E на $0,92 \pm 0,41$ %), що було більш сприятливе для підтримки реактивності системи дихання на фоні значного наростання стомлення.

Крім того, ці дані побічно свідчили про підвищення в процесі тривалого навантаження відносної ролі гуморальних стимулів дихання. На 30-40 хвилині виконання навантаження за умов високого ступеня ацидемічних зрушень відмічалось вірогідне збільшення вентиляторної реакції на короточасне (30 с) дихання гіпоксичною (14,1-14,3 % O_2 в азоті) газовою сумішшю, що свідчило про зростання за цих умов значення гіпоксичного стимулу дихання. У окремих спортсменів таке збільшення на $35,01 \pm 2,86$ % перевищувало приріст V_E на гіпоксичний стимул в початковій частині навантаження. У той же час в самому кінці навантаження у 61,25 % обстежених осіб відмічалось її виразне зниження. Ці дані свідчили про наявність гальмівного (пригнічує реактивність) ефекту гіпоксії на центральні структури дихального центру при стомленні. Зниження чутливості реакції системи дихання до гіпоксії, її більша стійкість є важливим чинником підтримання працездатності в умовах тривалого напруженого м'язового навантаження.

Виявлено, що зміни реакції на гіперкапнію при фізичному навантаженні були пов'язані з динамікою ацидемічних зрушень. Підвищення чутливості вентиляторної реакції на CO_2-H^+ -стимул ($\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$) на фоні ацидемії спостерігалось при невеликому її ступені, а також в початковій частині навантаження. При значній вираженості ацидемії в кінці навантаження $\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$ вірогідно знижувався. Відзначимо, що при більшій чутливості вентиляторної реакції на CO_2 в кінці навантаження підтримувалась і більша ефективність виділення "надлишкового" CO_2 , що підвищувало рівень дихальної компенсації метаболічного ацидозу. Ці дані підкреслюють важливість підтримки чутливості реакцій дихальної системи на CO_2-H^+ -стимул на фоні втоми для підвищення фізичної працездатності.

З практики спортивного тренування відомо, що виснажливі м'язові тренувальні навантаження мають тривалий період післядії (слідові зміни) за метаболічними змінами [4, 10; 12, 21, 22, 23]. В подальших дослідженнях було встановлено характер такої післядії на реактивні властивості системи дихання (табл. 1). Так, після виконання порівняно не напруженого для висококваліфікованих спортсменів фізичного навантаження у відновлювальному періоді відмічалось підвищення чутливості реакцій системи дихання до гіперкапнії за рахунок зниження порогу вентиляторної реакції на CO_2-H^+ -стимул, що свідчило про збільшення "нейрогенного" компоненту реакції та активуючої ролі аферентації з пропріорецепторів рухової системи.

При м'язовому навантаженні тривалістю 80-100 хвилин спостерігали подібні по спрямованості зміни при дещо більшій їх вираженості. Відбувалося як би накопичення впливу якогось фактора, що визначало зниження порогу вентиляторної реакції на CO_2 та деяке збільшення чутливості реакції, яка оцінювалась по $\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$.

Післядії тренувального навантаження високої інтенсивності, яке приводило до вираженого стомлення, на чутливість до гіперкапнічного стимулу дихання було таким же, як і для інших описаних вище видів фізичного навантаження. Разом з тим, через 13-15 годин після даного навантаження відзначалось зниження чутливості вентиляторної реакції на CO_2-H^+ -стимул, що компенсувалось зниженням порогу вентиляторної реакції на CO_2 . В цей період найбільш зміни виражені по здатності дихальної системи швидко реагувати на початок фізичного навантаження і на зміни інтенсивності в процесі його виконання. Через 37-39 годин залежність $\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$ поверталася до вихідного рівня, що поєднувалось із підвищенням порогу вентиляторної реакції на CO_2 . Це є наслідком адаптації апарату регуляції дихання до підвищеного вмісту ендогенної CO_2 та іонів H^+ при інтенсивних тренувальних навантаженнях анаеробного гліколітичного характеру.

Таблиця 1

Зміна реактивних властивостей системи дихання на гіперкапічні та гіпоксичні зрушення дихального гомеостазису, а також швидкості розгортання функціональних реакцій під впливом фізичних навантажень різного характеру

Характер фізичних навантажень	$\Delta V_{\text{E}}/\Delta P_{\text{A}}CO_2$, л·хв ⁻¹ ·мм рт.ст. ⁻¹	Поріг V_E -реакції точка "апное", мм рт.ст.	$\Delta V_{\text{E}}/\Delta SaO_2$, л·хв ⁻¹ ·% ⁻¹	$\Delta ЧСС/\Delta SaO_2$, уд·хв ⁻¹ ·% ⁻¹	На півперіод реакції, швидкість збільшення V_E
1. Виконання тривалого (18-20 хвилин) фізичного навантаження наростаючої інтенсивності, що виконується "до відмови" до моменту досягнення рівня $VO_{2\text{max}}$	збільшення на 8,73±1,02%	зменшення на 15,99±1,39%	збільшення на 3,81±0,84%	зменшення на 3,41±0,91%	в другій половині навантаження зниження ступеня приросту рівня V_E , VO_2 , ЧСС.
2. Фізичного навантаження відносно невисокої інтенсивності (тривалість 80-100 хвилин при ЧСС=138-146 уд·хв ⁻¹) в період післядії (через 2-3 години)	збільшення на 37,5±2,69%	виражене зменшення на 35,71±4,03%	збільшення на 11,91±1,56%	зменшення на 8,99±1,14%	зниження на 19,29±2,01%
3. Навантаження високої інтенсивності, яке привело до вираженого стомлення - подолання 180 км за 4,6-4,8 годин з перемінною інтенсивністю	зменшення на 5,10±1,32%	зниження на 12,06±1,94%	значне збільшення на 70,59±4,86%	значне збільшення на 102,86±6,03%	зниження на 31,32±4,57%
	збільшення - до вихідного рівня	підвищення	не наставало повного відновлення		зниження на 22,09±2,16%
	через 2 дні відпочинку	підвищення	зниження до найбільш низьких величин		зниження на 9,11±1,74%
Фізичні навантаження різної спрямованості					
тренувальне навантаження рівномірної інтенсивності (при ЧСС 156-172 уд·хв ⁻¹ і загальної тривалості 180 хвилин)	зменшення на 22,64±2,32%	підвищення на 21,17±2,93%	підвищення на 38,97±2,15%	підвищення на 46,47±2,25%	зниження на 37,26±2,05%
інтервальне тренувальне навантаження високої інтенсивності (серія з 4 відрізків по 60 с з інтенсивністю 90 % від максимальної)	збільшення на 17,01±3,24%	зниження на 19,94±3,13%	підвищення на 35,33±2,45%	виражене підвищення на 71,25±3,96%	зниження на 21,95±1,16%

Чутливість до гіпоксії ($\Delta V_E/\Delta SaO_2$) через 13-15 годин після напруженого тренувального навантаження підвищувалася на $70,59 \pm 4,86\%$ (див. табл.1) і навіть через 37-39 годин після нього не наставало повного її відновлення. Підвищена чутливість до гіпоксії після навантаження високої інтенсивності відображала недовідновлення метаболічних факторів енергозабезпечення напруженої м'язової діяльності.

Виявлено, що зміст тренувального навантаження впливав на зміни чутливості і кінетики реакцій системи дихання. Ці дані були отримані при порівнянні ефектів тренувальних занять високої інтенсивності, що в одному випадку склалися із серії повторного виконання фізичних навантажень (інтервальне тренування), а в другому випадку – з безперервного тривалого навантаження високої інтенсивності (див.табл.1, рис.1). Найбільш виразно специфічність стомлення після різних типів напружених навантажень виявлялася за показниками чутливості системи дихання до гіперкапнії. Після навантаження рівномірної інтенсивності відмічалася зниження $\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$ при підвищенні порогу вентиляторної реакції на CO_2 . Після інтервального навантаження відзначалася зворотна картина – збільшення $\Delta V_E/\Delta P_A CO_2$ при зниженні порогу вентиляторної реакції на CO_2 .

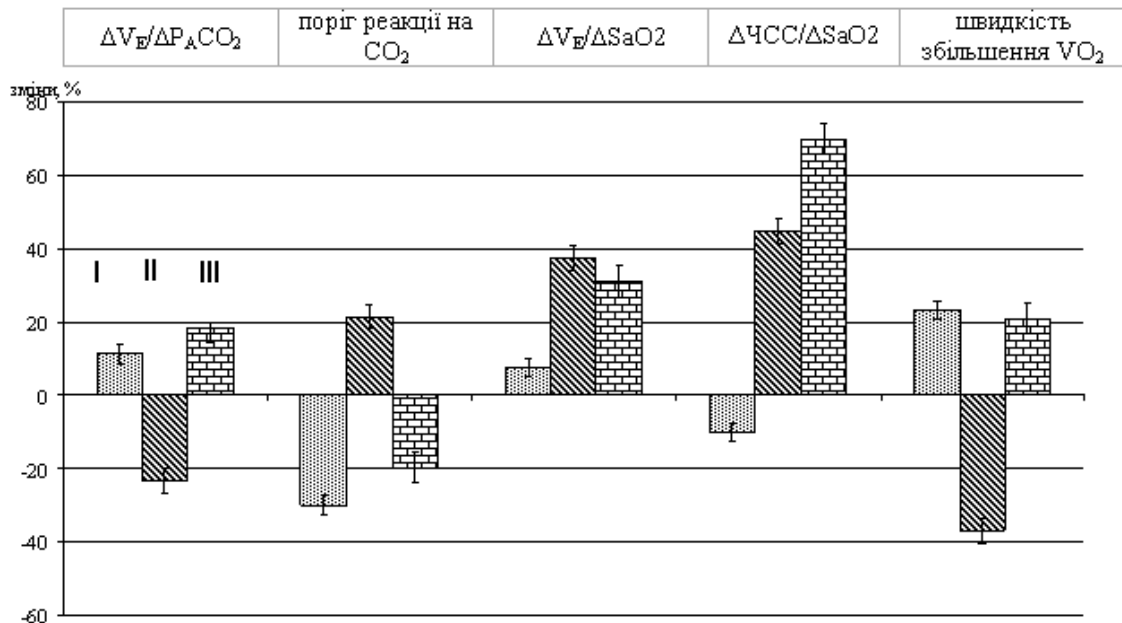


Рис. 1. Зміна чутливості до гіперкапнії та гіпоксії, а також кінетики реакцій споживання O_2 у кваліфікованих спортсменів під впливом різного змісту та інтенсивності тренувальних занять:

I - 2-3 години після легкого навантаження тренувального заняття відновлювального характеру біля $40\% VO_{2max}$ (30-40 хвилин);

II - 13-15 години після безперервного напруженого навантаження;

III - 13-15 годин після інтервального типу навантаження (15 повторів серій з 4 відрізків по 60 с біля 90% від максимальної інтенсивності)

Швидкість розгортання реакцій системи дихання найбільшою мірою знижувалася (на $37,26 \pm 2,05\%$) під впливом напруженого рівномірного тренувального навантаження. У той же час після тренувального навантаження інтервального типу при деякому підвищенні чутливості до гіперкапнії швидкість розгортання реакцій системи дихання знижувалася, але на меншу величину (на $21,95 \pm 1,16\%$). Це свідчило про те, що провідною причиною зниження кінетики реакції після навантаження інтервального типу є зниження чутливості пропріорецепторів працюючих м'язів. Вона при такому навантаженні за 13-15 годин відпочинку не відновлювалася. У той же час, після

навантаження рівномірного типу причина зниження кінетики реакцій була пов'язана як зі зниженням чутливості пропріорецепторів, так і зі зниження чутливості реакцій системи дихання до гіперкапнії.

Чутливість до гіпоксії приблизно однаково підвищувалася у відновлювальному періоді під впливом залишкового стомлення при обох типах напружених тренувальних занять. Отже, зміни чутливості до гіпоксії не відображали специфічних особливостей стомлення які б залежали від характеру м'язового навантаження. Є лише тенденція до більшого підвищення чутливості реакції центральної циркуляції до гіпоксії по $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{SaO}_2$ після навантаження інтервального типу (див.табл.1, див.рис.1).

Таким чином, ступінь змін реактивних властивостей системи дихання в процесі фізичного навантаження залежав від його відносної інтенсивності та потужності, а також від вираженості загального об'єму перехідних режимів. Основними такого типу змінами при розвитку стомлення є зниження пікових величин реакції, а також швидкості їх розгортання. Отже, характер тренувальних впливів навантажень тренувального заняття у початковій частини і в кінці його розрізнялися. У цьому випадку, найбільш високий ефект спеціально спрямованих засобів тренування зберігався до тих пір, поки підтримувалися високі рівні (піки) і швидкість розгортання вентиляторної реакції, а також реакції по VO_2 і VCO_2 . Все це вказувало на необхідність врахування характеру таких змін реактивності системи дихання в процесі тренувального заняття і застосування спеціальних засобів для її корекції.

Крім того, зміни чутливості реакцій дихальної системи до гіперкапнічного стимулу у відновлювальному періоді при повторенні односпрямованих тренувальних занять подібні за спрямованістю з тими, які відзначалися після одного такого заняття. Так, після тренувального заняття аеробної спрямованості відзначалося зниження чутливості, а після швидкісно-силових навантажень анаеробного характеру – її підвищення. Відзначалося зниження “нейрогенного” компоненту вентиляторної реакції при наростанні специфічного стомлення при проведенні серії занять переважно аеробної спрямованості, а при серії занять швидкісно-силової спрямованості спостерігалось – збільшення.

Література

1. Бреслав И.С. Регуляция дыхания / И.С.Бреслав, В.Д.Глебовский. — Л.: Наука, 1981. - 280 с.
2. Бреслав И.С. Значение хеморецепторных стимулов для скорости включения и выключения реакции дыхания на мышечную работу / И.С.Бреслав, Г.Г.Исаев, А.М.Шмелева. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – Москва: Медицина, 1981. – Т.90, №5. – С.522-525.
3. Бреслав И.С. Значение хеморецепторных стимулов для скорости включения и выключения реакции дыхания на мышечную работу / И.С.Бреслав, Г.Г.Исаев, А.М.Шмелева. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – Москва: Медицина, 1981. – Т.90, №5. – С.522-525.
4. Велибеков Я.В. Функциональное состояние регуляторных систем у спортсменов в период восстановления после однократной интенсивной мышечной нагрузки / Я.В.Велибеков, А.Д.Викулов. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. - 2009. - № 27 (160). - С. 115-116.
5. Иванов Л.А. К методике оценки реакции системы внешнего дыхания на нарастающую гиперкапнию / Л.А.Иванов. // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1981. – Т.15, №4. – С.74-76.
6. Мищенко В.С. Про деякі особливості регуляції дихання дітей і підлітків, що займаються спортом / В.С.Мищенко, Р.С.Кирилова. // Фізіологічний журнал АН УРСР. – 1976. – Т.22, №2. – С.246-255.
7. Мищенко В.С. Физиологические механизмы оптимизации реактивности системы дыхания человека при развитии ее функциональных возможностей в условиях напряженной спортивной тренировки / В.С.Мищенко. // Медико-биологические основы подготовки квалифицированных спортсменов. – Киев: КГИФК, 1986. – С.67-82.
8. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов / В.С.Мищенко. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
9. Мищенко В.С. Функциональная подготовленность, как интегральная характеристика предпосылок высокой работоспособности спортсменов: Методическое пособие / В.С.Мищенко, А.И.Павлик,

- В.Ф.Дяченко. – Киев:ГНИИФКиС, 1999. – 129 с.
10. Платонов В.Н. Система підготовки спортсменів в Олімпійському спорті. Общая теория и ее практические приложения / В.Н.Платонов. – Киев:Олімпійська література, 2004. – 808 с.
 11. Adami A. Oxygen uptake, cardiac output and muscle deoxygenation at the onset of moderate and supramaximal exercise in humans / [A.Adami, S.Pogliaghi, G.DeRoia, C.Capelli]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2011. - Vol. 111, №7. – P. 1517-1527.
 12. Belfry G.R. The effects of short recovery duration on VO_2 and muscle deoxygenation during intermittent exercise / Glen R. Belfry, Donald H. Paterson, Juan M. Murias, Scott G. Thomas // *European Journal of Applied Physiology*. – 2012. – Vol. 112, № 5. – P. 1907-1915.
 13. Corfield D.R. Does the motor cortical control of the diaphragm 'bypass' the brainstem respiratory centres in man? / D.R. Corfield., K. Murphy, A. Guz. // *Respir. Physiol.* - 1998. - Vol. 114, №2. - P. 109-117.
 14. Cunningham D. The control system regulation breathing in man / D.Cunningham. // *Quart. Rev. Of Biophysics*. – 1974. – Vol.6, №6. – P.433– 483.
 15. Edge J. Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism man repeated sprints / [J.Edge, D.Bishop, C.Goodman, B.Dawson.]. // *Med. Sci. Sports Exerc.* - 2005. – Vol.37. – P. 1975-1982.
 16. Grassi B. Slow VO_2 kinetics during moderate-intensity exercise as markers of lower metabolic stability and lower exercise tolerance / [B.Grassi, S.Porcelli, D.Salvadego, J.A.Zoladz.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2011. – Vol. 111, № 3. - P. 345-355.
 17. Katayama K. Effect of intermittent hypoxia on oxygen uptake during submaximal exercise in endurance athletes / [K.Katayama, K.Sato, H.Matsuoetal.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2004. – Vol.92. – P. 75-83.
 18. Khoo M.C.K. A model-based evaluation of the single-breath CO_2 ventilatory response test / M.C.K.Khoo. // *Journal of Applied Physiology*. – 1990. – № 68. – P. 393 – 399.
 19. McKean M.R. Response to Constant and Interval Exercise Protocol Elderly / M.R.McKean, T.B.Stockwell, B.J.Burkett. // *Journal of Exercise Physiology online*. – 2012. - Vol. 15 (2). – P. 30-39.
 20. O'Halloran J. Locomotor-respiratory coupling patterns and oxygen consumption during walking above and below preferred stride frequency // [J.O'Halloran, J.Hamill, W.J.McDermottetal.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2012 – Vol. 112, № 3. – P. 929-940.
 21. Scott C.B. Oxygen Costs Peak after Resistance Training Sets: A Rationale for the Importance of Recovery over Exercise / C.B.Scott. // *Journal of Exercise Physiology online*. – 2012. - Vol.15 (2). – P.1-8.
 22. Spencer M.D. Are the parameters of VO_2 , heart rate and muscle deoxygenation kinetics affected by serial moderate-intensity exercise transitions in a single day? / [M.D. Spencer, J.M.Murias, H.P.Lambetal.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2011. – Vol. 111, № 4. – P. 591-600.
 23. Thevenet D. Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes / [D.Thevenet, M.Tardieu-Berger, S.Berthoin, J.Prioux]. // *Eur J Appl Physiol*. – 2007. - Vol. 99 (2). – P. 133-142.
 24. Wasserman K. Respiratory control during exercise / K.Wasserman, B.J.Whipp, R.Casaburi. // *Handbook of physiology: Sect. 3. The respiratory system*. - Bethesda (Maryland), 1986. - Vol. 9. - P. 595 – 619.
 25. Wasserman K. Principles of Exercise Testing and Interpretation / [K.Wasserman, J.E.Hansen, D.Y.Sueetal.]. - Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, 1999. – P. 143-164.
 26. Zupan M.F., Arara A.W., Dawson L.H., Wile A.L., Payn T.L., Hannon M.E. Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes / [M.F.Zupan, A.W.Arara, L.H.Dawsonetal.]. // *J. Strength. Cond. Res.* – 2009. – 23. – P. 2598-2604.

Аннотация. *Лысенко Е.Н., Мищенко В.С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы в процессе напряженной физической нагрузки и после нее. Исследованы изменения реактивности кардиореспираторной системы квалифицированных спортсменов при выполнении длительной физической нагрузке, а также изменения скорости дыхательной реакции на кратковременные воздействия (временные прямоугольные увеличения мощности работы, кратковременные гипоксические и гиперкапническая стимулы) при выполнении длительной физической работы.*

Выявлено, что при развитии утомления в процессе физической нагрузки отмечается снижение пиковых величин реакции, а также скорости их развертывания. Обосновано значение на фоне утомления поддержки чувствительности дыхательных реакций на CO_2 - H^+ -стимул для большей эффективности дыхательной компенсации метаболического ацидоза, что обеспечивало устойчивость и подвижность функциональных реакций на высоком уровне физической работоспособности при конкретной соревновательной деятельности.

Ключевые слова: *кардиореспираторная система, физические нагрузки*

Annotation. *Lysenko O.M., Mishenko V.S. Reactive properties of the cardiorespiratory system in the process and after of the tense physical loading. The changes in the reactivity of the cardiorespiratory system skilled athletes when performing prolonged physical loads (temporary rectangular increase the power of work, short-term hypoxic and hypercapnic stimuli) when performing prolonged physical work.*

It is found that the development of fatigue during exercise marked reduction of peak values of reaction and speed of their deployment. The importance of the background support fatigue sensitivity reactions of the respiratory system to CO_2 - H^+ -stimulus for more efficient respiratory compensation of metabolic acidosis is substantiated, thus ensuring the stability and mobility of functional responses to high physical performance in specific competitive activities.

Key words: *cardiorespiratory system, physical loads*

¹Науково-дослідний інститут Національного університету фізичного виховання і спорту України,

²Академія фізичного виховання і спорту Гданська (Польща)

Одержано редакцією 19.11.2014
Прийнято до публікації 07.12.2014