

ЗМІНИ КІНЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАКЦІЙ КАРДІОРЕСПІРАТОРНОЇ СИСТЕМИ ПРИ НАПРУЖЕНОМУ ФІЗИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ ПІД ВПЛИВОМ ВТОМИ

Проблема. Тренувальні навантаження, що періодично повторюються, часто виконуються на фоні недовідновлення від попередніх навантажень. При цьому змінюються реактивні властивості провідних для виду спортивної діяльності систем організму за умов фізичних навантажень і тренувальний ефект від таких навантажень.

Мета. Вивчення особливостей впливу втоми на кінетичні характеристики реакції кардіореспіраторної системи (КРС) в умовах напружених фізичних навантажень.

Методи дослідження. В процесі тривалого (близько 60 хвилин) навантаження оцінювали зміни піку реакції кардіореспіраторної системи і швидкості її розгортання при додаткових навантаженнях у вигляді прямокутного короткочасного збільшення потужності навантаження на 30 секунд через кожні 5 або 10 хвилин. Безперервні вимірювання характеристик реакції КРС на фізичні навантаження оцінювали за допомогою ергоспірометричного комплексу "Охусон Pro" ("Jaeger", Німеччина).

Основні результати дослідження. У кваліфікованих спортсменів відзначали вірогідно меншу величину напівперіоду реакції, ніж у нетренованих осіб, що свідчило про більшу швидкість розгортання функціональних реакцій у спортсменів на початку виконання аеробних навантажень різної інтенсивності і є важливим чинником задоволення кисневого запиту організму.

В другій половині тривалого навантаження до «відмови» (тривалість близько 60 хвилин) при аналізі змін піку реакції на короткочасні (30 с) підвищення потужності виявлено зниження реакції по V_E , $\dot{V}O_2$ і ЧСС. Це зниження зазвичай співпадало зі зниженням швидкості їх збільшення, що свідчило про зниження "нейрогенного" компоненту дихальної реакції. Більш стійким "нейрогенний" компонент був у тренуваних осіб. Збільшення інтенсивності навантаження за рахунок швидкості бігу було в цілому більш сприятливим (у порівнянні зі збільшенням силового компоненту) для підтримки реактивності системи дихання на фоні значного наростання втоми.

Наукова новизна результатів дослідження. Найбільш високий ефект спеціально спрямованих засобів тренування зберігається до тих пір, поки підтримуються високі рівні (піки) і швидкість розгортання реакції КРС, споживання кисню і виділення CO_2 . Все це вказує на необхідність врахування характеру таких змін реактивності КРС в процесі тренувального заняття і застосування спеціальних засобів для її корекції.

Висновки. Кінетика реакції КРС під впливом втоми тимчасово знижується, тобто збільшується інертність процесів формування реакцій, спрямованих на забезпечення відповідності метаболічного запиту і його задоволення. Характер і ступінь змін швидкої кінетики в зв'язку з цим може добре відбивати метаболічний і кардіореспіраторний стреси, викликані втомою після великих тренувальних навантажень.

Ключові слова: кваліфіковані спортсмени, фізичні навантаження, кардіореспіраторна система, кінетика, втома

Постановка проблеми. В умовах напружених тренувальних навантажень інтервального та повторного характеру, типових для багатьох дисциплін спорту, прояв фізичної працездатності (витривалості) та реалізація функціональних можливостей системи дихання залежать не тільки від верхніх меж споживання O_2 , легеневої вентиляції, центральної циркуляції, транспорту O_2 , але і від їх кінетики [1, 2, 1, 4, 5, 6, 7, 8]. Це пояснюється важливим значенням для працездатності в умовах навантажень високої інтенсивності реакцій дихальної (вентиляторної) компенсації метаболічного ацидозу, як одного з чинників компенсації наростаючих явищ стомлення [2, 9].

Тренувальні навантаження, що періодично повторюються, часто виконуються на фоні недовідновлення від попереднього навантаження та приводять до змін функціонального стану організму, що пов'язані з накопиченням такого недовідновлення [10, 11, 12, 13]. При цьому змінюються реактивні властивості провідних для виду спортивної діяльності систем організму, а також змінюється характер реагування на фізичні навантаження і тренувальний ефект таких навантажень [1, 9, 14]. Це тим більше важливо, що в практиці спорту для посилення тренувальних ефектів широко використовується повторне виконання фізичних навантажень, серій таких навантажень і тренувальних занять на фоні недовідновлення. Тому виявлення впливу втоми на реактивність кардіореспіраторної системи (КРС) має важливе теоретичне і практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На величину початкової кінетики реакцій аеробного енергозабезпечення фізичної роботи можуть впливати багато факторів [7, 14, 15]. Важливим і ще недостатньо з'ясованим є вплив втоми на характер і вираженість змін швидкої кінетики реакцій КРС, а також споживання O_2 і виділення CO_2 .

Перш за все, це стосується швидкості розгортання реакцій в початкових та інших перехідних умовах фізичного навантаження і загальної лабільності реакцій. Формування кінетичних компонентів реакції в таких умовах пов'язано із значенням “нейрогенних” факторів – “робочих” стимулів реакцій. За існуючими уявленнями “нейрогенні” компоненти дихальної реакції на фізичне навантаження визначаються аферентацією з механорецепторів працюючих кінцівок, а також центральними нисхідними супрабульбарними впливами, перш за все, з моторної кори мозку [16, 17, 18, 19]. Вони визначають найшвидшу частину початкової дихальної реакції і в подальшому змінюють відносну роль хеморецепторних стимулів.

Таким чином, при аналізі кінетики дихальної реакції на фізичне навантаження виділяються два її компонента: швидкий (переважно нейрогенного походження) і повільний (переважно гуморального походження) [20, 21]. Швидка кінетика відноситься, головним чином, до початкової реакції, тоді як повільна кінетика відноситься до відносно стійкого стану споживання кисню і характеризує його повільне наростання. Це відноситься в равній мірі і до вентиляторної та до циркуляторної реакції [5, 6, 7, 8, 20]. У зв'язку з цим швидкість розгортання цілісної реакції системи дихання визначається як нейрогенними факторами, пов'язаними з інформацією про початок руху кінцівок, так і хімічною стимуляцією, що пов'язана зі збільшенням метаболізму [16, 17, 18, 19]. У зв'язку з цим проаналізували зміни швидкості збільшення \dot{V}_E і $\dot{V}O_2$ при багаторазовому виконанні напружених м'язових навантажень, розділених інтервалами відпочинку.

Робота виконана згідно Зведеного плану НДР у галузі фізичної культури і спорту на 2011-2015 рр. по темі 2.35 «Критерії оцінки функціонального потенціалу спортсменів високого класу» (№ держреєстрації 0114U001482).

Мета дослідження полягала у вивченні особливостей впливу втоми на кінетичні характеристики реакції кардіореспіраторної системи в умовах напружених фізичних навантажень.

Методика

Було обстежено 319 кваліфікованих спортсменів у віці 19-27 років (КМС - МС), які протягом 5 - 10 років спеціалізувалися у видах спорту, змагальна діяльність яких вимагала прояву витривалості (біг на 100 м, на 800 м і на 5000 м, веслування на байдарках і каное, велоспорт та інш.), а також 45 нетренованих осіб у віці 20-25 років.

Відповідно даних диспансерних обстежень усі досліджуванні були практично здорові, не мали гострих та хронічних захворювань.

Аналіз впливу втоми під час виконання фізичних навантажень на зазначені кінетичні характеристики реакції КРС здійснювався на основі оцінки змін піку реакції і швидкості її розгортання. Для цієї мети в процесі тривалого (близько 60 хвилин) фізичного навантаження зазначені параметри реакції КРС вимірювалися при додаткових збільшеннях навантаження у вигляді прямокутного короточасного збільшення потужності на 30 с через кожні 5 або 10 хвилин. Навантаження виконувалися на велоергометрі "Monark. Ergomedic 894E".

Безперервні вимірювання газообміну і реакції КРС на фізичні навантаження оцінювали за допомогою ергоспірометричного комплексу "Oxycon Pro" ("Jaeger", Німеччина). Визначали легеневу вентиляцію (V_E , л·хв⁻¹), частоту дихання (f_T), дихальний об'єм (V_T , л), концентрацію O_2 і CO_2 в повітрі, що видихається (F_{EO_2} , F_{ECO_2} , %) і в альвеолярному повітрі (F_{AO_2} , F_{ACO_2} , %), споживання O_2 (VO_2 , л·хв⁻¹), виділення CO_2 (VCO_2 , л·хв⁻¹), частота серцевих скорочень (ЧСС, уд·хв⁻¹). З огляду на, що вимірювання проводилися у відкритій системі, показники зовнішнього дихання приведені до умов ВTPS, а газообміну до умов STPD.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням комп'ютерної програми "Microsoft Excel" з визначенням основних статистичних показників.

Статистичні розрахунки, а також графічне представлення результатів аналізу проводили в електронних таблицях "Microsoft Excel", „Statistica for Windows-5.0" (Statsoft Inc., Tulsa, USA), з визначенням основних статистичних показників, а також розрахунку коефіцієнту кореляції (r). Вірогідність відмінностей між величинами у групах досліджуваних перевіряли за допомогою t -критерію Ст'юдента.

При проведенні комплексних біологічних досліджень дотримувалися "Програми комплексного біологічного дослідження функціональних можливостей спортсменів", а також законодавства України про охорону здоров'я і Хельсинської декларації 2000 р., директиви Європейського товариства 86/609 стосовно участі людей у медико-біологічних дослідженнях. Спортсмену поясняли зміст та значення комплексного дослідження, отримували письмову згоду спортсмена.

Результати та їх обговорення

При аналізі впливу втоми під час виконання тренувальних навантажень на кінетичні характеристики реакції КРС інформативним показником є зміна *пікового рівня реакції* в заключній частині тривалого навантаження. В кінці експериментального тривалого навантаження легенева вентиляція і ЧСС, як правило, не досягали індивідуальних максимальних значень, характерних для такої інтенсивності навантажень. Так, кінцеві величини V_E становили $88,44 \pm 5,73\%$ ($p < 0,05$) від індивідуальних максимальних значень для даного навантаження. У менш тренованих осіб цей показник, був ще меншим ($84,72 \pm 2,13\%$), ніж у більш тренованих осіб.

Для з'ясування впливу ступеню адаптації до напруженої м'язової діяльності на кінетику реакцій системи дихання у осіб різного рівня тренованості порівнювали початкову кінетику дихальної реакції, яка характеризується часом, протягом якого реакція досягає 50% від свого кінцевого рівня (напівперіод реакції T_{50} , с) [21, 22]. У табл. 1 для нетренованих осіб і кваліфікованих спортсменів представлені величини напівперіоду реакції для рівня V_E , ЧСС, VO_2 і VCO_2 на початку виконання фізичної роботи при однаковій відносній її інтенсивності (по VO_2 в % від VO_{2max}).

Таблиця 1.

Напівперіод реакції (T_{50}) для рівня легеневої вентиляції, ЧСС, споживання O_2 і виділення CO_2 на початку фізичного навантаження при однаковій відносній його інтенсивності (по $\dot{V}O_2$ в % від $\dot{V}O_{2max}$), $M \pm SD$

Показники	Нетреновані особи, n=45	Спортсмени, n=319
Аеробне навантаження середньої інтенсивності ($\dot{V}O_2$ 51 %-55 % від $\dot{V}O_{2max}$)		
Напівперіод реакції для \dot{V}_E , с	39,41±2,63	29,23±2,35*
Напівперіод реакції для ЧСС, с	24,29±1,28	22,81±1,71
Напівперіод реакції для $\dot{V}O_2$, с	49,89±2,29	29,94±2,82*
Напівперіод реакції для $\dot{V}CO_2$, с	56,15±3,74	31,48±2,11*
Аеробне навантаження субмаксимальної інтенсивності ($\dot{V}O_2$ 85 %-95 % від $\dot{V}O_{2max}$)		
Напівперіод реакції для \dot{V}_E , с	56,86±2,12	36,67±1,24*
Напівперіод реакції для ЧСС, с	38,46±1,82	23,97±1,18*
Напівперіод реакції для $\dot{V}O_2$, с	67,18±1,62	35,95±2,41*
Напівперіод реакції для $\dot{V}CO_2$, с	74,99±2,91	38,11±1,67*

Примітка: * - відмінності вірогідні, $p < 0,05$.

Так, у кваліфікованих спортсменів відзначали вірогідно меншу величина напівперіоду реакцій, що свідчило про більшу швидкість розгортання функціональних реакцій на початку виконання аеробного навантаження середньої інтенсивності. Швидкість розвитку реакцій у спортсменів виявилася вище ніж у нетренованих осіб при рівній відносній інтенсивності м'язового навантаження. Найбільш вірогідні відмінності відзначали по величинам \dot{V}_E . Результати цієї серії досліджень показали також, що із збільшенням інтенсивності навантаження ці відмінності у нетренованих осіб і спортсменів збільшуються (при $\dot{V}O_2$ 85 %-95 % від $\dot{V}O_{2max}$).

Відмінності швидкості збільшення споживання O_2 пов'язані з тренуванням і визначають відмінності кисневого дефіциту в початковій частині навантаження (табл. 2.), що є важливим чинником задоволення кисневого запиту організму і пов'язано з працездатністю в багатьох видах спортивної діяльності [3, 4, 14].

Кисневий дефіцит при однаковій інтенсивності навантаження (щодо робочого рівня $\dot{V}O_2$) вірогідно нижче у спортсменів. Результати цієї серії досліджень показали також, що із збільшенням інтенсивності навантаження ці відмінності у нетренованих осіб і кваліфікованих спортсменів збільшуються. У той же час порівняння O_2 -дефіциту у них при відносно однаковій (по $\dot{V}O_2$ в % від $\dot{V}O_{2max}$) інтенсивності фізичного навантаження не виявило вірогідних відмінностей. Однак, при цьому слід враховувати, що для спортсменів $\dot{V}O_2$ 60 %-65 % від $\dot{V}O_{2max}$ в абсолютних величинах в 1,85 разів більше, ніж для нетренованих осіб. Тому відносна частка O_2 -дефіциту в загальному $\dot{V}O_2$ у спортсменів виявилася нижчою і в цьому випадку.

При навантаженні граничної інтенсивності тривалістю 5 хвилин спостерігався позитивний зв'язок швидкості збільшення $\dot{V}O_2$ з працездатністю спортсменів ($r=0,493$, $p < 0,05$). Ймовірно тому фізична працездатність, що оцінювали за часом утримання

$\dot{V}O_{2max}$, а також досягнутий рівень $\dot{V}O_2$ виявилися більш високими (на $1,49 \pm 0,14$ хв., на $784,93 \pm 23,15$ мл·хв⁻¹, відповідно) при переході до такого навантаження не від стану спокою, а від більш легкого навантаження. Можна думати, що ці особливості впливу попереднього навантаження на швидкість дихальної реакції пов'язані зі зрушенням порогової точки чутливості вентиляторної реакції до CO_2 і з загальним налаштуванням реактивності системи дихання. Вони підтверджують один із фактів впливу розминки в спорті на прояви загальної і спеціальної працездатності спортсменів.

Таблиця 2.

“Кисневий дефіцит” в початковій частині навантаження при однаковій відносній його інтенсивності у нетренованих осіб (Н) і у кваліфікованих спортсменів (С), $M \pm SD$

Показники	Нетреновані особи, n=45	Спортсмени, n=319
Аеробне навантаження середньої інтенсивності ($\dot{V}O_2$ 51 %-55 % від $\dot{V}O_{2max}$)		
O_2 -дефіцит, л	0,81±0,06	0,62±0,05*
Відношення $\dot{V}O_2$ стійкого стану навантаження к O_2 -дефіциту	2,39±0,11	2,66±0,09*
Аеробне навантаження максимальної інтенсивності ($\dot{V}O_2$ 85 %-95 % від $\dot{V}O_{2max}$)		
O_2 -дефіцит, л	1,23±0,11	1,31±0,13
Відношення $\dot{V}O_2$ стійкого стану навантаження к O_2 -дефіциту	1,66±0,13	2,87±0,21*

Примітки: * - відмінності вірогідні, $p < 0,05$.

Крім того, аналіз змін піку реакції на короткочасні (30 с) підвищення потужності навантаження показує (табл. 3), що в другій половині тривалого навантаження до «відмови» (тривалість близько 60 хвилин) мало місце зниження реакції по \dot{V}_E , $\dot{V}O_2$ і ЧСС. Це зниження зазвичай співпадало зі зниженням швидкості їх збільшення.

Таблиця 3.

Зміна піку реакції легеневої вентиляції, споживання кисню і ЧСС (приріст у %) на 30 секунді підвищення (на одну третину) потужності навантаження в процесі тривалої роботи на ергометрі (78–83 %, n=11), $M \pm SD$

Показники		Часові періоди навантаження			P(t-тест)
		14-хв	34-хв	54-хв	
Зміни рівня легеневої вентиляції, %	1	0,4±0,4	1,5±0,2	1,8±0,3	
	2	-4,9±0,6	-1,0±0,6	0,1±0,6	14-54 хв
Зміни рівня споживання кисню, %	3	1,9±0,6	2,7±0,6	4,0±0,8	14-54 хв
	4	-3,5±0,8	5,5±0,9	6,9±1,0	14-54 хв
Зміни ЧСС, %	5	0,2±0,5	2,1±0,6	1,5±0,4	14-54 хв
	6	-0,5±0,6	-0,4±0,7	-0,8±1,2	
P (t-тест) <0,05		1-2, 3-4	3-4	3-4	

Аналіз змін швидкості розгортання реакцій дихальної системи у відповідь на короткочасне збільшення потужності роботи показав, що найбільша величина швидкості реакцій досягалася і підтримувалася від 5 до 35 хвилини напруженого тривалого навантаження. Після цього періоду відзначалося зниження кінетики реакції по напівперіоду реакції T_{50} [21, 22]. Аналіз індивідуальних даних спортсменів показав наявність тенденції до прямого зв'язку ($r=0,48$, $p<0,05$) часу початку виразного зниження піку дихальної реакції на короткочасне (30 с) збільшення потужності навантаження і працездатності (граничної тривалості) навантаження.

Для уточнення кількісної ролі змін “нейрогенних” компонентів дихального реакції протягом тривалого навантаження порівнювали динаміку дихальної реакції на короткочасні підвищення інтенсивності навантаження тільки за рахунок збільшення швидкості (табл. 4) та за рахунок збільшення зусилля при постійній швидкості. Виходили з передумови про те, що у випадку підвищення інтенсивності навантаження тільки за рахунок збільшення швидкості насамперед збільшується роль нейрогенних факторів стимулювання дихальної реакції. Дані таблиці 4 підтверджують це. Вентиляторна реакція була більшою при збільшенні потужності навантаження за рахунок швидкості бігу незважаючи на однакову швидкість зниження приросту \dot{V}_E і $\dot{V}O_2$ в кінці навантаження.

Наведені дані свідчать про те, що в динаміці тривалого монотонного навантаження “нейрогенний” компонент дихальної реакції знижувався. Більш стійким “нейрогенний” компонент був у тренуваних осіб. Збільшення інтенсивності навантаження за рахунок швидкості бігу було в цілому більш сприятливим (у порівнянні зі збільшенням силового компоненту) для підтримки реактивності системи дихання на фоні значного наростання втоми.

Як уже зазначалося, при виконанні інтенсивного тривалого навантаження “до відмови” виявлено зв'язок ступеня зниження швидкості реакції системи дихання (зниження нейрогенного компоненту реакції) з працездатністю та об'ємом виконаної роботи. Такий зв'язок був найбільш тісний ($r=0,577$, $p<0,05$) не з сумарною реакцією на 30-секундне збільшення інтенсивності навантаження (“прискорення”), а з її “піком”, який визначається як максимальний рівень \dot{V}_E , $\dot{V}O_2$ в одному з 10 с відрізків при 30 секундному періоді підвищення потужності на 33 % і відразу після них ($r=0,568$, $p<0,05$). Більш того, при розвитку втоми пік реакції, що досягався під час “прискорень” в першій половині тривалого навантаження, мав тенденцію до переміщення у відновлювальний період після виконання “прискорень”. Ці дані побічно свідчать про підвищення до кінця тривалого навантаження відносної ролі ацидотичних і гіпоксичних стимулів дихання. Підтримання їх стимулюючої ролі є важливим фактором компенсації стомлення.

Наведені дані вказують на те, що пікові величини дихальної реакції в процесі інтенсивної тривалої навантаження знижуються. Така зміна кінетики (швидкої частини) дихальної реакції може мати пряме відношення до зміни структури реакції КРС під впливом втоми і загальної працездатності.

Таблиця 4.

Відносний (в %) приріст легеневої вентиляції (\dot{V}_E), споживання O_2 ($\dot{V}O_2$) и частоти серцевих скорочень (ЧСС) при короткотривалому (30 с) підвищенні на 33 % інтенсивності навантаження ("прискорення") при виконанні тривалого навантаження ($n=27$): П – при підвищенні інтенсивності за рахунок збільшення зусилля (кута нахилу полотна treadmill) при постійній швидкості бігу; Ш – за рахунок збільшення тільки швидкості бігу, $M \pm SD$

Показники	Час виконання фізичної роботи										P (t-тест) <0,05
	15-я хвилина		35-я хвилина		55-я хвилина		55-я хвилина				
	випадна - при прискоренні	прискорення - після нього	випадна - при прискоренні	прискорення - після нього	випадна - при прискоренні	прискорення - після нього	випадна - при прискоренні	прискорення - після нього	А	Б	
\dot{V}_E , % змін	П	6,51±0,83	0,41±0,54	6,85±0,67	1,52±0,31	0,92±0,41	1,88±0,31	1,88±0,31			A-15, 35, 55 хв.; Б - 15, 35, 55 хв.
	Ш	12,51±0,74	-4,92±0,61	9,37±0,83	-1,02±0,63	6,85±0,82	0,19±0,02	0,19±0,02			A-15, 55 хв.; Б-15, 35, 55 хв.
$\dot{V}O_2$, % змін	П	6,27±0,91	1,94±0,69	6,93±0,85	2,77±0,65	4,87±0,71	4,09±0,82	4,09±0,82			A-35, 55 хв.; Б-15, 55 хв.
	Ш	12,43±1,16	-3,51±0,84	8,57±0,91	5,51±0,98	5,02±0,78	6,94±1,01	6,94±1,01			A-15, 35, 55 хв.; Б-15, 35, 55 хв.;
ЧСС, % змін	П	4,02±0,73	0,25±0,53	0,95±0,71	2,11±0,62	1,51±0,53	1,51±0,82	1,51±0,82			A-15, 35, 55 хв.; Б-15, 35 хв.;
	Ш	3,45±0,81	-0,51±0,63	4,51±1,12	-0,44±0,74	3,13±0,71	-0,81±1,22	-0,81±1,22			

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Кінетика реакцій КРС під впливом втоми тимчасово знижується, тобто збільшується інертність процесів формування реакцій, спрямованих на забезпечення відповідності метаболічного запиту і його задоволення. Характер і ступінь змін швидкої кінетики в зв'язку з цим може добре відбивати метаболічний і кардіореспіраторний стреси, викликані втому після великих тренувальних навантажень. На цій основі може бути розроблений новий тип інтегральних показників стомлення і його специфічності у спортсменів для контролю напруженості тренувальних навантажень.

2. Виконання програми тренувальних навантажень, що моделюють різну їх спрямованість в лабораторних умовах, у всіх випадках характеризується зміною реактивних властивостей КРС. Основними такого типу змінами при розвитку втоми є зниження пікових величин реакції, а також швидкості їх розгортання.

3. Характер тренувальних впливів в початковій частині навантаження тренувального заняття і в кінці її різняться. Особливо це виражено при повторному виконанні навантажень близької до максимальної інтенсивності. У цьому випадку найбільш високий ефект спеціально спрямованих засобів тренування такого роду зберігається до тих пір, поки підтримуються високі рівні (піки) і швидкість розгортання реакції КРС, споживання кисню і виділення CO₂. Все це вказує на необхідність врахування характеру таких змін реактивності КРС в процесі тренувального заняття і застосування спеціальних засобів для її корекції.

4. Швидка кінетика реакцій КРС впливає на прояв працездатності не тільки при рівномірних (безперервних) навантаженнях зазначеної вище тривалості, але і в ще більшому ступені при переривчастому (інтервальному або повторному) характері навантажень. Це може мати велике значення для ефективного регулювання об'єму і інтенсивності тренувальних навантажень інтервального і повторного типу.

Література

1. Гречуха С.В. Реактивність центральної гемодинаміки при диханні з опором у представників різних циклічних видів спорту / [С.В.Гречуха, С.О.Коваленко, О.О.Безкопильний, В.П.Гаценко] // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – 2015. – Випуск 2 (335). – С.20-25.
2. Kovalenko S.O. Peculiarities of male and female heart rate variability / S.O.Kovalenko, L.I.Kudij, O.I.Lutsenko // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences. 2013. – Issue 15. – P.17-20.
3. Мищенко В.С. Функциональные возможности спортсменов / В.С.Мищенко. – Киев: Здоровья, 1990. – 200 с.
4. 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.
5. Adami A. Oxygen uptake, cardiac output and muscle deoxygenation at the onset of moderate and supramaximal exercise in humans / [A.Adami, S.Pogliaghi, G.De Roia, C.Capelli]. // European Journal of Applied Physiology. – 2011. - Vol. 111, №7. – P. 1517-1527.
6. Coast J.R. Relationship of oxygen consumption and cardiac output to work of breathing / J.R.Coast, K.M.Krause. // Med. Sci. Sports Exerc. – 1993. – Vol. 25. – P. 335-340.
7. D'Angelo E. Neural stimuli increasing respiration during different types of exercise / E.D'Angelo, G.Torelli. // Journal of Applied Physiology. – 1971. – Vol.30, №1. – P.116-128.
8. Koppo K. Effect of prior high – intensity arm exercise on VO₂ kinetics during high – intensity cycling exercise / [K.Koppo, S.Gerlo, S.Vergaert, J.Bouckaert]. // 2-nd Congress of the ECSS. Copenhagen. -1997. – P. 914 – 915.
9. Neumann G. Special performance capacity / G.Neumann // The Olympic Book of Sport Medicine. – Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1992. – Vol.1. - P. 97-108.
10. Schneider D. V_E and VCO₂ remain tightly coupled during incremental cycling performed after a bout of high-intensity exercise / D.Schneider, J.Berwick. // European Journal of Applied Physiology. – 1998. – Vol.77. – P. 72–76.

11. 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.
12. 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.Lamb et al.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2011. – Vol. 111, № 4. – P. 591-600.
13. 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.
14. Мищенко В.С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В.С.Мищенко, Е.Н.Лисенко, В.Е.Виноградов. – Київ: Науковий світ, 2007. – 351 с.
15. Whipp B.J. Determinants of oxygen uptake kinetics during high-intensity exercise in humans / B.J.Whipp // *Book of Abstract 1. - Copenhagen. ECSS. –1997.–P.496-497.*
16. Исаев Г.Г. Механизм “быстрого нейrogenного компонента” вентиляторной реакции при инициации двигательной активности / Г.Г.Исаев, Ю.П.Герасименко. // *Физиология человека*. – 2005. – Т.31, № 5. – С. 73-79.
17. Gus A. Brain, breathing and breathlessness / A.Gus. // *Respir. Physiol.* - 1997. - Vol. 109. - P. 197-204.
18. 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.McDermott et al.]. // *European Journal of Applied Physiology*. – 2012 – Vol. 112, № 3. – P. 929-940.
19. Taylor E.W. Central control of the cardiovascular and respiratory systems and their interactions in vertebrates / E.W.Taylor, D.Jordan, J.H.Coote. // *Physiol. Rev.* - 1999. - Vol. 79. - P. 855-862.
20. Burnley M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance / M.Burnley, A.Jones. // *Eur. J. Sport Sci.* – 2007. - Vol. 7 (2). – P.63-79.
21. Jones N. Body carbon dioxide storage capacity in exercise / N.Jones, J.Jurkouski. // *Journal of Applied Physiology*. - 1979. – Vol. 46 (4). – P. 811-815.
22. Jones A. Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise / A.Jones, K.Koppo, M.Burnley. // *Sports Med.* – 2003. - Vol. 33 (13). - 949-971.

References

1. Grechuha S.V., Kovalenko S.O., Bezkopilnyi O.O., Gatsenko V.P. (2015). Reaktivnist tsentralnoyi gemodinamiki pri dihanii z oporom u predstavnikiv riznih tsiklichnih vidiv sportu (*Visnik Cherkaskogo universitetu. Seriya biologichni nauki*), 2 (335), 20-25. (in Ukr.)
2. Kovalenko S.O., Kudij L.L., Lutsenko O.I. (2013). Peculiarities of male and female heart rate variability (*Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences*), 15, 17-20.
3. Mischenko V.S. (1990). Funktsionalnye vozmozhnosti sportmenov. Kiev: Zdorovya, 200 (in Russ.).
4. Mischenko V.S., Pavlik A.I., Dyachenko V.F. (1999). Funktsionalnaya podgotovlennost, kak integralnaya harakteristika predposylok vyisokoy rabotosposobnosti sportmenov: Metodicheskoe posobie. Kiev:GNIIFKiS, 129 (in Russ.).
5. Adami A. , Pogliaghi S., Roia G.De, Capelli C. (2011). Oxygen uptake, cardiac output and muscle deoxygenation at the onset of moderate and supramaximal exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 111, 7; 1517-1527.
6. Coast J.R. Coast J.R., Krause K.M. (1993). Relationship of oxygen consumption and cardiac output to work of breathing. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 25, 335-340.
7. D'Angelo E., Torelli G. (1971). Neural stimuli increasing respiration during different types of exercise. *Journal of Applied Physiology*, 30, 1, 116-128.
8. Koppo K., Gerlo S., Vergaert S., Bouckaert J. (1997). Effect of prior high – intensity arm exercise on VO_2 kinetics during high – intensity cycling exercise. *2-nd Congress of the ECSS. Copenhagen*, 914 – 915.
9. Neumann G. (1992). Special performance capacity. *The Olympic Book of Sport Medicine*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1, 97-108.
10. Schneider D., Berwick J. (1998). V_E and VCO_2 remain tightly coupled during incremental cycling performed after a bout of high-intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 72–76.
11. Scott C.B. (2012). Oxygen Costs Peak after Resistance Training Sets: A Rationale for the Importance of Recovery over Exercise. *Journal of Exercise Physiology online*, 15 (2), 1-8.
12. Spencer M.D., Murias J.M., Lamb H.P. et al. (2011). Are the parameters of VO_2 , heart rate and muscle deoxygenation kinetics affected by serial moderate-intensity exercise transitions in a single day? *European Journal of Applied Physiology*, 111,4, 591-600.
13. Thevenet D., Tardieu-Berger M., Berthoin S., Prioux J. (2007). Influence of recovery mode (passive vs. active) on time spent at maximal oxygen uptake during an intermittent session in young and endurance-trained athletes. *Eur J Appl Physiol.*, 99 (2), 133-142.

14. Mischenko V.S., Lisenko E.N., Vinogradov V.E. (2007). Reaktivnyie svoystva kardiorespiratornoy sistemyi kak otrazhenie adaptatsii k napryazhennoy fizicheskoy trenirovke v sporte. Kiyiv: Naukoviy svit, 351 (in Russ.).
15. Whipp B.J. (1997). Determinants of oxygen uptake kinetics during high-intensity exercise in humans. Book of Abstract I. Copenhagen. ECSS, 496-497.
16. Isaev G.G., Gerasimenko Yu.P. (2005). Mehanizm "byistrogo neyrogennoho komponenta" ventilyatornoy reaktzii pri initsiatsii dvigatelnoy aktivnosti. *Fiziologiya cheloveka*, 31, 5, 73-79. (in Russ.).
17. Gus A. (1997). Brain, breathing and breathlessness. *Respir. Physiol.*, 109, 197-204.
18. O'Halloran J., Hamill J., McDermott W.J. et al. (2012). Locomotor-respiratory coupling patterns and oxygen consumption during walking above and below preferred stride frequency. *European Journal of Applied Physiology*, 112, 3, 929-940.
19. Taylor E.W., Jordan D., Coote J.H. (1999). Central control of the cardiovascular and respiratory systems and their interactions in vertebrates. *Physiol. Rev.*, 79, 855-862.
20. Burnley M., Jones A. (2007). Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *Eur. J. Sport Sci.*, 7 (2), 63-79.
21. Jones N., Jurkouski J. (1979). Body carbon dioxide storage capacity in exercise. *Journal of Applied Physiology*, 46 (4), 811-815.
22. Jones A., Koppo K., Burnley M. (2003). Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. *Sports Med.*, 33 (13), 949-971.

Summary. *Lysenko O.N. Change of kinetic characteristics of the reaction of cardiorespiratory system during loads of high intensity under the influence of fatigue.*

Introduction. *Repeated training loads are often performed on the background of fatigue from previous loadings. This changes the as a reactive properties leading for a kind of sports activity systems of an organism in conditions of physical activities and the training effect by for such loads.*

Purpose. *Study of features of effect of fatigue on the kinetic characteristics of reaction of the cardiorespiratory system (RNC) in conditions of intense physical activity.*

Methods. *During prolonged load (about 60 minutes) were evaluated changes in peak reaction of CRS and her speed of deployment under some additional loads for 30 seconds every 5 or 10 minutes in the form of a rectangular a short increase in of load. Continuous measurement of the characteristics of response on physical activity was assessed using the ergospirometry complex "Oxycon Pro" ("Jaeger", Germany).*

Results. *For athletes had significantly smaller value half-period reactions than the in untrained persons. This indicated a greater speed of deployment of functional reactions of athletes at the start of aerobic exercise of different intensities and is an important factor in providing the request of the body of oxygen.*

In analyzing the changes of the peak reaction in the short (30 s) increasing power in the second half in prolonged of load showed decrease of reaction V_E , VO_2 and heart rate. This decrease is usually coincides with a decrease in their speed of increase, indicating that the decrease in of "neurogenic" component of the respiratory reaction. A more resistant "neurogenic" component was in trained man. In this case, an increase in intensity due of load running speed is generally more favorable (relative to the increase of the power component) for supporting the reactivity of the respiratory system by a significant increase of fatigue.

Originality. *Highest effect is specifically designed the training funds is maintained as long as the are supported high levels (peaks) and the speed of deployment of the reaction of CRS, oxygen consumption and CO_2 . All this points to the need to consider the nature of such changes of reactivity CRS during training sessions and the use of special means for its correction.*

Conclusion. *The kinetics of the reactions CRS under the influence of fatigue is temporarily reduced. Increases inertness of processes of formation of reactions, aimed at the ensuring compliance with the of metabolic request and his satisfaction. The character and degree of changes in of a fast the kinetics may well reflect the metabolic and cardiorespiratory stress caused by fatigue after heavy training loads.*

Key words: *skilled athletes, physical loads, cardiorespiratory system, kinetics, fatigue.*

Національний університет фізичного виховання і спорту України

Одержано редакцією

23.12.2015

Прийнято до публікації

05.02.2016