

THE STATE OF THE NITRIC OXIDE SYSTEM IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND OBESITY WITH BRONCHOOBSTRUCTIVE SYNDROME*K.O.Sytnyk*

Abstract. The author has determined the state of the nitric oxide system and detected interrelations between the level of the NO production with a dysfunction of the external respiration and BMI in patients with arterial hypertension (AH). The following anthropometric parameters were measured: the height, the body weight, the body mass index. 103 patients with AH were examined. All the examined patients underwent computer spirometry with an evaluation of the principal spirometric parameters. The content of the stable metabolites of nitric oxide, namely nitrates and nitrites (NO₃ and NO₂) were determined by means of the spectrophotometric method, employing Griess' reagent, the sum of NO₃ and NO₂ was regarded as a marker of the NO production (NO₃ + NO₂). The patients were subdivided into subgroups, depending on the value of BMI and the manifestations of bronchoobstructive syndrome. The results of the research are indicative of the fact that the presence of an overweight of the body and obesity in hypertensive patients is associated with the development of an endothelial dysfunction.

Key words: arterial hypertension, obesity, bronchial obstruction, endothelial dysfunction.

National Medical University (Kharkiv)

Рецензент – д.мед.н. Л.П.Сидорчук

Buk. Med. Herald. – 2011. – Vol. 15, № 3 (59). – P. 238-242

Надійшла до редакції 23.03.2011 року

© К.О.Ситник, 2011

УДК 616.248:[616.12-008.318-073:616.-003.96]-036-07

*Я.І.Сливка, А.А.Трохимович***МІСЦЕ КАРДІОІНТЕРВАЛОГРАФІЇ У КОМПЛЕКСНІЙ ОЦІНЦІ ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗУ ТА АДАПТАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗМУ У ХВОРИХ НА БРОНХІАЛЬНУ АСТМУ (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

Ужгородський національний університет, медичний факультет

Резюме. У статті висвітлено питання інформативності показників варіабельності серцевого ритму в комплексній діагностиці вегетативного гомеостазу та адаптаційних резервів у хворих на бронхіальну астму.

Ключові слова: бронхіальна астма, варіабельність серцевого ритму.

Протягом останніх років у практичну охорону здоров'я активно впроваджуються об'єктивні критерії тестування функціональних резервів організму. Водночас, практична реалізація нових методичних підходів залежить від вибору найбільш інформативних параметрів, що, насамперед, відображають зміни функціонального статусу організму.

Оцінити функціональний стан організму на сьогоднішній день можна за допомогою методик математичного аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР), який дає важливу інформацію про стан вегетативної регуляції серцево-судинної системи та всього організму в цілому [1, 2]. Інтерес до діагностичних можливостей аналізу ВСР з'явився у 70-х роках, коли кардіологи встановили, що після перенесеного інфаркту міокарда ритм серця стає близьким до „метрономного”, і чим він ближчий до метрономного, тим гірший прогноз для хворого [17]. У 1960-х роках розпочаті розробки з дослідження значення змін ВСР. Основою цьому став постулат, висунутий В.В.Парінім [2], про те, що в організмі є ряд

життєво важливих фізіологічних систем, активність яких може слугувати індикатором стану організму та його адаптаційних резервів. Р.М.Баєвський запропонував параметризувати «ціну діяльності» та стан неспецифічних адаптаційних механізмів організму людини за варіабельністю серцевого ритму [2].

Варіабельність – це властивість всіх біологічних процесів, пов'язана з необхідністю пристосування організму до мінливих умов навколишнього середовища. Варіабельність чи мінливість тих чи інших параметрів, у тому числі і серцевого ритму, відображає вплив сигналів управління, які перенастроюють клітини, органи чи системи в інтересах збереження гомеостазу чи адаптації організму до нових умов [15]. Відомо, що серцево-судинна система бере участь практично в кожному адаптаційному процесі організму як невід'ємна ланка цілісної фізіологічної реакції [14]. У зв'язку з цим, зміна серцевого ритму є універсальною реакцією організму у відповідь на впливи зовнішнього та внутрішнього середовищ, яка відображає результат численних регуляторних

впливів на серцево-судинну систему. Ритм серця при такому підході розглядається не тільки як показник пейсмейкерної активності синусового вузла, а більшою мірою як інтегрований показник взаємодії трьох регулюючих серцевий ритм факторів: рефлекторного – симпатичного; рефлекторного – парасимпатичного і гуморально-метаболического [14]. Тісний симбіоз симпатичного та парасимпатичного відділів ВНС, гуморальних і рефлекторних впливів забезпечує координуючу функцію та досягнення оптимальних результатів щодо адаптації до зміни умов внутрішнього та зовнішнього середовища. Загальний підхід до оцінки регуляції серцевого ритму полягає в тому, що, по-перше, більш високі рівні регуляції розглядаються як інгібітори активності більш низьких рівнів. При зміні зовнішнього середовища і/або при розвитку патологічного процесу з метою збереження гомеостазу активуються вищі рівні управління. Втручання центральних механізмів управління в роботу автономних відбувається тільки в тому випадку, коли останні перестають оптимально виконувати свої задачі. По-друге, період коливань серцевого ритму пов'язаний з рівнем регуляції: чим вищий період коливань, тим вищий рівень регуляції [2]. Відхилення, що виникають у регулюючих системах, передують гемодинамічним, метаболическим, енергетичним порушенням і, відповідно, є найбільш ранніми прогностичними ознаками неблагополуччя досліджуваного. Оскільки серцевий ритм є індикатором цих відхилень, то дослідження показників ВСР дозволяє вже на ранніх етапах виявити наявні чи ймовірні зміни з боку регуляторних систем організму, зокрема зміни вегетативного балансу [1, 8].

Стан ВНС та механізмів регуляції оцінюється за допомогою ряду статистичних та спектральних показників ВСР, рекомендованих як міжнародні стандарти Робочою групою Європейського кардіологічного товариства та Північноамериканського товариства кардіостимуляції та електрофізіології [18]. У країнах СНД у клінічних та експериментальних дослідженнях використовуються близькі за змістом критерії часового аналізу серцевого ритму. Серед зазначених найбільшої популярності набув запропонований Р.М. Баєвським індекс напруження регуляторних систем (ІН), який дозволяє кількісно оцінити ступінь напруження регуляторних впливів [2].

Суттєву інформацію при визначенні функціонального стану організму, яка дозволяє оцінити реактивність ВНС та вегетативне забезпечення діяльності організму, отримують при проведенні аналізу ВСР в умовах функціональних проб [2, 8]. Ортостатична проба є однією з найбільш застосовуваних функціональних проб в оцінці адекватності процесів адаптації та характеристики реактивності відділів ВНС [3, 7]. Так, у нормі фізіологічна реакція на ортопробу характеризується збільшенням нормованої потужності низькочастотних (симпатичних) хвиль та зростанням симпатовагального балансу. У стресових умовах

вищеописана динаміка показників ВСР у цілому зберігається, однак змінюється вираження, тобто ступінь напруження регуляторних механізмів у відповідь на ортостатичне навантаження. Від тривалості та інтенсивності стресового впливу залежить ступінь напруження фізіологічних резервів організму, тобто фізіологічна «ціна адаптації». Стресовий стимул високої інтенсивності може призвести до парадоксальної реакції серцевого ритму на ортопробу з переходом регуляції на новий рівень і включення вищих вегетативних центрів у забезпеченні ортостаза [1].

На основі проаналізованих даних можна дійти висновку, що погіршення регуляторних якостей, за даними ВСР, знижує стійкість механізмів регуляції до впливу зовнішніх навантажень. При високій депресії вегетативної регуляції будь-яке навантаження виводить системи регуляції у зону нестійкості, за межі адаптаційних можливостей. У певних межах, чим вище варіабельність, тим стійкіші системи регуляції до впливу зовнішніх навантажень. При різкому зниженні варіабельності, тобто при «вегетативній денервації», погіршується якість регуляторних механізмів і зростає ризик зриву адаптації [14]. Таким чином, використовуючи ВСР як інтегральний показник процесів регуляції, можна виділити та кількісно оцінити вплив на серцевий ритм кожної із регулюючих ланок – центральної, вегетативної, гуморальної, оцінити на основі цього функціональний стан організму та його адаптаційні резерви, дати прогноз захворювання з урахуванням загального функціонального стану, виробити рекомендації з підбору оптимальної терапії, враховуючи фон нейрогуморальної регуляції, а також здійснювати контроль за призначеним лікуванням. Всі вищезазначені положення і зумовлюють значний інтерес до практичного застосування методології оцінки ВСР у різних галузях клінічної медицини, зокрема і в пульмонології [4, 5, 6, 9, 16].

Одні з перших, хто дослідив стан ВНС при бронхіальній астмі (БА) з використанням показників ВСР, були Garrard G.S. et al. [20]. На даний час проведено багато досліджень, присвячених виявленню та оцінці вегетативних розладів у патогенезі БА з використанням аналізу показників ВСР [4-7, 9-13, 16]. Дані цих досліджень вказують на дисбаланс надсегментарного та сегментарного відділів ВНС, що свідчить про поломку регуляторних механізмів, які зобов'язані адаптувати індивідуум до хвороби.

Аналіз проведених досліджень дозволив прослідкувати зв'язок між порушеннями вегетативних адаптивних механізмів та дисфункцією системи регуляції дихання у хворих на БА. Так, встановлено істотне зниження загальної потужності ВСР у всіх частотних діапазонах, що корелює із ступенем респіраторних порушень [13]. Аналіз публікацій з оцінки ВСР у хворих на БА показав, що в цих осіб, окрім загального зниження ВСР, відмічається послаблення активності симпатичної [19, 20], і/або підвищення активності

парасимпатичної ланки регуляції серцевого ритму [16]. Інші автори вказують на існування прямих кореляційних зв'язків між ступенем дихальної недостатності та активацією симпатичного відділу ВНС. Дослідження бронхообструктивного синдрому у хворих на БА та його впливу на серцевий ритм виявило, що у 93,3 % пацієнтів відмічалось переважання симпатичних впливів у загальній ВСР [7]. За даними деяких дослідників [5, 6], гіпоксія та гіперкапія, що супроводжують загострення БА, призводять до стійкої зміни параметрів ВСР із значним зниженням загальної потужності спектра ВСР та підвищенням симпатичної активації. Такі ж дані отримані і в дослідженні В. Н. Марченка та співавт. [7], які вказують на тенденцію до посилення симпатичних та послаблення парасимпатичних впливів у хворих на БА порівняно зі здоровими, що супроводжувалося достовірним збільшенням у них показника симпатовагального балансу LF/HF та зміщенням його у бік симпатикотонії. Вони виявили кореляційну залежність між спектральними показниками ВСР та показниками вентиляційної функції легень, що говорить про активну роль центрального, симпатичного та парасимпатичного контурів ВНС не тільки в регуляції серцевого ритму, а й бронхіальної прохідності, що дозволило висловити припущення про єдину нейровегетативну регуляцію кардіореспіраторної системи. За даними цих авторів, погіршення бронхіальної прохідності у хворих на БА спостерігається при значному зміщенні симпатовагального балансу в бік симпатикотонії, причому це відбувається на тлі як симпатичної, так і парасимпатичної недостатності регуляції серцевого ритму в спокої.

Чимало дослідників притримуються думки, що ВСР знижується зі зростанням ступеня тяжкості захворювання і збільшується у випадку її сприятливого перебігу. Так, дослідження останніх років [12, 13] показали, що збільшення ступеня тяжкості та тривалості БА характеризується узгодженими змінами показників ФЗД та ВСР із достовірним зниженням ОФВ1 та загальної потужності спектра (TP) ВСР. Зниження TP ВСР відбувається переважно за рахунок парасимпатичних впливів HF, що проявляється ростом симпатовагального балансу LF/HF і є відображенням наростаючої з тяжкістю БА симпатичної гіперактивності. Висока кореляція між показниками ОФВ1 та TP ВСР у пацієнтів з БА підтверджує значимість регуляторних механізмів у диханні. Такої ж думки притримуються інші автори [5], які вказують, що тривалість і тяжкість БА, часте використання симпатоміметиків та подекуди і їх передозування призводять до розвитку адренергічного дисбалансу, який супроводжується порушенням як сегментарної, так і надсегментарної активності ВНС, що проявляється зменшенням ВСР і є несприятливим фактором розвитку серцевих аритмій.

Цікавим у плані дослідження виявилось вивчення циркадної динаміки показників ВСР у

хворих на БА [10]. Виявлено, що при загостренні БА циркадні профілі рNN50 та HF, які характеризують активність парасимпатичних відділів ВНС, мають більш високі значення в нічні та ранкові години (з 24 год до 7 год).

Є ряд цікавих публікацій, присвячених оцінці впливу медикаментозної терапії БА на ВНС [11, 19]. Так, виявлено, що такі широкоживані симпатоміметики, як салбутамол та тербуталін, призводять до підвищення симпатичної активності (LF) і симпатовагального балансу (LF/HF) та зниження загальної потужності спектра на 5-й, 10-й, 15-й та 20-й хвилини після інгаляції салбутамолу й тербуталіну, у той же час парасимпатична активність HF достовірно не змінювалась. Отримані результати вказують на те, що інгаляції салбутамолу та тербуталіну мають вплив на ВСР, підвищують симпатичну активність вегетативної регуляції серцевої діяльності.

Із представленого огляду літератури видно, що в переважній більшості робіт, присвячених вивченню вегетативних розладів при БА, результати є досить суперечливими і стосуються лише одного із проявів ВНС – її вихідного тону. При цьому, у більшості робіт не розглядається значимість для оцінки функціонального стану ВНС таких характеристик, як вегетативне забезпечення діяльності і вегетативна реактивність в умовах проведення функціональних проб. Реактивність ВНС при дії подразнюючих стимулів характеризується «законом вихідного рівня» Вайдлера – чим вище вихідний рівень управління і чим у більш тривалому напруженому стані знаходиться система чи орган, тим менша відповідь можлива при впливі подразнюючих стимулів. Зниження реактивності рефлексогенних зон пояснюється тонічною навантаженістю вегетативних систем, нездатних до максимальної відповіді при фізичному навантаженні. Перехід на новий рівень регуляції і залучення вищих вегетативних центрів у забезпечення реакцій адаптації свідчить про нездатність периферичних нервових структур підтримувати хронотропну функцію серця та погіршення адаптаційних можливостей ВНС. Тому, вивчення окремих адаптивних феноменів у хворих на БА в умовах проведення дозованих навантажень дозволяє об'єктивізувати вегетативно-адаптаційні розлади, які виявляються у виникненні кількісно і якісно змінених реакцій, що дозволяє виявити ранні, субклінічні порушення регуляції.

Дослідження впливу дихальних проб (дихальне навантаження з різною частотою дихальних рухів (ЧДР)) на показники ВСР у хворих на персистувальну БА середнього ступеня тяжкості показало, що при ЧДР 6 вд/хв відбувається посилення впливу симпатичних і при ЧДР 12 вд/хв – парасимпатичних впливів [7], що дозволяє виявити окремий вклад кожного із відділів ВНС у хронотропну функцію серця.

Доведена роль вегетативних дисфункцій у розвитку нічних нападів бронхіальної астми в

дітей. Так, зниження в критичні періоди ночі пікової швидкості видиху мало прямий кореляційний зв'язок з асимпатикотонічним і зворотний із гіперсимпатикотонічним типами вегетативної реактивності. При цьому асимпатикотонічний варіант вегетативної реактивності визначає зниження бронхіальної прохідності, а гіперсимпатикотонічний тип може виступати як компенсаторний механізм у відповідь на обструкцію бронхів. Особливо несприятливе поєднання в критичні періоди ночі ваготонії з асимпатикотонічним типом вегетативної реактивності [10, 16].

Таким чином, проведений огляд літератури вказав на інформативність показників ВСП у комплексній оцінці вегетативного гомеостазу та адаптації у хворих на БА. Важливість оцінки ВСП підтверджена останніми науковими дослідженнями [9, 11, 16] і на нашу думку, може розглядатися як один із об'єктивних методів контролю за клінічним перебігом БА та ефективністю лікування.

Література

1. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А.Агаджанян, Р.М.Баевский, А.П.Берсенева. – М.: РУДН, 2006. – 283 с.
2. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М.Баевский, Г.Г.Иванов. – М.: Медицина, 2000. – 295 с.
3. Благинин А.А. Ортостатическая проба как метод оценки стрессового воздействия / А.А.Благинин, В.Н.Филатов // Функциональная диагност. – 2005. – № 2. – С. 32-35.
4. Бондаренко И.А. Общая мощность спектра вариабельности сердечного ритма и эффективность базисной терапии хронических обструктивных заболеваний легких / И.А.Бондаренко, Н.И.Яблучанский, А.В.Мартыненко // Бук мед. вісник. – 2006. – Т. 10, № 2. – С. 15-18.
5. Вариабельность сердечного ритма у больных бронхиальной астмой / И.Г.Фомина, Г.К.Махнач, Д.А.Затейщикова [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика – 2007. – № 6. – С. 42-45.
6. Взаимосвязь бронхиальной обструкции, возраста и вегетативной регуляции сердечного ритма у больных бронхиальной астмой / Р.Х.Зулкарнеев, Ш.З.Загидуллин, М.С.Арсланова [и др.] // Казан. мед. ж. – 2006. – № 1. – С. 8-12.
7. Влияние функциональных проб на вариабельность сердечного ритма у больных бронхиальной астмой / В.Н.Марченко, В.И.Трофимов, В.А.Александрин [и др.] // Пульмонология. – 2003. – № 6. – С. 13-17.
8. Исследуем регуляторные процессы / [Н.И.Яблучанский, А.В.Мартыненко, А.С.Исаева и др.]. – Донецк: ЧП Бутасова, 2005. – 196 с.
9. Калмыкова А.В. Вариабельность синусового ритма сердца при бронхиальной астме / А.В.Калмыкова, Т.Ф.Миронова, В.А.Миронов // Клини. мед. – 2007. – № 6. – С. 27-31.
10. Лышова О.В. Циркадная динамика показателей вариабельности сердечного ритма у больных обструктивными заболеваниями легких в различных возрастных группах / О.В.Лышова, В.М.Провоторов // Вестн. аритмол. – 2004. – № 36. – С. 31-35.
11. Оптимизации терапии бронхиальной обструкции в зависимости от состояния вегетативной регуляции / О.В.Коркушко, Э.О.Асанов, А.В.Писарук, Н.Д.Чеботарев: материалы III национального астма-конгрессу. – К., 2009. – С. 115-116.
12. Пасько Е.Н. Сравнительная характеристика клинических проявлений, показателей функции внешнего дыхания и вариабельности сердечного ритма у пациентов с бронхиальной астмой до и на этапах лечения / Е.Н.Пасько, Н.И.Яблучанский, А.В.Мартыненко // Пробл. мед. науки та освіти. – 2006. – № 1. – С. 34-37.
13. Пасько Е.Н. Функция внешнего дыхания и вариабельность сердечного ритма с учетом степени тяжести и давности бронхиальной астмы / Е.Н.Пасько, Н.И.Яблучанский // Вісн. Харків. нац. ун-ту. – 2004. – № 639. – С. 70-74.
14. Попов В.В. Вариабельность сердечного ритма: возможность применения в физиологии и клинической медицине / В.В.Попов, Л.Н.Фріцше // Укр. мед. часопис. – 2006. – № 2 (52). – С. 24-31.
15. Салтыков А.Б. Теория функциональных систем и клиническая медицина / А.Б.Салтыков // Клини. мед. – 2008. – № 1. – С. 4-9.
16. Шалашова Е.А. Диагностика ранних изменений функционального состояния кардиореспираторной системы у больных бронхиальной астмой: автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. мед. наук: спец. 14.00.05 „Внутренние болезни” / Е.А.Шалашова. – Ульяновск, 2006. – 25 с.
17. Heart rate variability as an index of sympathovagal interaction after myocardial infarction / F.Lombardi, G.Sandrone, S.Pempruner [et al.] // Am. J. Cardiol. – 1987. – № 60. – P. 1239-1245.
18. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043-1065.
19. Kucera M. «Active Air» Inhalation Therapy: Autonomic regulation mechanisms with the use of heart rate variability analysis / M.Kucera // Explore! – 2007. – Vol. 16, № 2. – P. 122-131.
20. Garrard C.S. Spectral analysis of heart rate variability in bronchial asthma / C.S.Garrard, A.Seidler, A.McKibben // Clin. Auton. Res. – 1992. – Vol. 2. – P. 105-111.

МЕСТО КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИИ В КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗА И АДАПТАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА У БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Я.И.Сливка, А.А.Трохимович

Резюме. В статье отображены вопросы информативности показателей variability сердечного ритма в комплексной диагностике вегетативного гомеостаза и адаптационных резервов у больных бронхиальной астмой.

Ключевые слова: бронхиальная астма, variability сердечного ритма.

THE PLACE OF CARDIOINTERVALOGRAPHY IN A COMPLEX EVALUATION OF AUTONOMOUS HOMEOSTASIS AND A BODY'S ADAPTATION RESERVES IN PATIENTS WITH BRONCHIAL ASTHMA (A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW)

Ya.I.Slyvka, A.A.Trokhymovich

Abstract. The paper ascertains the problem of the informational content of the indices of heart rate variability in a complex diagnosis of autonomous homeostasis and adaptation reserves in patients with bronchial asthma.

Key words: bronchial asthma, heart rate variability.

National University (Uzhhorod)

Рецензент – проф. О.І.Волошин

Buk. Med. Herald. – 2011. – Vol. 15, № 3 (59). – P. 242-246

Надійшла до редакції 23.05.2011 року

© Я.І.Сливка, А.А.Трохимович, 2011

УДК 612.233+612.176:577.151.6

М.М.Стешенко, Т.І.Древицька, О.О.Гончар, І.М.Маньковська

ВПЛИВ ІНТЕРВАЛЬНИХ ГІПОКСИЧНО-ГІПЕРОКСИЧНИХ ТРЕНУВАНЬ НА МАРГАНЦЕВУ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗУ МІОКАРДА ЩУРІВ

Інституту фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України, м. Київ

Резюме. Вивчали вплив інтервальних гіпоксично-гіпероксичних тренувань (ІГТТ) на активність, еспресію білка та мРНК Mn-супероксиддисмутази в мітохондріях міокарда щурів після впливу гострої гіпоксії. Показано, що використання ІГТТ призводить до зниження гіперактивації Mn-СОД та підсилення експресії

білка даного антиоксидантного ферменту в мітохондріях міокарда після дії гострої гіпоксії.

Ключові слова: гіпоксія, гіпероксія, мітохондрії, Mn-супероксиддисмутаза.

Вступ. Останнім часом у медичній та спортивній практиці знайшли широкого застосування інтервальні гіпоксичні тренування (ІГТ) [1]. Ці методи дозволяють обмежувати надмірне підсилення вільнорадикального окиснення за рахунок активації власних захисних систем організму шляхом періодичного, невеликого за інтенсивністю, прооксидантного впливу [2]. Показано, що довготривалі періоди гіпоксія/нормоксія в сеансах ІГТ здатні запобігати пошкоджувальним впливам екстремальних чинників – стресу, надмірним фізичним навантаженням, гіпобаричній гіпоксії [1, 2].

У розробці найбільш ефективних режимів гіпоксичних тренувань особливий інтерес привертає уведення в інтервальне гіпоксичне тренування гіпероксичної компоненти. Рядом авторів по-

казано, що використання інтервальних гіпоксично-гіпероксичних тренувань (ІГТТ) призводить до формування більш вираженого захисного ефекту за короткий час у тканинах печінки, серця і головного мозку порівняно з класичними інтервальними гіпоксично-нормоксичними тренуваннями [2].

Відомо, що за умов гіпоксії дихальний ланцюг мітохондрій є головним внутрішньоклітинним джерелом генерації активних форм кисню (АФК), надмірне утворення яких призводить до порушення метаболічних процесів, структурних компонентів клітин, зокрема самих мітохондрій та їх геному. Шкідливому впливу АФК запобігає потужна мітохондріальна антиоксидантна система, ключовим ферментом якої є Mn-супероксиддисмутаза (Mn-СОД). Від активності даного фер-

© М.М.Стешенко, Т.І.Древицька, О.О.Гончар, І.М.Маньковська, 2011