

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ФІЗІОЛОГІЇ ім. О.О.БОГОМОЛЬЦЯ
ПрАТ «ТРУСКАВЕЦЬКУРОРТ»**

МЕДИЧНА ГІДРОЛОГІЯ ТА РЕАБІЛІТАЦІЯ

ТОМ 13 № 1-3 2015

MEDICAL HYDROLOGY AND REHABILITATION

Науково-практичний журнал. Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію серія КВ № 7257 від 30.04.2003 р.

Наказом Міністерства освіти і науки України за № 1279 від 06.11.2014 р. журнал включений до переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт

DYNAMICS OF PARAMETERS OF RANDOM BREATH VARIABILITY AND PATTERN IN HIGHLY SKILLED ATHLETES DURING RECOVERY PERIOD AFTER THE COMPETITIVE LOAD

O.V. Guziy

Lviv State University of Physical Culture, Lviv, Ukraine

We have examined the changes in random breath variability and pattern indicators in highly skilled athletes before the competitive load and during recovery period. More than 25% of athletes have significant decrease in the respiratory rate during recovery period. The relation Ti/Te ($p<0,05$) probably increases the day after the game, compared with the next day after the game. The indicators of respiratory volume are probably lower in the recovery period than in the initial state: ($p<0,05$) the next morning after the game and the day after the game ($p<0,01$). Dynamics of total breath variability power proves to be informative. There is a great variance of the random breath variability indicators the next day after the game (TPbreathing, VLFbreathing, LFBreathing, HFBreathing). However, the day after the game there is significant decrease in the variance ($p<0,01$) below the initial level, that indicates full recovery of respiratory function.

Key words: random breath variability and pattern, emulative load, recovery period, respiratory function.

Вступ

Ефективність планування тренувального процесу спортсменів залежить від якості взаємодії тренера з лікарем, який з урахуванням змін функціонального стану організму спортсменів може коригувати використання стимулюючих, відновних засобів та методів, а також рекомендувати тренеру індивідуально підібрані режими тренувальних навантажень [1,2]. Важливим аспектом роботи спортивного лікаря є виявлення станів перетренованості та перенапруження, які є передпатологічними та часто виникають в зв'язку із використанням неадекватних щодо поточного стану спортсмена фізичних навантажень [3,4]. Останні можуть слугувати чинниками розвитку гострих патологічних станів та призводити навіть до летальних випадків [5]. Тому пошук експресних методів дослідження функціонального стану організму спортсменів, які б могли використовуватись в умовах оперативного та поточного контролю, триває [6,7,8].

Відомі на сьогоднішній день підходи передбачають використання методів, які визначають стан серцево-судинної, дихальної систем, їх вегетативного забезпечення, імунної системи та системи метаболізму [9, 10]. Однак, їх використання обмежено тривалістю або інвазивністю, що в умовах тренувального процесу не завжди можливо.

Добре відомим є модуляторний вплив дихання на систему кровообігу, який реалізується через низку рефлекторних

механізмів, проте модуляторні впливи на дихальний центр вивчені не до кінця. Їх пов'язують із низкою нейрогуморальних та рефлекторних факторів, в першу чергу, концентрацією CO_2 [11], іонів H^+ у крові [12], а також активністю аферентних волокон блукаючого нерва і нервових імпульсів з шийного симпатичного вузла, лімбічною системою, ГАМК- і серотонінергічними нейронами [13,14], нейронами кори головного мозку, які задають частоту, глибину та ритм дихання [15,16,17].

Саме тому дослідження змін параметрів патерну та варіабельності дихання є актуальним та може дозволити виявити нові критерії впливу фізичних навантажень на організм спортсмена.

Метою даного дослідження було визначити зміни показників варіабельності та патерну довільного дихання висококваліфікованих спортсменів до змагального навантаження та у період відновлення після нього.

Матеріали і методи дослідження

Проведено обстеження 9 спортсменів-футболістів команди майстрів – польових гравців, які брали безпосередню участь у календарній грі чемпіонату України гри та провели на полі не менше 2/3 ігрового часу. Середній вік обстежених складав $25,4 \pm 2,4$ роки. Дослідження проводили вранці перед грою (вихідний стан), наступного після гри

ранку (перша доба) та вранці через день після гри (друга доба).

Для обстеження спортсменів, крім рутинних методів, застосовували сучасний поліфункціональний метод дослідження кардіореспіраторної системи – спіроартеріокардіоритмографію (САКР), який дає змогу в режимі одномоментної реєстрації визначати взаємопов'язані показники, які характеризують діяльність серця (за даними ЕКГ у I відведенні), судин (периферичного САТ і ДАТ на середній фаланзі пальця методом Пеназа), дихальної системи (за даними ультразвукової спірометрії) [18]. За допомогою ультразвукового спірометричного датчика у масці приладу САКР проводили високоточну реєстрацію потоків та об'ємів вдихуваного і видихуваного повітря, а з використанням запису їх протягом періоду вимірювання – оцінку перетворення Фур'є, яке характеризує загальну потужність функції дихання (ТР_д) та потужність у її різних частотних діапазонах: наднизькому (VLF_д), низькому (LF_д) та високому (HF_д), які відображують активність різних регуляторних ланок.

Дослідження дихальної системи спортсменів з використанням САКР проводилось у положенні сидячи у стані відносного м'язового та психічного спокою. Реєстрація параметрів кардіореспіраторної

системи тривала 75 секунд. Для оцінки результатів дослідження з використанням САКР було застосовано непараметричні методи статистичного аналізу з визначенням критерію Вілкоксона.

Результати та їх обговорення

Середня довжина тіла дослідженої групи спортсменів складала 180,1±0,9 см. Результати визначення маси тіла (МТ) та інших рутинних параметрів діяльності серцево-судинної системи представлені у табл.1, серед останніх виміри ЧСС, артеріального тиску (АТ) та розрахунку похідних індексів, які свідчать про стан вегетативної (індекс Кердо) та серцево-судинної систем – індекс Робінсона та коефіцієнт економізації кровообігу (КЕК).

У діяльності серцево-судинної системи спортсменів відзначено зміни, які характеризують процес відновлення після змагального навантаження (табл. 1). На першу після гри добу виявлено вірогідно більші значення ЧСС, АТс, АТд, індексу Робінсона, та КЕК у порівнянні з вихідним станом. Проте за значеннями індексу Кердо, який свідчить про вегетативний баланс у організмі, стан організму на першу добу вже вірогідно не відрізнявся від вихідного.

Таблиця 1

Зміни рутинних показників функціонального стану організму спортсменів у динаміці відновлення після змагального навантаження (n=9, Med (25;75))

Показник	Вихідний стан	Перша доба	Друга доба
МТ, кг	77,0 (73,5; 78,7)	76,4 (74,5; 78,8)	77,8 (75,0; 79,3)
ЧСС, 1/хв.	61,0 (54,0; 71,5)	70,8 (65,9; 78,7)*	62,7 (55,6; 64,7) [#]
АТс, мм рт.ст.	109,5 (106,6; 117,5)	124,4 (119,5; 139,5)**	129,4 (121,2; 139,6)**
АТд, мм рт.ст.	79,4 (69,5; 81,9)	84,4 (79,5; 89,4)*	79,5 (79,4; 82,6)
Індекс Кердо, у.о.	-0,22 (-0,38; -0,07)	-0,14 (-0,29; 0)	-0,38 (-0,42; -0,27) ^{##}
Індекс Робінсона	78,3 (63,5; 81,8)	97,9 (84,6; 107,8)**	81,1 (72,2; 88,3) [#]
КЕК	2262 (1799; 3005)	3301 (2454; 4190)*	3055 (2740; 3174) [#]

* - p<0,05 та ** - p<0,01 – між вихідним станом та першою і другою добою

[#] - p<0,05 та ^{##} - p<0,01 – між першою та другою добою

Достатньо суттєві зміни відбувалися на другу добу після гри, вони свідчать про продовження відновних процесів. Вірогідно відрізняючись від даних першої після гри доби, відновлювалися до вихідного рівня тільки параметри ЧСС. За іншими показниками відзначали різноспрямовані динаміки. А саме, на другу добу після гри відбувалося відновлення АТд до вихідного рівня, проте, воно не відрізнялося вірогідно від значень отриманих першої доби після гри.

Аналогічна, однак вірогідна динаміка спостерігалася за даними розрахунку індексу Робінсона (p<0,05). Заслужують на увагу результати розрахунку індексу Кердо, які на другу добу після гри вірогідно відрізнялися від вихідних даних (p<0,05) та отриманих на першу добу після гри (p<0,01), та свідчили про суттєве переважання регуляторних впливів парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи. При цьому рівень АТс залишався вірогідно (p<0,01) підвищеним у

порівнянні з вихідними показниками. Не досягав вихідного рівня та вірогідно від нього відрізнявся й показник КЕК ($p < 0,05$), що

засвідчує наявність певного напруження системи кровообігу, хоча й вірогідно меншого, ніж попередньої доби.

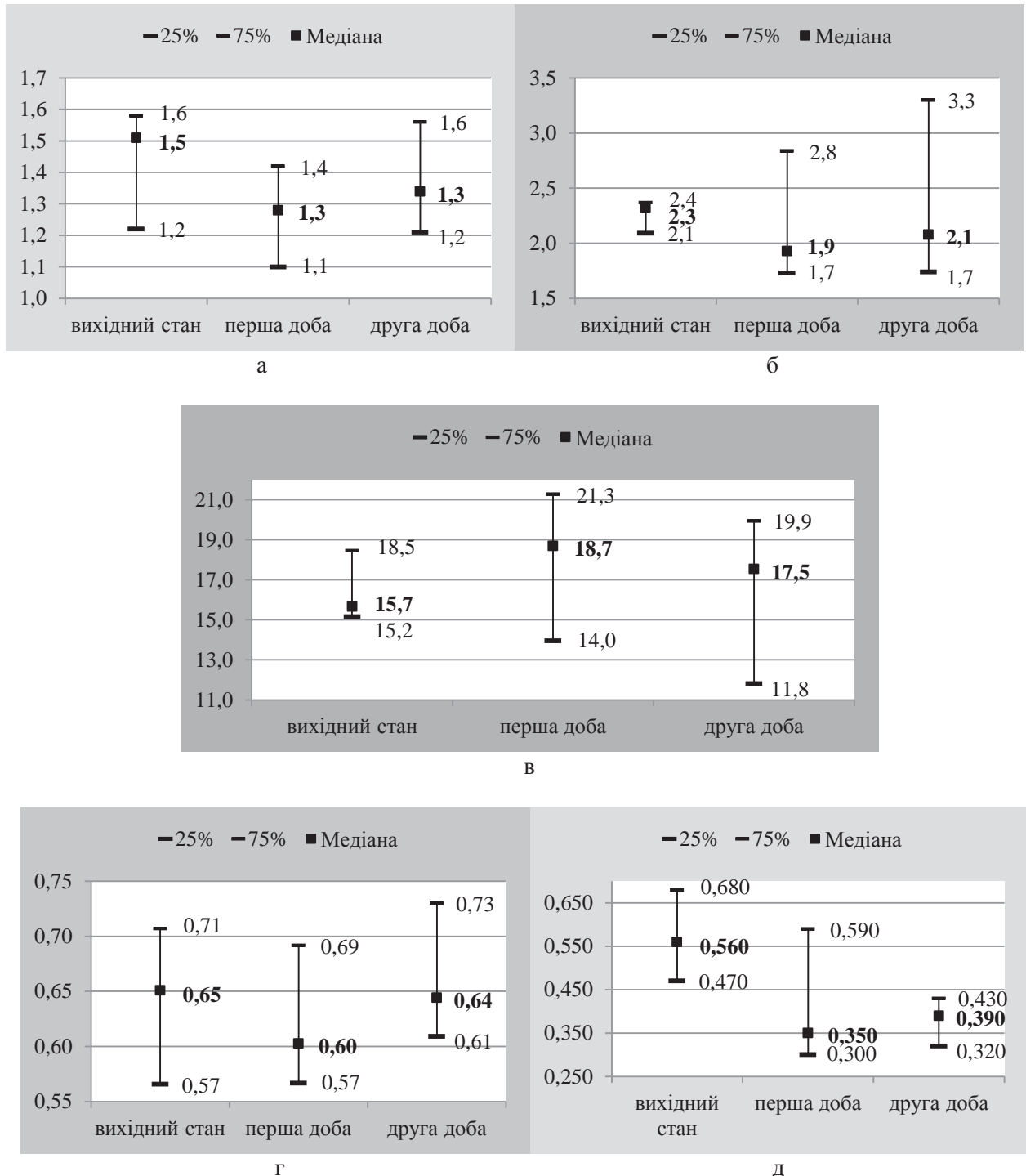


Рис. 1 Показники патерну дихання висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), на першу (2) та на другу добу після гри (3), де а – Твд (с), б – Твид (с), в – ЧД (1/хв.), г – Твд/Твид, д – ДО (л).

Аналізуючи дані, представлені на рис. 1 (а, б, в), слід зазначити, що першої доби після гри відзначається вірогідне зменшення тривалості вдиху ($p < 0,05$) та видиху ($p < 0,05$), що засвідчує вірогідне збільшення ЧД у спортсменів. Проте, у низки спортсменів відбуваються зміни, які свідчать про

О.В. Гузій

зменшення ЧД за рахунок збільшення тривалості видиху, хоча й невірогідне. При цьому через день після гри ці зміни мають зворотній характер на тлі ще більш вираженого подовження видиху у низки спортсменів. Останнє підтверджується вірогідним збільшенням співвідношення

Динаміка параметрів варіабельності та патерну...

Твд/Твид ($p < 0,05$) на другу добу після гри у порівнянні з першою добою після гри (рис. 1 г). Достатньо значущі зміни відбувались у показниках ДО (л), які були вірогідно меншими першої доби після гри ранку ($p < 0,05$) та другої доби після гри ($p < 0,01$) у порівнянні з вихідним станом (рис. 1 д). Такі зміни патерну дихання у період відновлення можуть свідчити

про наявність втоми дихальної мускулатури першої після гри доби, яка до другої доби не відновлюється, або розвиток економізації дихання за впливу відновних засобів, що активно використовуються наступної після гри доби. Останнє більш вірогідне з урахуванням зменшення ЧД та ДО на тлі збільшення співвідношення Твд/Твид.

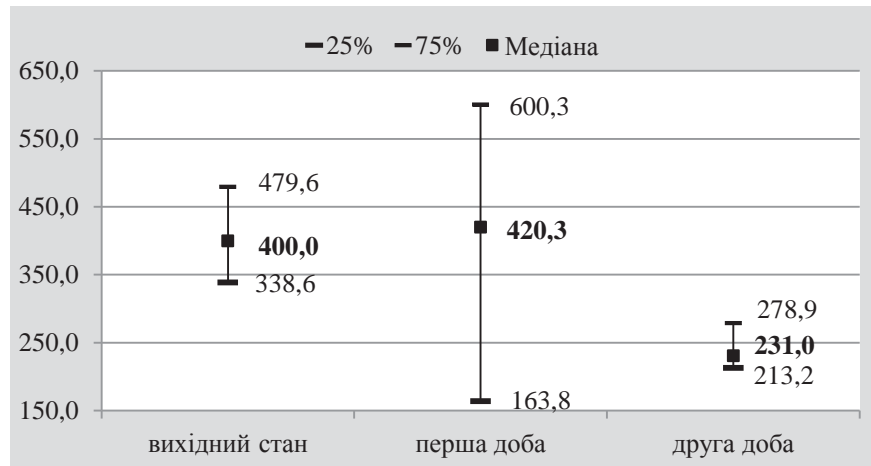


Рис.2. TR_d ((л/хв.)²) висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), першої (2) та другої доби після гри (3).

Раніше було показано, що TR_d тісно пов'язане з максимальною вентиляцією легень (МВЛ) та є інтегральним показником, який характеризує частоту дихання (ЧД) та його глибину (ДО) у поєднанні з ритмом [19]. Як видно з рис. 2, на першу добу після гри відбувається достатньо велика дисперсія цього параметра, хоча за значеннями медіани він залишається на вихідному рівні. Така дисперсія свідчить про суттєву варіативність змін потужності варіабельності дихання наступної після змагального навантаження доби. Проте, на другу добу після гри цей показник вірогідно знижується ($p < 0,01$), що

нагадує динаміку показника ДО (л) та може підтверджувати економізацію функції дихання.

Достатньо інформативною виявилася динаміка показників VLF_d , пов'язаних із центральними механізмами регуляції дихання, яка засвідчила істотне збільшення варіативності надсегментарних впливів на першу добу після гри. Останнє може характеризувати емоційну складову після проведеної гри. Хоча ці зміни не вірогідні, проте у 25% спортсменів вони перевищували вихідні показники вдвічі (рис. 3).

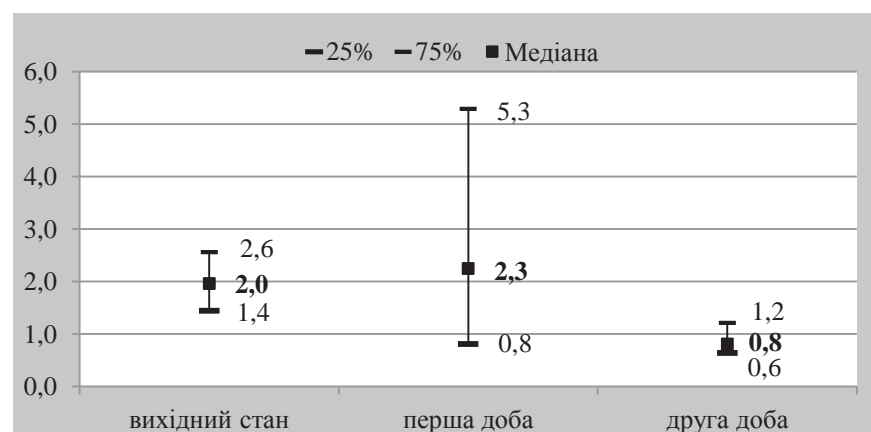


Рис. 3. VLF_d ((л/хв.)²) висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), на першу (2) та на другу добу після гри (3).

На другу добу після гри активність дихання у наднизькочастотному діапазоні вірогідно зменшувалася у порівнянні з вихідним рівнем ($p < 0,01$) та рівнем, зареєстрованим на першу добу після гри ($p < 0,05$).

Нагадують попередню динаміку зміни варіабельності дихання у низькочастотному діапазоні LF_D ((л/хв.)²), які в більшій мірі

характеризують симпатичні впливи на ритм дихання (рис. 4). Достатньо висока варіативність показників на першу добу після гри змінювалася вірогідним зниженням показників ($p < 0,05$) на другу добу у порівнянні з попередніми значеннями. Проте, у порівнянні з $VLFD$ -складовою зміни LF_D мали менш виражений характер.

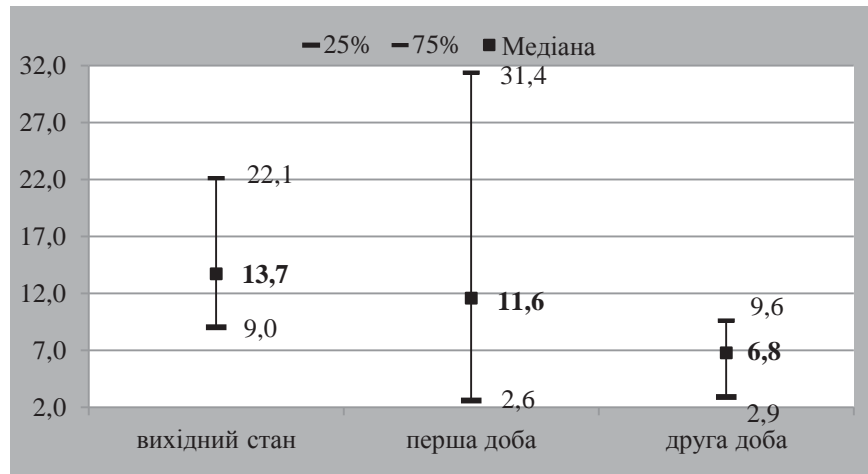


Рис. 4. LF_D ((л/хв.)²) висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), на першу (2) та на другу добу після гри (3).

Як видно з рис. 5, зміни HF_D -складової варіабельності дихання першої після гри доби вірогідно не змінювалися у порівнянні з вихідним станом. Проте на другу добу варіативність змін суттєво зменшувалася та вірогідно відрізнялася від стану перед грою ($p < 0,05$) та зареєстрованого першої доби після

гри ($p < 0,05$). Асоціація даної складової з активністю парасимпатичної ланки дозволяє стверджувати, що активність високочастотних впливів, які забезпечують перебіг відновних анаболічних процесів у організмі зменшується до 2 доби після участі у змаганнях.

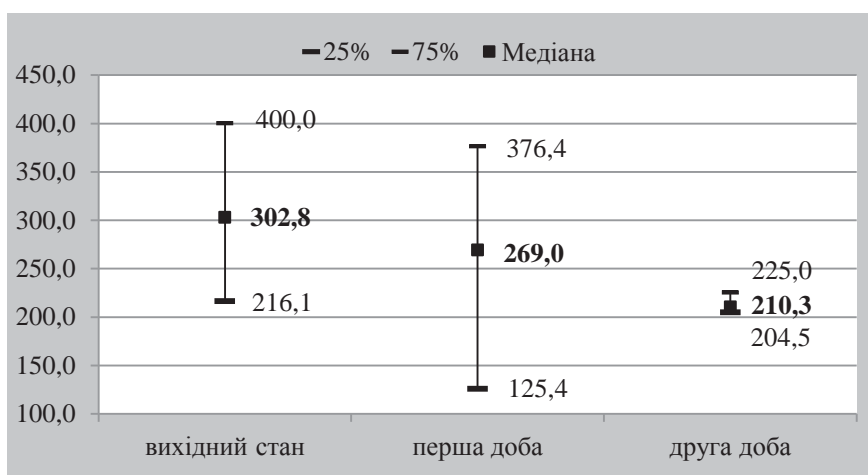


Рис. 5. HF_D ((л/хв.)²) висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), на першу (2) та на другу добу після гри (3).

Аналіз динаміки показника LF_D / HF_D ((л/хв.)² / (л/хв.)²), який свідчить про переважання активності симпатичної або парасимпатичної ланки ВНС (рис. 6) засвідчує, О.В. Гузій

що першої після гри доби відзначалося певне вірогідне переважання симпатичних впливів на довільне дихання, а на другу добу день цей показник сягав вихідного рівня.
Динаміка параметрів варіабельності та патерну...

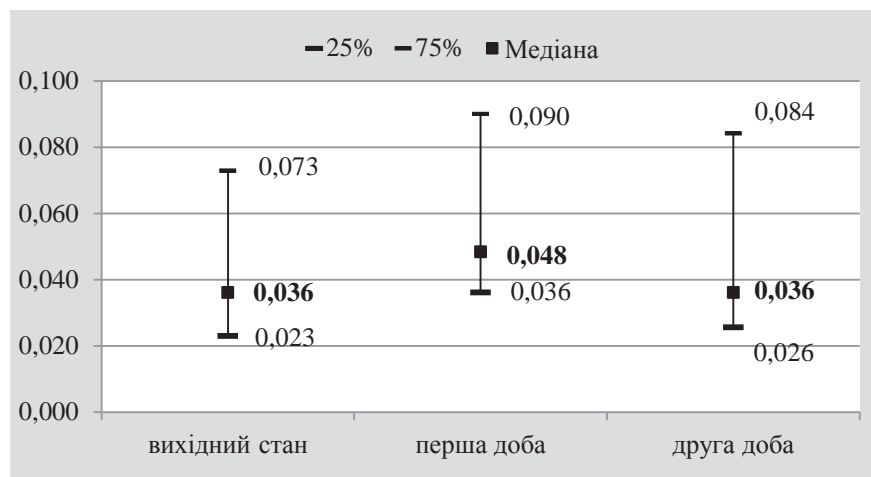


Рис. 6. $LF_d / HF_d ((л/хв.)^2 / (л/хв.)^2)$ висококваліфікованих спортсменів ($n=9$) при довільному диханні у вихідному стані (1), на першу добу (2) та на другу добу після гри (3).

Таким чином, одержані результати дозволяють стверджувати, що змагальне навантаження викликає вірогідні зміни у показниках патерну дихання та його варіабельності, які після змагань мають тенденцію до повернення до вихідного рівня. Це може бути використано в умовах поточного контролю за функціональним станом спортсменів ігрових видів в змагальному періоді річного тренувального циклу.

Аналіз результатів дослідження показників діяльності серцево-судинної системи, а також патерну та варіабельності дихання у відновному періоді після змагального навантаження показав, що на першу добу після гри в організмі спортсменів відзначаються вірогідні зміни, які свідчать про істотний вплив навантаження на параметри кардіореспіраторної системи. В першу чергу, слід зазначити, що тільки один із досліджуваних показників, індекс Кердо, не демонструє вірогідних змін у порівнянні з вихідним рівнем. Проте ЧСС, АТс, АТд, індекс Робінсона та КЕК є вірогідно вищими, що свідчить про перебіг відновних процесів у організмі. До наступної доби ці показники вірогідно зменшуються за винятком АТс та АТд, при чому перший з них вірогідно відрізняється від вихідного рівня. В той же час величина індексу Кердо свідчить про суттєве переважання тону парасимпатичного відділу ВНС. На тлі цих змін виявлені параметри патерну та варіабельності дихання наступної доби доповнюють отримані дані. Так, заслуговує на увагу динаміка часових параметрів патерну дихання. Якщо тривалість вдиху повністю відповідає змінам циклу

дихання, то тривалість видиху змінюється дещо по іншому і визначає ЧД. При тому, що за показником медіани відзначається певне пришвидшення у порівнянні з вихідним рівнем, у низки спортсменів (не менше 25%) динаміка ЧД засвідчує суттєве зменшення ЧД, починаючи з першої після гри доби. При цьому за показником ДО відзначається його вірогідне поступове зменшення на першу та другу добу після змагального навантаження. Динаміка загальної потужності варіабельності дихання (TR_d), як і інших складових спектрального аналізу варіабельності дихання, свідчить про суттєве збільшення дисперсії показників першої доби після гри, які за медіанними значеннями вірогідно не відрізняються від вихідного рівня, що може свідчити про різну швидкість відновних процесів у окремих спортсменів та різні механізми відновлення після навантаження. В той же час другої після гри доби відбувається певна стабілізація спектральних показників, які свідчать про вірогідне зменшення загальної потужності дихання, надсегментарних, симпатичних та парасимпатичних впливів, при тому, що співвідношення останніх сягає вихідного рівня.

Висновки

Отже, проведене дослідження дозволило виявити динаміку показників патерну дихання та його варіабельності, які характеризують відмінності перебігу відновних процесів наступного після гри ранку та їх спрямованість на другу добу після гри. Враховуючи

експресність, неінвазивність, низьку собівартість даного методу дослідження, отримані результати можуть бути використані для характеристики перебігу відновних

процесів у організмі, а при подальших дослідженнях можуть бути опрацьовані критерії відновлення організму після змагальних навантажень.

Література / References

1. Fabio Y. Nakamura, Andrew A. Flatt, Lucas A. Pereir, Rodrigo Ramirez-Campillo, Irineu Loturco, Michael R. Esco. Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2015 Sep; 14(3):602-5.
2. Kimberly G Harmon, Jonathan A Drezner, Mathew G Wilson, Sanjay Sharma. Incidence of sudden cardiac death in athletes: A state-of-the-art review. *Br J Sports Med*. 2014 Jul 02; 48(15):1-9.
3. Guenette JA, Sheel AW. Physiological consequences of a high work of breathing during heavy exercise in humans. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2007 Dec;10(6):341-350.
4. Dymytryev DA. Mechanisms of physiological functioning and reactivity of cardiorespiratory system. Cheboksary, Chuvash State Ped Univ; 2013.
5. Krasnikov GV, Tyurina MY, Tankanag AV, Piskunova GM, Chemeris NK. Analysis of heart rate variability and skin blood flow oscillations under deep controlled breathing. *Respir Physiol Neurobiol*. 2013 Jan;185(3):562-70.
6. Romanchuk AP. The Complex Approach to a Multipurpose Estimation of a Sportsmen Condition In: Polysystemic Approach to School, Sport and Environment Medicine, M. Karganov ed., OMICS Group eBooks, 731 Gull Ave, Foster City. CA 94404, USA;2014.
7. Romanchuk AP, Pisaruk VV. Change of central hemodynamics of qualified athletes for testing the use of controlled breathing and evaluation. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*. 2013;11:77-84.
8. Romanchuk AP, Guziy OV, Petrov EP, Braslavsky IA, Perevoshchikov YA. Changing the parameters of variability of the cardiorespiratory system under the influence of the training load Book of Abstracts of the 20th Annual Congress of the European College of Sport Science – 24th - 27th June 2015, Malmö, Sweden. Radmann A, Hedenborg S, Tsolakidis E ed.; 604-605.
9. Guthrie J. Chapter 19: cardiorespiratory and health-related physical fitness assessments. In: Ehrman JK, deJong A, editors. *ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010:297-331.
10. Wallen MB, Hasson D, Theorell T, Canlon B, Osika W. Possibilities and limitations of the Polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *European Journal of Applied Physiology*. 2012; 112(3):1153-65.
11. Duffin J, Mohan R.M, Vasiliou P, Stephenson R, Mahamed S. A model of the chemoreflex control of breathing in humans: model parameters measurement. *Respir Physiol*. 2000;120:13-26.
12. Legrand R, Prieur F, Marles A, Nourry C, Lazzari S, Blondel N. Respiratory muscle oxygenation kinetics: relationships with breathing pattern during exercise. *Int J Sports Med*. 2007;28:91-9.
13. Riddle W, Younes M. A model for the relation between respiratory neural and mechanical outputs. II. Methods. *J Appl Physiol*. 1981;51:979-89.
14. Kalsås K, Thorsen E. Breathing patterns during progressive incremental cycle and treadmill exercise are different. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2009;29:335-8.
15. Bernardi E, Melloni E, Mandolesi G, Uliari S, Grazi G, et al. Respiratory Muscle Endurance Training Improves Breathing Pattern in Triathletes. *Ann Sports Med Res*. 2014;1(1):1003.
16. Trooster T, Gosselink R, Decramer M. Respiratory muscle assessment. In: Gosselink R., Stam H., Lung function testing. *European Respiratory Monograph*. 2005.
17. Bernardi LC, Porta A, Gabutti L, Spicuzza L, Sleight P. Modulatory effects of respiration. *Auton. Neurosci. Basic and Clin*. 2001;90(1-2):47-56.
18. Pivovarov VV. A spiroarteriocardiorhythmograph. Russia: Med Tekh 1; 2006.

19. Romanchuk AP, Noskin LA, Pivovarov VV, Karganov MYu. Kompleksniy podhod k diagnostike sostoyaniya kardiorespiratornoy sistemy u sportsmenov

[Complex approach to the diagnosis of the cardiorespiratory systems state in athletes]. Odessa: Feniks; 2011.

Дата надходження 13.11.15