



Е. Л. Михалюк<sup>1</sup>, С. М. Малахова<sup>1</sup>, М. В. Діденко<sup>2</sup>

## Динамічні спостереження за вегетативним забезпеченням центральної гемодинаміки та фізичної працездатності бігунів на дистанції 400 метрів

<sup>1</sup>Запорізький державний медичний університет,

<sup>2</sup>Донецький лікарсько-фізкультурний диспансер, м. Бахмут

**Ключові слова:** бігуни на дистанції 400 м, центральна гемодинаміка, фізична працездатність, функціональний стан, кореляція, статистика непараметрична.

Дослідження функціонального стану бігунів на дистанції 400 м показали, що в змагальному періоді відбулося посилення парасимпатичних впливів автономної нервової системи (АНС), трансформація еукінетичного типу кровообігу (ТК) в гіпокінетичний з відсутністю спортсменів, які мають гіперкінетичний ТК, вірогідне збільшення фізичної працездатності на 8,5% та індекс функціонального стану (ІФС) – на 17,9%. Окреме дослідження бігунів високого класу показало превалювання парасимпатичних впливів автономної нервової системи АНС, гіпокінетичний ТК із відсутністю спортсменів, які мають гіперкінетичний ТК, вірогідне збільшення фізичної працездатності на 7,95% та ІФС на 20,2%. У спортсменів кваліфікації II–III розрядів дещо посилювалась парасимпатична ланка АНС, зберігся еукінетичний ТК, котрий був у підготовчому періоді, при цьому були відсутні спортсмени з гіперкінетичним ТК. Кореляційний аналіз між інтегральними показниками загалом у групі бігунів, а також роздільно у спортсменів високого класу та кваліфікації II–III розрядів у змагальному періоді не виявив вірогідні зв'язки між показниками, що досліджували. У підготовчому періоді у групах виявили взаємозв'язок, який свідчив, що збільшення фізичної працездатності й ІФС асоціюється зі зниженням СИ до величин, котрі характерні для гіпокінетичного ТК, а у спортсменів кваліфікації II–III розрядів – ще й зі зниженням індексу напруги (ІН) до величин, що відповідають превалюванню парасимпатичних впливів АНС. У змагальному періоді в міру збільшення фізичної працездатності та функціонального стану відбулися сприятливі зміни у спортивних результатах, що дало змогу деяким спортсменам підвищити свою кваліфікацію.

## Динамические наблюдения за вегетативным обеспечением центральной гемодинамики и физической работоспособности бегунов на дистанции 400 метров

Е. Л. Михалюк, С. Н. Малахова, М. В. Диденко

Исследования функционального состояния бегунов на дистанции 400 м показали, что в соревновательном периоде произошло усиление парасимпатических влияний автономной нервной системы (АНС), трансформация эукинетического типа кровообращения (ТК) в гипокинетический с отсутствием спортсменов, имеющих гиперкинетический ТК, достоверное увеличение физической работоспособности на 8,5% и индекса функционального состояния (ИФС) на 17,9%. Отдельное исследование бегунов высокого класса показало превалирование парасимпатических влияний АНС, гипокинетический ТК с отсутствием спортсменов, имеющих гиперкинетический ТК, достоверное увеличение физической работоспособности на 7,95% и ИФС – на 20,2%. У спортсменов квалификации II–III разрядов несколько усилилось парасимпатическое звено АНС, сохранился эукинетический ТК, который был в подготовительном периоде, при этом отсутствовали спортсмены с гиперкинетическим ТК. Корреляционный анализ между интегральными показателями в целом по группе бегунов, а также раздельно у спортсменов высокого класса и квалификации II–III разрядов в соревновательном периоде не обнаружил достоверные связи между изучаемыми показателями. В подготовительном периоде в исследуемых группах обнаружена взаимосвязь, свидетельствующая о том, что увеличение физической работоспособности и ИФС ассоциируется со снижением СИ до величин, характерных для гипокинетического ТК, а у спортсменов квалификации II–III разрядов – еще и со снижением ИН до величин, соответствующих превалированию парасимпатических влияний АНС. В соревновательном периоде по мере увеличения физической работоспособности и ИФС произошли благоприятные изменения в спортивных результатах, что позволило некоторым спортсменам повысить свою квалификацию.

**Ключевые слова:** бегуны на дистанции 400 м, центральная гемодинамика, физическая работоспособность, функциональное состояние, корреляция, статистика непараметрическая.

Запорожский медицинский журнал. – 2016. – №1 (94). – С. 29–34

## Dynamic observation of vegetative support of central hemodynamics and physical performance in 400-m runners

Ye. L. Mikhalyuk, S. N. Malakhova, M. V. Didenko

At the present time problem of human physical performance is relevant, especially in sports, because athletes can achieve good results mostly due to the high level of physical performance.

**Aim.** To determine and compare heart rate variability, central hemodynamics and physical performance in runners at a distance of 400 m, obtained in the preparatory and competitive periods of training process.

**Results.** The study of the functional state of the 400 m runners showed strengthening of parasympathetic effects of the autonomic nervous system (ANS) in the competitive period. Also eukinetic circulation type transformation into hypokinetic occurred. Significant increase in physical performance by 8.5% and the IFS by 17.9% was detected. High class runners separate study showed the prevalence of parasympathetic effects of the ANS, hypokinetic circulation type (CT) and lack of athletes with hyperkinetic CT. Significant increase in physical performance at 7.95% and the IFS by 20.2% was detected in them. Athletes with II–III level of qualification in the preparatory period had signs of the increased parasympathetic ANS similar with eukinetic CT. Nobody had hyperkinetic CT.



**Conclusions.** Correlation analysis between the integrated parameters in the whole group of runners in the competitive period found no significant correlations between the studied parameters.

**Key words:** Runners On 400 Meters, Heart Rate Variability, Central Hemodynamics, Physical Performance, Functional State, Correlation, Statistics, Nonparametric.

*Zaporozhye medical journal 2016; №1 (94): 29–34*

У бігунів на середні дистанції у процесі спортивного вдосконалення спостерігають процеси економізації в діяльності серцево-судинної системи внаслідок зниження тону артеріальних судин, інтенсивності артеріального кровотоку, більшого регіонального хвилинного пульсового обсягу, підвищення венозного тону й оптимального рівня венозного повернення, пов'язаного з артеріальним припливом у нижні кінцівки [13].

Відомо, що об'єктивними критеріями оцінювання поточного функціонального стану та фізичної підготовленості спортсменів є фізіологічні показники, що відбивають стан механізмів вегетативної регуляції серцевої діяльності. При цьому порушення вегетативної регуляції серцево-судинної системи служить ранньою ознакою зриву адаптації організму до навантажень і призводить до зниження працездатності [14].

І. В. Гуштурова і В. Г. Семенов [6] виявили у бігунів на середні дистанції нижчі величини ЧСС, ніж у спринтерів, котрі досягаються при вірогідно нижчому ступеню напруги регуляторних систем, вищі величини сумарної потужності спектра та потужності спектра високочастотних компонентів серцевого ритму. Щодо бігунів на 400–800 метрів рівня «кандидат у майстри спорту» (КМС) та майстрів спорту (МС) отримали дані, котрі свідчать про збільшення активності центрального контуру, зниження вагусних впливів на серце та помірну ригідність серцевого ритму [3]. Автори показали, що в міру зростання спортивної майстерності зменшується ступінь симпатичних впливів на ритм серця й підвищуються функціональні можливості серцево-судинної системи.

Нині доволі актуальною та важливою у спорті є проблема фізичної працездатності людини, оскільки саме завдяки її високому рівню досягають значних результатів [9]. Фізична працездатність є інтегральним показником функціонального стану організму, важливим показником ефективності спортивного тренування. Працездатність на різних етапах і в різні періоди спортивного тренування стала об'єктом пильної уваги багатьох дослідників [4,9], тому викликає інтерес до величин цього показника у бігунів на дистанції 400 м.

Річна динаміка функціонального стану організму спортсменів, при котрій найбільш виражені зрушення визначаються в період змагань з їхнім поверненням до стандартів у перехідному періоді, коли спортсмен практично не тренується, є важливою спортивно-медичною особливістю [8]. Нами також доведена актуальність здійснення наукових досліджень у спортсменів не тільки на початку підготовчого періоду, але й на найближчих

підступах до відповідальних змагань [10]. Подібні роботи дають можливість простежити зміни функціонального стану спортсменів у річному циклі тренувального процесу в міру наростання «спортивної форми».

#### Мета роботи

Визначення та порівняння показників варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності в бігунів на дистанції 400 м, що отримали в підготовчому та змагальному періодах тренувального процесу.

#### Матеріали і методи дослідження

Поглиблено медично обстежили 27 бігунів, які спеціалізуються в бігу на дистанції 400 м, кваліфікації від III розряду до майстрів спорту у віці від 15 до 28 років (середній вік –  $18,9 \pm 0,72$  року), стаж занять бігом на 400 м – від 1 до 18 років (середній стаж –  $4,7 \pm 0,68$  року). Довжина та маса тіла спортсменів –  $182,6 \pm 1,54$  см і  $69,9 \pm 1,47$  кг відповідно. Усі дослідження здійснили після підписання спортсменами інформованої згоди.

Дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР) виконали згідно з рекомендаціями, що були ухвалені робочою групою Європейського кардіологічного товариства та Північноамериканською асоціацією зі стимуляції та електрофізіології [16]. Реєстрація й опрацювання кардіоінтервалів дали змогу визначити ряд статистичних характеристик ВСР: моду ( $M_0$ , с), амплітуду моди ( $AM_0$ , %), варіаційний розмах ( $D$ , с), індекс вегетативної рівноваги ( $AM_0/D$ , %/с), вегетативний показник ритму (ВПР,  $1/c^2$ ), показник адекватності процесів регуляції (ПАПР, %/с), індекс напруги (ІН, у. о.) [1]. Аналіз та оцінювання періодичних компонентів серцевого ритму виконали шляхом дослідження спектральних показників автокореляційних функцій [7]:  $LF$  ( $mc^2$ ) як індикатор переважно симпатичного тону,  $HF$  ( $mc^2$ ), що показує парасимпатичну активність. Оцінювання впливу сумарної активності вегетативної рівноваги на серцевий ритм здійснили на підставі визначення загальної потужності спектра ( $TP$ ,  $mc^2$ ). Розраховували потужність у діапазоні низьких ( $LF_n$ , %) і високих частот ( $HF_n$ , %), виражену в нормалізованих одиницях, відношення середніх значень низькочастотного та високочастотного компонента серцевого ритму ( $LF/HF$ , у. о.), що характеризує співвідношення впливу симпатичних і парасимпатичних стимулів [1].

Центральну гемодинаміку вивчали методом автоматизованої тетраполярної реографії за W. Kubicek et. al. [17] у модифікації Ю. Т. Пушкаря зі співавт. [15]. Розраховували ударний і хвилинний об'єми крові (УО, ХОК), ударний і серцевий індекси (УІ, СІ), загальний і питомий периферичний опір судин (ЗПОС, ППО). Відповідно до



класифікації Р. Г. Оганова зі співавт. [11], до еукінетичного типу кровообігу (ТК) відносили спортсменів, у яких ця величина перебувала в межах від 2,750 до 3,500 л/хв/м<sup>2</sup>, тих, хто мав величину меншу ніж 2,750 л/хв/м<sup>2</sup>, відносили до гіпокінетичного ТК, а тих, хто мав величину СІ більшу ніж 3,500 л/хв/м<sup>2</sup>, – до гіперкінетичного ТК.

Визначення фізичної працездатності здійснили за загальноприйнятою методикою на велоергометрі з використанням субмаксимального тесту PWC<sub>170</sub> [9] і розрахунком відносної величини фізичної працездатності, тобто PWC<sub>170</sub>/кг. Індекс функціонального стану (ІФС) розраховували за формулою, що запропонована і запатентована нами [12].

Результати статистично опрацьовували з використанням програми Statistica 6.0 for Windows із застосуванням параметричних методів. Величини наведені у вигляді середнього значення  $M \pm m$ . Статистично значущими прийнято відмінності показників за величиною рівня значущості  $p$ , що не перевищує 0,05. Залежність між змінними оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Спірмена (R) для змінних із ненормальним розподілом і Пірсона для нормального розподілу [5].

### Результати та їх обговорення

Спортсменів обстежили в підготовчому та змагальному періодах тренувального процесу. На початку підготовчого періоду поділ спортсменів за кваліфікацією був таким: МС – 6, КМС – 4, спортсменів I розряду – 11, II розряду – 3, III розряду – 3.

У змагальному періоді відбулися зміни з боку функціонального стану та технічних результатів, завдяки чому деякі спортсмени підвищили свої спортивні результати і, відповідно, розрядні нормативи. Це стосується двох спортсменів із кваліфікацією «III розряд», які виконали норматив II розряду, й одного спортсмена, який мав кваліфікацію «I розряд» і виконав норматив КМС. Отже, поділ за кваліфікацією став таким: МС – 6, КМС – 5, спортсменів I розряду – 10, II розряду – 5, III розряду – 1.

На початку підготовчого періоду всі часові показники ВСР відповідали превалюванню парасимпатичних впливів автономної нервової системи (АНС), що підтверджується відносно низькою величиною індексу напруги регуляторних систем ІН – 47,348±6,75 у. о.

У змагальному періоді відбулися зміни з боку ВСР, котрі продемонстрували відзначені нижче тенденції. Передусім виявлена тенденція до збільшення показника Мо, а це свідчить про активність гуморального каналу регуляції ритму серця з 0,980±0,003 до 1,030±0,03 с ( $p > 0,05$ ), варіаційного розмаху (Д) з 0,467±0,04 до 0,512±0,07 с ( $p > 0,05$ ), індексу вегетативної рівноваги (АМо/Д), що вказує на співвідношення між активністю симпатичного і парасимпатичного відділів автономної нервової системи (АНС) з 88,411±11,30 до 104,297±6,24%/с ( $p > 0,05$ ) та індексу напруги ІН, що вказує на ступінь централізації управління серцевим ритмом з 47,348±6,75 до 54,075±9,40 у. о. ( $p > 0,05$ ). Крім того, зафіксована тенденція до зниження симпато-вагального індексу LF/HF з 1,75±0,26 до 1,41±0,18 у. о. ( $p > 0,05$ ). Незважаючи на те, що зрушення мали невірогідний характер, їхні зміни при-

звели до деякого посилення парасимпатичних впливів АНС.

З боку показників центральної гемодинаміки у спортсменів у змагальному періоді відбулося вірогідне зниження ЧСС з 56,5±1,74 до 52,5±1,44 уд./хв ( $p < 0,05$ ), СІ з 2,913±0,10 до 2,684±0,05 л/хв/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ), до того ж, якщо в підготовчому періоді ця величина відповідала еукінетичному ТК, то в змагальному – гіпокінетичному. Індивідуальний аналіз відсоткового співвідношення ТК у підготовчому періоді показав: 25,9%:59,3%:14,8% (відповідно гіпо-, еу- і гіперкінетичний ТК), тобто у спортсменів превалював еукінетичний ТК, отже, підтверджені середні величини СІ. Відсоткове співвідношення ТК у змагальному періоді мало вигляд 63%:37%:0% (відповідно гіпо-, еу- і гіперкінетичний ТК), що підтвердило середні величини СІ, тобто у групі стали превалювати спортсмени з гіпокінетичним ТК і при цьому були відсутні особи з гіперкінетичним ТК. З боку інших показників центральної гемодинаміки (УІ, ЗПОС, ППО) виявлені невірогідні відмінності.

Статистично вірогідні відмінності виявлені з боку показників фізичної працездатності та ІФС. Так, величина PWC<sub>170</sub>/кг у підготовчому періоді становила в середньому 20,58±0,76, а в змагальному – 22,33±0,68 кгм/хв/кг (збільшилася на 8,5%,  $p < 0,05$ ), а ІФС збільшився на 17,9%, відповідно з 7,991±0,37 до 9,420±0,40 відн. од. ( $p < 0,05$ ). Згідно з нашою класифікацією [12], в першому випадку ця величина відповідала оцінці «нижча за середню», а в другому – «середня». Аналіз індивідуальних величин ІФС, котрий здійснений у підготовчому періоді, показав, що у 3 спортсменів (11,11%) була «низька» оцінка, у 11 (40,74%) – «нижча за середню», у 6 (22,22%) – «середня» і у 7 (25,93%) – «вища за середню».

У змагальному періоді відбулися істотні зміни з боку функціонального стану спортсменів, поділ став таким: у 2 (7,41%) – оцінка «низька», у 5 (18,52%) – «нижча за середню», у 10 (37,03%) – «середня», у 6 (22,22%) – «вища за середню» і у 4 (14,81%) зафіксована «висока» оцінка. Отже, у змагальному періоді відбулось збільшення кількості бігунів із «середньою» оцінкою внаслідок зменшення більш ніж удвічі з «низькою» та «нижчою за середню», з'явилися 4 спортсмени з «високою» оцінкою.

Здійснили кореляційний аналіз між показниками. Так, у підготовчому періоді виявлений вірогідний негативний взаємозв'язок між PWC<sub>170</sub>/кг і СІ,  $r = -0,50$  ( $p < 0,05$ ), ІФС і СІ,  $r = -0,55$  ( $p < 0,05$ ), а також PWC<sub>170</sub>/кг і ІН,  $r = -0,36$  ( $p < 0,05$ ). Дані свідчать: підвищення фізичної працездатності спортсменів асоціюється зі зниженням серцевого індексу до величин, що характерні для гіпокінетичного ТК, та індексу напруги до величин, що свідчать про переважання парасимпатичних впливів АНС. У змагальному періоді не виявили вірогідних зв'язків між показниками, що досліджували.

Для більш детального аналізу змін досліджуваних показників у річному циклі тренувального процесу від підготовчого до змагального періодів нами виділені групи, що розрізняються за спортивною кваліфікацією. У першу групу ввійшли спортсмени високих розрядів (МС, КМС, I розряд,  $n=21$ ), у другу – спортсмени II і III розрядів ( $n=6$ ). Середній



вік бігунів високого класу становив  $19,9 \pm 0,80$  року, стаж занять бігом –  $5,5 \pm 0,79$  року, довжина тіла –  $183,8 \pm 1,53$  см, маса тіла –  $72,1 \pm 1,56$  кг.

У підготовчому періоді у спортсменів високого класу часові й частотні показники ВСР демонструють наявність парасимпатичних впливів АНС унаслідок відносно низьких величин ІН і ЧСС –  $45,705 \pm 7,37$  у. о. і  $55,4 \pm 2,07$  уд./хв відповідно. У змагальному періоді відбулися зміни, котрі підсилюють дію парасимпатичних впливів унаслідок тенденції до зменшення симпато-вагального індексу з  $1,91 \pm 0,32$  до  $1,39 \pm 0,20$  ( $p > 0,05$ ) і ЧСС з  $55,4 \pm 2,07$  до  $51,4 \pm 1,59$  уд./хв ( $p > 0,05$ ). З боку показників центральної гемодинаміки відбулося вірогідне зменшення СІ з  $2,835 \pm 0,10$  до  $2,622 \pm 0,04$  л/хв/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ), тобто в підготовчому періоді середня величина СІ відповідала еукінетичному, а в змагальному – гіпокінетичному ТК. Відсоткове співвідношення ТК у підготовчому періоді виглядало так: 28,6%:61,9%:9,5% (відповідно гіпо-, еу- і гіперкінетичний ТК), тобто превалював еукінетичний ТК, а в змагальному – 71,4%:28,6%:0%, почав превалювати гіпокінетичний ТК, при цьому були відсутні спортсмени з гіперкінетичним ТК. Дані індивідуального аналізу відсоткового співвідношення ТК підтвердили середні величини СІ. Серед решти показників центральної гемодинаміки (VІ, ЗПОС, ППО) були відсутні вірогідні відмінності. Серед показників фізичної працездатності відбулося вірогідне збільшення на 7,95% показника  $PWC_{170}/кг$  – відповідно з  $21,50 \pm 0,75$  до  $23,21 \pm 0,69$  кгм/хв/кг ( $p < 0,05$ ). Крім того, збільшилася середня величина ІФС на 20,2% – з  $8,205 \pm 0,43$  до  $9,865 \pm 0,45$  відн. од. ( $p < 0,05$ ); і в першому, і у другому випадках величини ІФС відповідали «середній» оцінці. Індивідуальний аналіз функціонального стану показав, що в підготовчому періоді спортсменів із «низькою» оцінкою було 4 (19,1%), 7 осіб (33,3%) мали оцінку «нижча за середню», 3 (14,3%) – «середню» оцінку і 7 (33,3%) – оцінку «вища за середню». У змагальному періоді у цих спортсменів відбулися істотні зміни функціонального стану. Спортсмени з «низькою» оцінкою були відсутні, з оцінкою «нижча за середню» – 4 (19%), 7 осіб (33,3%) – із «середньою», 6 спортсменів (28,7%) – із «вища за середню» і 4 (19%) – з «високою» оцінкою. Отже, аналіз індивідуальних величин функціонального стану показав, що в змагальному періоді відбулось збільшення кількості спортсменів високого класу із «середньою» оцінкою внаслідок відсутності осіб із «низькою», зменшення осіб з оцінкою «нижча за середню» і з'явилися 4 бігуни з «високою» оцінкою.

Аналогічний аналіз, що здійснений у спортсменів II–III розрядів, засвідчив: середній вік бігунів становив  $15,5 \pm 0,49$  року, стаж занять бігом –  $2,2 \pm 0,49$  року, довжина і маса тіла –  $178,3 \pm 4,29$  см і  $62,2 \pm 1,06$  кг відповідно. З боку часових і частотних показників ВСР у підготовчому та змагальному періодах відзначається деяке посилення парасимпатичних впливів АНС, при цьому відсутні вірогідні відмінності за періодами. У змагальному періоді з боку центральної гемодинаміки відзначена тенденція до зниження ЧСС із  $60,5 \pm 2,51$  до  $56,5 \pm 3,05$  уд./хв ( $p > 0,05$ ). Крім того, виявили тенденцію до зниження середньої величини СІ з  $3,186 \pm 0,24$

до  $2,902 \pm 0,11$  л/хв/м<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ ) і в обох періодах ця величина відповідала еукінетичному ТК. Дані підтверджуються індивідуальним відсотковим співвідношенням ТК, котре в підготовчому періоді мало вигляд: 16,7%:50,0%:33,3% (відповідно гіпо-, еу- і гіперкінетичний ТК), а в змагальному – 33,3%:66,7%:0%. Тобто у спортсменів II–III розрядів в обох тренувальних періодах превалював еукінетичний ТК, а в змагальному періоді були відсутні спортсмени з гіперкінетичним ТК унаслідок збільшення числа спортсменів із гіпо- та еукінетичним ТК.

Середня величина  $PWC_{170}/кг$  мала тенденцію до збільшення з  $17,38 \pm 1,70$  до  $19,26 \pm 1,33$  кгм/хв/кг ( $p > 0,05$ ) (приріст на 10,82%). Те саме стосується й ІФС (приріст на 8,5%), величина котрого мала тенденцію до збільшення з  $7,246 \pm 0,72$  до  $7,862 \pm 0,53$  відн. од. ( $p > 0,05$ ) і, згідно з нашою класифікацією, в обох періодах відповідала оцінці «нижча за середню». Слід відзначити, що індивідуальний аналіз функціонального стану не відрізнявся за періодами й в обох випадках зафіксував «низьку» оцінку в одного спортсмена (16,7%), «нижчу за середню» – у 2 (33,3%) і «середню» – у 3 (50,0%) спортсменів. Отже, у спортсменів кваліфікації II–III розрядів у змагальному періоді виявлена тільки тенденція до збільшення фізичної працездатності й ІФС, що підтвердили індивідуальні дані спортсменів.

Результати кореляційного аналізу, що здійснений між інтегральними показниками варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у спортсменів високого класу в підготовчому періоді, продемонстрували негативний взаємозв'язок між  $PWC_{170}/кг$  і СІ,  $r = -0,46$  ( $p < 0,05$ ), а також між ІФС і СІ,  $r = -0,56$  ( $p < 0,05$ ). У змагальному періоді кількість зв'язків збільшилась унаслідок негативного взаємозв'язку між фізичною працездатністю, ІФС та ІН, взаємозв'язок виглядав так:  $PWC_{170}/кг$  і СІ,  $r = -0,36$  ( $p < 0,05$ ), ІФС і СІ,  $r = -0,39$  ( $p < 0,05$ ),  $PWC_{170}/кг$  і ІН,  $r = -0,76$  ( $p < 0,05$ ), ІФС і ІН,  $r = -0,71$  ( $p < 0,05$ ). Зауважимо, що аналогічний кореляційний аналіз, що здійснений у спортсменів II–III розрядів, показав відсутність будь-яких вірогідних зв'язків в обох періодах тренувального процесу.

Отже, нами відзначений взаємозв'язок досліджуваних інтегральних показників, за якими збільшення фізичної працездатності й ІФС висококваліфікованих спортсменів у змагальному періоді асоціюється зі зниженням серцевого індексу до величин, що відповідають економічно вигідному гіпокінетичному ТК, індексу напруги регуляторних систем (ІН) до величин, що свідчать про превалювання парасимпатичних впливів АНС.

### Висновки

1. У змагальному періоді в порівнянні з підготовчим у групі бігунів на дистанції 400 м відбулось посилення парасимпатичних впливів АНС, трансформація еукінетичного ТК у гіпокінетичний із відсутністю спортсменів, що мають гіперкінетичний ТК, а також вірогідне збільшення фізичної працездатності на 8,5% та ІФС – на 17,9%.

2. У спортсменів високого класу у змагальному періоді превалювали парасимпатичні впливи АНС, гіпокінетичний



ТК із відсутністю спортсменів, що мають гіперкінетичний ТК, трансформація еукінетичного ТК у гіпокінетичний, вірогідне збільшення фізичної працездатності на 7,95% і ІФС – на 20,2%.

3. У спортсменів кваліфікації II–III розрядів у змагальному періоді посилилась парасимпатична ланка АНС, зберігся еукінетичний ТК, котрий був у підготовчому періоді, при цьому відсутні спортсмени з гіперкінетичним ТК.

4. Кореляційний аналіз між інтегральними показниками загалом по групі бігунів та у спортсменів високого класу в підготовчому періоді виявив негативний взаємозв'язок, котрий свідчить, що підвищення показників  $PWC_{170}/\text{кг}$  і ІФС асоціюється зі зменшенням СІ до величин, котрі характерні для гіпокінетичного ТК, а у спортсменів II–III

розрядів – ще й до зниження ІН до величин, що відповідають превалюванню парасимпатичних впливів АНС, на відміну від змагального періоду, де були відсутні вірогідні зв'язки.

5. Загалом у групі бігунів на дистанції 400 м у змагальному періоді в міру збільшення фізичної працездатності та поліпшення функціонального стану відбулись сприятливі позитивні зміни з боку спортивних результатів, що дало можливість деяким із них підвищити свою кваліфікацію.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у вивченні впливу тренувальних навантажень у річному циклі тренувального процесу на показники варіабельності ритму серця, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у представників інших видів легкої атлетики (біг на довгі дистанції, стрибки, метання).

### Список літератури

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т. 28. – №2. – С. 70–82.
2. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 225 с.
3. Барановская И.Б. Особенности вегетативной регуляции у представителей различных спортивных специализаций / И.Б. Барановская, Т.В. Бушуева // Спортивна медицина. – 2012. – №2. – С. 45–49.
4. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.
5. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
6. Гуштурова И.В. Особенности физического развития, вегетативной регуляции сердечного ритма и функционального состояния респираторной системы у легкоатлетов спринтеров и средневикиков / И.В. Гуштурова, В.Г. Семенов // Инновационные технологии в подготовке спортсменов: материалы научно-практической конференции. – М., 2013. – С. 34–35.
7. Жемайтите Ц.И. Взаимодействие парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма / Ц.И. Жемайтите, Г.А. Варонекас, Е.Н. Соколов // Физиология человека. – 1985. – Т. 11. – №3. – С. 448–452.
8. Карпман В.Л. Функциональная диагностика в спортивной медицине / В.Л. Карпман // Клиническая медицина. – 1980. – №6. – С. 3–7.
9. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.В. Гудков. – М.: ФИС, 1988. – 208 с.
10. Михалюк С.Л. Особливості наукових досліджень у спортивній медицині на сучасному етапі / С.Л. Михалюк // Запорозький медичинський журнал. – 2015. – №5(92). – С. 82–84.
11. Оганов Р.Г. Дифференцированный подход к разработке физиологических нормативов и его значение для профилактической кардиологии / Р.Г. Оганов, А.Н. Бритов, И.А. Гундаров // Кардиология. – 1984. – №4. – С. 52–56.
12. Патент на корисну модель №36013 «Спосіб оцінки функціонального стану організму осіб, що займаються фізичною культурою та спортом» / МПК(2006) А61В5/00 / С.Л. Михалюк, В.В. Сиволап, І.В. Ткаліч. 10.10.2008 // Бюл. №19.
13. Попова И.Е. Особенности региональной гемодинамики у легкоатлетов-бегунов на средние дистанции / И.Е. Попова, Г.Н. Германов, Е.Г. Цуканова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 2(60). – С. 104–112
14. Приходько В.М. Особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы юных пловцов, достигших высоких спортивных результатов / В.М. Приходько, Л.М. Беляева // Теория и практика физической культуры. – 1996. – №9. – С. 2–5.
15. Пушкарь Ю.Т. Определение сердечного выброса методом тетраполярной реографии и его методологические возможности / Ю.Т. Пушкарь, В.М. Большов, Н.А. Елизарова // Кардиология. – 1977. – №7. – С. 85–90.
16. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and Clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – №5. – P. 1043–1065.
17. Kubiček W.G. Impedance cardiography as a non invasive method of monitoring function and other parameters of the cardiovascular system / W.G. Kubiček, R.P. Patterson, D.A. Wetsol // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1970. – Vol. 170. – P. 724–732.

### References

1. Baevsky, R. M. (2002). Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma v kosmicheskoy medicine [Analysis of HRV in space medicine]. *Fiziologiya cheloveka*, 28(2), 70–82. [in Russian].
2. Baevsky, R. M., Kirillov, O. I., & Kleckin, S. Z. (1984) *Matematicheskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse* [Mathematical analysis of heart rate changes during stress]. Moscow: Nauka. [in Russian].
3. Baranovska, I. B., & Bushueva, T. V. (2012). Osobennosti vegetativnoj regulyacii u predstavitelej razlichnykh sportivnykh specializacij [Features of autonomic regulation at the representatives of different sports specializations]. *Sportyvna medytsyna*, 2, 45–49. [in Ukrainian].
4. Belocerkovskij, Z. B. (2005) *Ergometricheskie i kardiologicheskie kriterii fizicheskoy rabotosposobnosti u sportsmenov* [Ergometric and cardiac criteria for physical performance in athletes]. Moscow: Sovetskij sport. [in Russian].
5. Borovikov, V. *STATISTICA: Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere. Dlya professionalov* [STATISTICA: the art of data analysis on the computer. For professional]. Saint Petersburg: Piter. [in Russian].
6. Gushturova, I. V., & Semenov, V. G. (2013) Osobennosti fizicheskogo razvitiya, vegetativnoj regulyacii serdechnogo ritma i funkcional'nogo sostoyaniya respiratornoj sistemy u legkoatletov sprinterov i srednevikov [Features of physical development of the autonomic regulation of heart rate and functional state of the respiratory system in athletes and sprinters srednevikov]. *Innovacionnye tekhnologii v podgotovke sportsmenov*. Proceedings of the Scientific and Practical Conference, (p. 34–35). Moscow. [in Russian].
7. Zhemajtite, T. I., Varoneckas, G. A., & Sokolov, E. N (1985). Vzaimodejstvie parasimpaticheskogo i simpaticeskogo otdelov vegetativnoj nervnoj sistemy v regulyacii serdechnogo ritma [The interaction of the parasympathetic and sympathetic nervous sys-



- tem in the regulation of heart rate]. *Fiziologiya cheloveka*, 11(3), 448–452. [in Russian].
8. Karpman, V. L. (1980). Funkcional'naya diagnostika v sportivnoj medicine [Functional diagnostics in sports medicine]. *Klinicheskaya medicina*, 6, 3–7. [in Russian].
  9. Karpman, V. L., Belocerkovskij, Z. B., & Gudkov, I. V. (1988). *Testirovaniye v sportivnoj medicine [Testing in sports medicine]*. Moscow: FIS. [in Russian].
  10. Mykhaliuk, Ye. L. (2015). Osoblyvosti naukovykh doslidzhen u sportyvni medytsyni na suchasnomu etapi [Features of research in sports medicine at the present stage]. *Zaporozhskij medicinskij zhurnal*, 5(92), 82–84. [in Ukrainian].
  11. Oganov, R. G., Britov, A. N., & Gundarov, I. A. (1984). Differencirovannyj podkhod k razrabotke fiziologicheskikh normativov i ego znachenie dlya profilakticheskoy kardiologii [Differentiated approach to the development of physiological regulations, and its implications for preventive cardiology]. *Kardiologiya*, 4, 52–56. [in Russian].
  12. Mykhaliuk, Ye. L., Syvolap, V. V., & Tklich, I. V. (patentee) (2008) Patent na korysnu model, №36013 MPK (2006) A61V5/00. «Sposib otsinky funktsionalnogo stanu orhanizmu osib, shcho zaimaiutsia fizychnoiu kulturoiu ta sportom» [The patent for utility model № 36013, IPC (2006) A61V5/00. “The way to assess the functional state of those engaged in physical culture and sport”]. *Bull.*, 19. [in Ukrainian].
  13. Popova, I. E., Germanov, G. N., & Tsukanova, E. G. (2010). Osobnosti regional'noj gemodinamiki u legkoatletov-begunov na srednie distancii [Particularities of regional hemodynamics among the middle distance runners]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, 2(60), 104–112. [in Russian].
  14. Prihod'ko, V. M., & Belyaeva, L. M. (1996). Osobnosti funkcional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy yunyykh plovcov, dostigshikh vysokikh sportivnykh rezul'tatov [Features of a functional state of the cardiovascular system of young swimmers, who have reached high results]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 9, 2–5. [in Russian].
  15. Pushkar', Yu. T., Bol'shov, V. M., & Elizarova, N. A. (1977). Opredelenie serdechnogo vybrosa metodom tetrapolyarnoy reografii i ego metodologicheskie vozmozhnosti [Determination of cardiac output by tetrapolar rheography and methodological possibilities]. *Kardiologiya*, 7, 85–90. [in Russian].
  16. (1996). Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and Clinical use. *Circulation*, 93(5), 1043–1065. doi: 10.1161/01.CIR.93.5.1043.
  17. Kubiček, W. G., Patterson, R. P., & Wetsol, D. A. (1970). Impedance cardiography as a non invasive method of monitoring function and other parameters of the cardiovascular system. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 170, 724–732. doi: 10.1111/j.1749-6632.1970.tb17735.x.

**Відомості про авторів:**

Михалюк Є. Л., д. мед. н., професор, зав. каф. фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я, Запорізький державний медичний університет, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Малахова С. Н., к. мед. н., доцент каф. фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я, Запорізький державний медичний університет.

Діденко М. В., зав. відділення спортивної медицини, Донецький лікарсько-фізкультурний диспансер.

**Сведения об авторах:**

Михалюк Е. Л., д. мед. н., профессор, зав. каф. физической реабилитации, спортивной медицины, физического воспитания и здоровья, Запорожский государственный медицинский университет, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Малахова С. Н., к. мед. н., доцент каф. физической реабилитации, спортивной медицины, физического воспитания и здоровья, Запорожский государственный медицинский университет.

Диденко М. В., зав. отделением спортивной медицины, Донецкий врачебно-физкультурный диспансер.

**Information about authors:**

Mikhaliuk Ye. L., MD, PhD, DSci, Professor, Head of Department of Physical Rehabilitation, Sports Medicine, Physical Training and Health, Zaporizhzhia State Medical University, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Malakhova S. N. MD, PhD, Associate Professor, Department of Physical Rehabilitation, Sports Medicine, Physical Training and Health, Zaporizhzhia State Medical University.

Didenko M. V., Head of the Department of Sports Medicine, Donetsk Medical-Sports Clinic.

Поступила в редакцию 12.01.2016 г.