

**Особливості регуляції дихальної системи
при формуванні перенапруження серцево-судинної системи
за парасимпатичним типом**

¹Романчук О.П., ²Гузій О.В.

¹Міжнародний гуманітарний університет

²Львівський державний університет фізичної культури
імені Івана Боберського

Вступ. Сучасна оцінка функції дихання базується на розрахунку вентиляційно-перфузійного коефіцієнта, який визначає співвідношення альвеолярної вентиляції та перфузії. При цьому параметри спонтанного дихання, які характеризують базальний дихальний паттерн, в зв'язку із широкою варіативністю, як правило не враховуються. Обмежуються тільки визначенням трьох нормологічних груп з урахуванням частоти дихання: нормопноїки, тахіпноїки та брадіпноїки [1]. Різноманітність та висока чутливість показників паттерну дихання до зовнішніх впливів в нормі утрудняє, як правило, адекватну їх інтерпретацію у якості маркерів функціональних порушень при різних захворюваннях. Зазвичай про функціональну достатність системи дихання судять за критеріями змінних енерговитрат на підставі поглинання кисню і видалення вуглекислого газу [1, 9].

Останніми роками, з розробкою програмно-дослідницьких комплексів спіроартеріокардіоритмографії (САКР) [13], коли було знайдене технічне рішення проблеми одночасної реєстрації потоків вдихуваного та видихуваного повітря разом з показниками кардіоінтервалометрії та оцінки пульсової хвилі, є можливість оцінки індивідуального паттерну дихання [1], його варіабельності дихання [5, 12], а також показників кардіореспіраторної синхронізації [3,4].

Відомим є, що регуляція дихання здійснюється сукупністю дихальних нейронів, які задають ритм дихання та глибину [1,9]. Багаторівневість впливу на модуляцію дихальних ритмів не дозволяє, як правило, чітко ідентифікувати їх походження. З іншого боку, їх підлаштування визначає пристосування киснетранспортної функції до умов діяльності людини, особливо фізичної [1].

В попередніх дослідженнях нами були показані особливості регуляторних змін у дихальній системі за даними варіабельності довільного дихання за впливу змагального навантаження [6, 15], у хворих з різними варіантами перебігу бронхіальної астми [7, 8, 14], з урахуванням функціонального стану організму [11] та ін.

Актуальність даного дослідження була зумовлена доцільністю пошуку ритмологічних критеріїв регуляції дихання при формуванні станів перенапруження у спортсменів.

Мета роботи. Визначити особливості регуляції дихання у висококваліфікованих спортсменів при формуванні перенапруження серцево-

судинної системи за парасимпатичним типом за показниками різночастотних впливів на вентиляційну функцію.

Матеріал та методи. З використанням САКР [13] були обстежені 202 висококваліфікованих спортсмена чоловічої статі віком $22,6 \pm 2,8$ років. Стаж занять спортом складав $10,3 \pm 3,1$ роки. Обстеження проводилось перед тренуванням (K_1), одразу після нього (K_2), а також наступного після тренування ранку (K_3). В нашому дослідженні приймали участь висококваліфіковані спортсмени ациклічних видів спорту (карате, тхеквондо, кікбоксінг, бокс, водне поло, футбол) за впливу різних за спрямованістю інтенсивних фізичних навантажень, які виконувались у підготовчому, передзмагальному та змагальному періодах річного тренувального циклу.

Ультразвуковий датчик приладу САКР дозволяє вимірювати низку пересічних показників спонтанного дихання. А саме, паттерну дихання: тривалість вдиху (Твд, с) та видиху (Твд, с), дихальний об'єм (ДО, л), об'ємну швидкість вдиху ($V_{вд}$, л/с) та видиху ($V_{вид}$, л/с), співвідношення тривалості вдиху та видиху (Твд/Твид), частоту дихання (ЧД, хв.⁻¹) та хвилинний об'єм дихання (ХОД, л), а також варіабельності дихання: загальної потужності дихання (TP_D (л/с²)), потужності у понаднижкочастотному діапазоні (VLF_D (л/с²)), потужності у низкочастотному діапазоні (LF_D (л/с²)) та потужності у високочастотному діапазоні (HF_D (л/с²)) та їх похідних.

За результатами САКР були визначені спортсмени, у яких за даними аналізу вимірів варіабельності серцевого ритму відзначались зміни, що свідчили про розвиток перенапруження серцево-судинної системи за парасимпатичним типом [2]. Визначення перенапруження базувалось на оцінці змін автономної регуляції серцевого ритму, що була запропонована Н.І. Шлик [10] та передбачала врахування стрес-індексу, а також активності АНС у понаднижкочастотному (VLF) діапазоні. Визначення типу автономної регуляції серцевого ритму на кожному етапі дослідження (K_1 , K_2 та K_3) дозволило нам встановити характерні зміни типів за впливу інтенсивних фізичних навантажень [2]. До парасимпатичного перенапруження нами був віднесений варіант з початковим перенапруженням автономної регуляції (IV тип); після інтенсивного тренувального навантаження – оптимальним станом регуляторних систем, або перенапруженням автономної регуляції (III та IV тип); наступного після тренування ранку – перенапруженням автономної регуляції (IV тип). Такий варіант реєструвався в 9 випадках. Ці спортсмени склали групу спостереження (ГС).

Групу порівняння (ГП) склали всі 202 висококваліфікованих спортсмени.

Аналіз отриманих результатів проводився з визначенням відмінностей між групами та показниками в динаміці спостереження застосовувались непараметричні методи аналізу із використанням критеріїв Вілкоксона та Манн-Уїтні.

Результати. Аналіз морфофункціональних параметрів у вихідному стані показав, що у спортсменів ГС відзначались характерні відмінності рутинних показників будови тіла та діяльності серцево-судинної системи. Достатньо чітко візуалізувались відмінності від ГП, які стосуються: значуще менших значень маси тіла ($p < 0,05$), індексу маси тіла (ІМТ) ($p < 0,05$), обводів грудної клітини (ОГК) ($p < 0,05$), черева ($p < 0,05$), стегна ($p < 0,05$), значуще більших значень екскурсії грудної клітини ($p < 0,05$), силового індексу (СІ) ($p < 0,05$). Істотними виявилися відмінності артеріального тиску систолічного (АТС) ($p < 0,05$), індексів Кердо ($p < 0,05$), Робінсона ($p < 0,05$), АП Баєвського ($p < 0,05$), які засвідчили більш кращий функціональний стан організму та виражене переважання парасимпатичних впливів. Підтвердили даний факт значуще більші значення рівня фізичного стану (РФС) за Пироговою ($p < 0,05$).

Були проаналізовані відмінності паттерну та варіабельності довільного дихання (ВДД) у ГС та ГП при K_1 , K_2 та K_3 .

Перед фізичним навантаженням (K_1) у ГС у порівнянні з ГП відзначалась тенденція до меншої ЧД (хв^{-1}) - 11,3 (9,6; 16,7) проти 15,0 (11,2; 17,5), яка супроводжувалась збільшенням активності низькочастотного впливу за показником $LF_{дп}$, (н.о.) – 23,3 (2,6; 48,1) проти 3,2 (2,3; 18,9), $p < 0,05$, зменшенням абсолютних ($HF_{д}$, ($\text{л}/\text{с}^2$)) та відносних ($HF_{дп}$, (н.о.)) значень високочастотного впливу – 182 (67; 216) проти 243,4 (148,8; 441,0), $p < 0,05$, та 63,3 (47,4; 73,0) проти 85,4 (69,5; 90,9), $p < 0,05$, відповідно. Останнє відображалось на співвідношенні $LF/HF_{д}$, ($\text{л}/\text{хв}$)²/ ($\text{л}/\text{хв}$)², яке також значуще відрізнялось 0,33 (0,05; 1,02) проти 0,04 (0,03; 0,26), $p < 0,05$.

Одразу після інтенсивного фізичного навантаження (K_2) характерними для ГС у порівнянні з ГП були значуще менші тривалості вдиху та видиху 1,2 (1,1; 2,1) проти 1,5 (1,2; 2,1) та 1,7 (1,4; 2,4) проти 2,1 (1,7; 2,9), $p < 0,05$, відповідно, що відображалось на показнику ЧД, який був значуще більшим 20,9 (13,5; 24,0) проти 17,4 (11,8; 20,3), $p < 0,05$. Значущими були відмінності показників ДО 0,385 (0,320; 0,950) проти 0,580 (0,440; 0,830), $p < 0,05$, $V_{вд}$ та $V_{вид}$ 0,30 (0,29; 0,34) проти 0,34 (0,27; 0,44) та 0,31 (0,27; 0,44) проти 0,28 (0,19; 0,41), $p < 0,05$, відповідно, а також показника $T_{вд}/T_{вид}$ 0,81 (0,66; 0,86) проти 0,71 (0,63; 0,83). При цьому ХОД значуще не відрізнявся 9,2 (8,8; 10,5) проти 9,3 (6,6; 12,1). Заслуговує на увагу більш істотне, у порівнянні з ГП, збільшення ЧД за впливу інтенсивного фізичного навантаження за рахунок значущого зменшення $T_{вид}$ (с) та відповідно збільшення $V_{вид}$ ($\text{л}/\text{с}$).

Значущі відмінності показників ВДД від ГП стосувались тільки абсолютних ($HF_{д}$, ($\text{л}/\text{хв}$)²) 182 (67; 216) проти 243,4 (148,8; 441,0), $p < 0,05$, та відносних ($HF_{дп}$, н.о.) 77,6 (51,7; 84,4) проти 88,2 (59,7; 93,3), $p < 0,05$, показників високочастотних впливів та $LF/HF_{д}$, ($\text{л}/\text{хв}$)²/ ($\text{л}/\text{хв}$)² 0,08 (0,04; 0,14) проти 0,04 (0,02; 0,12), $p < 0,05$.

Більш значущими у ГС, ніж у ГП, були зміни показників паттерну та варіабельності дихання у порівнянні з вихідним станом (K_2 проти K_1). За показниками паттерну дихання відзначається більш істотне збільшення ЧД

($p < 0,05$) та зменшення ДО ($p < 0,05$). При тому, що ХОК також збільшується значуще ($p < 0,05$).

За параметрами ВДД відзначаються зміни загальної потужності дихання ($TR_{д}$, $(л/хв)^2$) в ГС, яка зросла більш значуще 655 (404; 906) проти 299 (202; 320), $p < 0,01$, ніж у ГП 497 (310; 1037) проти 328 (210; 538), $p < 0,05$. Останнє визначалось більш істотним зростанням $HF_{д}$, $(л/хв)^2$ у ГС 409 (104; 661) проти 182 (67; 216), $p < 0,05$, ніж у ГП 412,1 (161,3; 835,2) проти 243,4 (148,8; 441,0), $p < 0,05$. При цьому між собою вони при K_2 не відрізнялись.

Заслужують на увагу зміни показників дихання у відновному періоді (K_3). У ГП у відновному періоді показники всі показники паттерну дихання не відрізняються від вихідних (K_1), що засвідчує відновлення часових та об'ємних параметрів вентиляції легень. В той же час у ГС на тлі відновлення тривалості вдиху відзначалось значуще пришвидшення видиху, яке, проте, було уповільненим у порівнянні з постнавантажувальним періодом. Воно супроводжувалось відновленням ДО (л), ЧД ($хв^{-1}$) та ХОД (л).

З боку ВДД відмінним від ГП було значуще зниження понаднижкочастотних впливів ($VLF_{д}$, $(л/хв)^2$) 1,6 (1,0; 2,3) у порівнянні з вихідним 2,6 (0,8; 5,3), $p < 0,05$ постнавантажувальним 4,5 (2,3; 7,3), $p < 0,05$, рівнями, а також з ГП 2,6 (1,7; 4,0), $p < 0,05$. Значуще зниження низькочастотних впливів ($LF_{д}$, $(л/хв)^2$) 8,4 (4,0; 28,1) у порівнянні з вихідним 46,7 (8,4; 228,0), $p < 0,05$ та постнавантажувальним 52,2 (9,0; 96,0), $p < 0,05$, а також значуще збільшення відносного внеску високочастотних впливів ($HF_{д}$, н.о.) 85,5 (55,9; 89,4) у порівнянні з вихідним 63,3 (47,4; 73,0), $p < 0,05$ та постнавантажувальним 77,6 (51,7; 84,4), $p < 0,05$.

Висновки.

У вихідному стані спортсмени, у яких прогнозується перенапруження серцево-судинної системи за парасимпатичним типом за ритмологічними показниками дихання відрізняються збільшенням відносної активності низькочастотних впливів, а також зменшенням абсолютних та відносних високочастотних впливів на дихання. Після інтенсивного фізичного навантаження відзначалось значуще збільшення абсолютних та відносних високочастотних впливів на дихання, яке також супроводжувалось більш значущим зростанням загальної потужності дихання, ніж серед усіх спортсменів. У відновному періоді відзначалось значуще зниження понаднижкочастотних впливів, яке супроводжувалось зниженням низькочастотних впливів та істотним збільшенням високочастотних впливів.

Показано, що у спортсменів з парасимпатичним перенапруженням серцево-судинної відзначаються характерні зміни регуляторних впливів на довільне дихання, які пов'язані із зміною ритмологічних характеристик дихання. Останнє, на нашу думку, при подальшому уточненні може істотно доповнити відомі дані щодо регуляції довільного дихання при фізичних навантаженнях

Література

1. Бреслав, И. С., Волков, Н. И., Тамбовцева, Р. В. (2013). *Дыхание и мышечная активность человека и спорте*. М.: Советский спорт. 336 с.
2. Гузій, О. В. (2019). Зміни типів автономної регуляції серцевого ритму за впливу інтенсивних фізичних навантажень. *Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова*, 10(118), С. 43-49.
3. Носкин, Л. А., Рубинский, А. В., Романчук, А. П., Марченко, В. Н., Пивоваров, В. В., Черепов, А. Б., Заровкина, Л. А. (2018). Изучение сердечно-сосудистого и дыхательного синхронизма при различных режимах дыхания. *Патогенез.*, 16(4), 90-96. doi: 10.25557/2310-0435.2018.04.90-96
4. Носкин, Л. А., Рубинский, А. В., Марченко, В. Н., Ламден, Ю. А., Пивоваров, В. В., Черепов, А. В. (2019). Полисистемная дифференциальная диагностика сопряжения внешнего дыхания и сердечно-сосудистого синхронизма у больных с различным профилем заболеваний. *Патогенез*, 17(3), 65-73. doi: 10.25557/2310-0435.2019.03.65-73
5. Паненко, А. В., Романчук О. П. (2004). До питання дослідження вікових особливостей варіабельності дихання. *Одеський медичний журнал*, 5, 63–66.
6. Романчук, А. П. (2005). Вегетативная регуляция кардиореспираторной системы в динамике годичного тренировочного цикла. *Теория и практика физической культуры*, 6, 42–45.
7. Романчук, О. П., Величко, В. І., Бажора, Ю. І. (2019). Реактивність кардіореспіраторної системи в пацієнтів із бронхіальною астмою за даними тестів із керованим диханням. *Запорізький медичний журнал*. 4(115). 449–457. doi: 10.14739/2310-1210.2019.4.173191
8. Романчук, О. П., Бажора, Я. І. (2018). Варіабельність та паттерн дихання пацієнтів з персистуючим перебігом бронхіальної астми та ожирінням. *Український журнал медицини, біології та спорту*, 3(7), 74–83. doi: 10.26693/jmbs03.07.074
9. Шик, Л. М. (1994). *Основные черты управления дыханием*. Физиология дыхания. СПб.: Наука.
10. Шлык Н.И. (2009). *Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов*. Ижевск.
11. Guziy, O. V., Romanchuk, A.P. (2017). Multifunctional determinants of athletes' health. *Journal of Medicine and Health Research*, 2(1), 2–21.
12. Guzii, O. V., Romanchuk, A. P., Maglovanyu, A. V., Trach, V. M. (2019). Polyfunctional express-evaluation criteria of the sportsman organism state. *Journal of Physical Education and Sport*, 19(4): 2352-2358 doi: 10.7752/jpes.2019.04356
13. Pivovarov, V. V. (2011). Information-measuring system for functional diagnostics of nervous regulation of blood circulation. Part II. The implementation. *Automation and remote control*, 72(3), 671–676. doi: 10.1134/S0005117911030192
14. Romanchuk, A. P., Bazhora, Ya. I. (2018). Regulatory peculiar features of uncontrolled bronchial asthma. *Journal of Education, Health and Sport*, 8(1), 330-346. doi: 10.5281/zenodo.1405627
15. Romanchuk, A. P., Guzii, O. V. (2018). Respiration variability of athletes after competition load. *Rev Bras Med Esporte*. 24(5 Suppl.1), 78.

Інформація про авторів:

Романчук О.П.

завідувач кафедри загально-медичних наук
доктор медичних наук, професор
Міжнародний гуманітарний університет
Одеса, Україна
doclfc@ua.fm

Гузій О.В.

доцент кафедри спортивної медицини та здоров'я людини
кандидат наук з фізичного виховання і спорту, доцент
Львівський державний університет фізичної культури імені Івана Боберського
Львів, Україна
o.guzij@gmail.com

Поступила до редакції 05.05.2020 р.

Опубліковано 19.06.2020 р.