

УДК 612.172.2

Подрігало Л.В., Володченко О.А., Сокол К.М., Ровна О.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ АТЛЕТІВ КІКБОКСИНГУ

Мета роботи – дослідження особливостей варіабельності серцевого ритму (ВСР) атлетів кікбоксингу у спокої та при стандартному навантаженні. У 17 атлетів (17.88±0.58) років фіксували показники ВСР за допомогою системи CardiolabSens. Динаміка показників доводить адаптацію до фізичних навантажень, що потужність використаних фізичних навантажень не виходить за межі адаптаційних можливостей атлетів. З'ясовано фізіологічний шлях адаптації атлетів до фізичних навантажень. Метод аналізу ВСР є зручним неінвазивним методом оцінки і моніторингу стану спортсменів.

Ключові слова: кікбоксинг, варіабельність серцевого ритму, адаптація.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями.

Спортивні одноборства традиційно відносяться до видів спорту, популярних і широко розповсюджених серед широких шарів населення, насамперед, серед молоді і підлітків. Таймазов В.А., Ашкинази С.М., Обвинцев А.А. наводять матеріали міжнародного соціологічного опитування, проведеного у чотирьох країнах (Росії, Казахстані, Республіці Білорусь та Україні), щодо зацікавленості і відношення школярів і студентів до спортивних одноборств і бойових мистецтв [8]. Виявлено, що одноборства і бойові мистецтва займають дуже велике місце у перевагах молоді, в структурі їх потреб в галузі фізичної культури.

Суттєве місце серед цих видів спорту займає кікбоксинг, що є одним із сучасних бойових видів спорту, який багато в чому протистає східним одноборствам. З позицій фізіології спорту кікбоксинг повинен бути оцінений як бойове мистецтво високої інтенсивності, преривчатого характеру, що характеризується складними навичками і тактичними ключовими діями невеликої тривалості.

Найбільш об'ємний огляд публікацій, присвячених кікбоксингу, наводять Slimani, M., Chaabene, H., Miarka, B. e.a. [12]. Автори підкреслюють, що психофізіологічні вимоги змагань з кікбоксингу потребують від спортсменів досягнення високих порогів різних аспектів фізичної підготовки. Автори здійснили оцінку антропометричних, фізіологічних, фізичних і психологічних характеристик кікбоксерів, особливостей його спортивної діяльності та ризику отримання травм з метою розробки практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності підготовки і виділення нових напрямків наукових досліджень у цій галузі. Наявна інформація доводить, що серед кікбоксерів, як аматорського, так і елітного рівня висока частка мезоморфних осіб з добре розвинутою м'язовою масою і низьким вмістом жиру в організмі. Хоча є деякі відмінності у максимальному поглинанні кисню у атлетів, для них характерний середній та високий адаптаційний статус кардіореспіраторної системи. Незалежно від рівня підготовки, повідомлялося про високу пікову потужність та середній рівень анаеробної потужності. Для атлетів вищого рівня майстерності характерна добре розвинута м'язова сила як верхніх, так і нижніх кінцівок. Суттєве місце для досягнення успіху мають психологічні чинники, серед яких особливе значення мають високий рівень самовпевненості, мотивації, настрою та оптимізму, розумової стійкості і вміння адаптуватися. Саме за психологічними факторами доведено відмінності успішних та неуспішних атлетів.

Дослідження гоніометричних та біомеханічних показників атлетів кікбоксингу дозволило з'ясувати суттєві відмінності порівняно із представниками інших одноборств, довело важливість цих показників в прогнозі успішності [6, 11].

Вивчення особливостей стану серцево-судинної системи кікбоксерів, проведене Podrigalo L.V., Volodchenko A.A., Rovnaya O.A. e.a. [10]. З'ясовано, що періодичний контроль ЕКГ дозволяє оцінити наявний адаптаційний потенціал, відповідність функціонального стану фізичним навантаженням і забезпечити профілактику формування донозологічних станів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До провідних завдань сучасної спортивної науки відносяться відбір, контроль за тренувальним процесом, прогноз змагальної діяльності і розвитку донозологічних станів у спортсменів (перевтоми, перетренованості, перенапруги тощо). Для їх вирішення необхідно мати вірогідні та інформативні методики, серед яких важливе місце посідає дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР). З 60-х років минулого сторіччя, завдяки роботам

Р.М.Баєвського, ця методика вважається адекватним інструментом оцінки рівню стресу, прогнозу станів на межі норми і патології як на індивідуальному, так на груповому і популяційному рівнях.

Гаврилова Е.А. [3] наводить вичерпний огляд літературних джерел, присвячених використанню ВСР у спорті. Доводиться, що оскільки спорт є одним із найбільш стресорних видів діяльності людини, ця методика стає адекватним та вірогідним інструментом оцінки функціонального стану. На підставі ВСР автором розроблено методику оцінки поточного функціонального стану спортсмена на різних етапах підготовки і відповідності його рівню навантажень, що може застосовуватися для прогнозу тренувальної та змагальної діяльності.

Ще однією з переваг аналізу ВСР є то, що він може використовуватися як експрес-метод для виявлення чинників ризику. Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Лысенко А.В. та ін. [9] використовували показники ВСР при аналізі впливу рухової активності на здоров'я. Доведено, що для експрес-оцінки і прогнозу функціонального стану можуть бути застосовані статистичні і геометричні показники ВСР.

Викулов А.Д., Немиров А.Д., Ларионова Е.Л. досліджували ВСР у осіб із підвищеним режимом рухової активності [2]. Проведений факторний аналіз дозволив виявити найбільш інформативні параметри ВСР, що склали 2/3 узагальноної дисперсії. Це дозволило зробити висновок про сталість організму, удосконалення нейрогуморальної регуляції вегетативного забезпечення рухових функцій.

Андропова Л.Б., Лобов А.Н., Голубович С.В. вивчали особливості серцевого ритму з урахуванням вегетативного статусу у дітей 9-10 років, що займалися хокеєм [1]. З'ясовано наявність взаємозв'язків основних показників ВСР із віком, вихідним вегетативним статусом і спортивною результативністю.

Калюжный Е.А., Кузмичев Ю.Г., Лукьянова И.В. намагалися обґрунтувати і розробити еталони показників ВСР і на їх підставі запропонувати спосіб оцінки адаптації у підлітків [5]. Запропоновано використання центильних шкал у вивченні індивідуальних варіантів різновидів взаємодії симпатичного і парасимпатичного відділів нервової системи і їх сумісного впливу на показники ВСР.

Каллаур Е.Г. вивчав особливості ВСР у елітних спортсменів-гребців на байдарках [4]. Проведене дослідження дозволило виявити значущі показники ВСР, оцінити поточний функціональний стан спортсменів та рівень їх адаптаційних резервів.

Близькі результати отримані Страховой Л.А., Некрасовой М.М., Блиновой Т.В. та ін. [7]. Автори оцінювали стан міокарду спортсменів – гребців на підставі дослідження ВСР та біохімічних показників. З'ясовано, що у період інтенсивного фізичного навантаження у спортсменів спостерігається зниження загального рівню вегетативної регуляції кровообігу і підвищення рівнів кардіоспецифічних маркерів у сироватці крові. Ці показники змінюються залежно від інтенсивності фізичного навантаження і можуть бути використані для моніторингу стану серцево-судинної системи і оцінки ефективності профілактичних заходів, спрямованих на корекцію фізичних навантажень в тренувально-змагальному циклі.

Формулювання мети і завдань роботи. Виходячи із наявних літературних відомостей, метою роботи було дослідження особливостей варіабельності серцевого ритму атлетів кікбоксингу у спокої та при стандартному ергометричному навантаженні.

Основний матеріал дослідження. В якості учасників дослідження виступили 17 атлетів кікбоксингу, середній вік (17.88 ± 0.58) років, рівень спортивної майстерності – кандидати та майстри спорту. **Дизайн дослідження** передбачав визначення показників ВСР за допомогою комп'ютерної системи CardiolabSens (виробництва НІІ "ХАІ-Медика" м. Харькова). В стані спокою та при виконанні стандартного ергономічного навантаження визначали середню тривалість інтервалів R – R (mRR), частоту серцевих скорочень (ЧСС), стандартне відхилення повного масиву кардіоінтервалів (SDNN), квадратний корінь із суми різниць послідовного ряду кардіоінтервалів (RMSSD), число пар кардіоінтервалів з різницею більше 50 мс в % до загальної кількості кардіоінтервалів в масиві (pNN50), сумарну потужність спектра ВСР в ms^2 (TP), максимум потужності спектра ультранизькочастотного компонента варіабельності в ms^2 (ULF), середнє значення потужності спектра дуже низькочастотного компонента варіабельності в ms^2 (VLF), середнє значення потужності спектра низькочастотного компонента варіабельності в ms^2 (LF), середнє значення потужності спектра високочастотного компонента варіабельності в ms^2 (HF), відношення середніх значень низькочастотного і високочастотного компонента (LF/HF), індекс централізації (IC), моду (Mo), амплітуду моди (AMo), різницю між максимальним і мінімальним значеннями кардіоінтервалів (MxDMn), стрес індекс (індекс напруги регуляторних систем) (Si). Оцінку результатів здійснювали на груповому рівні шляхом порівняння середніх величин.

Атлети виконували на велоергометрі навантаження потужністю 100 Вт/хв., тривалістю 3 хвилини. Частота обертання педалей на велоергометрі становила 60 обертів в хвилину.

Статистична обробка отриманих даних здійснена за допомогою ліцензійного пакету електронних таблиць Excel. Визначали показники описової статистики: середню арифметичну величину, стандартне відхилення від середньої і помилку середньої величини. Вірогідність відмінностей в групах оцінювалася за допомогою параметричного критерію Стьюдента (t) і непараметричного критерію знаків (z), відмінність вважали вірогідною при $p < 0,05$.

Отримані результати, наведені у таблиці 1, свідчать, що стандартне навантаження приводить до певних змін показників ВСП у атлетів кікбоксингу.

Таблиця 1

**Показники варіабельності серцевого ритму
атлетів кікбоксингу**

Показники	Стан спокою	Навантаження
Середня тривалість інтервалів R–R (mRR), мс	695.40±15.07	496.47±12.11 ¹
Частота серцевих скорочень (ЧСС), с ⁻¹	86.87±2.02	121.87±2.80 ¹
Стандартне відхилення повного масиву кардіоінтервалів (SDNN), мс	59.27±10.35	88.27±8.22 ¹
Квадратний корінь із суми різниць послідовного ряду кардіоінтервалів (RMSSD), мс	46.77±10.67	28.27±3.84
Число пар кардіоінтервалів з різницею більше 50 мс до загальної кількості кардіоінтервалів в масиві (pNN50), %	17.17±4.84	4.18±0.97 ¹
Сумарна потужність спектра ВСП (TP), мс ²	4168.17±1553.02	8537.64±1156.65 ¹
Максимум потужності спектра ультранизькочастотних компонента варіабельності (ULF), мс ²	0.37±0.21	4893.66±719.74 ¹
Середнє значення потужності спектра дуже низькочастотного компонента варіабельності (VLF), мс ²	460.94±261.34	3086.53±440.07 ¹
Середнє значення потужності спектра низькочастотного компонента варіабельності (LF), мс ²	1846.99±539.72	370.14±53.25 ¹
Середнє значення потужності спектра високочастотного компонента варіабельності (HF), мс ²	1859.92±813.57	188.65±34.07 ¹
Відношення середніх значень низькочастотного і високочастотного компонента (LF/HF)	2.01±0.32	2.40±0.33
Індекс централізації (IC)	50.19±10.65	1.80±1.61 ¹
Мода (Mo), мс	633.33±41.02	423.33±14.53 ¹
Амплітуда моди (AMo), %	47.93±4.66	31.53±5.45 ¹
Різниця між максимальним і мінімальним значеннями кардіоінтервалів (MxDMn), мс	36.53±7.92	313.47±34.85 ¹
Стрес індекс (Si)	219.20±37.75	233.53±162.26

Примітка. 1 – відмінності вірогідні (p<0,05).

Насамперед, навантаження приводило до вірогідного скорочення інтервалів R–R з паралельним збільшенням величини ЧСС, що доведено параметричними, відповідно $t=10.29$ і $t=-10.15$, і непараметричними критеріями, відповідно $z=0$, $z=0$. Це відбиває особливості адаптації атлетів до навантаження, яке здійснюється шляхом зростання частоти пульсу і скорочення інтервалу ЕКГ. Водночас, зростання ЧСС є відбиттям збільшення середнього рівня функціонування системи кровообігу під впливом фізичних навантажень.

Величина стандартного відхилення повного масиву кардіоінтервалів при навантаженні вірогідно зростала ($t=-2,19$). Відомо, що зростання цього показника вказує на посилення автономної регуляції серця і збільшення впливу дихання на ритм серця. А різке зниження цього показника, навпаки, ілюструє значну напругу регуляторних механізмів. Тобто, цей показник показує, що величина фізичної напруги є достатньою для атлетів кікбоксингу.

Середні показники квадратного кореня із суми різниць послідовного ряду кардіоінтервалів відрізнялися майже удвічі, але наявність вірогідних відмінностей не вдалося ствердити за допомогою використаних показників. Відсутність значущих зрушень ілюструє активність автономного контура регуляції і сталість ланки парасимпатичної регуляції діяльності серця.

Ще одним доказом на користь зроблених припущень є значуще зменшення числа пар кардіоінтервалів з різницею більше 50 мс (%) до загальної кількості кардіоінтервалів в масиві ($t=2,63$). Цей показник відбиває ступінь переважання симпатичної ланки регуляції, яка під впливом навантажень знизилася майже у чотири рази. Це дає підстави вважати, що фізичні навантаження приводять до активного включення центральних механізмів у регуляцію серцевого ритму. Лише у одного атлета цей показник становив 0, що дає підстави прогнозувати стан перенапруги та перетренованості.

Сумарна потужність спектра ВСР під впливом навантаження зростала практично у двічі, ($t=-2,26$), що стверджено і за допомогою критерію знаків ($z=2$). Таким чином, сумарна активність нейрогуморальних впливів на серцевий ритм значно зросла під впливом фізичних навантажень, що відбиває адаптацію організму до них.

Також фізичне навантаження сприяло вірогідному зростанню ультранизкочастотного компоненту спектру, ($t=-6,80$; $z=1$) та дуже низкочастотного компоненту спектру, ($t=-5,13$; $z=0$). Ці показники є чутливими індикаторами керування процесами метаболізму. Їх зростання ілюструє збільшення впливу вищих вегетативних центрів на серцево-судинний підкорковий центр, збільшення нейрогуморальних та метаболічних рівнів регуляції.

Паралельно спостерігалось значуще зменшення середніх значень низкочастотного, ($t=2,72$; $z=2$) та високочастотного, ($t=2,05$; $z=2$) компонентів спектру. Це відбиває зростання регуляції судинного тону за рахунок підвищення тону симпатичного відділу вегетативної нервової системи, зміщення вегетативного балансу у його бік.

Щодо відношення середніх значень низкочастотного і високочастотного компонента, то воно практично не змінилось. Це доводить відносну сталість активності підкоркового симпатичного нервового центру, а також є доказом того, що потужність використаних фізичних навантажень не виходить за межі адаптаційних можливостей атлетів.

З'ясовано зменшення індексу централізації більше ніж у 25 разів ($t=4,49$; $z=0$), що свідчить про зменшення ступеню централізації керування ритмом серця. Це ще раз доводить правильність зроблених припущень щодо змін регуляції серцево-судинної діяльності атлетів кікбоксингу під впливом ергономічних навантажень.

Суттєво зменшилися мода та її амплітуда, відповідно ($t=4,83$; $z=1$) і ($t=2,29$; $z=1$). Якщо мода характеризує найбільш вірогідний рівень функціонування серцево-судинної системи, то зменшення цього показника відбиває зменшення питомої ваги гуморального каналу регуляції. А динаміка амплітуди моди це ще раз доводить припущення про зміни балансу симпатичної та парасимпатичної системи.

Водночас величина різниці між максимальним і мінімальним значеннями кардіоінтервалів зросла майже у десятеро, ($t=-7,75$; $z=1$). На наш погляд, це повинно бути оцінено як доказ достатньої величини адаптаційного потенціалу атлетів кікбоксингу, тобто ствердження припущень, які були зроблені раніше.

Щодо стрес індексу, то його зростання доведено лише за допомогою критерію знаків ($z=3$). Цей показник характеризує ступінь напруги регуляторних систем за рахунок переважання центральних механізмів регуляції над автономними. Його збільшення є ще одним фактом, який доводить посиленість навантажень та фізіологічний механізм адаптації до них у атлетів кікбоксингу.

Висновки і перспективи подальших розробок. Таким чином, проведене дослідження дозволило встановити певні особливості ВСР атлетів кікбоксингу у спокої та при навантаженні. Наявні відомості дозволяють зробити висновок про фізіологічний шлях адаптації організму атлетів до фізичних навантажень. До проявів цього відносяться зміни показників, що ілюструють активацію симпатичної ланки регуляції. Зростання сумарної потужності спектру ВСР відбиває підвищення активності нейрогуморальних впливів на серцевий ритм, а зміни середніх значень компонентів спектру ВСР ілюструють реакції гіперадаптації до навантажень. Проведені дослідження ВСР доводять, що це метод є зручним неінвазивним методом оцінки і моніторингу стану індивідуальної адаптації спортсменів. Вивчення динаміки показників ВСР при фізичних навантаженнях дозволяють оцінити спрямованість адаптації і зробити прогноз наступної фізичної працездатності.

Використані джерела

1. Андропова Л.Б., Лобов А.Н., Голубович С.В. Особенности variability сердечного ритма у детей, занимающихся хоккеем // Лечебная физкультура и спортивная медицина – 2009. – № 11. – С. 28-32.
2. Викулов А.Д., Немиров А.Д., Ларионова Е.Л. Variability сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов // Физиология человека. – 2005. – Т. 3, № 6. – С. 54-59.
3. Гаврилова Е.А. Спорт, стресс, variability: Монография. – Москва, 2015. – 250 с.
4. Каллаур Е.Г. Адаптация сердечного ритма у гребцов на байдарках Инновационные технологии в физическом воспитании, спорте и физической реабилитации // Материалы II Международной научно-практической конференции – 2016. – С. 260-268.
5. Калужный Е.А., Кузмичев Ю.Г., Лукьянова И.В. Характеристика вегетативной адаптации подростков, по данным кардиоинтервалограмм // Медицинский вестник Северного Кавказа. – 2011. – Т. 21, № 1. – С. 32-35.
6. Подригало Л.В., Володченко О.А. Порівняльний аналіз біомеханічних аспектів кік-боксу та інших одноборств // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка – Вип. 139. Т. 1. – Чернігів: ЧДПУ, 2016. – С. 145 – 149.

7. Страхова Л.А., Некрасова М.М., Блинова Т.В. Роль кардиоспецифических маркеров и показателей регуляции сердечного ритма у спортсменов-гребцов в профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы // Медицинский альманах – 2013. – № 2 (26). – С. 156-159.
8. Таймазов В.А., Ашкинази С.М., Обвинцев А.А. Об отношении молодежи к спортивным единоборствам и боевым искусствам и степени их популярности в ряде стран мира // Теория и практика физической культуры – 2016. – № 2. – С. 40-42.
9. Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Лысенко А.В. Вариационная кардиоинтервалометрия как метод экспресс-оценки функционального состояния студентов с разным уровнем двигательной активности // Фундаментальные исследования – 2014. – № 11-5. – С. 1090-1093.
10. Podrigalo L.V., Volodchenko A.A., Rovnaya O.A., Ruban L.A., Sokol K.M. Analysis of adaptation potentials of kick boxers' cardio-vascular system // Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports, 2017;21(4):185–191. doi:10.15561/18189172.2017.0407
11. Podrigalo L.V., Volodchenko A.A., Rovnaya O.A., Stankiewicz B. Analysis of martial arts athletes' goniometric indicators // Physical education of students, 2017;21(4):182–188. doi:10.15561/20755279.2017.0406.
12. Slimani, M., Chaabene, H., Miarka, B., Chamari, K. The activity profile of elite low-kick kickboxing competition // International Journal of Sports Physiology and Performance, 2017; 12, 2, 182-189 doi 10.1123/ijsp.2015-0659.

Podrigalo L., Volodchenko A., Sokol K., Rovnaya O.

INVESTIGATION THE HEART RATE VARIABILITY OF KICKBOXING ATLETS

Kickboxing should be evaluated as a martial art of high intensity, intermittent nature from the standpoint of the physiology of sports. It is characterized by complex skills and tactical key actions of small duration. It is necessary to use valid and informative methods for predicting sports success and assessing the probability of development of donosological conditions in athletes. The study of heart rate variability (HRV) refers to such techniques. Aim: investigation the peculiarities of the heart rate variability of kickboxing athletes at rest and under the standard ergometric load. Participants: 17 kickboxing athletes, the average age (17.88 ± 0.58) years, the level of athletic skill – a candidate for master of sports, master of sports. HRV indices were recorded at rest and during the performance of the standard ergometric load with the help of the CardiolabSens computer system manufactured by the KhAI-Medika Research Institute in Kharkov. Results: dynamics of HRV parameters confirms adaptation to physical loads, an increase in the average level of functioning of the circulatory system under their influence. Physical loads lead to the active inclusion of central mechanisms in the regulation of the heart rhythm, increase autonomic regulation of the heart, and an increase in the effect of respiration on its rate. The total activity of neurohumoral influences on the heart rhythm increased significantly under the influence of physical loads, what reflects the adaptation of the organism to them. Changes in the specific gravity of the components of the HRV spectrum, the magnitude of the difference between the maximum and minimum values of the cardio intervals and the stress index prove that the intensity of the used physical activities does not go beyond the adaptation capabilities of athletes. Conclusions: it is established certain features of the HRV of kickboxing athletes are established at rest and under load. The physiological way of adapting the athletes' organism to physical loads is proved. The HRV analysis method is a convenient non-invasive method for assessing and monitoring the status of individual adaptation of athletes. The study of dynamics of HRV parameters under physical loads allows assessing the direction of adaptation and making a forecast of the subsequent physical performance.

Key words: *kickboxing, heart rate variability, adaptation.*

Стаття надійшла до редакції 26.08.2017