



# СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ

Эдуард Фероян,<sup>1</sup> Григол Д. Сулаберидзе,<sup>2</sup> Лали Э. Кокаи<sup>3</sup>

## РЕЗЮМЕ

Целью исследования – оценка состояния вегетативной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса. Проведено исследование с участием 30 высококвалифицированных спортсменов мужского пола в возрасте 18-22 лет (борцы и пловцы). Для оценки функционального состояния кардиореспираторной системы в состоянии покоя производилась запись электрокардиограммы, измеряли частоту сердечных сокращений, систолическое и диастолическое артериальное давление, рассчитывался ряд гемодинамических параметров – систолический объем крови, минутный объем крови. Для оценки общей физической работоспособности использовали велоэргометрические пробы. Для оценки состояния вегетативной нервной системы проводили кардиоваскулярные пробы, включающие фоновую запись вариабельности ритма сердца в течение 5 мин, пробу с глубоким управляемым дыханием, тест Вальсальвы, активная ортостатическая проба и пробу с изометрической нагрузкой. При проведении кардиоваскулярных проб среди спортсменов первой группы (борцы) у 25 % выявлено умеренное поражение симпатического отдела вегетативной нервной системы, у 5 % - парасимпатического; среди спортсменов второй группы (пловцы) у 27 % - умеренное поражение симпатического, у 5 % - парасимпатического. Результаты проведения активной ортостатической пробы показали, что у спортсменов первой группы активация симпатического отдела вегетативной нервной системы достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже (в среднем на 35-40 %), чем у спортсменов второй группы. Проведение велоэргометрических проб выявило, что у борцов достоверно ( $p < 0,001$ ) ниже показатели абсолютной и относительной работоспособности (PWC170) по сравнению с пловцами. Таким образом, сниженная реактивность симпатического отдела вегетативной нервной системы может рассматриваться как лимитирующий фактор при достижении высокого уровня спортивной работоспособности.

<sup>1</sup>Грузинский государственный учебный университет физической культуры и спорта

<sup>2</sup>Тбилисский государственный медицинский университет

<sup>3</sup>Университет им. св. Царицы Тамары Патриархии Грузии

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** плавание, борьба, физическая работоспособность, вегетативная нервная система, вариабельность ритма сердца, тренировочный процесс.

Cite: Feroyan E., Sulaberidze G., Kokaia L. State of the autonomic nervous system in athletes // The Caucasus Journal of Medical and Psychological Sciences. – 2023. – V. – №1. – P.61-68 (in Russian) Doi  
ISSN 2720-877X eISSN 2720-8788

**П**ри систематических занятиях спортом деятельность всей системы кровообращения и её регуляторных механизмов постепенно совершенствуется. В процессе адаптации к физическим нагрузкам происходит перестройка всех звеньев нейрогуморальной регуляции аппарата кровообращения [2,3].

Ритм сердца находится под постоянным модулирующим влиянием нейрогуморальной системы, что приводит к колебаниям длительности кардиоинтервалов. Основное модулирующее влияние на ритм сердца оказывают парасимпатический и симпатический отделы вегетативной нервной системы. Исследование вариабельности ритма сердца (ВРС) позволяет оценить общее (текущее) функциональное состояние и адаптационные резервы организма, дать характеристику симпато-парасимпатического баланса отделов вегетативной нервной системы (ВНС) [5,6]. Проведение функциональных ритмографических проб позволяет оценить реактивность автономной нервной системы и вегетативное обеспечение сердечной деятельности [8,9].

При оценке функционального состояния спортсменов определение реактивности автономной нервной системы являются особенно важным, т.к. степень мобилизации симпатической нервной системы и устойчивость её активации тесно связаны с показателями спортивной работоспособности [3,6].

Различная направленность тренировочного процесса сопровождается формированием существенных различий в их вегетативном обеспечении [2,5].

Целью исследования было: оценка

состояние вегетативной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса.

**Материалы и методы.** Проведено исследование с участием 31 высококвалифицированных спортсменов мужского пола в возрасте 18-22 лет. Первая группа спортсменов ( $n=19$ ) - тренировочный процесс направлен на развитие силы и силовой выносливости (греко-римская борьба); вторая группа ( $n=12$ ) - тренировочный процесс направлен на развитие скоростной выносливости (плавание).

Для оценки функционального состояния кардиореспираторной системы в состоянии покоя производилась запись электрокардиограммы с помощью 12-канального кардиографа Cardiovit CS-200 Standart (Швейцария), измеряли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое давление, рассчитывался ряд гемодинамических параметров (систолический объем крови, минутный объем крови).

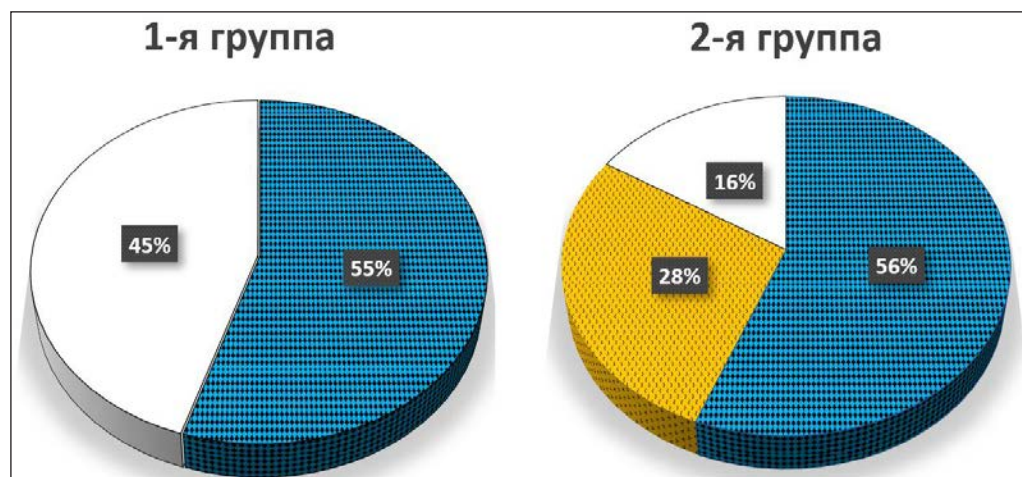
Для оценки общей физической работоспособности использовали велоэргометрические пробы [4]. Исследуемые спортсмены выполняли велоэргометрическую нагрузку. Первая ступень выполнялась в качестве разминочной (ЧСС – 120-130 уд./мин), вторая – в зоне большой мощности (ЧСС – 160-170 уд./мин), третья – субмаксимальном режиме (ЧСС – 180 и более уд./мин). Продолжительность первой и второй ступени – 5 мин, интервал отдыха между ступенями – 3 мин. Продолжительность третьей ступени – 2 мин (именно в этом временном интервале раскрывается ёмкость анаэробного гликолиза). Так, в соответствии с этим стандартизова-

лись длительность работы и ее физиологическая стоимость по пульсу.

Для оценки состояния вегетативной нервной системы проводили кардиоваскулярные пробы, включающие фоновую запись variability ритма сердца в течении 5 мин, пробу с глубоким управляемым дыханием, тест Вальсальвы, активная ортостатическая проба (АОП) и пробу с изометрической нагрузкой. Первая и вторая пробы оцениваю состояние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, тест Вальсальвы – как симпатического, так и парасимпатического отдела веге-

HF) variability ритма сердца. По мнению ряда авторов [1, 7], низкочастотные (от 0,05 до 0,15 Гц) составляющие (Low Frequency – LF) спектра служат маркером симпатических влияний на ритм сердца, а высокочастотные (от 0,15 до 0,4 Гц) составляющие (High Frequency – HF) спектра, формирующиеся дыхательными волнами, являются маркерами парасимпатических влияний на сердечный ритм.

**Результаты исследования и их обсуждение.** При сравнении вариантов распределения соотношения низкочастотной и высокочастотной состав-



**Рис. 1.** Количественное соотношение спортсменов в зависимости от влияния различных отделов вегетативной нервной системы на работу сердечно-сосудистой системы:

- смешанный тип регуляции сердечного ритма;
- преобладание симпатических влияний в регуляции сердечного ритма;
- преобладание парасимпатических влияний в регуляции сердечного ритма.

тативной нервной системы, четвёртая и пятая – состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы.

В состоянии покоя и при проведении АОП оценка вегетативной регуляции кардиореспираторной системы проводилась по показателю соотношения мощностей низкочастотной и высокочастотной частей спектра (LF/

HF) variability ритма сердца (LF/HF) выявлены различия между спортсменами с разной направленностью тренировочного процесса (рис. 1). В обеих группах больший процент составляют лица со смешанным (сбалансированным) типом вегетативной модуляции сердечного ритма.

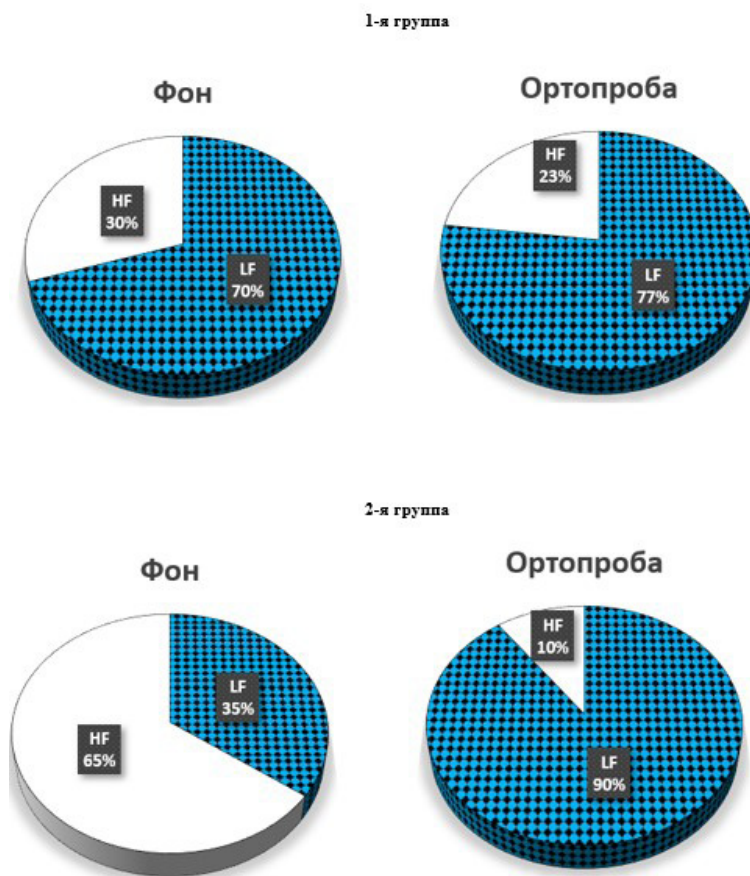
При проведении кардиоваскуляр-

ных проб среди спортсменов первой группы у 25 % выявлено умеренное поражение симпатического отдела вегетативной нервной системы, у 5 % - парасимпатического; среди спортсменов второй группы у 27 % - умеренное поражение симпатического, у 5 % - парасимпатического.

На наш взгляд, наиболее целесообразным для оценки состояния вегетативной нервной системы является использование АОП, т.к. при её проведении можно оценить реактивность парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы.

При переходе из горизонтального положения в вертикальное уменьшается поступление крови к правым отделам сердца. Как следствие, падает артериальное давление. В течение первых 15 сердечных сокращений происходит увеличение ЧСС, обусловленное депонированием крови в нижней половине тела. Центральные механизмы регуляции как бы выжидают. В это время вагусная активность минимальна. Если на «местном» уровне урегулировать ситуацию не удалось, то повышается активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, регистрируется относительная брадикардия. Спустя 1-2 мин после перехода в ортостатическое положение происходит активация симпатического отдела вегетативной нервной системы, что обуславливает учащение ЧСС и увеличение периферического сопротивления. Наиболее наглядно динамика симпато-парасимпатического баланса отражается на круговых диаграммах (рис. 2).

Результаты проведения АОП показали, что у спортсменов первой группы



**Рис. 2.** Динамика симпато-парасимпатического баланса при проведении ортостатической пробы в группах спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса

активация симпатического отдела вегетативной нервной системы достоверно ( $p < 0,05$ ) ниже (в среднем на 35-40 %), чем у спортсменов второй группы.

Проведение велоэргометрических проб выявило различный уровень общей физической работоспособности у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса. У спортсменов первой группы достоверно ( $p < 0,001$ ) ниже показатели абсолютной ( $PWC_{170} = 196,3 \pm 26,3$  Вт.) и относительной работоспособности ( $PWC_{170}/kg = 2,30 \pm 0,13$  Вт.кг<sup>-1</sup>) по сравнению со спортсменами второй группы ( $PWC_{170} = 274,5 \pm 33,3$  Вт.;  $PWC_{170}/kg = 3,66 \pm 0,09$  Вт.кг<sup>-1</sup>).

Таким образом, сниженная реак-

тивность симпатического отдела вегетативной нервной системы может рассматриваться как лимитирующий фактор при достижении высокого уровня спортивной работоспособности.

### Выводы.

1. Тренировочный процесс с преобладанием статических нагрузок (борцы) не способствует совершенствованию и экономизации аппарата кровообращения в состоянии покоя. При таких тренировках функциональное состояние синусового узла и характер регуляции водителя ритма существенно не меняется в процессе долговременной адаптации.

2. Преимуществами адаптированного сердца обладают лица, тренированные к выполнению физических нагрузок динамического характера

(пловцы), о чём свидетельствует состояние вегетативной нервной системы в покое, при проведении активной ортостатической пробы и при выполнении дозированных физических нагрузок.

3. От исходных показателей спектрального анализа зависит реакция вегетативной нервной системы на изменение тела в пространстве (АОП) у спортсменов разных специальностей.

### Конфликт интересов - не заявлен.

Данный материал не был заявлен ранее, для публикации в других изданиях и не находится на рассмотрение другими издательствами.

### Финансирование - При проведении

данной работы не было финансирования сторонними организациями и медицинскими представителями.

### Список литературы

1. Баевский, Р.М., & Черникова, А.Г. (2017). Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения. *Cardiometry*. 10: 66–76. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676
2. Иванова, В.Д., & Семенова, Г.И. (2020). Актуальность соблюдения правил тестирования при оценке variability сердечного ритма у занимающихся физической культурой и спортом. *Физическая культура и спорт в современном обществе: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Великой Победы, 27-28 марта*

### References

1. Baevskij, RM., & Chernikova, AG. (2017). Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma: fiziologicheskie osnovy i osnovnye metody provedeniya. [Analysis of heart rate variability: physiological basis and basic methods] *Cardiometry*. 10: 66–76. DOI: 10.12710/cardiometry.2017.6676. (in Russ.).
2. Ivanova, VD., & Semenova, GI. (2020). Aktual'nost' soblyudeniya pravil testirovaniya pri ocenke variabel'nosti serdechnogo ritma u zanimayushchihsya fizicheskoy kul'turoj i sportom. [Relevance of Compliance with Testing Rules in Assessing Heart Rate Variability in Athletes Engaged in Physical Training and Sports]. *Fizicheskaya kul'tura i sport v sovremennom obshchestve: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii,*

- 2020 г., под ред. С.С. Добровольского. Хабаровск: ДВГАФК: 111-112.
3. Кальсина, В.В., Кудря, О.Н., Реуцкая, Е.А. (2021). Оценка функционального состояния биатлонисток высокой квалификации по показателям вариабельности ритма сердца. Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. № 8 (198): 111-118.
  4. Карпман, В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. (1988). Тестирование в спортивной медицине. Москва, «ФиС»: 208.
  5. Курчавая, Е.Г., & Брынцева, Е.В. (2021). Взаимосвязь показателей вариабельности сердечного ритма и эргоспирометрии у спортсменов. В сборнике: Безопасный спорт: 149-151.
  6. Пустовойт, В.И., Ключников, М.С., Никонов, Р.В., Виноградов, А.Н., Петрова, М.С. (2021). Характеристика основных показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических и экстремальных видов спорта. Кремлевская медицина. Клинический вестник.; 1: 26-30.
  7. Хяутин, В.М. (1984). Сосудодвигательные рефлексы. Москва, Наука: 376.
  8. Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., et al. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm posvyashchennoj 75-letiyu Velikoj Pobedy, 27-28 marta 2020 g., pod red. S.S. Dobrovol'skogo. Habarovsk: DVGAFK: 111-112. (in Russ.).
  3. Kal'sina, VV., Kudrya, ON., Reuckaya, EA. (2021). Ocenka funkcional'nogo sostoyaniya biatlonistok vysokoj kvalifikacii po pokazatelyam variabel'nosti ritma serdca. [Evaluation of the functional state of highly qualified female biathletes according to the heart rate variability indices]. Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. № 8 (198): 111-118. (in Russ.).
  4. Karpman, VL., Belocerkovskij ZB., Gudkov IA. (1988). Testirovanie v sportivnoj medicine. [Testing in sports medicine]. Moskva., «FiS»: 208. (in Russ.).
  5. Kurchavaya, EG., & Brynceva, EV. (2021). Vzaimosvyaz' pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma i ergospirometrii u sportsmenov. [Interrelation of heart rate variability and ergospirometry in athletes]. V sbornike: Bezopasnyj sport: 149-151. (in Russ.).
  6. Pustovojt, VI., Klyuchnikov, MS., Nikonov, RV., et al. (2021). Harakteristika osnovnyh pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma u sportsmenov ciklicheskih i ekstremal'nyh vidov sporta. [Characteristics of the main indices of heart rate variability in athletes of cyclic and extreme sports]. Kremlevskaya medicina. Klinicheskij vestnik.; 1: 26-30. (in Russ.).
  7. Hayutin, V.M. (1984). Sosudodvigatel'nye refleksy. [Vasculomotor reflexes]. Moskva, Nauka: 376. (in Russ.).
  8. Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., et al. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the Euro-

- Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. Europace. V.17.: 1341–1353. DOI: 10.1093/europace/euv015~
9. Shaffer, F., & Ginsberg, JP. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*. V.5.: 258-17. DOI:10.3389/fpubh.2017.00258
9. Shaffer, F., & Ginsberg, JP. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*. V.5.: 258-17. DOI:10.3389/fpubh.2017.00258

## **ABSTRACT**

# **State of the autonomic nervous system in athletes**

Feroyan E.<sup>1</sup>, Sulaberidze G.D.<sup>2</sup>, Kokaia L.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Georgian State Educational University of Physical Culture and Sports

<sup>2</sup>Tbilisi State Medical University

<sup>3</sup>Patriarchate of Georgia saint King Tamar University

The aim of the study was to evaluate the state of the autonomic nervous system in athletes with different orientation of the training process. The study was conducted with the participation of 30 highly qualified male athletes aged 18-22 years (wrestlers and swimmers). To estimate the functional state of cardiorespiratory system at rest we recorded electrocardiogram, measured heart rate, systolic and diastolic blood pressure, calculated a number of hemodynamic parameters - systolic blood volume, minute blood volume. Bicycle ergometer tests were used to assess general physical performance. To assess the state of autonomic nervous system we conducted cardiovascular tests, including background recording of heart rhythm variability for 5 min, deep controlled breathing test, Valsalva test, active orthostatic test and isometric load test. The cardiovascular tests of the 1st group of sportsmen (wrestlers) revealed a moderate affection of the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system in 25% of sportsmen, of the 2nd group (swimmers) - a moderate affection of the sympathetic and parasympathetic parts in 5%. The results of active orthostatic test showed that activation of the sympathetic nervous system in the sportsmen of the first group is reliably ( $p < 0,05$ ) lower (on average 35-40%) than in the second group. Bicycle ergometer testing revealed that wrestlers significantly ( $p < 0,001$ ) lower absolute and relative performance (PWC170) in comparison with swimmers. Thus, a decreased reactivity of the autonomic nervous system sympathetic department can be regarded as a limiting factor in achieving a high level of sports performance.

**Keywords:** swimming, wrestling, physical performance, autonomic nervous system, heart rate variability, training process.

**რეზიუმე****ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მდგომარეობა სპორტსმენებში**ფეროიანი, ე.<sup>1</sup>, სულაბერიძე, გ. დ.<sup>2</sup>, კოკაია, ლ. ე.<sup>3</sup><sup>1</sup>საქართველოს ფიზიკური აღზრდისა და სპორტის სახელმწიფო სასწავლო უნივერსიტეტი<sup>2</sup>ფიზიკური მედიცინის ანატომიის დეპარტამენტი (დინამიკის მიმართულება),

თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი

<sup>3</sup>საქართველოს საპატრიარქო წმინდა თამარ მეფის უნივერსიტეტი

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა სხვადასხვა ფიზიკურ საწვრთნელ პროცესში სპორტსმენების ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მდგომარეობის შეფასება. კვლევაში მონაწილეობდა 18-22 წლის 30 მაღალი კვალიფიკაციის სპორტსმენი (მოჭიდავეები და მოცურავეები). მოსვენებულ მდგომარეობაში კარდიორესპირატორული სისტემის ფუნქციური აქტივობის შესაფასებლად წარმოებდა ელექტროკარდიოგრამის გადაღება, იზომებოდა გულისცემის სიხშირე, სისტოლური და დიასტოლური არტერიული წნევა, ისაზღვრებოდა რიგი ჰემოდინამიკური პარამეტრები – სისხლის სისტოლური მოცულობა და წუთმოცულობა. დატვირთვის მიმართ ამტანობის და ფიზიკური შრომისუნარიანობის შესაფასებლად გამოიყენებოდა ველოერგომეტრიის სინჯები. ვეგეტატიური ნერვული სისტემის მდგომარეობის შესაფასებლად ტარდებოდა კარდიოვასკულარული სინჯები. მათ შორის: ვარიაბელური გულისცემის ფონური ჩანერა 5 წუთის განმავლობაში, მართვადი ღრმა სუნთქვის სინჯი, ვალსალვას ტესტი, აქტიური ორთოსტატიკური სინჯი და იზომეტრული ვარჯიშით დატვირთვის სინჯი. პირველი ჯგუფის სპორტსმენებიდან (მოჭიდავეები) გულ-სისხლძარღვთა სინჯების ჩატარებისას 25%-ს აღენიშნებოდა ვეგეტატიური ნერვული სისტემის სიმპათიკური ნაწილის ზომიერი დაზიანება, ხოლო 5%-ს - პარასიმპათიკური ნაწილის დაზიანება; მეორე ჯგუფის სპორტსმენებს შორის (მოცურავეები) 27%-ს აღენიშნებოდა სიმპათიკური ნაწილის ზომიერი დაზიანება, ხოლო 5%-ს პარასიმპათიკური ნაწილის დაზიანება. აქტიური ორთოსტატიკური სინჯების ჩატარების შედეგებმა აჩვენა, რომ ავტონომიური ნერვული სისტემის სიმპათიკური ნაწილის აქტივაცია პირველი ჯგუფის სპორტსმენებში მნიშვნელოვნად ( $p<0,05$ ) დაბალი იყო (საშუალოდ 35-40%), ვიდრე მეორე ჯგუფის სპორტსმენებში. ველოერგომეტრიულმა სინჯებმა კი გამოავლინა, რომ მოჭიდავეებს მოცურავეებთან შედარებით საგრძნობლად ( $p<0,001$ ) დაბალი ჰქონდათ აბსოლუტური და ფარდობითი ფიზიკური შრომისუნარიანობა (PWC170). ამრიგად, ავტონომიური ნერვული სისტემის სიმპათიკური ნაწილის რეაქტიულობის დაქვეითება შეიძლება განიხილებოდეს მაღალი სპორტული მიღწევების დამაბრკოლებელ ფაქტორად.

**საკვანძო სიტყვები:** ცურვა, ჭიდაობა, ფიზიკური შრომისუნარიანობა, ვეგეტატიური ნერვული სისტემა, გულის რითმის ვარიაბელობა, საწვრთნო პროცესი.