Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_6
УДК 612.17; 796.344

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_6
UDC 612.17; 796.344

# АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ ЮНЫХ БАДМИНТОНИСТОВ

**Р.Т. Бурганов, Н.Н. Чершинцева, А.С. Назаренко, А.А. Зверев**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

**Аннотация.** В статье представлены адаптивные особенности работы сердца у юных бадминтонистов в состоянии относительного покоя, при активной ортостатической пробе, а также в период восстановления после физических нагрузок. Использованные функциональные пробы приводили к развитию тахикардии, которая сопровождалась разнонаправленным изменением длительности зубцов на ЭКГ. При задержке дыхания в контрольной группе тахикардия проявлялась сильнее, чем в экспериментальной группе. Адаптивные реакции сердца у бадминтонистов регистрировались быстрее, чем у лиц, не занимающихся спортом.

**Ключевые слова:** ЭКГ, адаптация, RR-интервал, PR-интервал, P-интервал, $T_{peak}$-$T_{end}$ интервал, функциональная проба, бадминтонисты.

# ADAPTIVE RESPONSES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM TO PHYSICAL ACTIVITY OF YOUNG BADMINTON PLAYERS

**R.T. Burganov, N.N. Chershintseva, A.S. Nazarenko, A.A. Zverev**
Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

**Annotation.** The article presents the adaptive features of the heart in young badminton players in a state of relative rest, during an active orthostatic test, as well as during the recovery period after physical activity. The applied functional tests led to the development of tachycardia, which was accompanied by multidirectional changes in the duration of waves on the electrocardiogram. When holding the breath in the control group, tachycardia manifested itself more strongly than in the experimental group. Adaptive responses of the heart were recorded faster in badminton players than in non-players.

**Keywords:** ECG, adaptation, RR interval, PR interval, P interval, $T_{peak}$-$T_{end}$ interval, functional test, badminton players.

**Введение.** Электрокардиография (ЭКГ) является одним из традиционных, доступных и научно-обоснованных методов исследования работы сердца. В настоящее время классифицированы основные ЭКГ-синдромы, которые используются для диагностики нарушений ритма, проводимости, очагово-рубцовых поражений миокарда, разных видов гипертрофий, диффузных поражений миокарда, а также различных метаболических нарушений. Успешно развивается динамическая ЭКГ, позволяющая объективно оценивать как результаты функциональных проб с физической нагрузкой, так и эффективность лечения [1].

Оценка ЭКГ имеет важное место в адаптации, особенно к физическим и психоэмоциональным нагрузкам. Актуальность проблемы адаптации организма детей и подростков к физическим нагрузкам определяется тем обстоятельством, что нередко в практику физического воспитания детей переносятся принципы их использования, принятые в спорте, которые проявляются повышением частоты сердечных сокращение (ЧСС), артериального давления и ударного объема крови. Показано, что у лиц, занимающихся спортом, повышаются функциональные возможности организма. При этом повышение уровня физической

работоспособности организма спортсменов обуславливает предельную экономичность работы сердца, увеличение резервных возможностей, повышение работоспособности и выносливости. Это четко проявляется в реакциях тренированных детей и подростков по сравнению с нетренированными сверстниками [2]. Функциональные пробы проводятся для оценки реакции организма на нагрузку в связи с тем, что результаты в состоянии покоя не всегда отражают резервные возможности спортсменов [3].

Классическими зубцами на ЭКГ являются: P, Q, R, S, T, отклонение от нормы которых может свидетельствовать как о патологиях, так и вегетативном статусе спортсмена [4]. Длительность зубца P и интервал PR отражают деполяризацию предсердий и атриовентрикулярную проводимость и могут зависеть от наличия фиброза предсердий, основного электрофизиологического и структурного субстрата развития фибрилляцию предсердий [5]. $T_{peak}$-$T_{end}$ представляет собой меру времени между пиком зубца T и концом зубца T на ЭКГ. Этот интервал является важным показателем здоровья сердца и может дать представление о риске возникновения у человека определенных заболеваний сердца. Электрокардиографическая волна зубца T формируется за счет одного или нескольких желудочковых градиентов реполяризации, однако, какой из этих градиентов вносит наибольший вклад в распределение потенциалов на поверхности тела, до сих пор не выяснено [6].

Целью данного исследования явилось изучение адаптивных реакций сердечно-сосудистой системы юных бадминтонистов при различных видах физической нагрузки.

**Методы и организация исследования.** Исследование по оценке изменения частоты и амплитудно-временных характеристик ЭКГ проводили на базе Научно-исследовательского института физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский ГУФКСиТ». Исследование проводилось в соответствии с этическими принципами Хельсинской декларации. Участники были информированы о ходе тестирования и предоставили добровольное согласие. В экспериментальную группу принимали участие 16 бадминтонистов (возраст – 14,7±0,8 лет, стаж занятий – 6 лет) и 12 подростков, не занимающихся спортом (возраст –14,3±0,6 лет).

Исследование состояло из нескольких этапов, следующих друг за другом, во время проведения которых производили постоянную регистрацию электрокардиограммы с помощью установки PowerLab (ADInstruments). Исследуемому накладывали электроды по холтеровскому методу. Регистрировали ЭКГ в состоянии относительного покоя в горизонтальном положении в течение 3 минут, после чего проводили активную ортостатическую пробу (20 с), пробу с задержкой дыхания, функциональные тесты (15 приседаний, 3-х минутная велоэргометрическая нагрузка с расчетом 1 Вт на 1 кг массы тела). После каждого функционального тестирования следовал период восстановления.

Обработку производили с помощью встроенного модуля анализа ЭКГ в программном обеспечении Lab Chart Pro 8.0. Оценивали изменения следующих параметров: R-R интервал, длительность интервалов P, PR и $T_{peak}$-$T_{end}$, которые отражают длительность сердечного цикла, время прохождения возбуждения по предсердиям и атриовентрикулярному узлу до миокарда желудочков и процесс реполяризации желудочков.

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили в программе Statistica 13. Нормальность распределения данных определяли по критерию Шапиро-Уилка; внутри- и межгрупповые различия – с помощью парного и непарного критерия Стьюдента. Различия считали статистически значимыми при $p<0,05$.

**Результаты исследования и их обсуждение.** У детей к 10-14 годам практически завершается дифференциация сердца, которое по своим структурным показателям (кроме размеров) приближается к сердцу взрослого человека [7]. Однако у мальчиков 15-16 лет регуляция работы сердца отличается наибольшей пластичностью адаптивных механизмов [8]. Это наиболее

сложный и противоречивый этап постнатального онтогенеза. Именно в этом возрасте происходят бурные дифференцированные процессы, функциональная неустойчивость сочетается в этот период с психологической неустойчивостью [9]. В связи с этим, R-R интервал в состоянии покоя в экспериментальной группе (ЭГ) составил 0,81±0,07 мс, а в контрольной группе (КГ) – 0,85±0,05 мс (5%, $p \geq 0,05$, n=28). При выполнении активной ортостатической пробы и всех нагрузочных тестах наблюдали развитие тахикардии как в ЭГ, так и в КГ. Минимальные значения R-R интервала относительно контрольных значений наблюдали при выполнении приседаний, что составило 0,45±0,02 и 0,48±0,01 мс (45%, $p<0,05$) (рис.).

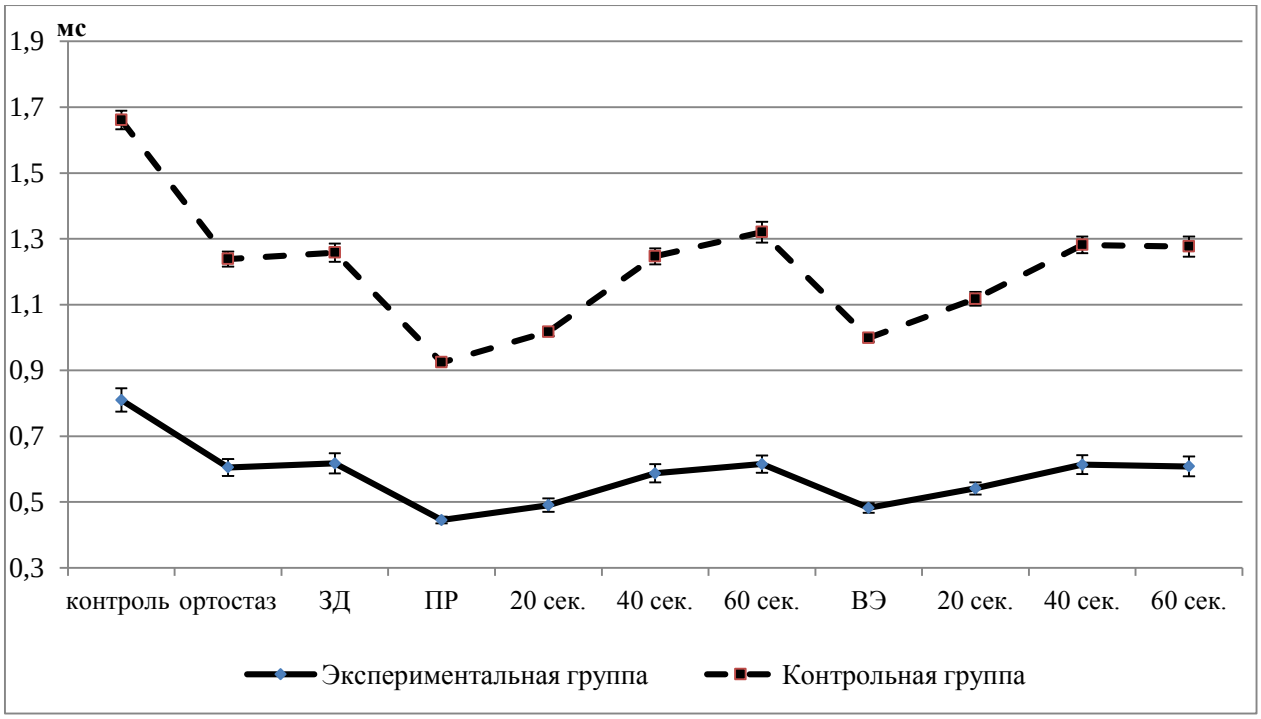



Рис. Динамика RR-интервала экспериментальной и контрольной группы при функциональных пробах

Примечание: ЗД – задержка дыхания; ПР – приседание; ВЭ – велоэргометрическая нагрузка

Выполнение ортостатической пробы вызывало тахикардию на 25% в ЭГ и 46% в КГ. Тахикардия сопровождалась достоверным увеличением PR интервала и разнонаправленным эффектом изменения длительности зубца Р. Так, длительность PR интервала в ЭГ не изменялась, а в КГ увеличилась на 6% ($p<0,05$). Длительность зубца Р в ЭГ уменьшилась на 9%, а в КГ увеличилась на 18% ($p<0,05$). Остальные изучаемые параметры достоверно не изменялись. Изменение длительности свидетельствует о влиянии ортостатической пробы на общую деполяризацию предсердий, что может быть связано с влиянием катехоламинов или изменения проницаемости мембраны клеток.

Задержка дыхания приводила к уменьшению R-R интервала в ЭГ до 0,62±0,06 мс, что составило 24%, в КГ – до 0,64±0,05 мс, что составило 25% относительно исходных значений. Различие между группами составило 4%. ($p \geq 0,05$, n=28). Развитие тахикардии не приводило к достоверным изменениям длительности изучаемых сегментов ЭКГ при задержке дыхания (табл.).

Таблица

Временные показатели электрокардиограммы экспериментальной и контрольной группы подростков, M±m

| Интервалы | ЭГ PR Interval | КГ PR Interval | ЭГ P Duration | КГ P Duration | ЭГ $T_{peak}$ $T_{end}$ Interval | КГ $T_{peak}$ $T_{end}$ Interval |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Контроль | 2,13±0,09 | 2,10±0,06 | 0,23±0,09 | 0,21±0,05 | 0,09±0,04 | 0,10±0,02 |
| ОП | 2,15±0,05* | 2,21±0,04* | 0,21±0,05* | 0,25±0,05* | 0,08±0,03 | 0,10±0,03 |
| ЗД | 2,15±0,02 | 2,21±0,06 | 0,23±0,07 | 0,32±0,08 | 0,10±0,05 | 0,08±0,02 |
| ПР | 2,19±0,04 | 2,20±0,04 | 0,23±0,05 | 0,21±0,04 | 0,07±0,02*# | 0,10±0,02*# |
| 20 с | 2,13±0,03* | 2,22±0,07* | 0,20±0,05 | 0,26±0,07 | 0,10±0,05 | 0,08±0,01 |
| 40 с | 2,27±0,19 | 2,15±0,03 | 0,29±0,03 | 0,21±0,05 | 0,09±0,04 | 0,08±0,02 |
| 60 с | 2,16±0,05 | 2,13±0,07 | 0,20±0,06 | 0,23±0,05 | 0,10±0,03 | 0,07±0,01 |
| ВЭ | 2,14±0,04 | 2,18±0,04 | 0,22±0,06 | 0,23±0,05 | 0,09±0,05 | 0,14±0,08 |
| 20 с | 2,16±0,03 | 2,12±0,03 | 0,28±0,08 | 0,28±0,04 | 0,10±0,05 | 0,10±0,02 |
| 40 с | 2,11±0,06 | 2,11±0,05 | 0,31±0,08 | 0,27±0,05 | 0,10±0,06 | 0,09±0,01 |
| 60 с | 2,10±0,07 | 2,13±0,06 | 0,27±0,07 | 0,27±0,06 | 0,08±0,04 | 0,07±0,01 |

Примечание: ЭГ – экспериментальная группа; КГ – контрольная группа; ОП – ортостатическая проба; ЗД – задержка дыхания; ПР – приседание; ВЭ – велоэргометрическая нагрузка; * – достоверность внутри группы; # – достоверность между экспериментальной и контрольной группами

Функциональный тест (приседание) приводил к уменьшению R-R интервала до 0,4±0,02 мс ($p<0,05$) в ЭГ и 0,5±0,01 мс ($p<0,05$) в КГ, что составило 45 % и 43% относительно исходных значений. Достоверных изменений между группами не обнаружено. Однако, $T_{peak}$-$T_{end}$ в ЭГ уменьшился на 15% ($p<0,05$), а в КГ увеличился на 9% ($p<0,05$). Остальные изучаемые параметры достоверно не изменялись. К концу периода восстановления наблюдали полное возвращение основных параметров к исходным значениям в ЭГ. В КГ наблюдался процесс суперкомпенсации, который проявлялся увеличением RR интервала относительно контрольных значений. В течение периода восстановления R-R интервал изменялся с 0,5±0,04 до 0,61±0,05 мс (25% $p<0,05$) в ЭГ и с 0,52±0,02 до 0,70±0,06 мс (33% $p<0,05$) в КГ. Остальные изучаемые параметры достоверно не изменялись.

Велоэргометрическая нагрузка приводила к уменьшению R-R интервала до 0,48±0,02 мс ($p<0,05$) в ЭГ и до 0,51±0,02 мс в КГ, что составило 40% и 39% относительно исходных значений. К концу периода восстановления наблюдали полное возвращение основных параметров к исходным значениям в ЭГ. В течение периода восстановления R-R интервал изменялся с 0,54±0,04 до 0,61±0,06 мс (12% $p<0,05$) в ЭГ и с 0,58±0,04 до 0,67±0,06 мс (16% $p<0,05$) в КГ.

**Заключение**. У всех исследуемых групп мы наблюдали изменение длительности основных зубцов ЭКГ при различных функциональных пробах. При этом наблюдался разнонаправленный эффект в экспериментальной и контрольной группах, что подтверждает связь интервала $T_{peak}$-$T_{end}$ и насосной функции сердца. У юных бадминтонистов была зарегистрирована большая амплитуда и площадь зубца Р, более быстрое восстановление ЧСС после функциональных проб, что отражает более высокий уровень тренированности организма и сократительной способности сердца. В то же время наибольшую реакцию сердца и изменения в кардиоинтервалах ЭКГ вызвала функциональная проба «приседания».

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2019. – 784 с.
2. Реакция симпато-адреналовой системы мальчиков на дозированную физическую нагрузку / А. В. Крылова, Ф. Г. Ситдиков, Т. А. Аникина, А. А. Зверев // Наука и спорт: Современные тенденции. – 2019. – № 1. – С. 60-66.
3. Чершинцева, Н. Н. Оценка кардиореспираторной системы бадминтонистов разного возраста при физических нагрузках / Н. Н. Чершинцева, А. С. Назаренко, А. А. Зверев // Кардиологический вестник. – 2023. – Т. 18. – № 2-2. – С. 186-187.
4. Бутченко, Л. А. О генезе синусовой брадикардии / Л. А. Бутченко, В. В. Ведерников, В. С. Светличная // Теория и практика физ. культуры. – 1986. – № 8. – С. 46-47.
5. Association of blood pressure and aortic distensibility with P wave indices and PR interval: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) / Alonso A., Soliman E. Z., Chen L. Y. [et al] // Journal of Electrocardiology. – Vol. 46. – № 4. – P. 359-359.
6. Электрокардиографическое отображение дисперсии реполяризации миокарда: интервал $T_{peak}$-$T_{end}$ при острой коронарной окклюзии и реперфузии / Берникова О. Г., Седова К. А., Азаров Я. Э. [и др.] // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2011. – № 3(7). – С. 38-42.
7. Физиология развития ребенка: теоретические и прикладные аспекты / под. ред. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер. – М: Образование от А до Я. – 2000. – 319 с.
8. Возрастная анатомия, физиология и школьная гигиена: Учеб. пособие / Н. Ф. Лысова, Р. И. Айзман, Я. Л. Завьялова, В. М. Ширшова // Новосибирск: Сиб. унив. изд-во. – 2010. – 398 с.
9. Психологический стресс и заболевания сердечно-сосудистой системы / Е. Ю. Эбзеева, О. Д. Остроумова, Е. В. Миронова, Н. М. Долдо // Клинический случай. Медицинский совет. – 2022. – №16 (23). – С. 110-116.

**REFERENCES**

1. Functional diagnostics: a national manual. Beresten' N.F., Sandrikova V.A., Fedorova S.I., ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2019. 784 p. (in Russ.)
2. Krylova A.V. Sitdikov F.G., Anikina T.A., Zverev A.A. Response of sympathoadrenal system of boys to a dosed physical load. *Science and sport: current trends,* 2019, no. 1, pp. 60-66. (in Russ.)
3. Chershintseva, N.N., Nazarenko A.S., Zverev A.A. Assessment of the cardiorespiratory system of badminton players of different ages during physical activity. *Russian Cardiology Bulletin,* 2023, vol. 18, no. 2-2, pp. 186-187. (in Russ.)
4. Butchenko L.A., Vedernikov V.V., Svetlichnaya V.S. On the genesis of sinus bradycardia. *Theory and Practice of Physical Culture,* 1986, no. 8, pp. 46–47. (in Russ.)
5. Alonso A., Soliman E.Z., Chen L.Y., Bluemke D.A., Heckbert S.R. Association of blood pressure and aortic distensibility with P wave indices and PR interval: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *Journal of Electrocardiology,* vol. 46, no. 4, pp. 359-359.
6. Bernikova O.G., Sedova K.A., Azarov Ya.E., Ovechkin A.O., Shmakov D.N. Electrocardiographic manifestation of the myocardial dispersion of repolarization: interval $T_{peak}$-$T_{end}$ under experimental coronary occlusion and reperfusion *Proceedings of the Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy Of Sciences*, 2011, no. 3(7)., pp. 38-42. (in Russ.)
7. Bezrukikh M.M., Farber D.A. Physiology of child development: theoretical and applied aspects. Moscow: Obrazovanie ot A do Ya, 2000. 319 p. (in Russ.)
8. Lysova N.F. Ajzman R.I., Zav'yalova Ya.L., Shirshova V.M. Developmental anatomy, physiology and school hygiene: a learning guide. Novosibirsk: Publishing house of the Siberian University, 2010. 398 p. (in Russ.)
9. Ebzeeva E.Yu, Ostroumova O.D., Mironova E.V., Doldo N.M. Psychological stress and cardiovascular diseases: clinical case. *Meditsinskiy sovet (Medical Council),* 2022, no. 16(23), pp. 110-116. DOI: 10.21518/2079-701X-2022-16-23-110-116. (in Russ.)

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Рафис Тимерханович Бурганов** – доктор экономических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: Info@sportacadem.ru.

**Нурия Нурисламовна Чершинцева** – младший научный сотрудник НИИ физической культуры и спорта ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: chersinceva@mail.ru.
**Андрей Сергеевич Назаренко** – кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических дисциплин ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: Hard@inbox.ru.
**Алексей Анатольевич Зверев** – кандидат биологических наук, доцент, директор НИИ физической культуры и спорта, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», Казань, e-mail: Alekcei5@rambler.ru.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:**
**Rafis Timerkhanovich Burganov** – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Rector of the Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: Info@sportacadem.ru.
**Nuriya Nurislamovna Chershintseva** – Research Assistant of the Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan e-mail: chersinceva@mail.ru.
**Andrej Sergeevich Nazarenko** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Biomedical Disciplines Department, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: hard@inbox.ru.
**Aleksej Anatol'evich Zverev** – Candidate of Biological Sciences, Director of the Scientific Research Institute of Physical Culture and Sports, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: Alekcei5@rambler.ru.

**Для цитирования:** Адаптивные реакции сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку юных бадминтонистов / Р. Т. Бурганов, Н. Н. Чершинцева, А. С. Назаренко, А. А. Зверев // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_6

**For citation**: Burganov R.T., Chershintseva N.N., Nazarenko A.S., Zverev A.A. Adaptive reactions of the cardiovascular system to physical activity of young badminton players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_6