

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ДВИГАТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ И РЕЗЕРВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА

*Н.И. Абзалов, Р.Р. Абзалов, Р.А. Абзалов*

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия*

**Цель:** исследование закономерностей формирования резервных возможностей насосной функции сердца детей школьного возраста в условиях гипо- и гиперкинезии. **Материал и методы.** Для оценки функциональных резервов насосной функции сердца испытуемые выполняли физическую нагрузку на велоэргометре Kettler Ergoracer, где мощность физической нагрузки задавалась и регулировалась специальной компьютерной программой ERGO-KONZEPT, разработанной для этих моделей велоэргометров. Резервные возможности определяли разницей между показателями насосной функции сердца: частотой сердечных сокращений, ударным объемом крови и минутным объемом кровообращения во время выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности и показателями их в покое. Изучали особенности развития резервных возможностей насосной функции сердца в условиях адаптации организма к различным двигательным режимам школьников 7–18 лет. **Результаты.** Установлено, что резервные возможности сердца по частоте сердечных сокращений с возрастом увеличиваются в основном за счет урежения показателей в покое. Резервные возможности сердца по ударному объему крови и минутному объему кровообращения увеличиваются с возрастом и особенно у тренированного организма. Характер изменения резервных возможностей минутного объема кровообращения совпадает с закономерностями изменения резервных возможностей сердца по показателям ударного объема крови. **Заключение.** Исследование проявления резервных возможностей сердца позволило установить особенности изменения хронотропной и инотропной реакции сердца, которые определялись разностью частоты сердечных сокращений, ударного объема крови и минутного объема кровообращения в условиях максимального напряжения организма с данными, полученными в условиях относительного покоя при адаптации организма к различным двигательным режимам.

**Ключевые слова:** двигательные качества, мышечная нагрузка, резервные возможности насосной функции сердца, частота сердечных сокращений, ударный объем крови, минутный объем кровообращения.

**Введение.** Исследование резервных возможностей насосной функции сердца развивающегося организма является чрезвычайно актуальным, ибо охватывает периоды интенсивного физического и физиологического развития организма школьников [6, 7]. На данном возрастном этапе формируются основы физического здоровья – физического состояния организма, имеющего решающее значение для всей последующей его жизнедеятельности. Поэтому изучение резервных возможностей насосной функции сердца представляет значительный интерес не только для определения физиологических возможностей организма, но и для установления закономерностей функционирования сердца в условиях адаптации к различной мышечной деятельности [1, 2, 4, 5, 8–11].

Малоизученной остается проблема фор-

мирования резервных возможностей насосной функции сердца в условиях гипо- и гиперкинезии. Исследование резервных возможностей насосной функции сердца в значительной степени способствует решению проблемы отбора и профессиональной ориентации в детско-юношеском спорте [1].

**Материал и методы.** Для оценки функциональных резервов насосной функции сердца испытуемые выполняли физическую нагрузку на велоэргометре Kettler Ergoracer, где мощность физической нагрузки задавалась и регулировалась специальной компьютерной программой ERGO-KONZEPT, разработанной для этих моделей велоэргометров. Мощность первой физической нагрузки для каждого школьника определялась из расчета 9 кгм/мин (1,5 Вт) на 1 кг массы тела. Частота педалирования составила 65–75 об/мин. Затем через

каждую минуту мощность нагрузки плавно увеличивалась на 50 Вт, вплоть до удержания максимально возможного темпа.

Для регистрации реограммы пользовались точечными дисковыми электродами [3, 5], которые были закреплены на эластичную резиновую ленту. Электроды накладывались в области шеи и мечевидного отростка грудной клетки. Применяемые электроды не стесняли движений и не смещались на теле во время выполнения велоэргометрической нагрузки. При регистрации реограммы нами был использован аналого-цифровой преобразователь (АЦП) фирмы MacLab. По данным реографии определяли ударный объем крови (УОК) по формуле Kubicek (1974), частоту сердечных сокращений (ЧСС) и минутный объем кровообращения (МОК).

Насосная функция сердца у школьников оценивалась по данным реограммы в состоянии относительного мышечного покоя до выполнения физической нагрузки в положении «сидя на велоэргометре» и во время выполнения тестовой физической нагрузки в 10–15 заключительных секунд.

**Результаты и обсуждение.** Разница между показателями ЧСС во время выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности, а также данными в покое позволяет определить диапазон хронотропной реакции сердца. Величину этой реакции обозначали как резервные возможности сердца по частоте сердечных сокращений.

Развитие резервных возможностей сердца по частоте сердечных сокращений в условиях мышечных тренировок происходит гетерохронно. Некоторое увеличение его показателей происходит в 6–7 лет, в последующем возрасте наблюдается стабилизация этого показателя, а в возрасте 17–18 лет наблюдается наиболее выраженное увеличение.

Самый высокий показатель резерва сердца по ЧСС нами установлен у 17–18-летних юношей. Высокие показатели резервных возможностей сердца по ЧСС девушек и юношей в 17–18-летнем возрасте достигаются в основном благодаря выраженному уменьшению частоты сердечных сокращений в покое, то есть развитию брадикардии тренированности. Следует отметить, что по мере взросления у исследуемых резервные возможности сердца по частоте сердечных сокращений увеличиваются.

Анализируя изменения показателей ЧСС

во время выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности по сравнению с данными в покое у школьников, было установлено, что абсолютные показатели ЧСС у них находятся в пределах 183–193 уд./мин. Достоверных различий в показателях ЧСС во время тестовых мышечных нагрузок в разных возрастных группах не наблюдается.

Таким образом, функциональный резерв сердца по ЧСС обеспечивается в основном за счет уменьшения сердечбиения в покое, а максимальные увеличения ЧСС в зависимости от возраста и подверженности мышечным тренировкам достоверных различий не имеют и характеризуются значительными индивидуальными колебаниями.

Разница между показателями УОК, определенными во время мышечной нагрузки максимальной мощности, а также величинами в покое составляет резерв сердца по УОК. Установлено, что функциональный резерв сердца по ударному объему крови у юношей и девушек в процессе их индивидуального развития возрастает.

Показатели резервных возможностей сердца по уровню УОК у 6–7-летних мальчиков группы усиленной двигательной активности составили  $103,00 \pm 2,34$  мл, а у девочек той же группы и возраста –  $98,19 \pm 2,59$  мл.

Следует отметить, что показатели УОК у детей, подверженных систематическим мышечным тренировкам, в покое значительно больше, чем у школьников неограниченной двигательной активности. В возрасте 14–15 лет показатели УОК у девушек, подверженных усиленной двигательной активности, при мышечной нагрузке составили  $170,30 \pm 3,16$  мл. По сравнению с данными УОК возраста 10–11 лет разница составила 10,83 мл ( $P < 0,05$ ). У юношей 14–15 лет данный показатель составил  $184,51 \pm 2,27$  мл, при сравнении с данными УОК 10–11 лет сдвиги составили 24,15 мл ( $P < 0,05$ ).

Высокий показатель резерва сердца по УОК среди девушек 14–15 лет, адаптированных к двигательной активности, составил  $104,37 \pm 2,87$  мл. У девушек 17–18-летнего возраста, подверженных усиленному двигательному режиму, при выполнении мышечной нагрузки максимальной мощности показатели УОК составили  $180,83 \pm 3,22$  мл. А в состоянии покоя у них же УОК равнялся  $73,33 \pm 2,51$  мл, резерв по УОК составил  $107,50 \pm 2,69$  мл. Схожая картина динамики

показателей резерва сердца по УОК нами наблюдалась и у юношей.

Разница между показателями МОК, полученными во время выполнения мышечной нагрузки максимальной мощности, а также данными в покое сидя до нагрузки составляет резерв МОК. У девочек данный показатель увеличивается. Наиболее существенные изменения резервных возможностей сердца по МОК девушек происходят в возрастном диапазоне от 10–11 до 17–18 лет. У юношей этого возрастного диапазона наблюдается более выраженное увеличение резервов по МОК, а также более высоких возможностях насосной функции сердца по сравнению с девушками.

Разница между показателями резервных возможностей сердца по МОК у девочек 6–7 лет и девушек 17–18 лет в процессе индивидуального развития составляет 8,67 л/мин, а у мальчиков и юношей – 10,83 л/мин.

Сравнивая темпы увеличения резервных возможностей сердца по МОК девочек и девушек неограниченной и усиленной двигательной активности следует отметить, что к 17–18-летнему возрасту в обеих группах произошли достоверно выраженные увеличения показателей резервных возможностей сердца по МОК по сравнению с данными 6–7-летнего возраста. Под влиянием усиленного двигательного режима как у девушек, так и у юношей происходит значительное увеличение резерва по величинам МОК по сравнению с данными школьников неограниченной двигательной активности.

**Заключение.** По результатам наших исследований можно утверждать о том, что с возрастом, особенно при мышечных тренировках, возрастают резервные возможности насосной функции сердца. При этом резервные возможности насосной функции сердца по частоте сердечных сокращений увеличиваются за счет брадикардии тренированности в покое. Увеличение резервных возможностей насосной функции сердца по УОК и МОК происходит гетерохронно, особенно в условиях мышечных тренировок. Периоды ускоренного и замедленного развития резервных возможностей насосной функции сердца в процессе взросления школьников чередуются.

### Литература

1. Абзалов, Н.И. Подвижность насосной функции сердца при различных двигательных режимах / Н.И. Абзалов, Р.А. Абзалов, Р.Р. Абзалов // *Теория и практика физ. культуры.* – 2014. – № 3. – С. 17–19.
2. Абзалов, Р.А. Насосная функция сердца развивающегося организма и двигательный режим / Р.А. Абзалов. – Казань, 2005. – 277 с.
3. Абзалов, Р.Р. Насосная функция сердца в контексте повышения эффективности скоростной выносливости спортсменов / Р.Р. Абзалов, Н.И. Абзалов, Т.К. Хасанов, Р.А. Абзалов // *Теория и практика физ. культуры.* – 2016. – № 1. – С. 16–18.
4. Бальсевич, В.К. Онтокинезиология человека / В.К. Бальсевич. – М.: Теория и практика физ. культуры. – 2000. – 275 с.
5. Ванюшин, Ю.С. Взаимосвязь показателей гемодинамики и физического развития детей и подростков с различными типами кровообращения / Ю.С. Ванюшин, Ф.Г. Ситдииков, Р.М. Хаматова // *Физиология человека.* – 2003. – Т. 29, № 3. – С. 139–142.
6. Варибельность сердечного ритма в процессе учебной деятельности у практически здоровых школьников, не занимающихся спортом / А.С. Ушаков, Н.Е. Клещенкова, А.В. Ненашева и др. // *Теория и практика физ. культуры.* – № 3. – 2016. – С. 23–29.
7. Ненашева, А.В. Физическое развитие и физическая подготовленность детей 6–14 лет из социально неблагополучных семей, эффективность системы реабилитации / А.В. Ненашева, А.С. Аминов // *Теория и практика физ. культуры.* – 2015. – № 4. – С. 59–61.
8. Румянцева, Э.Р. Оптимизация процесса подготовки спортсменов высокой квалификации на основе медико-биологических характеристик состояния их организма / Э.Р. Румянцева, И.Р. Хабибуллина // *Теория и практика физ. культуры.* – 2008. – № 4. – С. 53–54.
9. Heart rate variability and photoplethysmogram indicators in assessment of adaptation levels in students experiencing examination loads / S. Astakhov, A. Astakhov, A. Nenasheva, A. Ragozin // *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche.* – 2018. – Vol. 177. – № 3. – P. 1–8. DOI: 10.23736/S0393-3660.17.03722-6
10. Semchenko, A.A. Assessment of the functional capacity of the heart in hurdlers within the system of training-competitive conditioning / A.A. Semchenko, A.V. Nenasheva // *Minerva Ortopedica e Traumatologica.* – 2018. – Vol. 69, № 3. – P. 7–10.
11. Yilmaz, D.C. Adaptation of heart to training: a comparative study using echocardiography // *Теория и практика физ. культуры.* – 2014. – № 3. – С. 17–19.

*graphy impedance cardiography in male female  
athletes / D.C. Yilmaz, B. Buyukakilli, S. Gurgul,*

*I. Rencuzogullari // Indian J. Med. Res. – 2013. –  
Vol. 137, № 6. – P. 1111–1120.*

**Абзалов Наиль Ильясович**, доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18. E-mail: nailabzalov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8428-2724.

**Абзалов Рустем Ринатович**, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18. E-mail: 2902207@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4940-1502.

**Абзалов Ринат Абзалович**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры теории и методики физической культуры, спорта и лечебной физической культуры Института фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет. 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18. E-mail: abzalov2004@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1422-3742.

*Поступила в редакцию 25 октября 2019 г.*

DOI: 10.14529/hsm19s202

## THE CORRELATION BETWEEN MOTOR QUALITIES AND HEART PUMPING FUNCTION RESERVES IN YOUNG ATHLETES

*N.I. Abzalov, nailabzalov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8428-2724,*

*R.R. Abzalov, 2902207@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4940-1502,*

*R.A. Abzalov, abzalov2004@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1422-3742*

*Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russian Federation*

**Aim.** The purpose of the article is to study the patterns of forming heart pumping function reserves in schoolchildren in the conditions of hypo- and hyperkinesia. **Materials and methods.** The heart pumping function was assessed with the help of Ergoracer cycle ergometer (Kettler) and the load adjusted using ERGO-KONZEPT software developed for this equipment. Reserves were established by the difference between the indicators of the heart pumping function: heart rate, stroke volume, minute blood flow at maximum load and at rest. The peculiarities of heart pumping function reserves were studied in the conditions of adaptation to different movement modes in schoolchildren aged 7–18 years. **Results.** It was established that heart reserves in terms of heart contractions increase with age mainly by lowering the frequency at rest. Heart reserves in terms of stroke volume and minute blood flow also increase with age, especially in trained persons. The nature of changes in the reserves of minute blood flow coincides with the pattern of changes in heart reserves in terms of stroke volume. **Conclusion.** The study of heart reserves allowed to find the peculiarities of changes in the chronotropic and inotropic responses of the heart, which were established as the difference between heart rate frequency, stroke volume, and minute blood flow at maximum stress and the data obtained at relative rest during adaptation to different movement modes.

**Keywords:** *movement qualities, muscle load, heart pumping function reserves, heart rate frequency, stroke volume, minute blood flow.*

### References

1. Abzalov N.I., Abzalov R.A., Abzalov R.R. [Mobility of the Pumping Function of the Heart Under Various Motor Modes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2014, no. 3, pp. 17–19. (in Russ.)

2. Abzalov R.A. *Nasosnaya funktsiya serdtsa razvivayushchegosya organizma i dvigatel'nyy rezhim* [Pumping Function of the Heart of a Developing Organism and Motor Mode]. Kazan', 2005. 277 p.
3. Abzalov R.R., Abzalov N.I., Khasanov T.K., Abzalov R.A. [Pumping Function of the Heart in the Context of Increasing the Efficiency of Speed Endurance of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2016, no. 1, pp. 16–18. (in Russ.)
4. Bal'sevich V.K. *Ontokineziologiya cheloveka* [Human Ontokinesiology]. Moscow, Theory and Practice of Physical Education Publ., 2000, 275 p.
5. Vanyushin Yu.S., Sitdikov F.G., Khamatova R.M. [The Relationship of Hemodynamic Parameters and Physical Development of Children and Adolescents with Various Types of Blood Circulation]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2003, vol. 29, no. 3, pp. 139–142. (in Russ.)
6. Ushakov A.S., Kleshchenkova N.E., Nenasheva A.V. et al. [Heart Rate Variability in the Process of Educational Activity in Practically Healthy Schoolgirls who are not Involved in Sports]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2016, no. 3, pp. 23–29. (in Russ.)
7. Nenasheva A.V., Aminov A.S. [Physical Development and Physical Fitness of Children 6–14 Years Old From Socially Disadvantaged Families, the Effectiveness of the Rehabilitation System]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2015, no. 4, pp. 59–61. (in Russ.)
8. Rumyantseva E.R., Khabibullina I.R. [Optimization of the Process of Training Highly Qualified Athletes Based on Biomedical Characteristics of the State of Their Body]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Education], 2008, no. 4, pp. 53–54. (in Russ.)
9. Astakhov S., Astakhov A., Nenasheva A., Ragozin A. Heart Rate Variability and Photoplethysmogram Indicators in Assessment of Adaptation Levels in Students Experiencing Examination Loads. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 2018, vol. 177, no. 3, pp. 1–8. DOI: 10.23736/S0393-3660.17.03722-6
10. Semchenko A.A., Nenasheva A.V. Assessment of the Functional Capacity of the Heart in Hurdles within the System of Training-Competitive Conditioning. *Minerva Ortopedica e Traumatologica*, 2018, vol. 69, no. 3, pp. 7–10.
11. Yilmaz D.C., Buyukakilli B., Gurgul S., Rencuzogullari I. Adaptation of Heart to Training: a Comparative Study Using Echocardiography Impedance Cardiography in Male Female Athletes. *Indian J. Med. Res.*, 2013, vol. 137, no. 6, pp. 1111–1120.

*Received 25 October 2019*

---

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Абзалов, Н.И. Взаимосвязь двигательных качеств юных спортсменов и резервных возможностей насосной функции сердца / Н.И. Абзалов, Р.Р. Абзалов, Р.А. Абзалов // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S2. – С. 18–22. DOI: 10.14529/hsm19s202

**FOR CITATION**

Abzalov N.I., Abzalov R.R., Abzalov R.A. The correlation between motor qualities and heart pumping function reserves in young athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. S2, pp. 18–22. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm19s202

---