

## СТАТЬИ

УДК 612.17:796.8

**АДАПТАЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ  
К ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ БОЕВЫХ ИСКУССТВ**<sup>1,2</sup>Агафонова В.В., <sup>1</sup>Илюшин О.В.<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань;<sup>2</sup>ФГАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань,  
e-mail: agafonovavika92@gmail.com

Приспособление сердечно-сосудистой системы бойцов к интенсивной мышечной деятельности изучалось различными методами, один из них – эхокардиография и пульсометрия. Исследование опиралось на изучение левого желудочка сердца, так как оно играет большую роль в адаптации сердечно-сосудистой системы к тренировкам. У спортсменов, занимающихся боевыми искусствами с различной интенсивностью мышечной активности, были выявлены различия по показателям, отражающим состояние сердечно-сосудистой системы. Показатели варьировались в пределах нормы здорового человека. При развитии адаптивных механизмов сердца меняется и само сердце, его объем увеличивается, стенки становятся более упругими, гибкими и прочными. Тренировки рассматривались как важнейшее следствие изменения геометрии и индекса массы миокарда левого желудочка, что может оказывать значительное влияние на развитие выносливости сердечной мышцы бойца. Метод пульсометрии является самым распространенным, позволяющим определить адекватность реакции организма на выполнение различных физических нагрузок, с разной интенсивностью. Благодаря этому методу выявились такие проблемы, как аритмия, при большом количестве тренировок у представителя, занимающегося боксом. Механизмы адаптации сердца нарабатываются с течением большого количества времени и с адекватной нагрузкой на организм.

**Ключевые слова:** адаптация, показатели, сердечно-сосудистая система, мышечная деятельность, боец, миокард, сердце, боевые искусства

**ADAPTATION OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM TO THE INTENSE  
MUSCULAR ACTIVITY OF REPRESENTATIVES OF THE MARTIAL ARTS**<sup>1,2</sup>Agafonova V.V., <sup>1</sup>Ilyushin O.V.<sup>1</sup>Kazan State Energy University, Kazan;<sup>2</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, e-mail: agafonovavika92@gmail.com

The adaptation of the cardiovascular system of fighters to intense muscle activity was studied by various methods, one of them being echocardiography and pulsometry. The study relied on the study of the left ventricle of the heart, since it plays a large role in adapting the cardiovascular system to training. Athletes involved in martial arts with different intensity of muscle activity showed differences in indicators reflecting the state of the cardiovascular system. The indicators varied within the normal range of a healthy person. With the development of adaptive mechanisms of the heart, the heart itself changes, its volume increases, the walls become more elastic, flexible and strong. Training was considered as the most important consequence of changes in the geometry and mass index of the myocardium of the left ventricle, which can have a significant impact on the development of endurance of the heart muscle of a fighter. The method of pulsometry is the most common one that allows you to determine the adequacy of the body's response to various physical activities, with different intensities. Thanks to this method, problems such as arrhythmia have been identified with a large number of training sessions with a boxing representative. The mechanisms of adaptation of the heart are developed over time, a large amount of time and with an adequate load on the body.

**Keywords:** adaptation, indicators, cardiovascular system, muscle activity, fighter, myocardium, heart, fighting art

Физическая нагрузка оказывает действие почти на большую часть систем организма, но главным органом является сердце, которое испытывает чрезмерные нагрузки и главным образом влияет на достижение хорошего результата, – в этом проявляется специфичность адаптации. Современники считали, что формирование у спортсмена, а в нашем случае бойца, занимающегося боевыми искусствами, комплекса структурных изменений, развивающихся в доминирующих системах, приводит в итоге к росту клеточных структур, что и составляет материальную основу устойчивой адаптации [1, с. 49].

Адаптация является механизмом для развития организма спортсмена, для подготовки его к стрессовым, непредвиденным обстоятельствам, которые могут происходить в процессе участия в соревнованиях или других тренировочных процессах. Изменения морфофункциональных показателей, а также изменение гемодинамических показателей ведет к необратимым обменным процессам системы кровообращения. Для выявления признаков адаптации или дезадаптации, а также оценки состояния сердечно-сосудистой системы, при использовании повышенной нагрузки на организм

необходим комплексный подход. Процесс адаптации необходим бойцам для покорения спортивного олимпа. Исследования миокарда желудочков сердца, с помощью морфометрических показателей являются основополагающими для изучения процесса адаптации организма к повышенной мышечной деятельности. Целью исследования является изучение системы процесса адаптации сердечно-сосудистой системы бойцов к интенсивной мышечной деятельности.

### Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе медицинского центра в отделении спортивной медицины и при участии спортивного училища. Также участие принимал коллектив профессиональных тренеров, которые следили за массой и количеством нагрузок на спортсменов. В ходе исследования приняли участие бойцы, имеющие квалификацию мастер спорта и кандидат в мастера спорта, мужского пола, возрастной категории от 17 до 20, стаж занятий 9 лет. Все они были разделены на три группы в зависимости от воздействия на мышечную деятельность. В первой находится 2 бойца, занимающихся боксом, тренирующихся на развитие силы. Во второй – 2 спортсмена, занимающихся капозьрой, направленной на развитие скорости, и в третьей 2 бойца, занимающихся джиу-джитсу, направленного на развитие выносливости. За основу исследования желудочков сердца необходимо взять левый желудочек, так как он обеспечивает ток крови системы большого круга кровообращения, то есть, доставку оксигенированной крови ко всем системам организма, и имеет существенное значение для изучения конкретных различий в процессе адаптации сердца к физическим нагрузкам разной степени. Исследование морфофункциональных показателей бойцов проводили методом эхокардиографии (ЭхоКГ). В данный анализ были включены такие показатели, как конечно-диастолический размер (КДР), диаметр полости левого желудочка (ЛЖ) и конечно-систолический размер (КСР), мм; межжелудочковая перегородка (МЖП), абсолютная задняя стенка левого желудочка, систола (ТЗСЛЖs) и диастола (ТЗСЛЖd), мм; конечно-диастолический объем (КДО), конечно-систолический объем (КСО), ударный объем (УО), масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ), г, индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) г/мл и другие [2].

На основе морфофункциональных показателей можно составить геометрическую модель, которая впоследствии ремоделирования считается адаптивной, если левый желудочек не превышает индекс

массы миокарда левого желудочка не более чем 228 г/мл. А неадаптивным считали ремоделирование, если ИММЛЖ был более 228 г/мл. Таким образом, если левый желудочек принимает форму эллипса и не превышает ИММЛЖ на 118 г/мл, то он считается неизменным [3].

Для оценки устройства регуляции использовали анализ variability сердечного ритма (ВСР), в который входят: метод пульсометрии и временной анализ. Запись кардиоритмограммы проводилась в состоянии покоя с использованием специального аппарата. При анализе использовали короткие записи в соответствии с Международными стандартами [4]. Исследование проводилось до тренировки, после длительного отдыха.

### Результаты исследования и их обсуждение

Эхокардиографический метод или УЗИ является наиболее распространенным для изучения морфологических и функциональных изменений сердца. Также используют несколько режимов эхокардиографии: М-режим (одномерная эхокардиография), двухмерная эхокардиография, доплерэхокардиография и другие, позволяющие оценить сократимость сердца, провести измерение параметров стенок и полостей, определить давление в камерах, исследовать состояние клапанов [5, с. 129]. Для своего исследования мы используем первый режим. Этот режим используется для достоверной оценки размеров и сократительной функции сердца, а также для оценки наиважнейшего клапанного аппарата [6, с. 33]. Анализ данных выявил достоверные изменения морфологических и функциональных показателей у бойцов, занимающихся боевыми искусствами. Результат эхокардиографического исследования левого желудочка сердца у бойцов, в зависимости от интенсивности мышечной активности, а также гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы представлены в табл. 1.

При анализе данных эхокардиографии бойцов от интенсивности мышечной активности выявлено достоверное увеличение ИММЛЖ у бойцов, занимающихся джиу-джитсу. Для бойцов, занимающихся капозьрой и джиу-джитсу по сравнению с бойцами, занимающимися боксом, характерно увеличение линейных размеров сердца, ММЛЖ и ИММЛЖ и КДР ЛЖ, в данном случае можно говорить о гипертрофии миокарда левого желудочка. Рассмотрим также гемодинамические показатели, которые являются основными показателями закономерности движения крови по сосудистой системе. Одним из основных показателей гемодинамики

является объем крови, который протекает за одну минуту через вены или артерии. Оценивая эти показатели КСО, КДО, УО, мы видим, что происходит их увеличение, что говорит о перестройке, которая является важным механизмом сердца при адаптации к мышечной нагрузке, создает основу для его функционирования в условиях повышенного венозного возврата крови. Сократительная способность миокарда, оцениваемая по показателю фракция выброса (ФВ), не имела значимых различий. Рассмотрев показатели, стало понятно, что адаптация сердца к интенсивной мышечной активности у бойцов, занимающихся капоэйрой и джиу-джитсу, сопровождается не только патологическим состоянием увеличения объема камер сердца без изменения толщины сердечной стенки, но и за счет увеличения объема и массы сердца, т.е. гипертрофии левого желудочка, о чем свидетельствуют такие показатели, как ЗСЛЖd и ЗСЛЖs, ТМЖPd и ТМЖPs, ММЛЖ и ИММЛЖ. Существует 2 вида гипертрофии – истинная и ложная, в нашем случае, гипертрофия будет истинной, т.к. часто развивается вследствие увеличенной

функциональной нагрузки [7]. Но если говорить об утолщении стенок миокарда, то из таблицы видно, что у бойцов, занимающихся боксом, происходит это чаще всего, что является признаком увеличения напряжения стенки миокарда – это является показательной реакцией на предельную нагрузку. Ремоделирование сердца состоит из изменения структуры, функции и включает увеличение массы миокарда и изменения геометрических характеристик желудочков [8]. Результаты исследования показали, что у бойцов любого вида боевых искусств ремоделирование было адаптивным, так как левый желудочек сохранял нормальный индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) и не превышал 228 г/мл. Итак, ремоделирование сердца осуществляется по адаптивному типу или нормальной геометрии левого желудочка, данный вывод связан с тем, что тренировки не выходили за рамки, которые могли бы навредить здоровью бойцов [9]. Для полной картины рассмотрим и проанализируем вариабельности ритма сердца у представителей, занимающихся боевыми искусствами, показанными в табл. 2.

**Таблица 1**

Морфофункциональные показатели левого желудочка сердца у бойцов, в зависимости от интенсивности мышечной деятельности, и гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы

Показатели	Бокс	Капоэйра	Джиу-джитсу
КДР ЛЖ, см	4,8	5,03	5,0
КСР ЛЖ, см	3,1	3,3	3,2
ТЗСЛЖd, см	0,85	0,701	0,8
ТЗСЛЖs, см	1,6	1,59	1,5
ТМЖPd, см	0,92	0,98	0,96
ТМЖPs, см	0,12	0,11	0,10
ММЛЖ, г	148,08	150,26	157,62
ИММЛЖ г/мл	31,21	31,67	33,23
Гемодинамические показатели сердечно-сосудистой системы			
КДО, мл	106,83	123,18	125,03
КСО, мл	35,39	42,39	43,46
УО, мл	71,49	82,0	83,4
ЧССуд /мин	74,6	60,9	61,4
ФВ, %	68,45	65,5	63,7

**Таблица 2**

Показатели анализа вариабельности ритма сердца у бойцов, в зависимости от интенсивности мышечной деятельности

Показатели	Бокс	Капоэйра	Джиу-джитсу
Мо, с	0,86	0,98	1,1
АМо, %	41,2	33,78	33,9
ВР, с	0,33	0,34	0,38
ИН, усл. ед.	86,6	66,8	51,48
R-Rmax, мс	1048,93	1163,1	1240,6
R-Rmin, мс	731	819,09	892,3

Пульсометрия – метод, позволяющий определить адекватность реакции организма бойца на величину выполненной физической нагрузки. Суть метода заключается в подсчете и анализе частоты сердечных сокращений (ЧСС) у бойцов, занимающихся различными видами нагрузки, в нашем случае направленными на силу, скорость и выносливость [10]. По данным пульсометрии, мы видим снижение влияния симпатического отдела (по показателям АМо) это говорит об адаптации организма, а в частности сердца, к стрессовой ситуации при интенсивных физических нагрузках, уменьшение централизации в управлении ритмом сердца (ИН) и повышении гуморального, т.е. гормонального влияния на сердце у бойцов, занимающихся капоэйрой и джиу-джитсу. Рассмотрим также временной анализ, видно, что усилились парасимпатические влияния на сердечный ритм у бойцов, занимающихся капоэйрой и джиу-джитсу. Индекс напряжения регулярных систем (ИН) у бойца, занимающегося боксом, находится в пределах нормы, и при увеличении нагрузки может развиваться аритмия, что является не очень хорошим показателем. А остальные показатели бойцов, занимающихся боксом, находятся в физиологической норме. Итак, для каждого из видов боевых искусств существуют свои структуры оптимального существования в тренировочном процессе. Поэтому необходимо уделять большое внимание тренировочному процессу, ведь чрезмерные нагрузки негативно влияют не только на функции сердца, но и на все системы и органы человеческого организма.

### Заключение

В ходе изучения морфометрические показатели левого желудочка сердца стал известен ряд факторов: во-первых, сложившееся уже представление об изменениях в сердечно-сосудистой системе, во-вторых, характер изменения сердца у представителей, занимающихся боевыми искусствами, наиболее видимые изменения, были связаны с патологическим состоянием, таким как дилатация и гипертрофия у бойцов, занимающихся капоэйрой и джиу-джитсу. Также данное исследование позволило нам дать четкую характеристику различным устройствам адаптации сердечно-сосудистой системы бойцов, благодаря показателям морфометрии левого желудочка и гемодинамики. Перестроение системы кровообращения к повышенным нагрузкам организма в значительной степени связано с прояв-

лениями таких признаков как истинная гипертрофия и дилатация. Вследствие этого происходит повышение адаптации сердца. Благодаря тому, что нервная система иннервирует сердце, происходит усиление влияния на сердечный ритм и реакции сердца на выброс адреналина, что позволяет бойцу эргономично тратить силы и не наносить вреда сердцу. Используя правильное распределение мышечной нагрузки на тренировках и их адекватный темп, боец избегает таких патологических состояний, как ложная гипертрофия, которые влияют на разрушение мышц сердца. У бойцов, занимающихся капоэйрой и джиу-джитсу, которые тренируют такие навыки, как выносливость и быстрота выявлены некоторые различия по сравнению с бойцами, занимающихся боксом, тренирующим силу. Различия заключаются в том, что сердце последнего представителя имеет повышенные показатели истинной гипертрофии без изменения объемов сердца. Активность ферментов, которая наблюдалась у бойца, говорит об утолщении сердечной мышцы, и направлена на адаптацию сердечно-сосудистой системы. Все показатели, которые указаны в табл. 1, являются нормальными для здорового человека. По данным вариационной пульсометрии, стало понятно, что усиление парасимпатических влияний на сердечный ритм происходит только у тех бойцов, которые занимаются капоэйрой и джиу-джитсу, так как эти виды направлены на скорость, ловкость и выносливость. У представителей, занимающихся боксом, показатели состояния систем сердечного ритма, находятся в пределах нормы, но изменения интенсивности мышечной нагрузки приведут к заболеваниям сердца. Таким образом, механизм адаптации связан с перестройкой процессов в организме, направленных на выработку устойчивых к интенсивным нагрузкам структурных систем.

### Список литературы

1. Исаев А.П., Рыбаков В.В., Эрлих В.В., Потапов В.Н., Полозкова Н.Ф., Иванов Е.В. Стратегии формирования адаптационных реакций у спортсменов. Основы теории адаптации и закономерности ее формирования в спорте высоких и высших достижений // Человек. Спорт. Медицина. 2012. № 21 (280). С. 46–56.
2. Кудря О.Н., Белова Л.Е., Капилевич Л.В. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности // Вестн. Том. гос. ун-та. 2012. № 356. С. 162–166.
3. Малах О.Н. Показатели морфометрии левого желудочка сердца юных спортсменов-пловцов в зависимости от спортивной квалификации и направленности тренировочного процесса // Наука и спорт: современные тенденции 2015. Т. 8. № 3. С. 70–74.

4. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование // *Анн. аритм.* 2009. № 4. С. 21–32.
5. Ингерлейб Б.М. Эхокардиография, Медицинские исследования. Справочник. М.: Эскимо, 2014. Гл. 7. 129 с.
6. Бартош-Зеленая С.Ю., Новиков В.И., Гусева О.А. Возможности эхокардиографии в оценке правых камер сердца в норме и при очаговом поражении миокарда // *Вестник СПбГУ. Серия 11. Медицина.* 2013. № 2. С. 28–46.
7. Комар Е.Б. Показатели морфометрии левого желудочка сердца легкоатлетов высокой квалификации под воздействием интенсивных физических нагрузок // *Мир спорта.* 2011. № 3 (44). С. 53–56.
8. Ganau A., Devereux R.B., Roman M.J., de Simone G., Pickering T.G., Saba P.S., Vargiu P., Simongini I., Laragh J.H. Patterns of left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in essential hypertension. *J. Amer. Coll. Cardiology.* 1992. Vol. 19. P. 1550–1558.
9. Бобылев Ю.М. Типы ремоделирования левого желудочка сердца у больных артериальной гипертензией: связь с возрастом, метаболическим синдромом и психологическим статусом // *Современная медицина: актуальные вопросы.* 2014. № 37. С. 33–40.
10. Александрова В.А. Повышение функций кардиореспираторной системы с помощью классической (базовой) аэробики у студенток неспортивного вуза // *Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт.* 2017. № 4. С. 3–7.