Дата публикации: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_18
УДК 796.922

Publication date: 01.06.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_18
UDC 796.922

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА И СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ В БОКСЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА НАГРУЗКИ

С.Н. Неупокоев[1], Ю.П. Бредихина[2], В.А. Катков[4], Ф.А. Гужов[3], Л.В. Капилевич[1,2,3]
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск, Россия
[2]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия
[3]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», г. Томск, Россия
[4]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии, г. Томск, Россия

Аннотация. Исследовано влияние применения средств функциональной подготовки на показатели, характеризующие оптимальное взаимодействие левого желудочка и артериальной системы квалифицированных спортсменов. В исследовании приняли 30 боксеров 1 разряда, возраст 19 до 20 лет. Использовалось комплексное трансторакальное эхокардиографическое исследование сердца в двухмерном (2D) режиме. Показатели системной гемодинамики и вентрикуло-артериальное сопряжение были получены с помощью ультразвуковой системы En Visor C HD Philips. В ходе проведенного исследования нами было отмечено, что применение средств общей физической подготовки со значительным вовлечением в активность мышц нижних конечностей, оказывает более значимое воздействие на функции левого желудочка и артериальную систему квалифицированных спортсменов в процессе гомеостаза. Адекватная реакция организма способствует качественному развитию функциональных показателей сердечно-сосудистой системы при двигательной работе.
Ключевые слова: показатели вентрикуло-артериального сопряжения, разнонаправленная двигательная и функциональная подготовка, ультразвуковое исследование сердца.

FUNCTIONAL REACTIONS OF THE LEFT VENTRICLE AND SYSTEMIC HEMODYNAMICS IN QUALIFIED BOXING ATHLETES DEPENDING ON THE NATURE OF THE LOAD

S.N. Neupokoev[1], Yu.P. Bredikhina[2], V.A. Katkov[4], F.A. Guzhov[3], L.V. Kapilevich[1,2,3]
[1]Tomsk State University, Tomsk, Russia
[2]Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia
[3]Tomsk University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russia
[4]Tomsk Scientific Research Medical Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Cardiology, Tomsk, Russia

Abstract. The influence of the use of functional training means on the indices characterizing the optimal interaction of the left ventricle and the arterial system of qualified athletes was studied. The study involved 30 first-class boxers, age – 19 to 20 years. A comprehensive transthoracic and echocardiographic 2D-study of the heart was carried out. Systemic hemodynamics and ventriculo-arterial coupling indices were measured with the En Visor C HD Philips ultrasound system. In the course of the study, we noted that the use of general physical training means with significant involvement in the activity of the lower limb muscles has a more significant effect on the functions of the left ventricle and the arterial system of qualified athletes in the process of homeostasis. An adequate response of the body contributes to the qualitative development of the functional indices of the cardiovascular system during motor work.
Keywords: ventriculo-arterial coupling indices, multidirectional motor and functional training, ultrasound examination of the heart.

Введение. Анализ современной научно-методической литературы позволяет свидетельствовать о том, что значительный объем и интенсивность нагрузки в тренировочном процессе способны оказывать существенное влияние на функции сердечной деятельности [1, 2]. Ряд авторов отмечает тот факт, что вентрикуло-артериальное сопряжение (ВАС) является параметром, характеризующим сердечную и аортальную механику, выступая важным индикатором деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) [3-5]. В ходе проведенных исследований, авторы отмечают, что показатели ВАС характеризуют оптимальность взаимодействия функций левого желудочка (ЛЖ) и артериальной системы при функциональной передаче объема крови сосудам [3, 5, 6]. По свидетельствам научных источников, эту деятельность системы сердца оценивают с помощью отношения между артериальной и желудочковой эластичностью [5, 6].

Опираясь на литературные источники, авторы свидетельствуют, что процесс индивидуализации учебно-тренировочного процесса квалифицированных боксеров строится на особенностях моторики и связанных с ними функциональных возможностях спортсменов [2]. Исследователи в области теории и методики бокса отмечают тот факт, что боксеры, применяющие в поединке игровую манеру его ведения, начинают ударное движение мощным вовлечением в активность мышц нижних конечностей. В заключительной фазе выполняемого действия более значимо вовлекаются в работу мышцы туловища и свободных верхних конечностей, развивая перенос инерционной активности от мышц нижних конечностей на следующие кинематические цепи. Авторы свидетельствуют, что удары данного типа межмышечного взаимодействия принято называть баллистическими [2, 6]. Спортсмены, применяющие в поединке тактическую манеру, ориентированную на применение акцентированного удара, – боксеры-нокаутеры отдают предпочтение достижению победы путем нанесения удара с максимальной силой и скоростью, уделяя значительное внимание заключительной фазе движения более выраженной активностью мышц пояса верхних конечностей [2].

При анализе ряда исследований, авторы делают предположение о том, что применение различных тактических манер ведения поединка требует адекватных средств ОФП для развития функциональных и двигательных возможностей на различных этапах подготовки в ходе тренировочного процесса квалифицированных боксеров [1, 2].

Целью данного исследования являлся анализ влияния средств спортивной подготовки на функции взаимодействия левого желудочка сердца и артериальной системы квалифицированных спортсменов в боксе.

Методы и организация исследования. В ходе исследования нами были сформированы две равнозначные группы из боксеров 1 разряда от 19 до 20 лет по 15 человек в каждой: основная группа (ОГ) и контрольная группа (КГ). Все исследуемые квалифицированные спортсмены были представлены весовой категорией до 71 кг.

Перед спортсменами в процессе тестирования была поставлена задача совершенствования функциональной подготовки с ориентированием на применение различных тактических особенностей ведения поединка. Боксеры, практикующие игровую манеру ведения поединка, использовали в тестировании средства ОФП, направленные на развитие мышц нижних конечностей (ОГ). Спортсмены, использующие удар максимальной силы и скорости (акцентированный удар) для достижения победы в спортивном поединке, применяли в ходе исследования упражнения, в значительной степени направленные на развитие мышц пояса верхних конечностей (ОГ).

В ходе проводимого исследования было проведено тестирование для оценки взаимодействия ЛЖ и артериальной системы при адаптации организма квалифицированных спортсменов на выполненную разнонаправленную двигательную активность. Боксеры ОГ выполняли приседание с максимальным темпом в течение 30 секунд. С аналогичным временным отрезком спортсмены КГ выполняли отжимание от пола из положения упор лежа с максимальным темпом.

Применялись следующие методы исследования:

Эхокардиография (УЗИ) сердца [7-9]. В ходе тестирования нами было проведено комплексное трансторакальное ЭхоКГ исследование сердца в двухмерном (2D) режиме. Показатели системной гемодинамики и ВАС были получены с помощью ультразвуковой системы En Visor C HD Philips. Исследование проводилось в парастернальной и апикальной стандартной позициях. В ходе проведения тестирования нами отмечались показатели, зафиксированные в состоянии покоя и на первой минуте восстановительного периода после физической нагрузки: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный объем ЛЖ ($УО_{ЛЖ}$, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин) [1]. Значения вентрикуло-артериального сопряжения определяли путем анализа ряда показателей, фиксирующих взаимодействие функций ЛЖ и артериальной системы. Величину E_A (мм рт. ст./мл), характеризующую артериальную эластичность, определяли по формуле 1:

$$E_A=КСД_{ЛЖ}/УО_{ЛЖ}, \quad (1)$$

где $КСД_{ЛЖ}$ – конечно-систолическое давление ЛЖ [5].

Показатель эластичности ЛЖ (E_{ES}, мм рт. ст./мл) отражает сократимость ЛЖ и его систолическую жесткость. Данная величина была определена по формуле 2:

$$E_{ES}= =КСД_{ЛЖ}/КСО_{ЛЖ}, \quad (2)$$

где $КСО_{ЛЖ}$ – является конечно-систолическим объемом ЛЖ [3, 5].

Неинвазивно индекс ВАС оценивают, как отношение E_A/E_{ES}. Нормальным принято считать данное отношение, зафиксированное в пределах от 0,6 до 1,2 (мм рт. ст./мл) [4-6].

Энергетика ЛЖ нами описана с помощью таких величин, как:

1. Показатель внешней работы ЛЖ (SW, мм рт. ст.×мл/м^2), характеризующий энергию, затраченную желудочком на изгнание крови в систолу, определялся по формуле 3:

$$SW=КСД_{ЛЖ}×УО_{ЛЖ} \text{ [5]}. \quad (3)$$

2. Величины потенциальной энергии (PE, мм рт. ст.×мл/м^2), отображающие энергию, накопленную в стенке ЛЖ к окончанию систолы, определяли с помощью формулы 4:

$$PE=КСД_{ЛЖ}×КСО_{ЛЖ}/2–ДД_{ЛЖ}×КСО_{ЛЖ}/4, \quad (4)$$

где $КДД_{ЛЖ}$ – конечно-диастолическое давление ЛЖ [3, 6].

3. Общую механическую энергию (PVA, мм рт. ст.×мл/м^2), произведенную путем сокращения ЛЖ к окончанию систолы, определяли путем суммирования кинетической и потенциальной энергии: PVA=SW+PE [3, 5, 6]. Механическая эффективность работы ЛЖ была определена по формуле (%): SW/PVA×100%.

Исследование проводилось на базе секции бокса кафедры физической культуры и спорта факультета физической культуры Национального исследовательского Томского государственного университета и Научно-исследовательского института кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра. Полученные данные представлены в виде «среднее±ошибка среднего» (X±m) и обрабатывались с помощью программы статистического анализа Statistica 10.0. Достоверность оценивалась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение. При анализе влияния характера двигательной активности на функции гемодинамики нами было отмечено, что величины ЧСС в ОГ, наблюдаемые после нагрузки с более значимым вовлечением в активность мышц нижних конечностей, на 32% превосходили данные КГ ($p<0,05$; табл. 1). При сопоставлении полученных результатов значений с величинами, зафиксированными в состоянии покоя, нами было отмечено, что в ЭГ они увеличились на 73%, а в КГ – стали выше на 45% ($p<0,05$; табл. 1). Данный факт позволил нам сделать предположение о более значимой адекватной реакции организма квалифицированных спортсменов к нагрузке, выполняемой значительным вовлечением в активность крупных мышечных групп, задействованных при развитии скоростно-силовых возможностей для совершенствования ударных действий. При выполнении заданного временного отрезка разнонаправленного тестирования нами не было зафиксировано статистической значимости различий величин $УО_{ЛЖ}$ при их незначительном увеличении в обеих

исследуемых группах (p>0,05; табл. 1). В то же время более значимое вовлечение в работу крупных мышечных групп спортсменами ОГ способствовало существенному увеличению кровообращения у данных испытуемых за счет увеличения ЧСС. Величины МОК, зафиксированные после тестирования в ОГ, на 32% превосходили аналогичные данные КГ, став на 82% выше результатов, отмеченных в состоянии покоя (табл. 1; p<0,05). В КГ аналогичные значения увеличились на 57% (p<0,05; табл. 1).

При оценке влияния разнонаправленной мышечной активности на функции ЛЖ нами обозначен тот факт, что величины $КСД_{ЛЖ}$ статистически значимо не отличались (табл. 1). Двигательная активность, выполняемая крупными мышечными группами (мышцы бедра), значительно увеличила функциональную нагрузку на организм спортсменов. Значения $КСД_{ЛЖ}$ спортсменов ОГ после выполнения тестирования стали на 31% выше относительно результатов, наблюдаемых в состоянии покоя (p<0,05; табл. 1). В КГ аналогичные данные оставались статистически незначимыми.

Оценивая диастолическую функцию ЛЖ в ходе выполнения разнонаправленного тестирования показатели $КДД_{ЛЖ}$ не имели статически значимой динамики (табл. 1). В то же время, вследствие более значимой насосной функции сердца после выполненной работы, результаты спортсменов ОГ увеличились на 65% относительно данных, наблюдаемых в состоянии покоя, а в КГ – стали выше на 56% (P<0,05; табл. 1).

Таблица 1

Показатели системной гемодинамики спортсменов при нагрузке различными средствами ОФП, M±Am

Показатели	Контрольная группа		Основная группа	
	Покой	Нагрузка	Покой	Нагрузка
ЧСС, уд/мин	64±4,6	92,6±5,3#	70,8±5,1	122,6±6,7*#
МОК, л/мин	4,7±0,4	7,4±0,5#	5,4±0,6	9,8±1,1*#
$УО_{ЛЖ}$, мл	73,4±3,3	80±4,3	75,2±3,2	79,6±3,9
$КСО_{ЛЖ}$, мл	47,8±3,4	41,6±3,9	45,6±4,1	39,4±5,4
$КДО_{ЛЖ}$, мл	121,2±2,9	121,6±3,1	120,8±3,1	119±3,3
$КСД_{ЛЖ}$, мм рт. ст.	106,7±3,4	123,3±5,8	107,3±3,1	140,2±6,5#
$КДД_{ЛЖ}$, мм рт. ст.	6,3±0,3	9,8±1,1#	6,3±0,4	10,4±1,2#

Примечание: ЧСС – частота сердечных сокращений; МОК – максимальное потребление кислорода; $УО_{ЛЖ}$ – ударный объем левого желудочка; $КСО_{ЛЖ}$ – конечно-систолический объем левого желудочка; $КДО_{ЛЖ}$ – конечно-диастолический объем левого желудочка; $КСД_{ЛЖ}$ – конечно-систолическое давление левого желудочка; $КДД_{ЛЖ}$ – конечно-диастолическое давление левого желудочка; * – достоверность различий данных ЭГ с КГ, p<0,05; # – достоверность данных нагрузки относительно уровня покоя, p<0,05.

Значения $КСО_{ЛЖ}$ и $КДО_{ЛЖ}$ оставались статистически незначимыми на различных этапах исследования квалифицированных спортсменов (табл. 1). Данные результаты оставались в пределах нормы, характеризуя адекватную реакцию организма спортсменов на разнонаправленную мышечную работу.

Оценивая величины артериальной эластичности (E_A), характеризующие артериальную нагрузку на организм при мышечной деятельности, нами не было отмечено статистически значимых различий после нагрузки, направленной на развитие скоростно-силовых возможностей спортсменов (табл. 2). В то же время, вовлечение в активность крупных мышечных групп в ОГ способствовало увеличению значений E_A на 22%, при их сопоставлении с результатами, наблюдаемыми в состоянии покоя (p<0,05; табл. 2). В КГ аналогичные результаты после нагрузки стали незначительно выше результатов, зафиксированных в покое, и остались статистически незначимыми (табл. 2).

Опираясь на полученные результаты, нами отмечена оптимальная реакция

сердечной деятельности на интенсивную нагрузку, выполняемую крупными мышечными группами в ходе проведения тестирования в ОГ вследствие более значимого влияния симпатической нервной системы. Данный факт может способствовать развитию более значимых адаптационных механизмов квалифицированных спортсменов в процессе совершенствования функциональных возможностей при адекватной реакции ССС на выполняемое упражнение в ходе проведения тренировочного процесса.

При оценке значений, характеризующих эластичность ЛЖ (E_{ES}), был отмечен тот факт, что после разнонаправленной нагрузки, совершаемой квалифицированными спортсменами обеих исследуемых групп, нами не зафиксировано статистической значимости различий величин, наблюдаемых после тестирования (табл. 2). На первой минуте восстановительного периода после нагрузки, предполагающей значительное вовлечение в активность мышц ног, результаты ОГ стали выше на 47%, тогда как в КГ, при более значимом вовлечении в работу мышц рук и пояса верхних конечностей, увеличились на 29% ($p<0,05$; табл. 2). В ходе проведения исследования нами наблюдалось более значимое увеличение эластичности ЛЖ за счет повышения $КСД_{ЛЖ}$ вследствие более значимой интенсивности упражнения, выполняемого со значительным вовлечением крупных мышечных групп за счет увеличения частоты сердечных сокращений с одновременным повышением системной гемодинамики в ходе адаптации организма на первой минуте восстановительного периода (табл. 2).

В ходе проведенного исследования нами зафиксировано, что величины отношения артериальной и желудочковой эластичности (E_A/E_{ES}) не были статистически значимы на всех этапах тестирования (табл. 2). Нами отмечено, что в состоянии покоя энергетический баланс квалифицированных спортсменов был оптимальным в обеих исследуемых группах независимо от характера упражнений, используемых для совершенствования скоростно-силовых возможностей (табл. 2). В то же время, при стрессовой ситуации, вызванной выполнением разнонаправленных упражнений, эти величины в обеих исследуемых группах отмечены результатом, характеризующим максимальную эффективность сердечной деятельности (табл. 2).

При анализе результатов, характеризующих энергетику ЛЖ, нами было зафиксировано, что величины энергии, накопленной в ЛЖ (PE), не отмечены статистической значимостью различий между исследуемыми группами на различных этапах исследования ($p>0,05$; табл. 2). При сопоставлении значений, наблюдаемых на первой минуте восстановительного периода, нами отмечен тот факт, что количество сокращений сердца в ходе срочной адаптации к нагрузке у спортсменов ОГ не способно вызвать значимое преимущество при их сравнении со спортсменами КГ (табл. 2). Данный факт позволяет сделать предположение об оптимальной адаптации квалифицированных спортсменов к разнонаправленной двигательной деятельности при совершенствовании скоростно-силовых возможностей в ходе тренировочного процесса. При сопоставлении результатов, отображающих внешнюю работу ЛЖ (SW) статистически значимых различий не выявлено (табл. 2). В то же время, значительное вовлечение в активность мышц нижних конечностей способствовало более значимому росту значений конечно-систолического давления в ЛЖ за счет увеличения частоты сердечных сокращений в ОГ, что отразилось на результатах внешней работы ЛЖ. При сопоставлении величин SW, зафиксированных после нагрузки относительно результатов в состоянии покоя, нами отмечено их преобладание в ОГ на 39%, а в КГ – на 26% ($p<0,05$; табл. 2). При оценке величин, характеризующих «общую» энергетику ЛЖ (PVA), нами было отмечено, что результаты обеих исследуемых групп на различных этапах тестирования, не были статистически значимы различий (табл. 2). При сопоставлении результатов, зафиксированных на первой минуте восстановительного периода с величинами, наблюдаемыми в состоянии покоя, нами зафиксирован тот факт, что значения спортсменов ОГ выросли на 29% ($p<0,05$; табл. 2), тогда как в КГ остались без статистических

изменений (табл. 2). Учитывая, что величина PVA включает в себя данные о «внешней» работе ЛЖ и его «потенциальной» энергии, накапливаемой в ЛЖ во время систолы, нами отмечена оптимальная реакция на разнонаправленную двигательную активность у квалифицированных спортсменов в обеих исследуемых группах.

При анализе влияния средств спортивной подготовки на результаты механической эффективности работы ЛЖ у квалифицированных спортсменов (SW/PVA) нами не зафиксировано статистической значимости различий результатов между исследуемыми группами на различных этапах двигательного тестирования (табл. 2).

В то же время, нами отмечен незначительный рост результатов, зафиксированных после мышечной работы при сопоставлении с аналогичными значениями, наблюдаемыми в состоянии покоя (табл. 2), что свидетельствует об оптимальной реакции спортсменов на предложенную двигательную деятельность в ходе проведения исследования.

Таблица 2

Показатели вентрикуло-артериального сопряжения у квалифицированных спортсменов при нагрузке различными средствами ОФП, M±m

Показатели	Контрольная группа		Основная группа	
	Покой	Нагрузка	Покой	Нагрузка
E_A, мм рт. ст./мл	1,48±0,03	1,56±0,03	1,46±0,02	1,78±0,04#
E_{ES}, мм рт. ст./мл	2,38±0,03	3,07±0,04#	2,48±0,04	3,64±0,05#
E_A/E_{ES}, усл. ед.	0,6±0,02	0,5±0,03	0,6±0,02	0,5±0,03
PE, мм рт. ст.×мл/м^2	2476,3±124,3	2460,4±208,7	2627,1±141,4	2664,3±273,8
SW, мм рт. ст.×мл/м^2	7825,1±251,6	9858,4±328,4#	8064±301,3	11169±411,5#
PVA, мм рт. ст.×мл/м^2	10301,3±456,7	12318,8±601,5	10691,1±472,4	13833,3±623,6#
SW/PVA, %	76,2±4,7	80,1±4,9	75,3±4,6	80,9±5,2

Примечание: E_A – артериальная эластичность; E_{ES} – эластичность левого желудочка; PE – потенциальная энергия; SW – внешняя работа левого желудочка; PVA – область/давление/объём; SW/PVA – механическая эффективность работы левого желудочка; * – достоверность различий данных ЭГ с КГ, $p<0,05$; # – достоверность данных нагрузки относительно уровня покоя, $p<0,05$.

Заключение. В ходе проведения исследования нами было отмечено, что различие средств ОФП в ходе проведения разнонаправленного двигательного тестирования не способно вызвать неоптимальную реакцию сердечной деятельности у квалифицированных спортсменов. Нами наблюдался тот факт, что вовлечение в активность крупных мышечных групп, вызывало значительный рост показателей вентрикуло-артериального сопряжения и энергетики левого желудочка, что способствует развитию оптимальных адаптационных реакций организма спортсменов при совершенствовании скоростно-силовых возможностей в ходе тренировочного процесса.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахитов, И.Х. Особенности становления насосной функции сердца детей при мышечных тренировках / И.Х. Вахитов. – Казань: ТГГПУ, 2010. – 189 с.
2. Физиологические характеристики техники выполнения баллистических ударных движений у спортсменов / М.Б. Ложкина, С.Н. Неупокоев, С.Г. Кривощеков, Л.В. Капилевич // Физиология человека. – 2020. – Т. 46. – № 2. – С. 47-62.
3. Жарикова, Е.С. Левожелучково-артериальное сопряжение как ранний маркер неблагоприятного ремоделирования сердца у пациентов, перенесших инфаркт миокарда / Е.С. Жарикова,

С.В. Виллевальде, Ж.Д. Кобалава // Клиническая фармакология и терапия. – 2017. – Т. 26. – № 3. – С. 26-30.
4. Желудочково-артериальное сопряжение при хронической сердечной недостаточности с сохраненной и сниженной фракцией выброса левого желудочка / О.Н. Дикур, М.Г. Полтавская, И. Ф. Гилерц [и др.] // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2014. – Т. 7. – № 4. – С. 59-68.
5. Кобалава, Ж.Д. Параметры левожелудочково-артериального сопряжения и их влияние на прогноз у пациентов с декомпенсацией сердечной недостаточности / Ж.Д. Кобалава, О.И. Лукина, И. Мерай // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т. 25. – № 1. – С. 39-45.
6. Лукина, О.И. Левожелудочково-артериальное сопряжение и параметры артериальной ригидности у пациентов с сердечной недостаточностью. Эффекты сакубитрил/валсатрана: автореф. дис. … степени канд. мед. наук: 14.01.04 / Ольга Ивановна Лукина. – Москва, 2018. – 25 с.
7. Антонов, А.А. Гемодинамика для клинициста (физиологические аспекты) / А.А. Антонов. – М.: Аркомис-ПрофиТТ, 2004. – 99 с.
8. Воробьев, А.С. Эхокардиография у детей и взрослых: руководство для врачей / А.С. Воробьев, В.Ю. Зимина. – СПб: СпецЛит, 2015. – 590 с.
9. Горохова, С.Г. Ультразвуковое исследование сердца и сосудов / С.Г. Горохова, Т.В. Балахонова, О.Ю. Атьков / Под ред. О.Ю. Атькова. 2-е изд., доп. и расшир. – М.: «Эксмо», 2015. – 454 с.

REFERENCES

1. Vakhitov I. Kh. Features of the formation of the pumping function of the heart in children during muscle training. Kazan: TGGPU, 2010, 189 p. (in Russ.)
2. Lozhkina M.B., Neupokoev S.N., Krivoshchekov S.G., Kapilevich L.V. Physiological characteristics of the technique of performing ballistic striking movements in athletes. *Human Physiology*, 2020, vol. 46, no. 2, pp. 47-62. (in Russ.)
3. Zharikova E.S., Villevalde S.V., Kobalava J.D. Left ventricular-arterial conjugation as an early marker of unfavorable cardiac remodeling in patients after myocardial infarction. *Clinical Pharmacology and Therapy*, 2017, vol.26, no.3, pp. 26-30. (in Russ.)
4. Dikur O.N., Poltavskaya M.G., Gilerts I.F. et al. Ventricular-arterial coupling in chronic heart failure with preserved and reduced left ventricular ejection fraction. *Cardiology and cardiovascular surgery*, 2014, vol. 7, no. 4, pp. 59-68. (in Russ.)
5. Kobalava Zh.D., Lukina O.I., Merai I. Parameters of left ventricular-arterial coupling and their impact on the prognosis in patients with decompensated heart failure. *Russian Journal of Cardiology*, 2020, vol. 25, no. 1, pp. 39-45. (in Russ)
6. Lukina O.I. Left ventricular-arterial coupling and arterial stiffness parameters in patients with heart failure. Effects of sacubitril/valsatran: Abstract of a PhD thesis: 14.01.04. Moscow, 2018, 25p. (in Russ)
7. Antonov A.A. Hemodynamics for the clinician (physiological aspects). Moscow: Arkomis-ProfiTT, 2004, 99 p. (in Russ.)
8. Vorobyov A.S. Echocardiography in children and adults: a guide for doctors. St. Petersburg: SpetsLit, 2015, 590 p. (in Russ.)
9. Gorokhova S.G., Balakhonova T.V., Atkov O. Yu. Ultrasound examination of the heart and blood vessels. Moscow: Eksmo, 2015, 454 p. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сергей Николаевич Неупокоев – кандидат биологических наук, доцент кафедры физической культуры и спорта, Томский государственный университет, Томск, e-mail: repaov@mail.ru.
Юлия Петровна Бредихина – кандидат медицинских наук, доцент отделения физической культуры, Томский политехнический университет, Томск, e-mail: u2000@yandex.ru.
Вадим Анатольевич Катков – врач, Томский научно-исследовательский медицинский центр СО РАН, НИИ кардиологии, Томск, e-mail: blanket1984@yandex.ru.
Федор Александрович Гужов – кандидат биологических наук, доцент кафедры физического воспитания и спорта, Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, e-mail: fedorguzhov@mail.ru.
Леонид Владимирович Капилевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины, Томский государственный университет; профессор отделения физической культуры, Томский политехнический университет; профессор кафедры физического воспитания и спорта, Томский университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, e-mail: kapil@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Sergej N. Neupokoev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Tomsk State University, Tomsk, e-mail: repaov@mail.ru.
Yulia P. Bredikhina – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, e-mail: u2000@yandex.ru.
Vadim A. Katkov – doctor, Medical Center Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Research Institute of Cardiology, Tomsk, Russia, e-mail: blanket1984@yandex.ru.
Fedor A. Guzhov – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports, Tomsk University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, e-mail: fedorguzhov@mail.ru.
Leonid V. Kapilevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Sports and Health Tourism, Sports Physiology and Medicine, Tomsk State University; Professor of the Department of Physical Education, Tomsk Polytechnic University; Professor, Department of Physical Education and Sports, Tomsk University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, e-mail: kapil@yandex.ru.

Для цитирования: Функциональные реакции левого желудочка и системной гемодинамики у квалифицированных спортсменов в боксе в зависимости от характера нагрузки / С.Н. Неупокоев, Ю.П. Бредихина, В.А. Катков [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_18

For citation: Neupokoev S.N., Bredikhina Yu.P., Katkov V.A., Guzhov F.A., Kapilevich L.V. Functional reactions of the left ventricle and systemic hemodynamics in qualified boxing athletes depending on the nature of the load. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 2(32). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_02_18