

УДК 612.176.4
DOI: 10.26456/vtbio457

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ И ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА НА ПРИМЕРЕ ГАНДБОЛА

А.А. Шерстюк¹, В.И. Андреев²

¹Сибирский государственный университет физической культуры
и спорта, Омск

²Томский государственный политехнический университет, Томск

В статье рассматриваются показатели адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов высокой квалификации к нагрузкам различной направленности. Исследуются и анализируются данные гандболистов, выступающих в высшей и супер-лигах Российского Чемпионата. Обращается внимание на антропометрические данные в соотношении с морфометрическими и гемодинамическими показателями сердца. Кроме того, морфометрические и гемодинамические показатели сердца рассматриваются в разных фазах сердечного цикла. Определяются показатели, отражающие возможности сердца эффективно переносить нагрузки различной направленности в процессе многолетней тренировки в гандболе.

Ключевые слова: адаптация, миокард, трансмитральный кровоток, ремоделирование миокарда, физическая нагрузка, спортсмены высокой квалификации, различные типы физических нагрузок.

Введение. Возможности адаптации организма спортсменов к физическим нагрузкам традиционно рассматриваются с позиции комплексного подхода и требуют постоянного поиска физиологических параметров, отражающих способность эффективно переносить различные типы физических нагрузок, в особенности параметров адаптации сердечно-сосудистой системы (Васильев, 2018). Под типами физических нагрузок нами понимаются тренировочные и соревновательные нагрузки различной направленности (аэробные, аэробно-анаэробные, анаэробные гликолитические, анаэробные алактатные). В спорте высоких и высших достижений необходимо

постоянное наблюдение за состоянием спортсменов. Это требует совершенствования системы медико-биологического обеспечения и оснащения профессиональных команд современным оборудованием. С помощью соответствующего оборудования существуют возможности, в том числе, морфометрического и гемодинамического (функционального) текущего мониторинга параметров сердечно-сосудистой системы (ССС) в учебно-тренировочном процессе. Последнее крайне важно для правильного дозирования физических нагрузок и подбора медикаментозной поддерживающей разрешенной коррекции состояния с возможным применением физиотерапевтических и рефлексотерапевтических методов восстановления (Быков, 2007).

Цель исследования – изучить и сравнить морфометрические и гемодинамические параметры сердца в учебно-тренировочном процессе мужских гандбольных команд высокой квалификации, выступающих в Высшей и Суперлигах чемпионата России по гандболу.

Методы математической статистики. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета статистического анализа STATISTIKA 8.0. Достоверность рассчитывалась по Kruskal-Wallis ANOVA test. Данные представлены в виде $\bar{X} \pm SE$. Для выявления взаимосвязи изучаемых показателей был проведен корреляционный анализ. Оценка достоверности расчетных показателей осуществлялась на 5% уровне значимости.

Методика. В исследовании приняли участие 19 высококвалифицированных спортсменов, выступающих в основном составе команды, принимающей постоянное участие в чемпионате России по гандболу среди мужских команд Суперлиги (ЭГ – экспериментальная группа). И 19 квалифицированных гандболистов, выступающей в чемпионате России среди команд Высшей лиги (КГ – контрольная группа). Возраст обследуемых спортсменов составил от 18 до 32 лет (Коваленко, 2003). Средний возраст квалифицированных гандболистов составляет $24 \pm 5,3$, команды высококвалифицированных спортсменов - $24,7 \pm 5,6$ лет. Средний стаж занятий спортом от 10 до 15 лет. Все участвующие в эксперименте спортсмены имели допуски к занятию профессиональным спортом согласно законодательству Российской Федерации (Бутова, 2011).

Среди антропометрических показателей спортсменов обеих групп оценивались индекс массы тела (ИМТ – $\text{кг}/\text{м}^2$) площадь поверхности тела (S поверхности тела, м^2). Оценка морфометрических и гемодинамических показателей сердца проводилась с помощью ЭХО-доплеркардиографии (ЭХО-КГ). Применялось диагностическое ультразвуковое оборудование: «Mindray Z60», «GE VIVID E 95», «GE VIVID I». Измерялись параметры ремоделирования левого желудочка

(ЛЖ): масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ г); индекс ММЛЖ (ИММЛЖ г/м²). Нормальной геометрией ЛЖ считали относительную толщину стенок (ОТС) <0,42 при нормальных параметрах ИММЛЖ менее 115 г/м² у мужчин, для женщин – менее 95 г/м² (Горбенко, 2020).

Дополнительным показателем, предлагаемым для оценки ремоделирования ЛЖ, является индекс сферичности (ИС), который имеет нормативный показатель 0,6 у.е. (Горбенко, 2020). По классификации В.С. Александрова и А.П. Махнова (2002), нормативный показатель индекса сферичности находится в диапазоне 0,6-0,7 у.е. Данные, находящиеся в пределах 0,71-1,0 у.е. указывают на умеренное увеличение ИС (9).

Для оценки гемодинамических параметров диастолической функции использовались показатели трансмитрального кровотока: максимальная скорость раннего диастолического наполнения (Пик Е), м/с; максимальная скорость наполнения в систолу предсердий (Пик А м/с); соотношение пиков Е и А (Е/А у.е.); время изоволюмического расслабления ЛЖ (IVRT, мс); время выброса митрального потока (ЕТ мс), что соответствует показателям ранней и поздней диастолы (Черноземова, 2009).

Результаты и обсуждение. Результаты исследования отдельных антропометрических (ИМТ и площадь поверхности тела) и морфометрических показателей миокарда в наблюдаемых группах, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Показатели физического развития и морфометрические показатели миокарда ($\bar{X} \pm SE$)*

№	Показатели	Группы обследуемых спортсменов	
		КГ (n=19)	ЭГ (n=19)
1.	ИМТ	22,66±2,39	25,37±2,62
2	Площадь поверхности тела, м ²	1,98±0,25	2,27±0,18
3	ММЛЖ, г.	167,5±33,12	200±40,83
4	ИММЛЖ, г/м ²	82,29±13,68	88,31±14,55
5	ОТС ЛЖ	0,34±0,32	0,35±0,03
6	ИС	0,67±0,07	0,65±0,07

Примечание: * – обозначает достоверное различие с контрольной группой (p<0,05).

Согласно расчетным данным, статистически достоверных различий между КГ и ЭГ не определено (p<0,05). Согласно приведенным ранее значениям, параметры состояния миокарда у испытуемых обеих групп спортсменов высокой квалификации относятся к нормальному типу геометрии ЛЖ.

Следует отметить, что в предыдущих исследованиях нами определены достоверные отличия изучаемых показателей спортсменов от показателей лиц, спортом не занимающихся, но допущенных к занятиям физической культурой по состоянию здоровья (Шерстюк, 2022).

Очевидно, что при сбалансированно построенном тренировочном процессе, спортсмены, в системе многолетней подготовки могут достигать высокой спортивной квалификации без нарушений параметров нормальной геометрии сердца, с сохранением нормальных размеров камер сердца и толщины стенок миокарда и возможностью показывать при этом высокие спортивные результаты. Это подтверждают, как наши исследования, так и анализ результатов других исследований с большой выборкой спортсменов разных видов спорта (Гаврилова, 2019).

Спортсмены с преобладанием классических компонентов спортивного сердца в состоянии покоя, могут иметь высокий уровень состояния спортивной формы, при сохранении на перспективу параметров нормальной геометрии ЛЖ, оцениваемой согласно рекомендациям по количественной оценке структуры и функции сердца (таблица 1) (Roberto, 2006).

Из данных таблицы 1 видно, что ИММЛЖ и ОТС укладываются в параметры состояния нормальной геометрии ЛЖ. Оценка производилась с учетом площади поверхности тела и индекса массы тела (Ибрагимова, 2022). Умеренное завышение показателя ИС в обеих группах спортсменов (с учетом нормативных показателей ИММЛЖ и ОТС), на наш взгляд, может иметь адаптивный характер к нагрузкам различной направленности. Это в случае, если ориентироваться на нормативный показатель 0,6 у.е., согласно исследованиям (Горбенко, 2020).

Таблица 2

Показатели трансмитрального кровотока
у обследованных лиц ($\bar{X} \pm SE$)*

№	Показатели	Группы обследуемых спортсменов	
		КГ (n=19)	ЭГ (n=19)
1.	ЧСС уд/мин. в покое	64,5±7,62	58,1±3,8
2.	Е/А у.е.	2,33±0,42	2,43±0,5
3	IVRT мс.	100,27±19,76	87,1±10,2
4	ЕТ мс.	605,16±155,21	721,4±241,3

Примечание: * - обозначает достоверное различие с контрольной группой ($p < 0,05$).

Учитывая, что гандбол относится к видам спорта, где организм спортсмена вне зависимости от амплуа, испытывает в очень сложном

сочетании разные типы как учебно-тренировочных, так и соревновательных нагрузок, по направленности от аэробных до анаэробных алактатных (преимущественно, скоростно-силовых) и при этом, с большим процентом аэробно-анаэробных и анаэробных гликолитических, можно предположить, что при стаже занятий 10 лет и более, показатель индекса сферичности, вероятно, носит адаптивный к нагрузкам характер.

Результаты исследования, представленные в таблице 2 показывают, что в ходе тренировочного процесса их, в совокупности, можно рассматривать как гемодинамический маркер спортивного сердца с «Супернормальной» конфигурацией трансмитрального кровотока при нормальных показателях геометрии ЛЖ (Дорошенко, 2020), а также с учетом показателей ЧСС в покое (Шахнович, 2015).

В ранее проведенных нами исследованиях получены значения коэффициента корреляции (-0,72) между показателями времени выброса митрального потока (ЕТ) и ЧСС в покое (Шерстюк, 2021). На наш взгляд, это может являться точкой для более глубоко изучения параметров ранней и поздней диастолы с изучением времени диастазиса (фазы медленного пассивного расслабления) в покое (Быков, 2007). Согласно приведенным данным, ЧСС в покое у высококвалифицированных спортсменов по средним значениям заметно ниже (на 6 уд/мин), чем у квалифицированных игроков команды, а время выброса митрального потока более чем на 100 мс дольше. Различия между данными недостоверны, но имеют высокую практическую значимость (команды выступают в разных лигах Чемпионата России по гандболу). Вместе с тем, на наш взгляд, требуются дальнейшие исследования показателей трансмитрального кровотока при перенесении спортсменами высокоинтенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок. Полученные нами данные соотношения максимальной скорости раннего диастолического наполнения (м/с) (Пик Е) и максимальной скорости наполнения в систолу предсердий (м/с) (Пик А), т.е. Е/А, более 2,0 у.е., согласуются с данными А.Ю. Татариновой (2013), где отмечается что это характерно для лиц, занимающихся спортом (Татарина, 2013).

Результаты наших исследований позволяют заключить, что «Супернормальный» вариант ремоделирования сердечной механики с показателями ранней и поздней диастолы в состоянии покоя, являются прогностически значимыми при определении готовности организма к значительным физическим нагрузкам различной (аэробной и анаэробной гликолитической направленности). Дополнительным подтверждением является наличие взаимосвязи между показателем IVRT и результатом гликолитической емкости, показанном в тесте с

проявлением анаэробной гликолитической выносливости в тесте «Бег 300 м», (0,63) (при данных лактата 9-11 ммоль/л) (Шерстюк, 2022). По нашему мнению, изучение данной взаимосвязи является перспективным с позиции как планирования, так и достижения спортивного результата.

Результаты исследований, представленные в таблице 2 позволили заключить, что показатели IVRT + ET (ранней и поздней диастолы) в обеих наблюдаемых группах не имеют достоверных отличий, что является отражением и реакцией миокарда на длительную нагрузку (Шерстюк, 2022). Вместе с тем, у спортсменов, выступающих на уровне Суперлиги чемпионата страны, эти показатели по средним значениям превосходят значения спортсменов, выступающих в Высшей лиге.

На сегодня остаются малоизученными критерии, разграничивающие нормальную реакцию сердца на физическую нагрузку и реакцию перетренированности (Горбенко, 2020). Так, спортсмены экспериментальной группы показывают более стабильную реакцию ССС на различные типы тренировочных нагрузок в соревновательном периоде годичного цикла подготовки с учетом средних данных показателя IVRT, в отличие от гандболистов контрольной группы. Стоит отметить, что более высокие значения ET отражают снижение частоты сердечных сокращений в покое, что подтверждает приведенные нами ранее данные (Шерстюк, 2021). Стабильные показатели (Е/А на уровне 2 у.е. и более) ремоделирования трансмитрального кровотока в виде «Супернормальной» диастолической функции сердца в покое, могут быть перспективными показателями в плане оценки готовности квалифицированных спортсменов к нагрузкам различной направленности как на отдельных этапах подготовки, так и в годичном цикле тренировки.

Заключение.

1. Контроль состояния ССС спортсменов высокой квалификации, который осуществляется с помощью комплекса методов диагностики, включающей отдельные показатели физического развития (площадь поверхности тела и ИМТ), морфометрические показатели миокарда (ММЛЖ, ИММЛЖ, ОТС и ИС) и показателей трансмитрального кровотока (Е/А, IVRT, ET) с учетом ЧСС в покое, позволяет оценить уровень готовности к нагрузкам различной направленности.

2. Приведенные показатели можно применять при отборе спортсменов в команды высокой квалификации и национальные команды, как имеющие прогностическую значимость.

3. Целесообразно применение предложенного подхода к контролю состояния ССС спортсменов высокой квалификации в

тренировочном процессе и системе многолетней подготовки спортивного резерва, как позволяющего оценить уровень адаптации спортсменов к нагрузкам различной направленности.

Список литературы

- Бутова О.А.* 2011. Адаптация к физическим нагрузкам: анаэробный метаболизм мышечной ткани / О.В. Бутова, С.В. Масалов // Вестник Нижегородского университета Н.И. Лобачевского. №1. С. 123-128.
- Быков Е.В.* 2007. Возможности применения поверхностной рефлексотерапии в коррекции вегетативного статуса пловцов / Е.В. Быков, В.В. Эрлих, А.В. Чипышев // Вестник ЮУрГУ. №16. С. 77-79.
- Васильев А.П.* 2018. Спортивное сердце / А.П. Васильев, Н.Н. Стрельцова // Медицинский совет. №12. С. 185-188.
- Гаврилова Е.А.* 2019. Ремоделирование сердца спортсмена в зависимости от направленности тренировочного процесса / Е.А. Гаврилова, Г.М. Загородный // Прикладная спортивная наука. №1 (9). С. 48-57.
- Горбенко А.В.* 2020. Спортивное сердце: норма или патология / А.В. Горбенко, Ю.П. Скирденко, Н.А. Николаев [и др.] // Патология кровообращения и кардиохирургия. Т. 24. № 2. С. 16-25.
- Дорошенко Д.А.* 2020. Трансторакальная эхокардиография у взрослых: методические рекомендации / сост. Д. А. Дорошенко, М. А. Беневская, Н. Н. Ветшева // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 54. – М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ». 40 с.
- Ибрагимова И.Н.* 2022. Сравнительная оценка гипертрофии левого желудочка у пациентов с артериальной гипертензией и коморбидной патологией методом эхокардиографии и электрокардиографии на амбулаторно-поликлиническом этапе / И.Н. Ибрагимова, Е.В. Егорова, А.Б. Тилеубердиева [и др.] // Клиническая медицина и фармакология. № 5(244). С. 76-82.
- Коваленко В.Н.* 2003. Физиология сердца (физиология, изменения при патологических состояниях) / В.Н. Коваленко, Н.И. Яблuchанский // Вісн. Харк. нац. ун-та. №. 597. С. 1-14.
- Патент № 2182456 Российская Федерация, МПК А 61 В 5/02.* Способ оценки функционального состояния миокарда левого желудочка с помощью определения индекса дисфункции сердечной мышцы: № 2000104724/14: заявл. 27.12.2001; опубл. 20.05.2002 / Александров В. С., Махнов А.П.; заявитель Санкт-Петербургская медицинская академия им. И.И. Мечникова. 11 с.
- Татарина А.Ю.* 2013. Тканевая доплерография в оценке диастолической функции миокарда левого желудочка у спортсменов / А.Ю. Татарина, А.В. Смоленский, А.В. Михайлова // Вестник новых медицинских технологий. Т.20. № 4. С. 57-61.
- Черноземова А.В.* 2009. Диастолическая функция и ремоделирование миокарда у больных после коронарного шунтирования: методические рекомендации

- / А.В. Черноземов, И.А. Хлопина, Е.Н. Шацова. Архангельск: Северный государственный медицинский университет (СГМУ). 32 с.
- Шахнович П.Г.* 2015. Диастолическая дисфункция миокарда: эхокардиографический феномен или вид сердечной недостаточности? / П.Г. Шахнович, А.И. Захарова, Д.В. Черкашин [и др.] // Вестник Российской военно-медицинской академии. № 3 (51). С. 54-57.
- Шерстюк С.А.* 2022. Адаптационные возможности физиологически нормального сердца мужчин молодого возраста к нагрузкам аэробной и анаэробной направленности: дис. ...канд. биол. наук 1.5.5. Томск. 181 с.
- Шерстюк С.А.* 2022. «Супернормальная» диастолическая функция левого желудочка – функциональный показатель спортивного сердца / С.А. Шерстюк, А.Ю. Асеева, В.И. Андреев [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. Т. 22. № 1. С. 56-62.
- Шерстюк С.А.* 2021. Гемодинамические характеристики работоспособности спортсменов с учетом вегетативной регуляции / С.А. Шерстюк, Л.В. Капилевич, А.А. Шерстюк // Теория и практика физической культуры. № 4 (922). С. 55-58.
- Roberto M.* 2006. Lang Recommendations for chamber quantification / Roberto M Lang, Michelle Bierig, Richard B Devereux [et al] // Eur J Echocardiogr. V. 7(2). P. 79-108. DOI: 10.1016/j.euje.2005.12.014.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHOMETRIC AND HEMODYNAMIC PARAMETERS OF THE HEART OF HIGHLY SKILLED ATHLETES IN GAME SPORTS USING THE EXAMPLE OF HANDBALL

A.A. Sherstyuk¹, V.I. Andreev²

¹ Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk

² Tomsk State Polytechnical University, Tomsk

The article examines the indicators of adaptation of the cardiovascular system of highly qualified athletes to loads of various orientations. The data of handball players playing in the higher and super-leagues of the Russian Championship is studied and analyzed. Attention is drawn to the anthropometric data in relation to the morphometric and hemodynamic parameters of the heart. In addition, morphometric and hemodynamic parameters of the heart are considered in different phases of the cardiac cycle. Indicators are determined that reflect the heart's ability to effectively carry loads of various orientations during long-term handball training.

Keywords: *adaptation, myocardium, transmittal blood flow, myocardial remodeling, physical activity, highly qualified athletes, various types of physical activity.*

Об авторах:

ШЕРСТЮК Александр Алексеевич – кандидат педагогических наук, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», 644009, Омск, ул. Масленникова, д. 144, e-mail: sanitar2002@rambler.ru.

АНДРЕЕВ Владимир Игоревич – доктор педагогических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Томский государственный политехнический университет», 634050, Томск, пр-т Ленина, д. 30, e-mail: pr@tpu.ru.

Шерстюк А.А. Сравнительный анализ морфометрических и гемодинамических параметров сердца спортсменов высокой квалификации игровых видов спорта на примере гандбола / А.А. Шерстюк, В.И. Андреев // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2026. № 2(82). С. 16-24.

Дата поступления рукописи в редакцию: 10.04.26

Дата подписания рукописи в печать: 01.06.26