

УДК 612.621.31-055.2:796.015.6

DOI 10.5281/ZENODO.20793778

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯТОРНОГО И КАРДИОГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ПРИ РАЗНОЙ СПЕЦИФИКЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Погодина С. В., Саядян В. Е.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Российская Федерация
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

Установлены особенности регуляторных и кардиогемодинамических реакций у высококвалифицированных спортсменов при разной специфике физических нагрузок в юношеском, первом и втором зрелом возрасте. Применялся анализ вариабельности сердечного ритма и реоплетизмография. В результате у спортсменов возрастного периода второй зрелости установлено снижение вариабельности в ритме сердца и отмечены неблагоприятные кардиогемодинамические адаптационные реакции. При специфике силовых нагрузок отмечена избыточность гиперкинетических кардиогемодинамических реакций на высокоинтенсивную работу. При специфике нагрузок на выносливость отмечается отсутствие сосудистого и кардиального ответов на высокоинтенсивную работу. Выявленные регуляторные и кардиогемодинамические возрастные предикаты дизадаптации требуют текущего контроля функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: возраст, адаптация к специфическим физическим нагрузкам, высококвалифицированные спортсмены, регуляция сердечного ритма, кардиогемодинамика.

ВВЕДЕНИЕ

Приспособительные возможности и здоровье спортсменов высокого класса является активно обсуждаемым прикладным аспектом спортивной физиологии [1]. При этом наибольший интерес представляют механизмы поддержания высокого уровня функциональных резервов организма на протяжении длительного времени занятий спортом. Ведь для современного олимпийского и профессионального спорта характерна тенденция «постарения» спортсменов [2]. Отмечается высокая продолжительность этапа сохранения высоких спортивных достижений на протяжении нескольких олимпийских циклов (двух, трех, четырех и даже пяти олимпийских циклов). На спортивной арене одновременно с молодыми атлетами, успешно выступают спортсмены, возраст которых попадает в границы второго периода зрелости, а также нередко случаи выступления спортсменов старше пятидесяти лет [3]. С позиций возрастной физиологии адаптация к физическим нагрузкам в таких поздних возрастных периодах должна проходить с напряжением

в связи с падением функциональных резервов организма [4]. Возникает ряд актуальных вопросов: какими физиологическими механизмами, с перенапряжением или компенсацией, в данном случае поддерживается высокий уровень работоспособности у «возрастных» спортсменов; насколько безопасна во втором зрелом возрасте разная специфика физических нагрузок; какова степень влияния возрастных и тренирующих факторов на приспособительные механизмы основных систем организма.

Одной из важнейших основных систем, ответственной за адаптацию к физическим нагрузкам является сердечно-сосудистая система (ССС). Изучению ее регуляторного и кардиогемодинамического механизмов адаптации у спортсменов, представителей разных видов спорта посвящено большое количество научных трудов. Это подтверждает актуальность изучения проблемы сохранения резервов ССС при разной специфике физических нагрузок [5]. Наиболее часто применяемым методологическим подходом к исследованию резервов ССС является их изучение в векторе возрастного развития спортсменов и повышения их спортивной квалификации, то есть от начала адаптации и до ее устойчивой стадии формирования адаптационных резервов [6]. Тогда, как в аспекте кумулятивной (чрезмерно длительной) адаптации, исследования механизмов, поддерживающих физиологических резервы ССС на высоком уровне заслуживают пристального внимания [7]. Ведь спортсмены в связи с «постарением» при чрезмерно продолжительных занятиях спортом попадают в возрастную зону риска снижения функционального состояния [8]. Также для установления причин, обуславливающих снижение функционального состояния у возрастных спортсменов необходим сравнительный анализ приспособительных возможностей нетренированных сверстников. Это поможет получить информацию о тех функциях организма, которые в периоде второй зрелости не чувствительны к физическим воздействиям и при занятиях спортом требуют квалифицированной поддержки [9].

Цель работы – установление возрастных особенностей регуляторного и кардиогемодинамического механизмов адаптации у высококвалифицированных спортсменов, имеющих разную специфику физических нагрузок, а также их сравнение с нетренированными сверстниками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования предполагали участие трех возрастных групп высококвалифицированных спортсменов добровольцев мужского пола, занимающихся видами спорта с направленностью физических нагрузок на выносливость (стайерские дистанции в велоспорте, плавании, беговом виде легкой атлетики) и на силу (гиревой спорт). Для сравнительного анализа исследование предусматривало участие относительно здоровых нетренированных мужчин аналогичных возрастных групп. Спортсмены и нетренированные мужчины представлены в следующих возрастных группах: первая возрастная группа – 17–18 лет (юношеский возраст); вторая возрастная группа – 22–26 лет (первый период зрелого возраста); третья возрастная группа – 40–46 лет (второй период зрелого возраста), всего 180 человек. Для изучения статистических параметров

регуляции ритма сердца использовали технологию вариационной пульсометрии Баевского Р. М. [4]. В периодичном ряду пятиминутного фрагмента электрокардиограммы определяли величины параметров частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); стандартного отклонения средних значений NN интервалов (SDANN), моды (Mo), амплитуды моды (AMo) и индекса напряжения регуляторных систем (ИН). В волновой структуре ритма сердца определяли соотношение (%) волн с высокочастотными (HF), низкочастотными (LF) и колебаниями очень низкой частоты (VLF). По отношению средних значений LF и HF определяли коэффициент вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, %). Величины кардиогемодинамических параметров регистрировали на реоплетизмографе ReoCom Standart. В частности, изучали ЧСС (уд/мин), ударный объем крови (УОК, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), работоспособность левого желудочка (РЛЖ, кгм), систолическое (АДС, мм рт.ст.) и диастолическое (АДД, мм рт.ст.) артериальное давление. Представленные выше показатели изучались в фоновом состоянии покоя и в условиях велоэргометрического теста ступенчато-повышающейся мощности. Продолжительность работы на каждой ступени пять минут [5, 10]. Мощность работы на первой ступени нагрузки составляла 50–80 Вт (скорость педалирования 60 об/мин). На последней ступени мощность доводили до 150–220 Вт. Далее, на последних 30 секундах педалирования регистрировали изучаемые параметры.

Результаты исследований проанализированы параметрическими методами математической статистики поэтапно. На первом этапе проведена проверка соответствия данных нормальному распределению по критерию Шапиро-Уилка. На втором этапе проводили вычисление среднего значения и ошибки среднего значения цифровых величин физиологических параметров. На третьем этапе вычисляли статистическую значимость между различиями выборок по t-критерию Стьюдента при $p < 0,05$. На завершающем этапе статистического анализа применялся корреляционный анализ для выявления статистически значимых взаимосвязей между исследуемыми показателями с помощью коэффициента корреляции (r) Пирсона. Подтверждение его статистической значимости считалось при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Системы регуляции являются самыми динамическими системами организма и могут отражать, как общее его состояние, так и состояние отдельных систем и органов. Регуляция сердечного ритма, а именно, его периодичность определяет диапазон адаптации и является информативным критерием функциональных возможностей и резервов организма. Поэтому технология вариабельности сердечного ритма (ВСР) является одной из самых востребованных в отношении оценки адаптационных резервов ССС у спортсменов. Сравнительный анализ ВСР у спортсменов позволил установить в исходном состоянии покоя наибольшую вариабельность ритма сердца во второй возрастной группе, что можно связать с наиболее высоким уровнем их тренированности в возрасте 22–26 лет [11]. Величины SDANN в этой возрастной группе достигают у представителей гиревого спорта и видов спорта на выносливость соответственно $137,7 \pm 31,67$ и

143,0±79,13 мс, $p<0,01$. При этом у представителей гиревого спорта определено сравнительно высокое значение ИН 74,3±31,0 ($p<0,001$), что говорит о большем напряжении вегетативной нервной регуляции CCC. Сравнительно низкая вариабельность ритма сердца установлена в третьей возрастной группе спортсменов. Так, величины SDANN у 40-46 летних представителей видов спорта на выносливость и гиревого спорта находились в пределах значений соответственно 50,0±10,61 и 73,5±15,31 мс, $p<0,01$. При этом, в данной возрастной группе спортсменов, тренирующих выносливость снижение вариабельности сопровождалось достоверным повышением ИН до 131,0±52,03, ($p<0,001$), а тренирующих силу с достоверным снижением мощности HF волн до 532,24±166,55 мс², $p<0,05$.

Величина показателя LF/HF, характеризующего вагосимпатический баланс, была наименьшей во второй возрастной группе у всех спортсменов, а наибольшей в третьей возрастной группе. Установленный факт указывал на преобладание симпатических влияний в регуляции сердечного ритма у спортсменов третьей возрастной группы и подтверждался сравнительным (относительно других возрастных групп) преобладанием доли LF волн в общую мощность частоты сердечных колебаний у тренирующих выносливость до 51,4±10,41 %, ($p<0,05$), а у тренирующих силу до 57,6±9,39 %, $p<0,05$). Во всех возрастных группах нетренированных мужчин определена сравнительно низкая вариабельность ритма сердца относительно спортсменов. Показатель SDANN у нетренированных мужчин равен 35,3±1,95 %, $p<0,01$. При этом у нетренированных мужчин можно увидеть увеличение показателя LF/HF уже в первом зрелом возрасте, что говорит об увеличении симпатической активности в регуляции сердечного ритма к 22–26 годам.

Условия высокоинтенсивной физической нагрузки являются критерием, наиболее объективно определяющим диапазон адаптационных возможностей CCC. При выполнении спортсменами высокоинтенсивной работы на последней ступени нагрузочного теста установлено повышение вариабельности сердечного ритма только в первой возрастной группе, а именно, у юношей, тренирующих выносливость (увеличение SDANN на 176 %). Выявленный факт, очевидно, связан с высокой реактивностью парасимпатической нервной системы, регуляторные влияния которой возрастают при тренировках на выносливость [6]. Также известно, что регуляторные влияния парасимпатической нервной системы на сердечный ритм значительно усиливаются в юношеском возрасте [5]. Вероятно, сочетанное воздействие регуляторных и тренирующих факторов в этом возрасте обеспечивает наибольший диапазон адаптационных возможностей CCC.

У представителей первой возрастной группы, занимающихся гиревым спортом и нетренированных лиц изменения ВСР при нагрузочном тестировании не выявлено. Также не выявлено сдвигов ВСР при нагрузочном тесте во второй и третьей возрастных группах спортсменов, тренирующих выносливость. Однако, это может говорить об устойчивом влиянии вегетативного контура регуляции на миокард в связи с кумулятивной адаптацией. В свою очередь, у спортсменов второй и третьей возрастных групп, тренирующих силу установлено снижение ВСР после

нагрузки (снижение SDANN соответственно на 54 и 19 %). С одной стороны, это может говорить о сравнительно низком диапазоне адаптации в условиях нагрузки, а с другой о высокой степени инерционности регуляторных процессов внутриорганного регулирования сердечной мышцы, основанном на механизме Франка-Старлинга [12].

С возрастом значимость процессов внутриорганного регулирования ССС усиливается. Их эффективность, определяемая хроно- и инотропными эффектами миокарда, которые указывают на степень устойчивости аппарата кардиогемодинамики к воздействию изменчивых факторов внешней и внутренней среды. В условиях применения высокоинтенсивной физической нагрузки выраженный хронотропный эффект (повышение вклада ЧСС до 173 % в прирост МОК) установлен в первой и второй возрастных группах у спортсменов, тренирующих силу и нетренированных лиц (рис. 1). При этом у нетренированных мужчин отсутствовала хроноинотропная зависимость. В свою очередь, у спортсменов первой, второй и третьей возрастной групп, тренирующих выносливость установлены положительные инотропные эффекты, выраженные в повышении доли УО в прирост МОК до 32–38 %. Также положительный инотропный эффект установлен в третьей возрастной группе нетренированных мужчин, но при сравнительно малой мощности работы, при которой прирост МОК составил 47 %. Выявленные особенности говорят о большей выраженности хронотропных эффектов у спортсменов, тренирующих силу и инотропных эффектов у спортсменов, тренирующих выносливость. У нетренированных мужчин первой и второй возрастной групп также в большей степени проявлена хронотропная зависимость прироста МОК. В третьей возрастной группе нетренированных мужчин отмечен инотропный эффект в условиях относительно низкой мощности работы.

При изучении возрастных особенностей кардиогемодинамического механизма адаптации ССС большой интерес представляет анализ эффективности и экономичности работы левого желудочка миокарда. В первой возрастной группе спортсменов наибольшая работа, затрачиваемая левым желудочком при увеличении МОК отмечена у представителей гиревого спорта (рис. 2). Во второй возрастной группе спортсменов сравнительно высокая степень экономизации энергетических трат при расширении функциональных резервов миокарда определена у представителей видов спорта на выносливость. Тогда как у нетренированных мужчин данной возрастной группы отмечено увеличение энергетических трат при работе левого желудочка (увеличение РЛЖ до 87 %). В третьей возрастной группе спортсменов, тренирующих выносливость определено минимальное повышение РЛЖ и МОК на последней ступени физической работы. В этой же возрастной группе спортсменов тренирующих силу показано, что РЛЖ увеличивается в 5 раз меньше (всего на 21 %) чем МОК, что может свидетельствовать о низкой степени удовлетворения метаболического запроса. У нетренированных мужчин третьей возрастной группы определено значительное увеличение МОК, которое сопровождается снижением РЛЖ на 9 %. Этот факт можно рассматривать, как неадекватную кардиогемодинамическую реакцию, связанную с утомлением [5].

Важнейшим критерием адекватности кардиогемодинамического механизма адаптации к условиям физических нагрузок являются реакции артериального давления. С позиций экономизации функций кардиогемодинамики в данных условиях наиболее благоприятной реакцией является гиперкинетический тип кровообращения, связанный с умеренным повышением АДС и АДД.

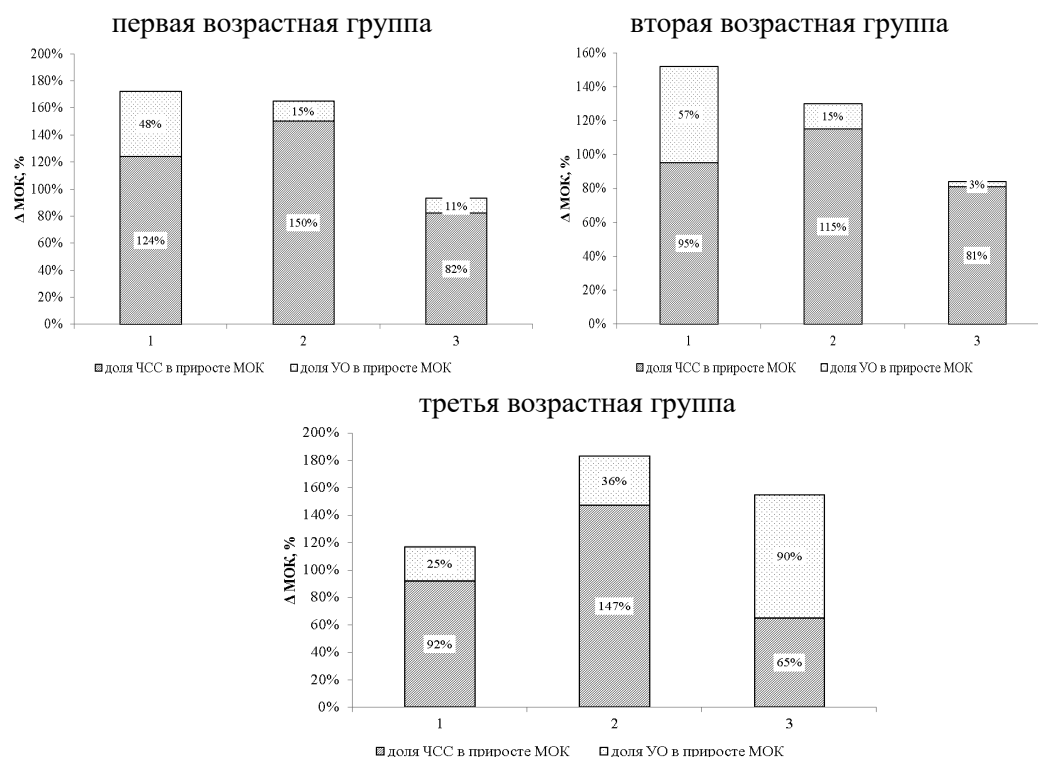


Рис. 1. Возрастные особенности долевого вклада ЧСС и УОК в приросте МОК у высококвалифицированных спортсменов и нетренированных мужчин в условиях работы в анаэробно-аэробном режиме.

Примечание: 1 – спортсмены, тренирующие выносливость, 2 – спортсмены, тренирующие силу, 3 – нетренированные мужчины.

У спортсменов и нетренированных мужчин второй возрастной группы также определена гиперкинетическая реакция. Однако у спортсменов, тренирующих силу, а также у нетренированных лиц АДС повысилось соответственно до $162,0 \pm 2,83$ и $162,0 \pm 2,83$ мм рт. ст., $p < 0,05$. Тогда, как у спортсменов тренирующих выносливость данный показатель увеличился до значений $145,5 \pm 2,71$, $p < 0,05$, то есть был значимо ниже. В свою очередь у нетренированных мужчин данной возрастной группы в сравнении со спортсменами определен наиболее высокий показатель АДД равный $97,3 \pm 1,89$, $p < 0,05$. В третьей возрастной группе у спортсменов, тренирующих выносливость показано отсутствие реакции АД на нагрузку (АДС в покое

120,7±3,75 и во время нагрузки 131,8±6,54 мм. рт. ст., $p>0,05$, АДД в покое 77,3±2,73 и во время нагрузки 85,5±3,32 мм. рт. ст., $p>0,05$). У спортсменов данной возрастной группы, тренирующих силу, отмечена избыточная гиперкинетическая реакция АД (АДС 172,32±7,76, $p<0,05$, АДД 106,23±4,87, $p<0,05$). В третьей возрастной группе нетренированных лиц отмечено повышение АДС до 178,9±8,45 мм. рт. ст., $p<0,01$ и снижение АДД до 59,8±4,03 мм. рт. ст., $p<0,01$.

Эффективность адаптации и функциональные возможности ССС определяются не только состоянием систем регуляции и кардиогемодинамики, но и качеством их взаимодействия. В этой связи установление возрастных особенностей адаптации ССС спортсменов к условиям тренирующих воздействий может быть более объективным при изучении специфики функциональной организации регуляторного и кардиогемодинамического звеньев ССС [10]. Корреляционный анализ показателей кардиогемодинамики и вегетативной регуляции ритма сердца позволил раскрыть степени их взаимосвязи при формировании высокого уровня функционального состояния ССС спортсменов в разных возрастных периодах.

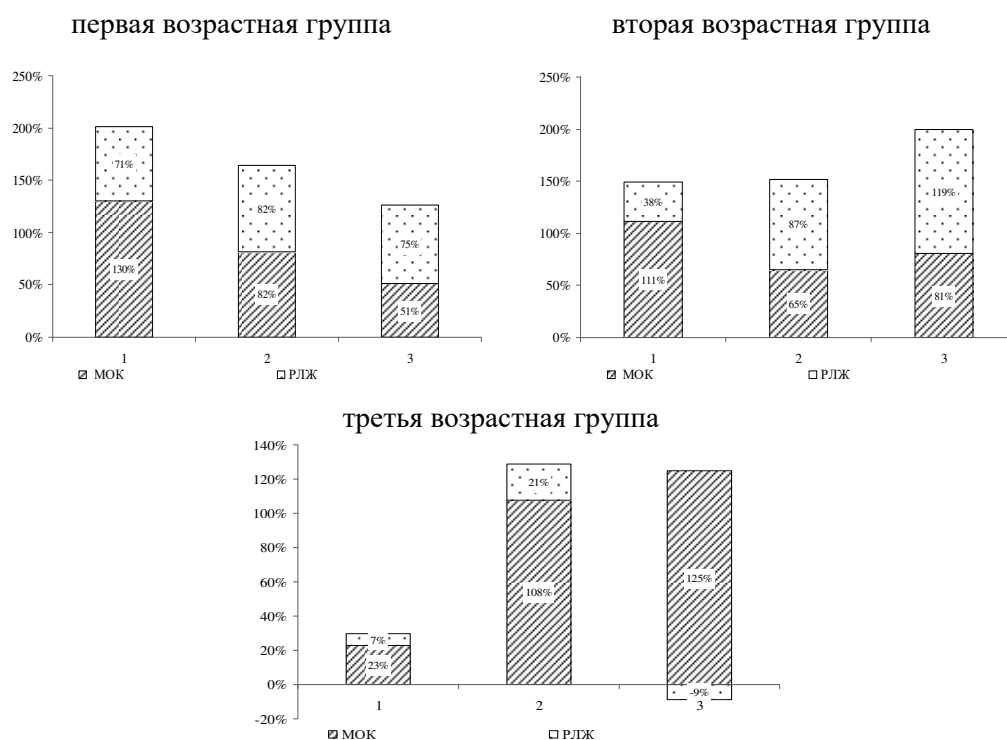


Рис. 2. Возрастные особенности прироста МОК и РЛЖ у высококвалифицированных спортсменов и нетренированных мужчин в условиях работы в анаэробно-аэробном режиме.

Примечание: 1 – спортсмены, тренирующие выносливость, 2 – спортсмены, тренирующие силу, 3 – нетренированные мужчины.

В результате проведенного анализа было обращено внимание на дифференциацию двух преимущественных вариантов взаимосвязей – внутрисистемного и межсистемного (табл. 1). В первой возрастной группе спортсменов, тренирующих выносливость установлен межсистемный вариант организации функций ССС. При данном варианте установлена важная значимая реципрокная взаимосвязь между АДС и VLF ($r=-0,64$). У спортсменов, тренирующих силу, преимущественно выражен внутрисистемный вариант взаимодействия в системе кардиогемодинамики. При этом практически все показатели кардиогемодинамики имеют реципрокный характер взаимосвязи с показателями, характеризующими уровень парасимпатической активности. То есть условия для увеличения сократительной способности миокарда и интенсивности кровообращения могут быть оптимальными при снижении парасимпатических влияний. У нетренированных сверстников отмечен внутрисистемный вариант взаимодействия в системе кардиогемодинамики.

Во второй возрастной группе у спортсменов, тренирующих выносливость, установлен межсистемный вариант взаимодействия при незначительном количестве межсистемных взаимосвязей. Это говорит о снижении активности систем в поддержании функций ССС, очевидно по причине повышения ее функционального уровня. Определены положительные статистически значимые взаимосвязи между параметрами УОК, МОК и показателем SDANN (соответственно $r=0,91$, $0,88$) и HF % (соответственно $r=0,79$, $0,8$), что говорит о благоприятном влиянии парасимпатической регуляции на повышение сократительной способности миокарда. У спортсменов данной возрастной группы, тренирующих силу, установлено отсутствие показателей регуляции ритма сердца в структуре функциональных взаимодействий с показателями кардиогемодинамики. В тоже время наблюдается усиление внутрисистемных взаимосвязей в системе кардиогемодинамики. Отмеченная тенденция свидетельствует о повышении внутрисердечных механизмов адаптации ССС и согласуется с данными литературы [5]. У нетренированных мужчин второй возрастной группы также имеет место наличие внутрисистемных вариантов взаимосвязей.

В третьей возрастной группе спортсменов, тренирующих выносливость, установлен вариант внутрисистемных взаимодействий. При этом в большей степени выражены внутрисистемные взаимосвязи в системе кардиогемодинамики. В группе спортсменов, тренирующих силу, установлен межсистемный вариант взаимодействия. Статистически значимые взаимосвязи установлены между кардиогемодинамическими параметрами АДД, МОК, РЛЖ с показателем LF % (соответственно $r=-0,64$; $r=0,92$; $r=-0,90$). Таким образом, кардиогемодинамическое обеспечение осуществляется при выраженном участии симпатических влияний.

В группе нетренированных лиц второго зрелого возраста выявлены межсистемные взаимосвязи в парах ЧСС и VLF ($r=0,85$), УОК и Мо ($r=-0,68$), МОК и Мо ($r=-0,68$), РЛЖ и Мо ($r=-0,76$). Данные взаимосвязи говорят об усилении зависимости кардиогемодинамических параметров от величины Мо, которая характеризует степень напряжения регуляторных механизмов. При этом взаимосвязь в паре ЧСС и VLF является свидетельством усиления с возрастом

влияния высших вегетативных центров на синусовый узел, что значительно повышает степень напряжения в системе регуляции.

Для глубокого раскрытия механизмов организации функций ССС в условиях адаптации к физическим нагрузкам, и в частности, возрастных особенностей взаимодействия системных компонентов нами были проанализированы значения суммы статистически значимых коэффициентов корреляции (СК), отражающие силу взаимодействия и характеризующие активность систем в поддержании гомеостатического равновесия (табл. 1). Установлено, что в первой возрастной группе СК у спортсменов, тренирующих выносливость сравнительно выше (39,2 в противовес 18,30). А у нетренированных юношей СК сравнительно выше, чем у спортсменов сверстников.

Таблица 1.

Возрастная дифференциация вариантов межсистемного (М), внутрисистемного (В) взаимодействия регуляторных и кардиогемодинамических показателей в исследуемых группах

Испытуемые с разной направленностью физических нагрузок	Вариант взаимодействия	СК
Первая возрастная группа		
тренирующие выносливость	М	39,2
тренирующие силу	В	18,90
нетренированные	В	44,60
Вторая возрастная группа		
тренирующие выносливость	М	18,88
тренирующие силу	В	11,81
нетренированные	В	18,50
Третья возрастная группа		
тренирующие выносливость	В	19,61
тренирующие силу	М	27,23
нетренированные	М	32,07

Во второй возрастной группе величина СК имеет сравнительно минимальные возрастные значения (у спортсменов, тренирующих выносливость 18,88; у спортсменов, тренирующих силу 11,81; у нетренированных мужчин 18,50). Очевидно, что таким образом в данной возрастной группе выражается экономизирующий эффект адаптации, который проявляется в снижении системных взаимосвязей и увеличении их степеней свободы. При этом у спортсменов, тренирующих силу и в группе «нетренированных» сверстников отмечается внутрисистемный вариант взаимодействия элементов в системе гемодинамики, что указывает на преобладание ее роли в регуляции гемодинамических реакций ССС.

В третьей возрастной группе показатель СК сравнительно выше у спортсменов, тренирующих силу. То есть в данной группе количество регуляторных и

кардиогемодинамических взаимодействий в поддержании функций ССС больше, что может быть обусловлено сравнительно высокой активностью компенсаторных процессов, участвующих в стабилизации функционального состояния ССС. Максимальные значения СК в группе нетренированных лиц при межсистемном варианте говорят об увеличении нагрузки на регуляцию кардиогемодинамики, что соответствует общей закономерности, связанной с увеличением жесткости системы при ее функциональном напряжении.

Таким образом, предложенный методологический подход, связанный с изучением адаптационных возможностей ССС высококвалифицированных спортсменов в векторе инволютивно-возрастных изменений позволил раскрыть приспособительные механизмы стабилизации высокого уровня функционального состояния при разной специфике физических нагрузок в течение длительного времени занятий спортом. Известно, что адаптация к физическим нагрузкам в спорте формирует в организме спортсменов системно-структурный след, связанный с перестройкой структуры и функций основных систем и органов. Главным результатом системного структурного следа адаптации являются физиологические резервы адекватные требованиям адаптации. Однако при возникающем противоречии между закономерностями возрастного развития и адаптации, то есть когда уровень функциональной готовности спортсменов не соответствует запросу адаптации, необходимы дополнения к имеющемуся объему знаний аспекта адаптации в спорте. По нашему мнению, такими важными дополнениями могут явиться знания, касающиеся компенсаторно-приспособительных особенностей, и в частности, в регуляторном и кардиогемодинамическом механизмах адаптации ССС к физическим нагрузкам по мере перехода спортсменов высокого класса от ранних к более поздним этапам возрастного развития.

Также полезным и необходимым дополнением будут и результаты научных исследований, в которых проведено сравнение исследуемых компенсаторно-приспособительных механизмов высококвалифицированных спортсменов с нетренированными лицами по мере перехода из ранних возрастных периодов в поздние. В наших исследованиях это дало возможность понимания в чем заключается разница, а в чем подобие адаптационных реакций ССС у данных категорий лиц. Ведь дискуссии об уровне функционального состояния и здоровья профессиональных спортсменов не утихают [7]. Вопрос – может ли больной стареющий спортсмен «бить» мировые и олимпийские рекорды, остается открытым. Поэтому имеются фактические основания говорить о том, что функциональные возможности спортсменов высокого класса находятся на ином, высочайшем уровне, и практически не подвластны возрасту и недостижимы для обычного человека. Причем, имеющие у возрастных спортсменов высокого класса серьезные нарушения функций основных систем зачастую рассматриваются с позиций нормы адаптации организма к длительным по времени и большим по величине нагрузкам. Однако наши исследования конкретизируют те возрастные изменения в регуляторном и кардиогемодинамическом механизмах адаптации ССС спортсменов, которые аналогичны, по сути, с изменениями у нетренированных лиц. И эти изменения связаны, прежде всего, со снижением физиологических резервов на уровне регуляции

сердечного ритма. Да, конечно, уровень физиологических параметров и резервов ССС у спортсменов высокого класса значительно выше, чем у нетренированных сверстников, однако тенденция к возрастному снижению резервов адаптации очевидна. Выявленная тенденция связана с выраженным изменением адаптивного реагирования ССС на высокоинтенсивную физическую работу во втором зрелом возрасте. Именно сдвиг в реагировании ССС на физическую нагрузку и определяет возрастное снижение адаптационных возможностей спортсменов высокого класса. Причем данный сдвиг проявляется не только на уровне физиологических функций (вегетативного нервного регулирования и кардиогемодинамики), но и на функциональном системном уровне, меняя тем самым системную организацию функций ССС. Аналогичные спортсменам возрастные физиологические и системные сдвиги характерны и для нетренированных лиц. Это позволяет утвердительно говорить о зависимости функционального состояния ССС спортсменов от фактора возраста. В свою очередь фактор специфики физических нагрузок определяет для спортсменов направление адаптационных реакций ССС, в котором должны отслеживаться адаптационные риски в наиболее поздних периодах онтогенеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С возрастом, у высококвалифицированных спортсменов снижается вариабельность сердечного ритма, повышается вагосимпатический индекс и степень инерционности внутриорганного регулирования сердечной мышцы. Особенно это проявляется в условиях высокоинтенсивной физической работы, где отмечаются неблагоприятные адаптационные реакции ССС. Аналогичные возрастные сдвиги, характерны и для нетренированных мужчин при сравнительно низких функциональных возможностях ССС относительно спортсменов. Вступление спортсменов и нетренированных лиц в период второй зрелости сопровождается переходом с устоявшегося варианта организации ССС на иной алгоритм взаимодействия, что говорит о возрастных перестройках регуляторного и кардиогемодинамического механизмов адаптации. При специфике нагрузок силовой направленности в периоде второй зрелости определяется избыточность гиперкинетических кардиогемодинамических реакций на высокоинтенсивную работу. В свою очередь, при специфике нагрузок на выносливость отмечается отсутствие сосудистого и кардиального ответов на высокоинтенсивную работу. Выявленные у высококвалифицированных спортсменов регуляторные и кардиогемодинамические возрастные предикаты дизадаптации требуют текущего контроля функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

Список литературы

1. Коган О. С. Факторы профессиональной спортивной деятельности, негативно влияющие на здоровье высококлассных спортсменов / О. С. Коган, С. Д. Галиуллина // Пульс. – 2017. – Т. 19, № 5. – С. 153–158.
2. Горегляд И. А. Влияние профессионального спорта на организм человека / И. А. Горегляд // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 34. – С. 3137–3139.

3. Соколова А. Ю. Влияние профессионального спорта на здоровье спортсмена / А. Ю. Соколова // Шаг в науку. – 2020. – С. 625–628.
4. Исаева О. Н. К физиологическому обоснованию системы донозологического индивидуального контроля / О. Н. Исаева, А. Г. Черникова, Р. Н. Баевский // Вестник Российского университета дружбы народов: Серия Медицина. – 2014. – № 1. – С. 5–10.
5. Белоцерковский З. Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов (норма и атипичные изменения в нормальных и измененных условиях адаптации к физическим нагрузкам) / З. Б. Белоцерковский, Б. Г. Любина. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 548 с.
6. Иванова Н. В. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы спортсменов с различной спецификой мышечной деятельности в соревновательном периоде подготовки / Н. В. Иванова // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 1. – С. 64–68.
7. Гордиенко В. И. Влияние профессионального спорта и здоровье спортсменов / В. И. Гордиенко, А. И. Осинин // Научные высказывания. – 2025. – № 2 (70). – С. 48–50.
8. Байгозина В. Д. Профессиональный спорт: польза или вред? / В. Д. Байгозина // Трибуна ученого. – 2022. – № 10. – С. 5–7.
9. Викулов А. Д. Вариабельность сердечного ритма у лиц с повышенным режимом двигательной активности и спортсменов / А. Д. Викулов, А. Д. Немиров, Е. Л. Ларионова, А. Ю. Шевченко // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 54–59.
10. Похачевский А. Л. Оценка функционального состояния по кардиоритмограмме при велоэргометрии / А. Л. Похачевский // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 117–119.
11. Мельников А. А. Автономная регуляция сердечной деятельности во время арифметического счета у спортсменов / А. А. Мельников // Журнал медико-биологических исследований. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 205–215.
12. Смирнова А. Д. Риск внезапной сердечной смерти занимающихся силовыми нагрузками / А. Д. Смирнова, А. В. Новицкий, А. С. Шмойлова, Ю. Г. Шварц // Российский кардиологический журнал. – 2021. – Т. 26, № 45. – С. 59–64.

AGE-RELATED CHARACTERISTICS OF REGULATORY AND CARDIOHEMODYNAMIC ADAPTATION MECHANISMS IN HIGHLY TRAINED ATHLETES UNDERGOING DIFFERENT TYPES OF PHYSICAL ACTIVITY

Pogodina S. V., Sayadyan V. E.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: sveta_pogodina@mail.ru*

The article reveals the features of regulatory and cardiohemodynamic responses in highly qualified athletes under different loads in adolescence, early adulthood and late adulthood. Three age groups of highly qualified male volunteer athletes engaged in sports focused on endurance (long-distance cycling, swimming, and track and field) and strength (kettlebell lifting) were examined. For comparative analysis, untrained male peers, relatively healthy volunteers, were examined. Athletes and untrained men were represented in the following age groups: the first age group – 17–18 years old (adolescence); the second age group – 22–26 years old (early adulthood); the third age group – 40–46 years old (second adulthood), a total of 180 people. Heart rate variability

analysis, rheoplethysmography, a step-increasing power bicycle exercise test, and mathematical statistics were used.

It was found that with age, athletes experience a decrease in variability, an increase in the vagosympathetic index, and an increase in the degree of inertia of the cardiac muscle's internal organ regulation. The adaptive responses of the cardiovascular system become less favorable, which is especially evident under high-intensity physical work. Similar age-related shifts are also characteristic of untrained men, who have comparatively low cardiovascular functional capacity compared to athletes. The entry of athletes and untrained individuals into the second maturity period is accompanied by a transition from the established cardiovascular system to a different interaction algorithm, indicating restructuring of the regulatory and cardiohemodynamic adaptation mechanisms.

Strength athletes typically exhibit hyperkinetic, excessive cardiohemodynamic responses to high-intensity exercise, and the older the athlete, the more pronounced this is, requiring monitoring of myocardial function. Endurance athletes do not exhibit excessive cardiohemodynamic responses. With age, a lack of vascular and cardiac responses to exercise is observed, which is also unfavorable and requires monitoring of the regulatory mechanism of adaptation.

Keywords: age, adaptation to specific physical activity, highly skilled athletes, heart rate regulation, cardiohemodynamics.

References

1. Kogan O. S. and Galiullina S. D., Faktory professional'noj sportivnoj dejatel'nosti, negativno vlijajushhie na zdorov'e vysokoklassnykh sportsmenov, *Pul's*, **19** (5), 153 (2017).
2. Goregljad I. A., Vlijanie professional'nogo sporta na organizm cheloveka, *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*, **34**, 3137 (2021).
3. Sokolova A. Ju., Vlijanie professional'nogo sporta na zdorov'e sportsmena, *Shag v nauku*, 625 (2020).
4. Isaeva O. N., Chernikova A. G. and Baevskij R. N., K fiziologicheskomu obosnovaniju sistemy donozologicheskogo individual'nogo kontrolja, *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov: Serija Medicina*, **1**, 5 (2014).
5. Belocerkovskij Z. B. and Ljubina B. G., *Serdechnaja dejatel'nost' i funkcional'naja podgotovlennost' u sportsmenov (norma i atipičnye izmenenija v normal'nyh i izmenennyh uslovijah adaptacii k fizicheskim nagruzkam)*, 548 p. (Lan', Sankt-Peterburg, 2021).
6. Ivanova N. V., Ocenka funkcional'nogo sostojanija kardiorespiratornoj sistemy sportsmenov s razlichnoj specifikoju myshechnoj dejatel'nosti v sorevnovatel'nom periode podgotovki, *Vestnik sportivnoj nauki*, **1**, 64 (2011).
7. Gordienko V. I. and Osinin A. I., Vlijanie professional'nogo sporta i zdorov'e sportsmenov, *Nauchnye vyskazyvanija*, **2** (70), 48 (2025).
8. Bajgozina V. D., Professional'nyj sport: pol'za ili vred?, *Tribuna uchenogo*, **10**, 5 (2022).
9. Vikulov A. D., Nemirov A. D., Larionova E. L. and Shevchenko A. Ju., Variabel'nost' serdechnogo ritma u lic s povyshennym rezhimom dvigatel'noj aktivnosti i sportsmenov, *Fiziologija cheloveka*, **31** (6), 54 (2005).
10. Pohachevskij A. L., Ocenka funkcional'nogo sostojanija po kardioritmogramme pri velojergometrii, *Fiziologija cheloveka*, **33** (6), 117 (2007).
11. Mel'nikov A. A., Avtonomnaja reguljacija serdechnoj dejatel'nosti vo vremja arifmeticheskogo schjota u sportsmenov, *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*, **7** (2), 205 (2019).
12. Smirnova A. D., Novickij A. V., Shmojlova A. S. and Shvarc Ju. G., Risk vnezapnoj serdechnoj smerti zanimajushhihsja silovymi nagruzkami, *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*, **26** (45), 59 (2021).