

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕЗЕРВЫ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОК В ПРЕДИНВОЛЮТИВНОМ ПЕРИОДЕ

С.М. Ахметов¹, С.В. Погодина¹, В.Г. Манолаки², Г.Д. Алексанянц¹

¹Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, г. Краснодар, Россия,

²Государственный университет физического воспитания и спорта, г. Кишинев, Республика Молдова

Цель. Анализ физиологических особенностей и резервов сердечно-сосудистой системы профессиональных спортсменок прединволютивного (37–45 лет) и репродуктивного (16–26 лет) возрастных диапазонов. **Материалы и методы.** Обследованы высококвалифицированные спортсменки, не принимающие оральные контрацептивы, со средней продолжительностью менструального цикла 28–30 дней (представители длинных дистанций в беге и плавании) прединволютивного (37–45 лет, n = 18) и репродуктивного (16–26 лет, n = 32) периодов. Проведены иммуноферментный анализ содержания гонадотропных и половых гормонов, иммунохроматографический *in vitro* тест на овуляцию, анализ вариабельности сердечного ритма, анализ реограмм центральной гемодинамики, велоэргометрический тест ступенчато-возрастающей нагрузки, статистический анализ данных. **Результаты.** Физиологически обоснована функциональная способность сердечно-сосудистой системы женщин прединволютивного периода адаптироваться к напряженным физическим нагрузкам в профессиональном спорте. В прединволютивном периоде спортсменок установлено относительное снижение активности центрального и автономного механизмов регуляции сердечного ритма, формирование наиболее благоприятного периода автономной регуляции с 20-го по 22-й день, что можно считать регуляторным резервом. При этом резервы кардиального и сосудистого звеньев в достижении высокого функционального уровня сердечно-сосудистой системы относительно снижены, а напряжение более выражено в сосудистом звене. **Заключение.** У профессиональных спортсменок 37–45 лет во второй половине ановуляторного менструального цикла определены физиологические особенности проявления резервных и компенсаторных эффектов на уровне регуляторного, кардиального и гемодинамического звеньев сердечно-сосудистой системы, что необходимо учитывать в дозировании высокоинтенсивных нагрузок.

Ключевые слова: прединволютивный период, профессиональные спортсменки, сердечно-сосудистая система, физиологические резервы.

Актуальность. В настоящее время имеет место формирование устойчивой потребности социально-активных женщин в продолжительном проявлении профессиональных возможностей на высоком уровне [1]. В профессиональном спорте отмечается феномен расширения возрастных границ спортсменок, демонстрирующих высокий уровень достижений в диапазоне четвертого десятилетия (40+ лет), то есть в нисходящем периоде развития [3, 7]. При этом известно, что в женском организме инволютивно-возрастные сдвиги связаны со снижением адаптивно-регуляторных резервов в связи с интенсивными изменениями в системе гипоталамус-гипофиз-гонады (падение гонадной активности, деструктуризация овариально-менструаль-

ного цикла и увеличение количества ановуляторных циклов) [2, 9], которые являются ведущими в повышении риска развития сердечно-сосудистых расстройств [4, 12]. Присутствие в профессиональном спорте женщин прединволютивного периода вскрывает и актуализирует для возрастной физиологии и спортивной практики проблему функциональной способности сердечно-сосудистой системы (ССС) женского организма адаптироваться к напряженным физическим нагрузкам в столь зрелом возрасте [6]. С практической точки зрения это важно для выявления физиологических факторов формирования высокого функционального уровня ССС женского организма при длительных физических воздействиях вплоть до позднего онтогенеза

[13] и при этом факторов риска снижения регуляторных, гемодинамических и кардиальных резервов [10]. В связи с этим принципиально необходим анализ функциональных характеристик ССС профессиональных спортсменок в широких возрастных границах путем сравнения состояния ССС спортсменок разных возрастных периодов. Целью работы явился анализ физиологических особенностей и резервов ССС профессиональных спортсменок прединволютивного (37–45 лет) и репродуктивного (16–26 лет) возрастных диапазонов.

Материалы и методы. Обследованы высококвалифицированные спортсменки, не принимающие оральные контрацептивы, со средней продолжительностью менструального цикла (МЦ) 28–30 дней (представители длинных дистанций в беге и плавании) прединволютивного периода (группа с ановуляторным менструальным циклом (АМЦ) 37–45 лет, $n = 18$) и репродуктивного периода (группа с овариально-менструальным циклом (ОМЦ) 16–26 лет, $n = 32$). Исследование содержания гормонов проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа (иммуноферментный полуавтоматический планшетный фотометр Stat Fax 2100, термостат (инкубатор) – шейкер на 2 планшета Stat Fax 2200, Awareness Technology, США). Для определения содержания эстрадиола (E_2) использовали набор реагентов Estradiol ELISA Kit (The Calbiotech, Inc (СВІ), США, референтные значения эстрадиола – 10–370 пг/мл). Для определения содержания фолликулостимулирующего (ФСГ) и лютеинизирующего (ЛГ) гормонов применяли наборы реагентов Гонадотропин ИФА-ЛГ и ДС-ИФА-гонадотропины-ФСГ (ЗАО «Алкор Био», Россия). Иммунохроматографический одностадийный *in vitro* тест на овуляцию OVUPLAN LUX проводили для определения овуляции [8]. Вегетативную регуляцию и функции кардиогемодинамики исследовали реографическим методом на восьмиканальном тетраполярном реографе РЕОКОМ Стандарт (ХАИ-МЕДИКА, Украина). Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) осуществляли путем записи ЭКГ с регистрацией 5-минутных фрагментов кардиоинтервалограммы (КИГ). Для обработки КИГ применяли статистический анализ следующих показателей: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин); SDNN – стандартное отклонение средних значений NN интервалов; квад-

ратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50, n). Также анализ ВСР проводили путем построения гистограмм распределения R-R-интервалов и определения показателей: моды (M_0) – наиболее часто встречающееся значение R-R (мс), амплитуды моды (AM_0) – количество R-R, соответствующих значению моды (n), расчета индекса напряжения регуляторных систем (ИН) [10, 11]. Спектральный анализ волновой структуры ритма сердца применяли для определения мощности и соотношения трех видов волн различной частотной характеристики: с высокочастотными колебаниями (HF) в границах от 0,15 до 0,4 Гц, низкочастотными колебаниями (LF) в границах от 0,04 до 0,15 Гц и колебаниями очень низкой частоты (VLF) в границах от 0 до 0,04 Гц. В качестве изучаемых гемодинамических показателей использовали: ударный объем крови (УОК, мл), ударный индекс (УИ, мл/кг) минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²); общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин·с⁻¹·м⁻⁵), работоспособность левого желудочка (РЛЖ, кгм), систолическое артериальное давление (АДсист., мм рт. ст.), диастолическое артериальное давление (АДдиаст., мм рт. ст.). Исследуемые показатели ССС изучались в исходном состоянии и при выполнении велоэргометрического теста ступенчато-возрастающей нагрузки (велоэргометр Kettler, Германия), в котором по параметрам мощности, интенсивности и продолжительности воздействия моделировались поровые режимы работы – аэробный, аэробно-анаэробный, анаэробно-аэробный. Все показатели определялись в разных периодах МЦ. За менструальный период принимали с 1-го по 2-й день от начала МЦ, за постменструальный – с 8-го по 9-й день, за овуляторный – с 13-го по 16-й день, за постовуляторный – с 20-го по 22-й день, за предменструальный – с 26-го по 27-й день [5]. Результаты исследований обработаны с применением программного обеспечения Statistica 10.0. Проверка соответствия данных закону нормального распределения проводилась с помощью критерия Шапиро – Уилка. Далее определяли среднее значение исследуемых величин и ошибку среднего арифметического. Статистически значимые различия определя-

лись с помощью t-критерия Стьюдента, значимые различия считались при $p < 0,05$. В случае, когда статистические данные не подчинялись закону нормального распределения, анализ проводили по показателям медианы (Me), 25 и 75 % процентилям, минимального и максимального значений [min; max]. Статистически значимые различия определяли, используя критерий Т-Вилкоксона и U-критерий Манна – Уитни, значимыми различия считались при $p < 0,05$. Также использовался корреляционный анализ и определение коэффициента корреляции (r) Пирсона с учетом поправки Бонферрони для множественных сравнений. Все спортсменки дали добровольное информированное согласие на участие в исследовании, что было одобрено комитетом по биоэтике Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма.

Результаты и обсуждение. Анализ репродуктивного статуса спортсменок выявил низкую степень сохранности овариально-менструальной функции в диапазоне 37–45 лет. В частности, у спортсменок данного возрастного диапазона в *in vitro* тесте OVUPLAN LUX был установлен отрицательный результат в 72 % случаях, что свидетельствовало о преимущественно ановуляторном характере менструального цикла. Также у спортсменок 37–45 лет регистрировали уровень ФСГ на 2–3-й день менструации – $25,4 \pm 1,42$ мМЕ/мл и содержание ЛГ в межменструальный период – $70,9 \pm 4,49$ мМЕ/мл, что превышает значения нормы для репродуктивного возраста. В свою очередь, у спортсменок 16–26 лет положительный результат в *in vitro* тесте регистрировали в 100 % случаях, что подтверждало наличие овуляции и овариально-менструального характера цикла. В результате изучения уровня содержания эстрадиола (Me [min; max]) установлено, что у спортсменок 16–26 лет с ОМЦ содержание эстрогенов в организме находилось в диапазоне нормы, установленной для репродуктивного возраста. Овуляторный пик E_2 в сыворотке крови наблюдали на 13–16-й день от начала МЦ (соответственно $E_2 = 103,815$ [80,03; 139] пг/мл). Далее, в период с 20-го по 22-й день от начала МЦ происходило снижение содержания E_2 до 94 [70; 113,95] пг/мл, и в период с 26-го по 27-й день от начала МЦ содержание E_2 снижалось до значений 74 (50; 91) пг/мл). У спортсменок 37–45 лет с АМЦ пик E_2 , характерный

для овуляции, не выявлен. Также в этой возрастной группе спортсменок относительно периода с 1-го по 3-й день от начала МЦ отмечено снижение содержания E_2 в периоды с 8-го по 9-й и с 13-го по 16-й день (величины E_2 (Me [min; max]) соответственно равны 86 [79; 94] и 93 [86; 96] пг/мл). То есть у спортсменок 37–45 лет установлен сбой оптимального для репродуктивного возраста соотношения в содержании гонадотропных и половых гормонов и перестройка овариально-менструального цикла на ановуляторный.

Оценка вегетативной регуляции спортсменок в исходном состоянии, проведенная путем статистического анализа ВСР, показала, что величина SDANN, характеризующая уровень интегральной нейрогуморальной регуляторной активности, в диапазоне 37–45 лет была сравнительно низкой, что говорит о тенденции снижения регуляторных резервов [11]. При этом достоверное снижение SDANN до значений $36,8 \pm 2,09$ ($p < 0,01$) определено в период с 13-го по 16-й день. У спортсменок 16–26 лет с ОМЦ достоверное снижение величины SDANN до значений $46,5 \pm 1,32$, $p < 0,05$ определено в предменструальном периоде. Также отмечено, что в предменструальном периоде у всех спортсменок величина SDANN не имела достоверных различий (ОМЦ – $46,5 \pm 1,32$; АМЦ – $49,8 \pm 2,69$, $p > 0,05$). Анализ соотношения симпатопарасимпатических влияний выявил наиболее выраженные групповые различия в величинах показателя рNN50, диапазон значений которого у спортсменок 37–45 лет находился в пределах от $8,5 \pm 4,66$ до $17,0 \pm 1,66$ %, а у спортсменок 16–26 лет в пределах от $17,4 \pm 2,76$ до $42,1 \pm 3,22$ %, что говорит о снижении парасимпатических влияний к 37–45 годам. Необходимо отметить, что в предменструальном периоде у спортсменок 16–26 лет определено значимое снижение рNN50 до наименьшей величины $17,4 \pm 2,76$ % ($p < 0,05$) и отсутствие достоверных различий данной величины от значения аналогичного параметра в возрасте 37–45 лет. Показатели, характеризующие симпато-адреналовые влияния, имели сравнительно высокие значения у спортсменок 37–45 лет, что говорит о большем напряжении нейро-гормональных адаптационных механизмов у последних. Так, диапазон значений ИН у спортсменок 37–45 лет находился в пределах $206,0 \pm 50,95$ и $408,8 \pm 199,00$ усл. ед., а у спортсменок 16–26 лет –

в пределах $19,4 \pm 2,79$ и $53,3 \pm 24,71$ усл. ед. ($p < 0,001$, $p < 0,01$). У спортсменок 16–26 лет имело место достоверное увеличение ИН перед менструацией, тем не менее в данном периоде различия величины ИН в возрастных группах спортсменок статистически не значимы (при ОМЦ – $168,7 \pm 9,40$ усл. ед.; при АМЦ – $190,8 \pm 5,96$ усл. ед., $p > 0,05$). Спектральный анализ ВСР выявил значимые групповые различия в показателе мощности колебаний в спектре VLF-волн, который у спортсменок 37–45 лет имел сравнительно низкие значения относительно 16–26 лет. То есть при возрастном снижении овариально-менструальной функции у спортсменок определяется относительное снижение централизации управления сердечным ритмом. В свою очередь, у спортсменок 16–26 лет выявлено два пика повышения значений мощности VLF-волн – в постменструальном и постовуляторном периодах, где регистрировали повышение эстрогенной насыщенности (рис. 1 А). В предменструальном периоде значения мощности VLF-волн в возрастных группах спортсменок не достоверны.

Значения мощности LF-волн, характеризующие степень симпатических влияний, значимо повышались во всех группах спортсменок в период с 8-го по 16-й день, где имеет место сравнительно высокое содержание эстрогенов при ОМЦ. При этом у спортсменок 16–26 лет с ОМЦ значения мощности LF-волн были достоверно больше, относительно 37–45 лет. Это свидетельствует о сравнительно высоком уровне симпатических влияний при относительно высокой гонадной активности. В предменструальном периоде различия в значениях величин мощности LF-волн в возрастных группах спортсменок не достоверны.

Анализ величин мощности HF-волн, характеризующих степень парасимпатических влияний, выявил относительно низкие значения у спортсменок 37–45 лет, что говорит о снижении резервов автономной регуляции у последних. В диапазоне 37–45 лет установлено достоверное повышение значений мощности HF-волн во второй половине АМЦ – в период с 20-го по 22-й день, а в диапазоне 16–26 лет в первой половине ОМЦ – в период с 8-го по 16-й день (рис. 1 Б), что позволяет считать эти периоды как благоприятные для проявления потенциала регуляторных резервов.

Дозированная физическая нагрузка, вы-

полняемая в высокоинтенсивном анаэробно-аэробном режиме, является критерием, определяющим истинные резервы вегетативного и автономного механизмов регуляции сердечного ритма. При данной нагрузке установлено снижение значений мощности VLF-волн у спортсменок 16–26 лет в первой половине ОМЦ, а в 37–45 лет – во второй половине АМЦ (рис. 1 А). Также в условиях высокоинтенсивной нагрузки определено достоверное повышение значений мощности LF-волн у всех спортсменок во второй половине МЦ, что говорит об относительном напряжении быстрого механизма автономной регуляции. Значения мощности HF-волн достоверно увеличиваются при анаэробно-аэробном режиме нагрузки у спортсменок 16–26 лет в период с 8-го по 16-й день, а у спортсменок 37–45 лет с АМЦ – во второй половине цикла с 20-го по 22-й день (рис. 1 Б), что в данных периодах создает условия для повышения резервов медленного механизма автономной регуляции. Анализ кардиогемодинамических функций в условиях высокоинтенсивного режима нагрузки позволил дифференцировать резервные возможности циркуляторного и кардиального звеньев ССС спортсменок. В диапазоне 37–45 лет отмечено повышение РЛЖ до $86,71 \pm 2,43$ % ($p < 0,05$) при относительно высоком повышении величины МОК на $172,32 \pm 6,14$ % ($p < 0,01$) в период с 20-го по 22-й день, тогда как в диапазоне 16–26 лет повышение РЛЖ регистрировали в период с 8-го по 16-й день в пределах $102,34 \pm 5,54$ – $181,09 \pm 9,02$ % ($p < 0,05$, $p < 0,001$), при этом величины МОК возрастали в пределах 148 %. То есть в возрастной группе спортсменок 37–45 лет отмечали меньший прирост РЛЖ при наибольшей интенсивности кровотока, что говорит о сравнительно низкой активности кардиального и гиперактивности циркуляторного компонентов в достижении приспособительного результата.

В то же время у спортсменок 16–26 лет показаны отрицательные инотропные эффекты, выражающиеся в снижении РЛЖ в периоды второй половины ОМЦ (до предела $63,07 \pm 2,62$ – $27 \pm 1,18$ %, $p < 0,05$, $p < 0,01$), тогда как у спортсменок 37–45 лет отмечены признаки снижения сократительной способности миокарда в предменструальном периоде до $69,26 \pm 2,56$ %, $p < 0,05$. Выявленные особенности кардиогемодинамических ответов у спортсменок 37–45 и 16–26 лет в соответст-

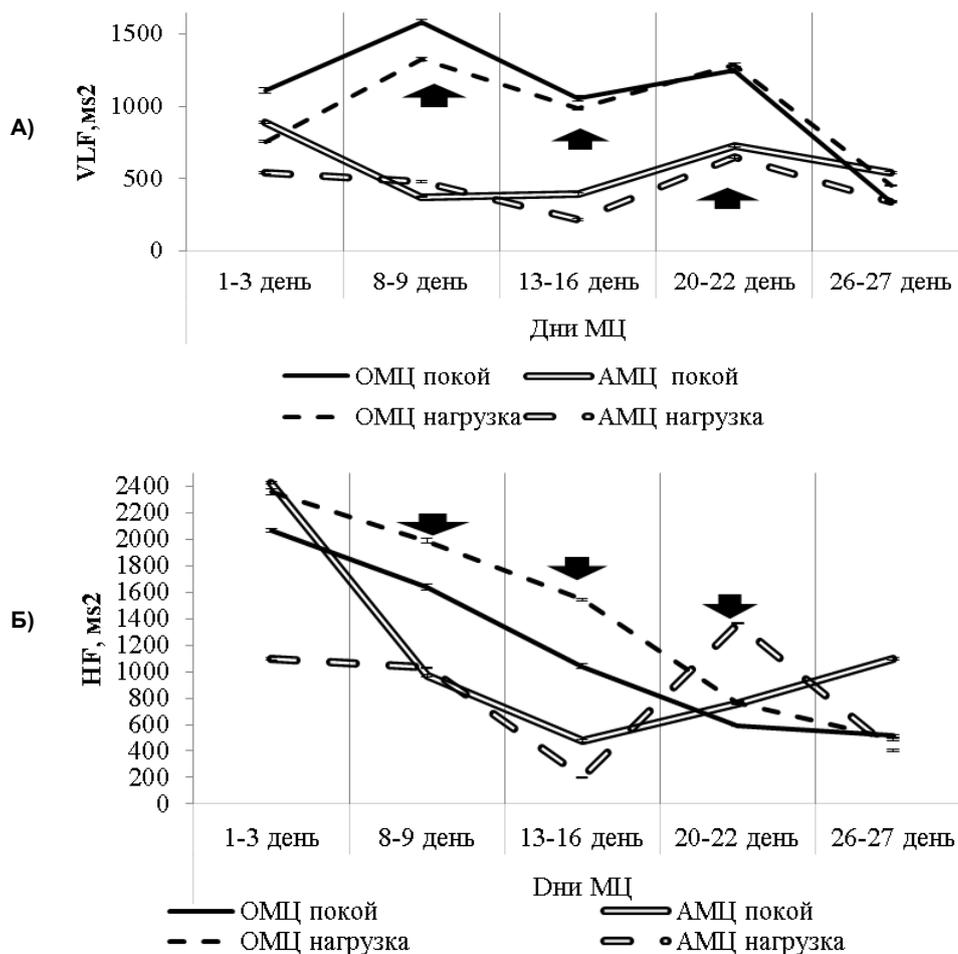


Рис. 1. Хронобиологические особенности спектральных характеристик ВРС у профессиональных спортсменок 37–45 лет с АМЦ и 16–26 лет с ОМЦ
Fig. 1. Chronobiological features of HRV characteristics (HF – high-frequency, VLF – very-low frequency) in professional female athletes aged 37–45 (anovulatory cycle) and 16–26 (ovarian-menstrual cycle): straight line – at rest; intermittent line – under load

вующие периоды АМЦ и ОМЦ по качеству аналогичны сдвигам вегетативной регуляции ССС. Однако у спортсменок 37–45 лет резервы кардиального и циркуляторного звеньев в достижении высокого функционального уровня ССС снижены, что особенно выражено в циркуляторном звене.

Эффекты физиологических особенностей ССС также могут быть исследованы на уровне организации системных компонентов, который отражает функциональную активность системы в достижении полезного приспособительного результата. Изучение организации функций ССС проводилось с использованием анализа множественных корреляционных взаимосвязей между показателями блоков ВРС и кардиогемодинамики [14]. При анализе корреляционных матриц нами показаны изменения суммы статистически значимых коэффициентов корреляции (СКК) у спортсме-

нок 37–45 и 16–26 лет в динамике АМЦ и ОМЦ. У спортсменок 37–45 лет относительно высокие значения СКК – 44,02 приходятся на менструальный и предменструальный периоды (соответственно 44,2 и 24,48). Очевидно, что менструальный и предменструальный периоды для спортсменок данной возрастной группы являются в большей степени напряженными, поскольку увеличение СКК говорит о повышении жесткости связей между компонентами системы. В свою очередь сравнительно низкие значения этого показателя зарегистрированы в период с 13-го по 16-й (8,37) и с 20-го по 22-й (14,7) день. Учитывая, что у данной категории спортсменок характер менструального цикла является ановуляторным, то, по нашему мнению, середина АМЦ является «переломным» периодом для изменения эндокринной ситуации в условиях, когда овуляция не происходит. Это требует ре-

гуляторной перестройки в адаптивных системах, что в ССС проявляется в изменении количества внутри- и межсистемных корреляционных взаимосвязей.

У спортсменок 16–26 лет максимальное значение показателя СКК составляет 29,28 и приходится на период с 13-го по 16-й день. Становится очевидным, что овуляторный период является напряженным, поскольку жесткость связей между системными компонентами возрастает. В период с 8-го по 9-й день СКК имеет относительно низкие значения – 23,19. Минимальное значение этого показателя (10,67) зарегистрировано с 26-го по 27-й день. В данном случае снижение СКК до минимальных значений свидетельствует об ослаблении регуляторных влияний и кардиогемодинамических резервов перед менструацией. Регуляция адаптивного ответа на внешнее воздействие в данном случае происходит по принципу срочной детерминированности с малым избирательным включением компонентов системы, участвующих в обеспечении приспособительного эффекта [7]. Обращает на себя внимание суммарный показатель СКК. Из рис. 1 видно, что его значение у спортсменок 37–45 лет выше относительно 16–26 лет (115,06 против 112,49), что говорит об относительном напряжении в организации функций ССС в течение АМЦ.

Анализ корреляционных матриц позволил дифференцировать варианты внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей в блоках условных систем вегетативной регуляции (ВРС) и кардиогемодинамики (КГ), а также определить значимость взаимосвязей между частными показателями в формировании напряжения регуляторных механизмов у спортсменок 37–45 и 16–26 лет. У спортсменок 16–26 лет в период с 1-го по 3-й день от начала МЦ наблюдается межсистемный вариант взаимосвязей. Организация функций ССС направлена на регуляцию уровня АДсист. При этом выявлена отрицательная взаимосвязь между VLF % и АДсист. ($r = -0,90$). Известно, что VLF-составляющую спектра связывают с активностью гуморальных и метаболических процессов, поэтому показанная выше взаимосвязь может отражать влияние падения эстрогенного фона в менструальном периоде на повышение АДсист. В период с 8-го по 9-й день определены преимущественно межсистемные статистически значимые взаимосвязи между показателями гемодина-

мики (РЛЖ, ОПСС, МОК, СИ, УИ, УОК) и показателем VLF. В период с 13-го по 16-й день отмечен внутрисистемный вариант взаимосвязей в блоке ГД, что говорит об усилении внутрисердечных механизмов в регуляции функций ССС. В период с 20-го по 22-й день также отмечен внутрисистемный вариант взаимосвязей. В данный период АМЦ определена взаимосвязь ИН с показателями VLF и УОК. В период с 26-го по 27-й день установлен межсистемный вариант взаимосвязей при увеличении их количества, что говорит об усилении вегетативного контроля гемодинамических реакций. Преимущественно в периодах АМЦ отмечается постоянство взаимосвязи ИН с VLF-составляющей.

У спортсменок 16–26 лет в период с 1-го по 3-й день отмечается внутрисистемный вариант взаимосвязей в блоке ВРС. Определена положительная корреляционная взаимосвязь между показателями Мо, ЧСС и рNN50, что свидетельствует о прямой зависимости состояния ССС в период менструации от уровня парасимпатических влияний. В период с 8-го по 9-й день выявлен межсистемный вариант взаимосвязей. Показана положительная взаимосвязь МОК и РЛЖ с мощностью LF-волн (соответственно $r = 0,90$, $r = 0,90$), что говорит о прямых симпатических влияниях на сократительную способность миокарда и интенсивность кровотока. В период с 13-го по 16-й день также имеет место межсистемный вариант взаимосвязей. Показатели ОПСС и ЧСС коррелируют с LF % и LF, mc^2 ($r = 0,68$; $r = 0,74$), тогда как показатель АДдиаст. с HF % ($r = 0,73$). При этом отмечается повышение количества взаимосвязей в блоке ГД, что указывает на активацию внутрисердечных механизмов. В период с 20-го по 22-й день определен межсистемный вариант взаимосвязей. Отмечена положительная взаимосвязь РЛЖ и HF mc^2 ($r = -0,93$). В период с 26-го по 27-й день выявлена статистически значимая межсистемная взаимосвязь между показателем АДдиаст. и HF % ($r = -0,73$). Показатели УОК, УИ, МОК имеют высокую отрицательную зависимость с ОПСС (соответственно $r = -0,93$, $r = -0,89$, $r = -0,86$). Выявленные взаимосвязи говорят об усилении значимости влияния автономной регуляции на периферические сосудистые реакции в предменструальном периоде. В периодах АМЦ у спортсменок 16–26 лет отмечается преимущественная взаимосвязь ИН с HF-компонентом спектра.

Выводы

1. У спортсменок прединволютивного периода 37–45 лет установлено относительное снижение активности центрального и автономного механизмов регуляции сердечного ритма и формирование наиболее благоприятного периода автономной регуляции ССС с 20-го по 22-й день от начала АМЦ, что позволяет этот период считать потенциальным для проявления регуляторных резервов в столь зрелом возрасте.

2. Регуляторные сдвиги у спортсменок 37–45 лет в периодах АМЦ по качеству аналогичны сдвигам в кардиогемодинамике. При этом резервы кардиального и сосудистого звеньев в достижении высокого функционального уровня ССС относительно снижены, а напряжение более выражено в сосудистом звене, что необходимо учитывать при дозировании высокоинтенсивных физических нагрузок.

3. Эффекты напряжения функций ССС у спортсменок 37–45 лет отражены и на уровне системной организации, что проявляется сравнительно высокой жесткостью системных взаимосвязей. Основным показателем, коррелирующим с ИН в течение АМЦ, является VLF-компонент, отражающий нейрогуморальную составляющую регуляции ритма сердца. У спортсменок 16–26 лет в течение ОМЦ такой коррелирующей с ИН составляющей является парасимпатическая регуляция.

Литература

1. Воронков, Ю.И. *Медико-биологические и психолого-педагогические проблемы здоровья и долголетия в спорте* / Ю.И. Воронков, А.Я. Тизул. – М.: Совет. спорт, 2011. – 228 с.
2. Гурбанова, Л.Р. *Особенности функционального состояния женского организма в перименопаузальном периоде и его оптимизация на фоне аэробных физических нагрузок* / Л.Р. Гурбанова, Т.Л. Боташева, В.А. Линде // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6. – С. 1096.
3. Давыденко, Д.Н. *Адаптация и функциональные резервы организма* / Д.Н. Давыденко // *Вестник Балтийской пед. акад.* – 1998. – Вып. 2. – С. 15–31.
4. Нейфельд, И.В. *Особенности показателей вегетативной регуляции кровообращения и variability сердечного ритма у женщин в перименопаузе* / И.В. Нейфельд, А.Р. Киселев, А.С. Караваев и др. // *Неинвазивная аритмология*. – 2014. – Т. 11, № 2. – С. 98–108.
5. Макарова, Г.А. *Методологические принципы анализа и оценки физиологических и клинико-лабораторных параметров у спортсменок* / Г.А. Макарова, С.А. Локтев // *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. – 2016. – № 2. – С. 4–12.
6. Погодина, С.В. *Адаптация и функциональное состояние высококвалифицированных спортсменов в возрастном и половом аспектах* / С.В. Погодина, Г.Д. Алексанянц // *Теория и практика физ. культуры*. – 2017. – № 10. – С. 72–74.
7. Якимович, В.С. *Возраст спортсменов и олимпийский спорт: миф и реальность* / В.С. Якимович // *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. – 2014. – Т. 20. – С. 3011–3015.
8. Berga, S. *Neuroendocrine control of ovulation* / S. Berga, F. Naftolin // *Gynecological Endocrinology*. – 2012. – Vol. 28. – No. S1. – P. 9–13.
9. Christensen, A. *Hormonal regulation of female reproduction* / A. Christensen, G.E. Bentley, R. Cabrera [et al.] // *Hormone and Metabolic Research*. – 2012. – Vol. 44 (8). – P. 587–591.
10. Erez, A. *The association between cardiorespiratory fitness and cardiovascular risk may be modulated by known cardiovascular risk factors* / A. Erez, S. Kivity, A. Berkovitch [et al.] // *American Heart Journal*. – 2015. – Vol. 169 (6). – P. 916–923.
11. Grad, C. *Heart rate variability and heart rate recovery as prognostic factors* / C. Grad // *Clujul. Med.* – 2015. – Vol. 88 (3). – P. 304–309.
12. Guasti, L. *Autonomic function and baroreflex sensitivity during a normal ovulatory cycle in humans* / L. Guasti, P. Grimoldi, L.T. Mainardi [et al.] // *Acta Cardiol.* – 1999. – No. 54. – P. 209–213.
13. *Menstrual cycle effects on the neurohumoral and autonomic nervous system regulating the cardiovascular system* / N. Hirshoren, L. Tzoran, Y. Makrienko [et al.] // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* – 2002. – No. 87. – P. 1569–1575.
14. Schuster, A.K. *Decreased heart rate variability correlates to increased cardiovascular risk* / A.K. Schuster, J.E. Fischer, J.F. Thayer [et al.] // *Int. J. Cardiol.* – 2015. – Vol. 203. – P. 728–730.

Ахметов Султан Меджидович, доктор педагогических наук, профессор, ректор, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 181. E-mail: priem@kgufkst.ru, ORCID: 0000-0001-8103-4058.

Погодина Светлана Владимировна, доктор биологических наук, доцент кафедры анатомии и спортивной медицины, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 181. E-mail: sveta_pogodina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0558-006X.

Манолаки Вячеслав Григорьевич, доктор педагогических наук, профессор, директор, Государственный университет физического воспитания и спорта, Республика Молдова, г. Кишинев MD-2004, ул. Андрея Дога, 22. E-mail: nipes@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8796-0087.

Алексанянц Гайк Дереникович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и спортивной медицины, Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма. 350015, г. Краснодар, ул. Буденного, 181. E-mail: alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483.

Поступила в редакцию 7 ноября 2018 г.

DOI: 10.14529/hsm18s07

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND RESERVES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN PROFESSIONAL FEMALE ATHLETES DURING THE PRE-INVOLUTION PERIOD

S.M. Akhmetov¹, priem@kgufkst.ru, ORCID: 0000-0001-8103-4058,
S.V. Pogodina¹, sveta_pogodina@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0558-006X,
V.G. Manolaki², nipes@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8796-0087,
G.D. Aleksanyants¹, alexanyanc@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3504-9483

¹Kuban State University of Physical Culture, Sport and Tourism, Krasnodar, Russian Federation,

²State University of Physical, Education and Sports, Chisinau, Republic of Moldova

Aim. The article deals with the analysis of physiological characteristics and reserves of the cardiovascular system in professional female athletes during the pre-involution (37–45 years) and reproductive (16–26 years) periods. **Materials and methods.** We examined professional female athletes (long distance running and swimming), who do not take oral contraceptive pills and have an average duration of their menstrual cycle of 28–30 days. All the athletes examined are either in the pre-involution (37–45 years, n = 18) or in the reproductive (16–26 years, n = 32) periods. We performed the following tests: the enzyme-linked immunosorbent assay of gonadotropins and sex steroids, an immunochromatographic in-vitro assay for the detection of ovulation, heart rate variability analysis, the analysis of central hemodynamics rheograms, the cycle ergometer test with gradually increasing load, statistical data processing. **Results.** We justified physiologically the functional ability of the cardiovascular system in the women of the pre-involution period to adapt to intense physical loads in professional sports. We established that during the pre-involution period there is a relative decrease in the activity of the central and autonomous mechanisms of heart rate regulation. The formation of the most favorable period of autonomous regulation occurs from 20 to 22 day, which can be considered as a regulatory reserve. At the same time, the reserves of cardiac and vascular chains in achieving a relatively high functional level of the cardiovascular system are decreased. The most pronounced tension is registered in a vascular chain. **Conclusion.** We established the physiological characteristics of reserve and compensatory effects on the regulatory, cardiac, and hemodynamic levels of the cardiovascular system in professional female athletes aged 37-45 in the second half of their anovulatory cycle. This should be taken into account in dosing high intensity training loads.

Keywords: pre-involution period, professional female athletes, cardiovascular system, physiological reserves.

References

1. Voronkov Yu.I., Tizul Y.A. *Mediko-biologicheskiye i psikhologo-pedagogicheskiye problemy zdorov'ya i dolgoletiya v sporte* [Biomedical and Psychological-Pedagogical Problems of Health and Longevity in Sports]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 228 p.
2. Gurbanova L.R., Botasheva T.L., Linde V.A. [Features of the Functional State of the Female Body in the Perimenopausal Period and Its Optimization Against the Background of Aerobic Physical Activities]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education], 2014, no. 6, p. 1096. (in Russ.)
3. Davydenko D.N. [Adaptation and Functional Reserves of the Body]. *Vestnik Baltiyskoy pedagogicheskoy akademii* [Bulletin of the Baltic Pedagogical Academy], 1998, iss. 2, pp. 15–31. (in Russ.)
4. Neyfel'd I.V., Kiselev A.R., Karavayev A.S. et al. [Features of Indicators of Vegetative Regulation of Blood Circulation and Heart Rate Variability in Women in Perimenopause]. *Neinvazivnaya aritmologiya* [Non-Invasive Arrhythmology], 2014, vol. 11, no. 2, pp. 98–108. (in Russ.)
5. Makarova G.A., Loktev S.A. [Methodological Principles of Analysis and Assessment of Physiological and Clinical-Laboratory Parameters in Athletes]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya meditsina* [Therapeutic Physical Culture and Sports Medicine], 2016, no. 2, pp. 4–12. (in Russ.)
6. Pogodina S.V., Aleksanyants G.D. [Adaptation and Functional State of Highly Skilled Athletes in the Age and Sex Aspects]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2017, no. 10, pp. 72–74. (in Russ.)
7. Yakimovich V.S. [The Age of Sportsmen and the Olympic Sport. Myth and Reality]. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal "Kontsept"* [Scientific-Methodical Electronic Journal Concept], 2014, vol. 20, pp. 3011–3015. (in Russ.)
8. Berga S., Naftolin F. Neuroendocrine Control of Ovulation. *Gynecological Endocrinology*, 2012, vol. 28, no. S1, pp. 9–13. (in Russ.) DOI: 10.3109/09513590.2012.651929
9. Christensen A., Bentley G.E., Cabrera R. et al. Hormonal Regulation of Female Reproduction. *Hormone and Metabolic Research*, 2012, vol. 44 (8), pp. 587–591. DOI: 10.1055/s-0032-1306301
10. Erez A., Kivity S., Berkovitch A., Milwidsky A. et al. The Association Between Cardiorespiratory Fitness and Cardiovascular Risk may be Modulated by Known Cardiovascular Risk Factors. *American Heart Journal*, 2015, vol. 169 (6), pp. 916–923. DOI: 10.1016/j.ahj.2015.02.023
11. Grad C. Heart Rate Variability and Heart Rate Recovery as Prognostic Factors. *Clujul. Med.*, 2015, vol. 88 (3), pp. 304–309. DOI: 10.15386/cjmed-498
12. Guasti L., Grimoldi P., Mainardi L.T. et al. Autonomic Function and Baroreflex Sensitivity During a Normal Ovulatory Cycle in Humans. *Acta Cardiol*, 1999, no. 54, pp. 209–213.
13. Hirshoren N., Tzoran L., Makrienko Y. et al. Menstrual Cycle Effects on the Neurohumoral and Autonomic Nervous System Regulating the Cardiovascular System. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 2002, no. 87, pp. 1569–1575. DOI: 10.1210/jcem.87.4.8406
14. Schuste A.K., Fischer J.E., Thayer J.F. et al. Decreased Heart Rate Variability Correlates to Increased Cardiovascular risk. *Int. J. Cardiol.*, 2015, vol. 203, pp. 728–730. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.11.027

Received 7 November 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Физиологические особенности и резервы сердечно-сосудистой системы профессиональных спортсменов в прединволютивном периоде / С.М. Ахметов, С.В. Погодина, В.Г. Манолаки, Г.Д. Александянц // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 5. – С. 46–54. DOI: 10.14529/hsm18s07

FOR CITATION

Akhmetov S.M., Pogodina S.V., Manolaki V.G., Aleksanyants G.D. Physiological Characteristics and Reserves of the Cardiovascular System in Professional Female Athletes During the Pre-Involution Period. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 5, pp. 46–54. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm18s07