

## СОВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ СТРЕССОРНОЙ СЕРДЕЧНОЙ И СОСУДИСТОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ, РАЗВИВАЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТЬ

**А.П. Исаев, Ю.Б. Хусаинова, В.В. Эрлих, В.В. Епишев**  
**Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск**

Из большого числа публикаций по обозначенной проблеме исследования следует отметить работы последнего десятилетия [3]: спортивное сердце, стрессорная кардиомиопатия и фундаментальное исследование З.Б. Белоцерковского и Б.Г. Любиной «Сердечная деятельность и функциональная подготовленность спортсменов (норма и атипичные состояния)» [1].

Нами, в течение последнего десятилетия, изучалась полифункциональная сердечная и сосудистая система, выявлялись механизмы их регуляции. Задачей исследования явилось не только уточнение ранее полученных данных литературы, материалов собственных исследований, но в основном новые интерпретации механизмов регуляции сердца и сосудов в зависимости от возрастных и квалификационных характеристик спортсменов мегаполиса Урала. Исследовались лица, развивающие выносливость в видах спорта, в которых наблюдается отставание от международного уровня (плавание, бег, лыжные гонки, спортивное ориентирование).

*Ключевые слова:* миокард, сосуды, дыхательные волны, регуляция, механизмы, процессы, стресс, адаптация, выносливость, функциональное и метаболическое состояние, типы кровообращения, физическая работоспособность, утилизация кислорода.

Дискуссионные вопросы о критериях морфологического спортивного сердца, гипертрофии миокарда, отношения структуры и функции, наличии кардиомиопатий при стрессах, особенности сердца и сосудов в горах, акклиматизации ЦНС. Подведение спортсменов к серии главных стартов года также требует дальнейших исследований (отбор в сборные по тренированности, адаптаспособности, перспективности). Остается актуальной проблема спортивного сердца, роли экстракардиальных механизмов при нарушениях, вызванных большими тренировочными нагрузками (БТН).

Обследованию подвергались представители обоих полов бегунов на средние дистанции (КМС, МС;  $n = 30$ ), лыжники-гонщики (КМС, МС, МСМК,  $n = 28$ ), пловцы (КМС, МС), спортсмены ориентировщики (КМС, МС,  $n = 16$ ) в возрасте 16–20 лет. Обследование проводилось в 2012 году в условиях равнины и среднегорья на этапах подготовки к социально значимым соревнованиям (заключительный этап).

Использовалась современная диагностирующая аппаратура: эхокардиограф (Combison – 350, США; система «Микролюкс» МАРГ 10-01, Россия; неинвазивный анализатор, Украина; эргоспирометрическая система Шиллер, Швейцария-ФРГ) с 12 отведениями ЭКГ.

**Результаты и их обсуждение.** В начале исследования представляем длительность интервалов ЭКГ у представителей различных видов спорта в сопоставлении с данными З.Б. Белоцерковского и Б.Г. Любиной [1] (табл. 1, 2).

Как видно из табл. 1, у девушек сердечный цикл длился больше 0,10 с, у наших обследуемых сердечный цикл удлиннен у юношей (табл. 2), а именно у представителей лыжных гонок ( $1,01 \pm 0,06$  с) (норма 0,8–0,10 с). Это свидетельствует о том, что длительность сердечного цикла зависит от ЧСС. Поскольку у данных спортсменов наблюдалась брадикардия, то сердечный цикл составил значение выше нормы.

Интервал PQ, который соответствует времени

Таблица 1  
Значения длительности интервалов ЭКГ и массы миокарда у юных спортсменов ( $M \pm m$ ) [1]

Возраст, лет	S, с (сердечный цикл)	PQ, с	QRS, с (время активации самих желудочков)	QT, с (длительность электрической систолы)	Масса миокарда, г
Девушки 15–16 лет	$1,01 \pm 0,20$	$0,15 \pm 0,03$	$0,07 \pm 0,00$	0,39 (0,37)	80–100
Юноши 15–16 лет	$0,88 \pm 0,22$	$0,15 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,00$	0,38 (0,39)	95–115

Таблица 2  
Значения длительности интервалов ЭКГ и массы миокарда у юных спортсменов 16–17 лет ( $M \pm m$ )

Вид спорта	S, с (сердечный цикл)	PQ, с	QRS, с (время активации самих желудочков)	QT, с (длительность электрической систолы)	Масса миокарда, г
Легкая атлетика (юноши)	$0,87 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,01$	$0,08 \pm 0,00$	$0,38 \pm 0,00$	$195,60 \pm 5,29$
Лыжные гонки (юноши)	$1,01 \pm 0,06$	$0,18 \pm 0,00$	$0,09 \pm 0,00$	$0,40 \pm 0,00$	
Спортивное ориентирование (юноши)	$0,88 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,00$	$0,36 \pm 0,00$	
Плавание (юноши)	$0,68 \pm 0,01$	$0,15 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,00$	$0,36 \pm 0,01$	
Легкая атлетика (девушки)	$0,86 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,00$	$0,07 \pm 0,00$	$0,38 \pm 0,00$	$173,34 \pm 4,16$
Лыжные гонки (девушки)	$0,78 \pm 0,06$	$0,17 \pm 0,00$	$0,07 \pm 0,00$	$0,37 \pm 0,00$	
Спортивное ориентирование (девушки)	$0,88 \pm 0,02$	$0,17 \pm 0,00$	$0,13 \pm 0,07$	$0,38 \pm 0,00$	
Плавание (девушки)	$0,72 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,00$	$0,37 \pm 0,01$	

прохождения возбуждения по предсердиям и атриовентрикулярному узлу до миокарда желудочков в покое находился в пределах нормы у всех обследуемых спортсменов. Интервал (электрическая систола желудочков) также был в референтных границах ( $0,36-0,40$  с).

Особое внимание следует обратить на комплекс QRS у наших обследуемых – девушек (спортивное ориентирование), у которых комплекс QRS составил  $0,13 \pm 0,07$  с (норма  $0,08-0,10$  с). Schellong расценивал преходящее уширение комплекса QRS как выражение повреждения миокарда, однако эти данные противоречивы. По мнению других авторов (А.С. Бань, Г.М. Загородный), уширение комплекса QRS вероятно связано со свойственным спортсменам увеличением массы миокарда желудочков ( $173,34 \pm 4,16$  г), развивающимся в связи с адаптацией сердца к высоким физическим нагрузкам [5].

Масса-длинные характеристики обследуемых нами бегунов (ий) средневикиков достоверно не отличались от обследуемых авторами спортсменов. Более высокие значения выявлялись у представителей спортивного плавания. Аналогичные данные усматривались в значениях ЧСС, АДф, двойного произведения (ДП) и его индексе. Показатель ДП характеризует обменные процессы в миокарде, так как произведение величины давления в аорте на ЧСС определяет потребление  $O_2$  миокардом [9]. Значения УО и МОК, по данным авторов [1] составляли  $85,70 \pm 11$  и  $5,0 \pm 0,8$  мл и  $68,90 \pm 11,5$  мл и  $4,5$  л/мин. По нашим данным, эти цифры равнялись  $69,10 \pm 2,92$  мл и  $59,75 \pm 1,84$  мл и  $5,14 \pm 1,62$  мл и  $4,19 \pm 0,65$  мл ( $M = 4,67 \pm 1,14$  л/мин). По данным авторов значения МОК составили  $4,75$  л/мин. Можно полагать, что ЧСС у обследуемых нами лиц была несколько выше, так как значения УО различались, а МОК не значительно.

По нашим данным, масса миокарда у юношей 16–17 лет была  $195,60 \pm 5,29$  г, а у девушек –

$173,34 \pm 4,16$ . Следовательно, по сравнению с оценкой структурных показателей левого желудочка [1] бегуны на средние дистанции относились к лицам с выраженным увеличением гипертрофии миокарда, а девушки находились в апогее умеренно выраженного увеличения. У лиц с низкой ДА (контроль, учащиеся МОУ аналогичного возраста) ММ соответственно была  $140,96 \pm 4,25$  и  $134,24 \pm 4,84$  г. Эти данные свидетельствуют об отсутствии гипертрофии миокарда.

Уравнение регрессии следующее:

$$MM = 1,05 MT (\text{масса тела}) + (\pm 17,2).$$

Согласно данным, расчетные значения получили низкие показатели ММ.

Нагрузка при ЧСС 150–160 уд./мин позволяет определить максимальный ударный объем крови [1], переходные процессы от аэробного к анаэробному обеспечению.

Полученные значения ММ свидетельствуют о функциональной эффективности миокарда физиологически умеренно увеличенного у «средневикиков». Длительность сердечного цикла у средневикиков варьирует от  $1,09 \pm 0,12$  ( $0,86-1,25$  с). Между ЧСС и ФР выявляется обратная зависимость ( $r = -0,80$ ). Структурно-функциональные значения у «средневикиков» характеризуются более высокими значениями КДО, КСО, УО и массы миокарда левого желудочка, что свидетельствует о расширении их полостей, умеренном нарастании объемов левого желудочка, значительном увеличении ММ по сравнению с контролем ( $p < 0,001$ ). В покое умеренно снижен МОК, УО почти не изменяется. Фракция выброса существенно ниже значений контроля ( $p < 0,05$ ), но находилась в референтных границах своего возраста.

У подростков (М) толщина стенок равнялась  $12,40 \pm 0,88$  мм, у девушек  $13,20 \pm 0,98$  мм. Размер полости левого желудочка соответственно:  $46,85 \pm 1,70$  и  $41,50 \pm 1,44$  мм.

По мнению Э.В. Земцовского [6], Е.А. Гавриловой [3], дилатация является ключевым процес-

сом долговременной адаптации к тренировке выносливости. Умеренная гипертрофия миокарда, под которой понимается увеличение ММ сердца, при адаптации к нагрузкам минимально выражена (L – гипертрофия). Существует морфологическая перестройка сердца, зависящая от специфики нагрузок. Гипертрофия второго типа формируется в основном из-за утолщения стенок желудка (d – гипертрофия). Сердечный выброс у средневигов составляет 5,2 л/мин / 98 л/мин · м<sup>2</sup>, ударный объем 95 мл (51,3 мл/м<sup>2</sup>).

Конечно-систолический объем полости левого желудочка (КСО) указывает на базальный резервный объем левого желудочка. При больших тренировочных нагрузках он входит в УОК, способствуя его увеличению. Конечно-диастолический объем полости левого желудочка (КДО) является важным показателем дилатации и функционального резерва сердца. На его значения воздействует пол, возраст, особенности физического развития, срок занятия спортом, тип кровообращения спортсменов. Гипокинетически тип выявляется у 20 %, эукинетический – 62 % и гиперкинетический у 18 % спортсменов, развивающих выносливость [2]. Значения КСО и КДО были выше контроля и данных, приведенных З.Б. Белоцерковским и Б.Г. Любиной [1]. Причину увеличения диастолической емкости желудочка авторы связывают с увеличением каждого саркомера вследствие более полной релаксации миокарда. Возможно, что это следствие перестройки структуры миокарда в основе которой лежит увеличение размеров полости желудочка. В процессе БТН у обследуемых развивается гипертрофия миокарда, что обеспечивает высокую производительность сердца [4].

Нами установлено, что механизмы регуляции у юных спортсменов проявлялось в синхронизации колебаний значений в диапазонах УНЧ, ОНЧ, НЧ. Это являлось признаком централизации регуляции и, вероятно, проявления фазы адаптации поисковой и развивающей (не эффективной). При ортостазе была обнаружена синхронизация мощности значений волновой активности аорты и ударного объема (УО). Обнаружена взаимосвязь колебаний САД и импеданса крупных сосудов в указанных спектрах медленных и дыхательных волн. Наблюдалось повышение среднечастотных колебаний ритма сердца при пассивном и активном ортостазе. При пассивном ортостазе выявлялось повышение величины колебаний показателей спектра мелких и крупных сосудов. Амплитуда револнов магистральных сосудов у спортсменов, занимающихся развитием выносливости маловариативна.

При телеметрическом исследовании сердца и эргоспирометрических данных нами выявлены в условиях имитационного моделирования границы вработывания, устойчивого, переходного состояний, утомления, закисления и восстановления, что важно для практики спорта.

Тонус артериальных сосудов (аорты, магистральных, периферических) изменяется при воздействии средовых факторов. Однако из батареи факторов спортивные нагрузки детерминируют перестройку артериальной системы. У спортсменов с высокой физической работоспособностью зарегистрированы большие значения УОК, жесткость сосудов снижается с 1,66 до 1,45 ед., а величины эластического сопротивления были ниже [2]. Амплитуда дыхательных револнов аорты (RespX), магистральных (RespS) и периферических сосудов (RespT) на равнине последовательно снижались от больших к мелким периферическим сосудам. Особенно высокие значения наблюдались в среднегорье. Изменение сосудов было симватно сдвигам УО и фракции выброса.

Сдвиги тонуса сосудов зависят от фаз адаптации и сопутствующих регуляторных процессов, когда при высокой физической работоспособности (Ф)Р регуляция приобретает распределение в следующей последовательности: гуморально-гуморальную, вольтажную и периферическую направленность [7, 8].

Мозаика взаимозаменяемости и дифференциации регуляторных процессов расположена в диапазонах барорегуляций, функции сердца, сосудов и дыхательных волн сосудов. В состоянии относительного покоя модельные значения УО и фракции выброса несколько снижены у обследуемых высокой спортивной квалификации вследствие усиления PS воздействий, снижении напряжения, экономизации. Особенно яркие сдвиги выявлялись в условиях возвращения спортсменов из среднегорья. В зависимости от типа кровообращения его оптимум различается. Среди обследованных нами спортсменов – бегунов, лыжников-гонщиков, пловцов доминировал эукинетический и гипокинетический типы кровообращения. При гипокинетическом синдроме функция сердца и тонус центральных сосудов включает энергозатраты в диапазоне 0,05–0,20 Гц в противоположность пульсации периферических сосудов. При этом ключевая энергия дыхательных волн микрососудов сопровождается меньшими энергозатратами волн магистральных сосудов центра и периферии. При гиперкинетическом синдроме функция сердца и сосудов подвергается симпатическим воздействиям с возможными соединительтканными (СТ) перестройками (считается, что дисплазия СТ является внутренним фактором перетренированности), сдвигами регуляции к центру и ослабление (торможение) гуморально-гормональных и PS воздействий. Дисплазия СТ – критерий преждевременного возбуждения желудочков сердца [1].

При акклиматизации в верхнем среднегорье выпадает роль дыхательных волн магистральных сосудов в силу повышения барорегуляции аорты и химической регуляции мелких сосудов. Повышается кровоснабжение капилляров, снижается активность метаболических ферментов, свидетельств

вующих об адаптивно-компенсаторных реакциях скелетных мышц. Исключительно важным является повышение внимания к усилению деятельности стресс-лимитирующих факторов, на что направлена ортомолекулярная коррекция [3].

Таким образом, в процессе адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов возникает комплекс полифункциональных и метаболических изменений в деятельности кардиогемодинамики. Под воздействием функциональной пробы (эргоспирометрия 12 мин; 4 ступени по 3 минуты соответственно мощностью 60, 120, 180, 260 Вт после каждой и числом оборотов 60) у лиц, находящихся в поисковой и развивающей фазах адаптации, закисление наступало через 4–6 мин нагрузки, в формирующей фазе – через 6–8 мин и стабилизирующей – через 8–10 мин нагрузки. Аналогично фазам адаптации изменялись дыхательный коэффициент, вентиляционный эквивалент, выявлялось реальное максимальное значение МОК при достижении ЧСС 160–170 уд./мин. Однако возможный характер изменений, превышающий референтные границы, вызывает перенапряжение кардиогемодинамики.

Соотношение утомления и восстановления составляет физиологическую основу эффективности тренировочного процесса. При этом необходимо дифференцировать чувство усталости и перетренированности. Энергетическая стоимость является индикатором мышечной работы. Прибор Шиллер позволяет определять энергостоимость выполняемой работы.

Значения МОК, УО в наших исследованиях существенно не различались с данными литературы, показатели ЧСС, сердечного индекса по нашим данным были несколько ниже ( $p < 0,05$ ). В беге на 800 и 1500 м, плавании до 200 м используются энергетические системы гликоген-молочная кислота, а в лыжных гонках, спортивном ориентировании преимущественно аэробная система. Вклад систем в различные виды энергообеспечения следующий: фосфогенная система (8–10 с) расходует 4 моль АТФ/мин; гликоген-молочная кислота (78–96 с) – 2,5 моль АТФ/мин; аэробная система (от 30 мин до нескольких часов, пока есть питательные вещества) – 1 моль АТФ/мин [4].

Спортивные нагрузки ведут не только к гипертрофии сердечной, но и скелетных мышц. Увеличение сердца и его мышечной функции происходит при БТН, развивающих выносливость. При снижении ЧСС в покое эффективность насос-

ной функции каждого удара миокарда тренированного спортсмена на 40–50 % выше, чем у нетренированного человека. Ударный объем достигает максимального уровня к моменту, когда сердечный выброс (СВ) увеличивается до половины своего максимума. Дальнейшее увеличение СВ идет за счет увеличения ЧСС. Во время БТН ЧСС и УО возрастают до 95 % максимума, легочная вентиляция до 65 % ее максимума. Следовательно, ССС гораздо больше ограничивает  $VO_{2max}$ , чем дыхательная система, так как утилизация  $O_2$  организмом не может быть больше скорости транспорта кислорода к тканям сердечно-сосудистой системы.

#### Литература

1. Белоцерковский, З.Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина. – М.: Совет. спорт, 2012. – 548 с.
2. Быков, Е.В. Спорт и кровообращение: возрастные аспекты / Е.В. Быков, А.П. Исаев, С.Л. Саиенков. – Челябинск: Интерком Арт и К, 1998. – 64 с.
3. Гайтон, А.К. Медицинская физиология / А.К. Гайтон, Дж.Э. Холл. – М.: Логосфера, 2008. – 1253 с.
4. Гаврилова, Е.А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия / Е.А. Гаврилова. – М.: Совет. спорт, 2007. – 200 с.
5. Граевская, Н.Д. Спортивная медицина / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. – М.: Совет. спорт, 2004. – 304 с.
6. Исаев, А.П. Полифункциональная мобильность и вариабельность организма спортсменов олимпийского резерва в системе многолетней подготовки: моногр. / А.П. Исаев, В.В. Эрлих. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2010. – 502 с.
7. Земцовский, Э.В. Соединительнотканная дисплазия сердца / Э.В. Земцовский. – СПб.: Политика, 1999. – 448 с.
8. Кассиль, Г.Н. Адаптация к спортивной деятельности в свете нейровегетативной гуморально-гормональной регуляции функций / Г.Н. Кассиль // Физиология спорта: тез. докл. XVIII Всесоюз. конф. – М., 1996 – 93 с.
9. Мищенко, В.С. Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте / В.С. Мищенко, Е.Н. Лисенко, В.С. Виноградов. – Киев: Науковий світ, 2007. – 351 с.

**Исаев А.П.**, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), [tmfcs@mail.ru](mailto:tmfcs@mail.ru).

**Хусаинова Ю.Б.**, соискатель кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), [tmfcs@mail.ru](mailto:tmfcs@mail.ru).

**Эрлих В.В.**, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), [tmfcs@mail.ru](mailto:tmfcs@mail.ru).

**Епишев В.В.**, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), [tmfcs@mail.ru](mailto:tmfcs@mail.ru).

**CURRENT DATA ON STRESS CARDIOVASCULAR FUNCTION IN  
FUNCTIONAL AND METABOLIC READY STATE OF YOUNG  
SPORTSMEN INCREASING ENDURANCE**

*A.P. Isaev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*  
*Yu.B. Khusainova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*  
*V.V. Erlikh, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru,*  
*V.V. Epishev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, tmfcs@mail.ru*

We should make special mention of publications over the past decades which have been chosen from many published works on the designated problem [4]: athlete's heart, stress cardiomyopathy and fundamental research of Z.B. Belotserkovky and B.G. Lyubina "Cardiac Function and Functional Preparation of a Sportsman (normal and atypical states)" [1].

Within the past decades we have examined the polyfunctional cardiovascular system and detected its regulatory mechanisms. The research objective was not only the clarification of the obtained literature data, own study materials, but also the interpretation of cardiovascular regulatory mechanisms depending on age and qualification-related characteristics of sportsmen who live in the Ural megacity. People increasing endurance in such sports where they can't reach the international level as swimming, running, cross country skiing, orienteering have been examined.

*Keywords: myocardium, vessels, respiratory undulation, regulation, mechanisms, processes, stress, adaptation, endurance, functional and metabolic state, types of blood circulation, physical efficiency, oxygen uptake.*

*Поступила в редакцию 29 мая 2013 г.*