

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ СИСТЕМ У СПОРТСМЕНОВ В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОЙ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ НАГРУЗКИ

Я.В. Велибеков, А.Д. Викулов

Ярославский педагогический университет, г. Ярославль

Изучено состояние регуляции сердечной деятельности у спортсменов в период восстановления после однократной интенсивной мышечной нагрузки. Показано, что более высокая мощность выполненной спортсменами работы по сравнению с нетренированными лицами вызывает большие физиологические сдвиги и более интенсивный восстановительный процесс, сопровождающийся существенными перестройками нейрогуморальных механизмов регуляции сердечной деятельности.

Ключевые слова: сердечный ритм, восстановление, мышечные нагрузки, функциональное состояние.

Введение. Временная организация функций является одной из фундаментальных характеристик живой системы. Особый интерес представляют данные о колебаниях характеристик сердечного ритма, позволяющих, по мнению многих исследователей, дать в известной степени интегральную информацию о состоянии организма в целом [1].

В последние годы появилось много работ, связанных с исследованием вариабельности сердечного ритма у спортсменов [2]. Однако большинство из них характеризуют состояние покоя. Крайне мало исследований выполнено с использованием функциональных проб и практически отсутствуют сведения по изучению восстановительного процесса. Вместе с тем хорошо известно, что отдых и восстановление – составные части процесса спортивной подготовки.

Учитывая вышесказанное, нами был исследован процесс восстановления организма спортсменов после однократной интенсивной мышечной нагрузки.

Методика. Для проведения исследования сформированы экспериментальная ($n = 16$) и контрольная группы ($n = 15$). В экспериментальную группу вошли спортсмены-лыжники первого спортивного разряда и кандидаты в мастера спорта. Они обследованы в середине соревновательного периода. Контрольную группу представляли лица такого же возраста и пола, не занимающиеся спортом, практически здоровые. Возраст обследованных лиц – 18–23 года. Пол – мужской.

Испытуемые выполняли ступенчато возрастающую велоэргометрическую нагрузку при pedalировании 60 об/мин. При достижении ЧСС уровня 150 уд./мин повышение нагрузки прекращалось, далее выполнялась тридцатиминутная физическая работа. Использован электронный велоэргометр FX1 (KETTLER, Германия).

Функциональное состояние регуляторных систем в период восстановления изучено по некоторым ключевым показателям вариабельности сердечного ритма. Для регистрации использован аппаратно-программный комплекс «ВНС-Спектр» фирмы «НейроСофт» (Россия, г. Иваново). Выполнялась 5-минутная запись ЭКГ.

Регистрацию сердечного ритма проводили на 5-й, 30-й, 60-й, 90-й, 120-й минутах восстановления после нагрузки, а также в покое до нагрузки.

Статистическая обработка полученных данных выполнена на персональном компьютере в программе «Статистика 6.1» (серия 1203d; лицензия 4RMJTQJ68@StatSoft@Russia). В выборках рассчитаны: выборочная средняя ($M \pm$), стандартное отклонение ($\pm \sigma$). Достоверность различий между показателями сравниваемых групп определена с использованием критерия t-Стьюдента. Все переменные проверялись на нормальность распределения по тесту Шапиро-Уилки.

Результаты исследования и их обсуждение. Средняя мощность велоэргометрической нагрузки в группе спортсменов составляла $257,8 \pm 17,0$ Вт и была больше, чем у лиц контрольной группы на 61 % ($p < 0,01$).

При этом ЧСС на 5-й минуте восстановительного процесса превышала исходный уровень на 52 % ($p < 0,01$), в то время как в контрольной группе превышение составляло лишь 38 % ($p < 0,01$). Уровень ЧСС в группах в этот период восстановительного процесса был практически одинаков: $92,71 \pm 10,95$ у спортсменов и $92,91 \pm 15,00$ уд./мин у лиц контрольной группы.

Восстановление ЧСС в группах протекало практически однотипно: ЧСС вернулась к исходным значениям в группах к 60-й минуте.

Величина сердечного выброса является глав-

ным детерминантом транспорта кислорода при нагрузке. Производительность сердца может рассматриваться как некоторый интегральный показатель, характеризующий транспортные возможности кардиореспираторной системы в отношении газов крови. Как известно, реально лимитируют величину сердечного выброса две переменные – ЧСС и величина ударного объема крови. В специальных исследованиях было показано, что максимальная ЧСС не влияет существенно на величину сердечного выброса при максимальной нагрузке. Кроме того, вклад ЧСС в увеличение сердечного выброса при предельных режимах мышечной работы у тренированных атлетов ниже, чем у здоровых нетренированных людей [7].

Показатель моды нормальных кардиоинтервалов (M_0) также имел однотипную динамику. Вместе с тем, если в контрольной группе восстановление достигало исходного уровня к 60-й минуте, то в группе спортсменов – только к 90-й минуте. Именно к 90-й минуте восстановления в группах графически отмечалось плато. Мода – наиболее часто встречающиеся значения R-R-интервала, которые соответствуют наиболее вероятно для данного периода времени уровню функционирования систем регуляции. Физиологический смысл данного параметра заключается в том, что он отражает влияние центрального контура регуляции на автономный по гуморальным каналам [5].

Вегетативная реактивность при функциональных нагрузках зависит от исходного уровня гормонов, определяющих уровень энергетической потребности [4]. В регуляцию функций организма и, в частности, управление обменными процессами, а также энергетическим обеспечением мышечной деятельности, в первую очередь, вовлекаются гормоны гипофиза, щитовидной железы и надпочечников. Выявлены корреляционные связи средней силы ($r = 0,45-0,56$; $p < 0,05$) между уровнем ТТГ и мощностью в момент отказа от работы, а также длительностью работы [3]. Этим же автором обнаружены многочисленные сильные корреляционные взаимосвязи между концентрациями всех тиреоидных гормонов как до однократной мышечной нагрузки, так и после нее, что явно свидетельствует о взаимосвязях внутри эндокринной оси.

Большая мощность выполненной работы в группе спортсменов несомненно сопровождалась и большими физиологическими сдвигами, произошедшими под влиянием нагрузки. На 5-й минуте восстановления показатель моды (M_0) коррелировал с индексом симпатико-парасимпатического равновесия (LF/HF) [$r = -0,61$; $p < 0,05$]. При этом симпатико-парасимпатическое равновесие после нагрузки существенно смещалось в сторону усиления влияния симпатического отдела: LF/HF превышал исходный уровень более чем в шесть раз (5,57 после нагрузки против 0,88 в покое).

Гормоны тиреоидной системы (ТТГ, Т3) под-

держивают преимущественно симпатические механизмы [4]. Воздействие физической нагрузки «до отказа» у спортсменов, тренирующихся на выносливость, приводит к выраженному снижению свободной фракции тироксина на фоне увеличения свободной фракции трийодтиронина, в то время как содержание общей фракции ТТГ, Т3, Т4 существенно не меняется, что в целом свидетельствует об активном участии функционирования щитовидной железы [3].

У менее квалифицированных спортсменов активизация функциональных резервов аэробной выносливости идет, в первую очередь, за счет системы дыхания, а у более квалифицированных – преимущественно за счет системы кровообращения, особенно центрального (А.М. Ефименко, 1971).

Под влиянием нагрузки снижался уровень симпатических влияний на ритм сердца подкорковых центров вегетативной регуляции (на 57,3 % у спортсменов и 62,9 % в контроле; $p < 0,05$). В дальнейшем по мере восстановления отмечалось неуклонное увеличение симпатических влияний подкорковых центров. Так, на 120-й минуте восстановления мощность спектра VLF в группе спортсменов составляла 2903 ± 1901 мс² и превышала исходный уровень на 183 % ($p < 0,05$). Аналогичной была картина восстановления в контрольной группе: здесь также по мере восстановления отмечался рост абсолютного значения VLF, однако самая его большая величина на 120-й минуте восстановления превышала исходный уровень лишь на 24,1 % ($p > 0,05$).

Диапазон 20–30-секундных колебаний (VLF) отражает, по мнению многих исследователей, уровень основного обмена, терморегуляции, эрготропных функций. Этот диапазон соответствует периоду концентрационных колебаний метаболизма. Нелектрические колебания проявляются в виде колебаний концентрации химических веществ обмена и механических колебаний (временных, амплитудных, объемных), происходящих на границе ткани и сосудистой системы под контролем нервной и эндокринной систем, то есть окружающая ткань информирует образования сосудистой системы о своем состоянии, о своих потребностях. Таким образом, медленные колебания гемодинамики являются важным звеном адаптивной регуляции организма [8]. Эта область явлений в биофизике и квантовой биохимии обозначена как процессы, «далекие от равновесия» [6]. По мнению Ф.З. Меерсона, относительно процессов адаптации к физическим нагрузкам на клеточном уровне отмечаются три физиологических сдвига: увеличение мощности системы энергообеспечения; увеличение утилизации энергии; усиление системы ионного транспорта. Они скоординированы между собой и определенным образом потенцируют друг друга [2]. Таким образом, по-видимому, можно считать, что в процессе восстановления организма у спортсменов после воздействия однократной интенсивной мышечной нагрузки

отмечался более высокий уровень церебральных эрготропных влияний, обеспечивающих более интенсивный восстановительный процесс.

Индекс напряжения (ИН), напротив, в процессе восстановления в исследованных группах по мере восстановления имел тенденцию к снижению, то есть по мере восстановления снижалась «централизация» управления ритмом сердца.

Сходная, но несколько иная динамика отмечена для показателя стандартного отклонения нормальных кардиоинтервалов (SDNN): выборочные средние вернулись к исходному значению к 60-й минуте восстановления, а в дальнейшем величины SDNN продолжали увеличиваться, особенно это было характерно для группы спортсменов. На 120-й минуте восстановления SDNN в группе спортсменов составляла $80,92 \pm 37,33$ мс и была больше, чем в состоянии покоя на 47,3 % ($p < 0,01$). В контрольной группе SDNN на 120-й минуте восстановления также было повышенным: $70,16 \pm 20,21$ мс (на 19,1 % больше, чем в покое; $p < 0,01$).

Симпатико-парасимпатическое равновесие (LF/HF), оказавшись сильно смещенным под влиянием нагрузки в сторону усиления влияния симпатического отдела автономной нервной системы, достигло исходного уровня к 60-й минуте восстановления.

Заключение. Таким образом, в процессе восстановления организма после интенсивной мышечной нагрузки снижается централизация в управлении сердечным ритмом, отмечается усиление парасимпатической активности с включением «дыхательной» компоненты (автономного контура регулирования), что способствует усилению восстановительного процесса, обеспечиваемого стимуляцией процессов метаболизма [2], ослабляя запросы к кардиореспираторной системе, в том числе и к самой системе управления сердечным ритмом.

Литература

1. *Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение // Матер. IV всерос. симп. / отв. ред. Н.И. Шлык, Р.М. Баевский. – Ижевск: УдГУ, 2008. – 344 с.*
2. *Меерсон, Ф.З. Адаптация, деадаптация и недостаточность сердца / Ф.З. Меерсон. – М.: Медицина, 1978. – 344 с.*
3. *Осипова, Н.В. Сравнительная характеристика влияния низкоинтенсивного лазерного излучения на уровень физической работоспособности студентов различных специализаций спортивного вуза: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Осипова. – СПб., 2008. – 20 с.*
4. *Поскотинова, Л.В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус подростков и молодых лиц в условиях европейского севера России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Л.В. Поскотинова. – Архангельск, 2009. – 48 с.*
5. *Практикум по психофизиологической диагностике: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. – 128 с.*
6. *Пригожин, И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: пер. с англ. / И. Пригожин, И. Стенгерс; общ. ред. и послесл. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачкова. – Изд. 5-е. – М., 2005. – 296 с.*
7. *Карпман, В.Л. Сердечно-сосудистая система и транспорт кислорода при мышечной работе: актовая речь / В.Л. Карпман // Клинико-физиологические характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов. – М.: РГАФК, 1994. – С. 12–39.*
8. *Флейшман, А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 264 с.*

Поступила в редакцию 4 марта 2009 г.