

Вариабельность сердечного ритма у спортсменов-гиревиков

Частота сердечных сокращений (ЧСС) является наиболее доступным для регистрации физиологическим параметром, отражающим процессы вегетативной регуляции в сердечно-сосудистой системе. Динамические характеристики сердечного ритма (СР) позволяют оценить выраженность сдвигов симпатической и парасимпатической активности вегетативной нервной системы (ВНС) при изменениях физического состояния человека [1 – 5 и др.].

Данные variability сердечного ритма (ВСР) могут быть полезными для понимания хронологических аспектов тренировок спортсменов и моментов времени оптимизации физического состояния, поскольку они отражают вегетативные влияния на сердце. ВСР также может давать важную информацию об ухудшении физического состояния спортсменов в результате воздействия различных факторов [6].

Целью нашей работы было определение возможности использования в учебно-тренировочном процессе некоторых параметров variability сердечного ритма, отражающих интенсивность физической нагрузки в упражнениях гиревого спорта.

В ходе проведенного исследования нами решалась задача определения границ параметров ВСР гиревиков в покое и после физической нагрузки по некоторым показателям математического анализа, корреляционной ритмографии (скаттерограммы) и спектрального анализа волновой структуры сердечного ритма.

В работе использовался отечественный пульсоксиметр ЭЛОКС – 01М, который, с помощью программы "ELOGRAPH", позволяет определять показатели ВСР путем анализа ряда кардиоциклов (NN-интервалов) методом скользящей выборки, а также анализа стандартной по длительности (5 минут) выборки. Для определения уровня ЧСС во время выполнения упражнений использовался пульсометр Polar S-625X, регистрировавший мгновенные значения ЧСС каждые 5 секунд с последующим построением графика с помощью компьютера.

В исследованиях приняли участие 53 спортсмена. Из них: 1 – заслуженный мастер спорта (ЗМС), 20 – мастеров спорта международного класса (МСМК), 10 – мастеров спорта (МС), 6 – кандидатов в мастера спорта (КМС), 8 – спортсменов I спортивного разряда (I р) и 8 – девушек КМС 1987 г.р. Проведено 485 измерений в период с сентября по ноябрь 2007 года.

Измерение фоновых параметров ВСР в покое у спортсменов проводилось до физической нагрузки в положении сидя за 2-3 часа до выступления или перед тренировкой. Второе измерение проводилось после выступления на соревнованиях или после тренировочной нагрузки. Перед вторым измерением спортсмен не менее 5 минут выполнял упражнения для расслабления мышц и восстановления дыхания, затем отдыхал сидя в течение 5 минут до стабилизации ритмограммы (без медленного тренда ЧСС).

Уровень интенсивности физической нагрузки во время выполнения упражнений гиревого спорта нами принимался за максимальный, если во время выполнения упражнения у мастеров высокой квалификации ЧСС удерживалась на уровне 190 –

210 уд/мин в течение более 7 минут. Для гиревиков низкой квалификации диапазон возрастания ЧСС был определен 175 – 190 уд/мин в течение не менее 5 минут.

Сущность корреляционной ритмографии состоит в построении графического расположения точек, каждая из которых соответствует продолжительности двух соседних R-R интервалов, при этом ордината точки соответствует текущему, а абсцисса – последующему R-R интервалу [2].

В норме двумерная скаттерограмма имеет форму эллипса, вытянутого вдоль продольной оси. Такая форма эллипса означает, что к дыхательной аритмии прибавлена некоторая величина недыхательной аритмии [3]. При синусовой аритмии середину эллипса скаттерограммы можно определить по значению показателя математического анализа сердечного ритма – M_o . M_o – мода, наиболее часто встречаемое значение длительности среди N-N интервалов, эквивалентных продолжительности пауз между сокращениями сердца, указывающие на доминирующий уровень функционирования синусового узла. При симпатикотонии значение M_o уменьшается (облако сдвигается к началу координат), при ваготонии – увеличивается (облако скаттерограммы сдвигается вправо по биссектрисе от начала координат) [3].

Результаты исследования среди гиревиков показали, что площадь эллипса скаттерограммы в покое и его место расположения зависит от квалификации спортсмена. Середина скаттерограммы могла находиться правее от точки пересечения координат (1,0 с; 1,0 с) у спортсменов высокой квалификации ($M_o > 1,1$ с) или левее от точки пересечения координат (0,75 с; 0,75 с) у спортсменов-гиревиков I р и КМС ($M_o < 0,7$).

После физической нагрузки размеры эллипса уменьшались, и он сдвигается по биссектрисе к началу координатных осей. Исследование выявило, что в среднем после физической нагрузки максимальной интенсивности у спортсменов-гиревиков высокой квалификации $M_o = 500$ мс, а у спортсменов I р и КМС $M_o = 550$ мс. Площадь эллипса скаттерограммы значительно уменьшалась в размерах и по форме могла превратиться в точку при $M_o < 500$ мс.

У девушек после соревновательного упражнения рывок M_o в среднем снижалась с 750 с до 650 с, площадь эллипса скаттерограммы уменьшалась незначительно.

Большое облако скаттерограммы в покое, когда длина и ширина эллипса примерно равны, является признаком преобладания дыхательного компонента в регуляции сердечного ритма. В этом случае активность парасимпатического отдела ВНС высокая [3].

Сдвиг эллипса скаттерограммы влево после нагрузки, уменьшение его в размерах и превышение длины эллипса над шириной, говорит о том, что в регуляции СР преобладают недыхательные компоненты. Повышается активность симпатического отдела ВНС, включается вазомоторная регуляция сердечного ритма. Дальнейший сдвиг эллипса влево до $M_o = 500$ мс и уменьшение его размера до минимума свидетельствует о преобладании центральной регуляции сердечного ритма и решающей роли гуморально-метаболического влияния.

Для оценки интенсивности физической нагрузки в процентном выражении можно использовать следующий коэффициент:

- $K_{Ивср\%} = ((M_o \text{ покоя} - M_o \text{ нагр}) / (M_o \text{ покоя} - M_o \text{ мах})) * 100$
- где $M_o \text{ покоя}$ – значение Моды в покое (мс); $M_o \text{ нагр}$ – значение Моды после тренировочной нагрузки (мс); $M_o \text{ мах}$ – значение Моды, которая определяется после максимальной нагрузки (мс).

При спектральном анализе волновой структуры сердечного ритма, нами рассматривались высокочастотные колебания (HF – компонент), со-пряженные с дыханием и низкочастотные колебания (LF – компонент), обусловленные как периодически возникающей симпатической вазомоторной активностью (собственным ритмом сосудодвигательного центра), так и колебаниями ритма артериального давления, реализуемого через барорефлекторные механизмы [5].

Колебания активности парасимпатической системы порождают изменения сердечного ритма с частотой 0.15-0.4 Гц и более, формируя так называемые быстрые (высокочастотные, дыхательные) волны (HF – high frequency). Повышение симпатической активности вызывает увеличение ЧСС. Установившийся уровень ЧСС достигается лишь через 30-60 секунд после начала стимуляции симпатических волокон. Таким образом, симпатическая система регуляции кровообращения является медленной системой регуляции. Соответственно и волны, обусловленные колебанием симпатической системы, называются медленными (низкочастотными) волнами (LF – low frequency). Частота колебаний медленных волн – 0,04-0,15 Гц (2,4-9 колебаний в минуту) [5].

Самой медленной системой регуляции кровообращения является гуморально-метаболическая система. Она связана с активностью как циркулирующих гормонов в крови, так и активных веществ в самой ткани (тканевых гормонов). Ее регулирующее влияние связано со следующей активностью тканей: одно колебание в минуту и реже, что соответствует диапозону частот менее 0.04 Гц – так называемые очень медленные (низкочастотные) волны (VLF – very low frequency) [5].

Считается, что регулярные физические упражнения позволяют модифицировать вегетативный баланс [6].

Наблюдения ученых показывают, что по мере повышения уровня общей физической подготовленности, повышается уровень дыхательного компонента HF, как в покое, так и после физической нагрузки по сравнению с исходными данными [2, 3, 4]. Также увеличение дыхательного компонента HF вызывается контролируемым дыханием, стимуляцией лица холодом и вращательной стимуляцией [6].

Программой "ELOGRAPH" путем анализа ряда NN-интервалов строились графики спектральной плотности мощности колебаний ритма сердца, сравнительная диаграмма компонентов спектра, и вычислялись спектральные показатели.

Наиболее значимыми для нас оказались:

- LF, мс² – спектральная мощность колебаний ритма сердца в диапазоне низких частот (0,04 ... 0,15 Гц);
- HF, мс² – спектральная мощность колебаний ритма сердца в диапазоне высоких частот (0,15 ... 0,4 Гц);

- Total, мс² - общая спектральная мощность колебаний ритма сердца или общая мощность спектра нейрогуморальной модуляции;
- $LF_{norm} = 100LF/(Total - VLF)$, % - нормализованная спектральная мощность низких частот;
- $HF_{norm} = 100HF/(Total - VLF)$, % - нормализованная спектральная мощность высоких частот;
- LF/HF , отношение низкочастотной к высокочастотной составляющей мощности колебаний ритма сердца.

В покое у 74% спортсменов-гиревиков значение HF_{norm} в среднем была равна 48%. Отношение LF/HF в среднем равнялось 1,1. У 26% спортсменов исследуемой группы HF_{norm} составляла в среднем 58%. Отношение LF/HF в покое в среднем было равно 0,72. У девушек КМС нормализованная спектральная мощность высоких частот в среднем составила 42%, а $LF/HF = 1,38$ единицы.

В зависимости от интенсивности физической нагрузки изменялось соотношение уровней компонентов общей спектральной мощности колебаний ритма сердца. У мужчин снижался уровень Total в среднем от 14320 с² до 675 с² – на 95%, а отношение LF/HF возрастало до 4,5-7,8. У девушек исходная общая спектральная мощность колебаний ритма сердца Total после соревновательной нагрузки снижалась в среднем от 9450 с² до 2835 с², – на 70%, а отношение LF/HF возрастало до 2,26.

После тренировочных нагрузок, интенсивность которых по субъективным оценкам самих спортсменов и тренеров оценивалась как превышающая 80 % от максимальной, преобладание дыхательного компонента $LF/HF < 1$, наблюдалось у 10% спортсменов-гиревиков. Это указывает на то, что и после физической нагрузки у них дыхательный компонент преобладает в регуляции сердечного ритма.

Выяснилось, что 26% спортсменов исследуемой группы, у которых в покое наблюдается $LF/HF < 1$, в соревновательном периоде включают в планы тренировок бег на дистанции от 3 км до 15 км и более. Из них 10% спортсменов-гиревиков, у которых после тренировочной нагрузки отношение $LF/HF < 1$, за одно тренировочное занятие пробегают дистанцию более 7 км.

Восстановительная физическая нагрузка в соревновательный период подразумевает выполнение специальных упражнений с облегченными гирями в течение продолжительного времени. Результаты измерений показали, что после такой тренировки общая спектральная мощность колебаний ритма сердца Total у мужчин возрастала по сравнению с исходной на 10 – 15%, в основном, за счет увеличения спектральной мощности дыхательно-го компонента.

У четырех девушек КМС, после выполнения упражнения рывок с гирей 16 кг в соревновательных условиях (чемпионат г. Чебоксары), обнаружилось возрастание дыхательного компонента HF_{norm} от среднего исходного значения 48% до 56%, $LF/HF = 0,78$. Можно предположить, что у квалифицированных спортсменок выполнение упражнения рывок приводит к увеличению HF_{norm} вследствие высокой степени координации двигательных действий большой амплитуды и дыхательных движений во время выполнения упражнения.

Известно, что выброс крови из сердца и пульсация сосудов зависят от дыхания. На вдохе снижается систолический объем выброса из левого желудочка и увеличивается приток крови к сердцу. Это сопровождается увеличением присасывающей волны крови из периферии. Таким образом, в пульсовом движении крови возникает дополнительная волна – дыхательная, когда в такт дыханию (с частотой меньшей, чем частота пульса) меняется высота пульсовой волны крови. Так парасимпатическая система оказывает модулирующее влияние на активность симпатической системы [5]. Этот вывод полностью подтверждается в гиревом спорте, где от координации рационального дыхания и двигательных действий зависит результат в соревновательных упражнениях.

Выводы:

1. Результаты исследования, проведенного на небольшом количестве спортсменов-гиревиков, требуют уточнения путем привлечения к обследованиям более широкого круга спортсменов различной квалификации.
2. Предположительно, высокий уровень дыхательного компонента в регуляции сердечного ритма является фактором экономичности при выполнении упражнений гиревого спорта.
3. Уровень дыхательного компонента в покое является функцией общей физической выносливости спортсмена, а после физической нагрузки – показателем специальной физической подготовленности.
4. Результаты исследования выявили два метода повышения дыхательного компонента. Первый метод – продолжительный бег на дистанции более 7 км за одно тренировочное занятие. Второй метод – продолжительное выполнение специальных упражнений с облегченными гириями в строгой координации с дыханием (без задержек и натуживания).
5. Снижение МД до 650 с и общей спектральной мощности колебаний ритма сердца на 70% до значений 2835 с² у девушек КМС, позволяют предположить, что соревновательное упражнение рывок с гирей 16 кг для них не является предельной нагрузкой.
6. Границы параметров ВСП у спортсменов – гиревиков, соответствующие допустимым нормам в покое и после физической нагрузки, можно определить следующие: у мужчин – 500 ? Мо ? 1200 с; 675 с² ? Total ? 14320 с²; 0.72 ? LF/HF ? 7,8; у девушек – 650 ? Мо ? 900 с; 1250 с² ? Total ? 9450 с²; 0.78 ? LF/HF ? 2,3.
7. Для научного подтверждения выводов, вытекающих из материалов проведенного исследования ВСП спортсменов – гиревиков необходимо провести педагогический эксперимент.