

© В.Д. Омпоков, В.В. Бороноев

Россия, Улан-Удэ, отдел физических проблем при Президиуме БНЦ СО РАН

© Л.В. Косыгина

Россия, Улан-Удэ, Республиканское агентство по физической культуре и спорту

### **Изменение статистических параметров ритмограммы при динамических нагрузках**

Представлены результаты экспериментальных исследований вариабельности сердечного ритма при динамических нагрузках с использованием автоматизированного пульсодиагностического комплекса.

© V.D. Ompokov, V.V. Boronoyev, L.V. Kosygina

### **Statistical parameters of rhythmograms under physical loads**

The paper shows the results of experimental investigations of heart rhythm variability taking place under physical loads. The investigations are based on the Automated Pulse Diagnostic System.

Развитие средств медицинской диагностики связано с созданием интеллектуальных устройств, интегрирующих современную приборную базу и компьютеризированные методы обработки и анализа биосигналов и принятия решений. Они существенно облегчают труд врачей, способствуют повышению точности и эффективности диагностики. В настоящее время интенсивно развиваются новые медицинские технологии, позволяющие определять стрессовую устойчивость человека и физиологические реакции на стресс, оценивать функциональное состояние организма человека в экстремальных ситуациях. Определяется как экстремальная также и спортивная деятельность человека, поскольку деятельность человека в спорте характеризуется большими физическими нагрузками и высокой психоэмоциональной напряженностью. Для совершенствования методов подготовки спортсменов необходимо оперативно отслеживать динамику процессов приспособления организма к нагрузке и оценивать текущие резервные возможности.

В данной работе была поставлена задача экспериментального изучения изменения статистических характеристик пульсовой волны при динамических нагрузках с помощью автоматизированного пульсодиагностического комплекса, а также оценка функционального состояния организма.

Наиболее обоснованным методом оценки функционального состояния организма является математический анализ вариабельности

сердечного ритма (ВСР) [3]. Математические методы анализа ритмограмм делятся на три больших класса: исследование общей вариабельности (статистические методы или временной анализ), исследование периодических составляющих ВСР (частотный анализ), исследование внутренней организации динамического ряда кардиоинтервалов (автокорреляционный анализ, корреляционная ритмография).

Данный метод был адаптирован для исследования пульсовых сигналов, и для вычисления основных параметров вариабельности разработано программное обеспечение, которое позволяет вычислять статистические и спектральные параметры ритмограмм, анализировать полученные данные и выдавать комментарии. При создании программы особое внимание уделялось возможности раздельной разработки его составных частей. Была выработана общая модель данных, форматы файлов.

Для исследования характеристик пульсовой волны при динамических нагрузках и апробации разработанного программного продукта проведена серия экспериментов. Регистрация пульсовых сигналов проводилась с помощью автоматизированного пульсодиагностического комплекса (АПДК), разрабатываемого в лаборатории пульсовой диагностики Отдела физических проблем при Президиуме БНЦ СО РАН [1, 2]. В эксперименте приняли участие 7 человек в возрасте от 19 до 24 лет: 3 мастера спорта России и 4 кандидата в мастера спорта.

Эксперимент проводился по следующей схеме: вначале в течение 5 минут измерялись характеристики пульса в спокойном состоянии до нагрузки. Затем эта же процедура повторялась в течение 5 минут после максимальной нагрузки и в восстановительном периоде после нагрузки.

Проведен статистический анализ сердечного ритма. Определены основные характеристики ритмограмм: ЧП - частота пульса, СКО - средне-квадратическое отклонение RR-интервалов, Мо - мода, АМо - амплитуда моды и ряд других параметров для каждого состояния испытуемого. В таблице 1 представлены некоторые значения характеристик распределения длительности сердечных циклов в условиях покоя (Ф), во время нагрузки (Н) и в восстановительном периоде после нагрузки (В).

Анализируя статистические характери-

ки сердечного ритма, можно отметить следующие особенности регуляторных процессов.

Самая высокая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы в покое отмечается у испытуемого № 4 (высокое значение ЧСС, амплитуды моды, индекса напряжения), что характеризует сравнительно низкий уровень функционирования организма. Повышенная активность симпатического отдела в покое наблюдается у испытуемых № 5 и № 7. Это указывает на повышенную напряженность систем регуляции. На этом фоне может развиваться перенапряжение, поэтому данный период у них следует считать временем наиболее вероятных срывов адаптации [4]. У испытуемых № 1 и № 6 отмечается достаточно хороший уровень функционирования систем организма.

Таблица 1. Статистические характеристики сердечного ритма

ФИО	ЧП			СКО			Мо			АМо			ИН		
	Ф	Н	В	Ф	Н	В	Ф	Н	В	Ф	Н	В	Ф	Н	В
№ 1	51	105	80	131	22	56	1,3	0,55	0,7	19	72	35	16	1304	164
№ 2	68	119	69	44	10	34	0,85	0,5	0,85	36	89	50	140	1783	296
№ 3	66	-	68	34	-	46	0,9	-	0,85	60	-	37	167	-	144
№ 4	85	115	79	39	9	45	0,7	0,5	0,75	42	97	41	202	1948	274
№ 5	70	98	87	45	19	32	0,85	0,6	0,65	39	78	55	230	646	420
№ 6	53	-	70	122	-	62	1,1	-	0,8	17	-	34	25	-	86
№ 7	64	98	-	42	25	-	0,9	0,6	-	47	74	-	258	690	-

С учетом того факта, что с ростом тренированности в условиях покоя увеличиваются средние величины вариационного размаха и моды, а средние величины амплитуды моды и индекс напряжения значительно падают [4], можно сказать, что наиболее тренированными на момент обследования являются испытуемые № 1 и № 6.

Сдвиги, выявляемые во время физической нагрузки, протекают у испытуемых по-разному: у № 5 и № 7 преимущественно за счет снижения уровня функционирования (ЧСС больше, а ИН меньше), а у № 1, № 2 и № 4 поддержание гомеостаза при адаптации к новым условиям связано с несколько более выраженной активацией симпатoadренальной системы.

В восстановительном периоде после нагрузки у испытуемых была различная (в зависимости от уровня подготовленности) устойчивость систем регуляции и выражен-

ность адаптационных сдвигов. Так, у № 1, 3 и 6 отмечается повышение уровня функционирования после нагрузки и сравнительно низкое напряжение регуляторных систем, что обеспечивает более оптимальные параметры сердечного ритма в восстановительном периоде. У испытуемых № 2, 4 и 5 наблюдается улучшение уровня функционирования и сравнительно высокое напряжение регуляторных систем. То есть в периоде восстановления у них сохраняется более высокая активность центральных механизмов регуляции, что можно расценивать как снижение адаптационных возможностей организма. Следовательно, функциональное состояние сердца после нагрузки у испытуемых № 1, 3 и 6 лучше, чем у остальных.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность построения работающей модели многоуровневого системного анализа пульсовых сигналов при динамических нагрузках. Результаты анализа

110 ских нагрузках. Результаты анализа вариабельности сердечного ритма используются в качестве показателей состояния функциональных систем и человека в целом, для контроля адаптационных реакций организма, оценки текущих резервных возможностей человека и прогнозирования их работоспособности. Данные исследования представляют практический интерес в научно-исследовательской деятельности спортивной педагогики. Возможность достаточно быстрого обследования спортсменов позволяет выявлять проблемные области и выстроить программу тренировок с учетом индивидуальных особенностей.

### *Литература*

1. Автоматизированный пульсодиагностический комплекс тибетской медицины (АПДК). Шифр "Тибет" // Важнейшие законченные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы институтов Сибирского отделения РАН. Мин-во науки и технической политики РФ, СО РАН. - Новосибирск: СО РАН, 1996. - С. 300-301.
2. Азаргаев Л.Н., Бороноев В.В., Тарнуев В.А. Методика работы на автоматизированном пульсодиагностическом комплексе тибетской медицины: пособие для врача. - Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2000. - 88 с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ ритма сердца - М.: Наука, 1984. - 221 с.
4. Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е. Ритм сердца у спортсменов - М.: Физкультура и спорт, 1986. - 144 с.