

УДК 796.92.015:/376.6:378.14/+612

А. А. Тимофеев, кандидат педагогических наук, доцент (БГТУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ СТУДЕНТОВ

В статье предложена эффективная методика компьютерного тестирования функционального состояния студентов на основе статистического анализа сердечного ритма. Создана биологическая плата, позволяющая записывать электрокардиограмму в дорзально-поперечном отведении, и разработано программное обеспечение автоматизированного тестирования. В результате обследований получено большое количество параметров, характеризующих состояние системы кровообращения и ее регуляторных механизмов, позволяющих индивидуализировать учебно-тренировочный процесс физического воспитания студентов.

In this article describes the effective technique of computer-based testing the functional based on statistical analysis of cardiac rhythm. Created biological fee, which allows to record the electrocardiogram in the dorsal-lateral lead. The software automatized testing. The studies received a large number of parameters that characterize the state of the circulatory system and its regulatory mechanisms to individualize the process of physical education students.

Введение. Управление учебно-тренировочным процессом физического воспитания студентов подразумевает оценку тренирующих воздействий на организм занимающихся путем динамического контроля функционального состояния сердечно-сосудистой системы (ССС). И это вполне понятно. Роль системы кровообращения в самых разнообразных реакциях сложно организованных биологических систем очень велика. Система кровообращения обеспечивает снабжение органов и тканей кислородом и питательными веществами, выводит продукты их обмена. Широкий диапазон приспособительных реакций этой системы к изменяющимся условиям внешней среды обеспечивается совершенной и гибкой регуляцией со стороны центральной и вегетативной нервной систем, гуморальными механизмами. Тесная связь кровообращения с другими функциями организма обуславливает возможность исследования реакций сердца и сосудов не как локальных, а как существенного компонента общих ответов организма [1]. Нарушение общих или локальных механизмов гемодинамики наблюдается при переутомлении и физическом перенапряжении, а также при неадекватности используемых нагрузок возможностям организма. Самым информативным показателем ССС является частота сердечных сокращений (ЧСС). Контроль ее изменения может использоваться не только для классификации нагрузок, но и для оценки качества приспособления к ним. Информативность этого показателя возрастает при удлинении времени наблюдения и последующего математического анализа экспериментальных данных. В данном случае исследовалась возможность использования статистического анализа сердечного ритма методами вариационной пульсометрии (ВП) [2] и корре-

ляционной ритмографии (КРГ) [3] для педагогического контроля и оценки функционального состояния студентов.

Впервые статистический анализ сердечного ритма был использован в космической кардиологии и только через 15 лет был принят на вооружение специалистами в области физической культуры и спорта. Трудность использования заключалась в том, что измерение 100 интервалов R-R электрокардиограммы (ЭКГ) осуществлялось вручную и в дальнейшем построение гистограмм предусматривало сложный процесс переноса полученных данных в систему прямоугольных координат. Тип и вид вариационной кривой зависит от состояния вегетативной нервной системы. Обычно вариационные кривые анализируют с точки зрения их положения на оси абсцисс, ширины и формы. Форма вариационных кривых может быть разнообразной, с одной или несколькими вершинами, заостренная или уплощенная. Использование метода ВП, по утверждению Р. М. Баевского [2], дает более полное представление о механизмах, осуществляющих мобилизацию физиологических ресурсов организма во время мышечных напряжений. КРГ или анализ сердечного ритма с помощью попарного распределения интервалов R-R ЭКГ проводится одновременно с ВП. Суть этого метода заключается в том, что на оси абсцисс откладывается длительность первого интервала, а на оси ординат – последующего. Тем самым, на оси абсцисс всегда откладываются предыдущие, а на оси ординат – последующие значения. Совокупность полученных на координатной сетке точек определяет взаимосвязь между соседними интервалами R-R и наглядно отражает характер сердечного ритма по мере изменения функционального состояния занимающегося.

В данной работе трактовка формы и расположения ВП и КРГ осуществлялась по методике, разработанной в Минском радиотехническом институте профессором Т. Н. Шестаковой [4]. Основополагающим моментом явилось создание «биологической платы» (не имеющей до этого аналогов в практике), совместимой с любым компьютером и разработанное программное обеспечение, позволившее полностью автоматизировать процесс тестирования, который занимал не более двух минут. Данная методика доказала свою эффективность в работе со студентами специального медицинского отделения, студентами основного отделения, специализирующимися по различным видам спорта, а также высококвалифицированными спортсменами, членами национальных сборных Республики Беларусь, о чем свидетельствуют полные акты внедрения.

Основная часть. Анализ результатов исследований, проведенных за последние годы, показал, что ВП позволяет удовлетворительно разделить разные уровни функционального состояния ССС, определить угрожающие состояния и нарушения ритма. Ошибка в оценке угрожающих состояний составляет не более 8%, что допустимо в физиологических экспериментах. Следовательно, заключение о функциональном состоянии, основанное на статистическом анализе 100 интервалов R-R ЭКГ, может считаться достаточно надежным. Наиболее информативным параметром является разброс сердечного ритма $\Delta R-R$, определяемый по разнице продолжительности наибольшего и наименьшего значений R-R. Затем по степени значимости идут: величина наиболее часто встречающихся интервалов R-R (R-R_{mo}), ее амплитуда (Amo%), вегетативный показатель ритма (ВПП), расположение и форма ВП. Среднее значение $\Delta R-R$ у здоровых студентов 18–25 лет, не занимающихся спортом, $0,28 \pm 0,10$ с., у спортсменов массовых разрядов – $0,32 \pm 0,09$ с. Как видно, здоровым студентам 18–25 лет в условиях физиологического покоя свойственна нестабильность сердечного ритма, т. е. синусовая аритмия, которая увеличивается с ростом тренированности к физическим нагрузкам. При этом индивидуальные величины разброса сердечного ритма у спортсменов во многом определяются направленностью тренировочного процесса, они значительно больше у спортсменов циклических видов.

При ухудшении функционального состояния ССС у студентов 18–25 лет этот показатель становится либо меньше 0,18 с., либо больше 0,45 с. Нормальное значение R-R_{mo} у здоровых студентов 18–25 лет соответствуют 0,66–1,20 с., (ЧСС 90–50 уд/мин). По мере роста трениро-

ванности к физическим нагрузкам значения достоверно увеличиваются. В подавляющем большинстве случаев вариационные пульсограммы у данного контингента располагаются в зоне 0,66–1,20 с. или слегка сдвинуты в ту или другую сторону, свидетельствуя по форме ВП либо о полной уравновешенности симпатических и парасимпатических влияний, либо о преобладании одного из них, однако в пределах допустимых отклонений. Преобладание вагусных влияний у спортсменов встречается достоверно чаще ($p < 0,001$). Значительное несоответствие формы ВП ее расположению в зоне 0,66–1,20 с. отражает вегетодистанию, неуравновешенность в состоянии механизмов регуляции. Этому соответствуют ВП, расположенные в зоне 0,66–1,20 с., но имеющие форму равнобедренного треугольника, ломаной или прямой линии. По совокупности статистических характеристик выделены критерии нормального функционального состояния и сниженного сопряженного с чрезмерной ваго- или симпатикотонией. Так, при нормальном функциональном состоянии ССС и ее регуляторных механизмов у здоровых молодых людей 18–25 лет отмечаются следующие параметры сердечного ритма: $\Delta R-R$ – 0,18–0,45 с.; R-R_{mo} – 0,66–1,20 с.; Amo% – 15–40; ВПП – 51–400; ВП в зоне 0,66–1,20 с. с основанием в пределах 0,18–0,45 с. Перечисленные статистические характеристики сердечного ритма могут рассматриваться в качестве модельных для студентов специальной медицинской группы. В случае правильно организованного учебного процесса именно эти значения ритма должны появляться у студентов с отклонениями в состоянии здоровья в конце учебного года. О ваготонии свидетельствуют $\Delta R-R > 0,45$ с.; R-R_{mo} < 1,2 с.; Amo% < 15; ВП, смещенная вправо от зоны 0,66–1,20 с. с основанием > 0,45 с. Эти показатели являются модельными для здоровых студентов, не занимающихся спортом.

По мере роста тренированности и улучшения функционального состояния у здоровых студентов нарастает ваготония. При резко выраженной симпатикотонии $\Delta R-R < 0,18$ с.; R-R_{mo} < 0,66 с.; Amo% > 40; ВПП > 400; ВП островершинная или в виде линии, смещена влево от зоны 0,66–1,20 с., имеет узкое основание. Появление подобных вариационных пульсограмм в условиях покоя должно рассматриваться как свидетельство чрезмерно напряженного функционирования ССС и ее регуляторных механизмов. В этом случае необходимо уточнить причину, вызвавшую указанное состояние. Ею может быть большая умственная нагрузка, острое заболевание, психоэмоциональный срыв или неадекватность применяемых мышечных напряжений.

Метод ВП наилучшим образом характеризует состояние ССС. И это понятно, поскольку, с одной стороны, нормальное функционирование этой системы зависит от качества регулирующих влияний, а с другой – нормальное состояние механизмов регуляции возможно лишь при полноценной функции сердца и сосудов. В противном случае неполноценность одного из звеньев ССС вызвала бы компенсаторное напряжение других ее отделов для обеспечения нормального функционирования системы в целом. С этой точки зрения нарастание ваготонии под влиянием физических нагрузок свидетельствует о целесообразности применяемых мышечных напряжений, улучшении экстракардиальных влияний на сердце, расширении функциональных возможностей ССС.

Анализ сердечного ритма методом ВП непосредственно во время мышечной работы выявляет симпатикотонию, которая выражена тем больше, чем больше интенсивность нагрузки и чем меньше адаптация к ней. Справедливость сказанного подтверждена динамическими наблюдениями за одними и теми же лицами в процессе систематических занятий физическими упражнениями. По мере роста адаптации к мышечному напряжению, т. е. по мере роста тренированности здорового и больного человека в однозначных нагрузках, выраженная симпатикотония сменяется умеренной, а умеренная – нормотонией. Это дает основание считать, что анализ сердечного ритма в нагрузках методом ВП может использоваться, во-первых, для контроля над уровнем тренированности, т. е. за качеством влияния учебно-тренировочных нагрузок на организм студентов, и во-вторых, для классификации физических нагрузок по их физиологической стоимости. Анализ сердечного ритма с помощью попарного распределения интервалов R-R ЭКГ проводится, как правило, одновременно с ВП. Анализ сердечного ритма методом КРГ способствует эффективному выявлению экстрасистол и выраженной синусовой аритмии и тем самым позволяет на основании минимального объема информации получать представление о функциональном состоянии ССС. При физиологической синусовой аритмии ($\Delta R-R = 0,28 \pm 0,10$ с.) площадь попарного распределения точек имеет вид эллипса, расположенного вдоль биссектрисы координатного угла в зоне нормальных частот.

При психоэмоциональном напряжении, утомлении и в период инфекционных заболеваний увеличивается ЧСС, уменьшается дисперсия интервалов R-R, зона максимальной плотности расположения точек смещается к нулевой точке системы координат и уменьшается по площади. По мере адаптации ССС и организма

в целом к физическим напряжениям нарастает нестабильность сердечного ритма, и, следовательно, увеличивается степень синусовой аритмии. Площадь точек попарного распределения принимает форму шара, смещается вправо. Обычно выраженную синусовую аритмию связывают с ваготонией, нарастающей по мере совершенствования компенсаторно-приспособительных механизмов, расширения функциональных возможностей ССС. Однако надо полагать, что усиление тонуса парасимпатической нервной системы не может быть беспредельным, ибо чрезмерное его повышение, угнетая и даже подавляя деятельность синусового узла, способствует возникновению серьезных нарушений ритма. Так, при резко выраженной брадикардии с $\Delta R-R > 0,48$ с. метод попарного распределения выявляет множественные суправентрикулярные экстрасистолы в виде дополнительных зон плотности точек. При клиническом анализе ЭКГ такие экстрасистолы обнаружить практически невозможно. Между тем, это имеет принципиальное значение, поскольку при таком нарушении ритма спортивная работоспособность невелика. О снижении спортивной работоспособности свидетельствует также синусовая аритмия с $\Delta R-R$ свыше 0,5 с. В этом случае отмечается полное отсутствие сцепления между двумя соседними интервалами R-R. Точки попарного распределения рассеяны по всему координатному полю. Анализ сердечного ритма с помощью попарного распределения интервалов R-R ЭКГ наглядно отражает динамику ритма по мере изменения функционального состояния организма.

Положительное влияние занятий физической культурой и спортом на организм студентов во многом зависит от правильной дозировки физической нагрузки, что подразумевает соблюдение принципа постепенности и последовательности увеличения однократной дозы воздействия, а также от систематичности этого воздействия и индивидуального подхода к выбору нагрузок. С нашей точки зрения в наилучшей степени обеспечению правильной дозировки тренировочных воздействий способствует изложенная выше методика контроля над влиянием этих нагрузок на организм занимающихся. В этом случае представляется возможным диагностировать функциональное состояние и индивидуальную приспособляемость конкретно каждого студента к различного рода мышечной деятельности, а также выбрать наиболее разумную величину для последующего тренировочного воздействия. Известно, что одним из важнейших структурных элементов управления учебно-тренировочным процессом является контроль. Осуществляя функцию об-

ратной связи, он позволяет вносить коррективы в учебно-тренировочные планы, индивидуализировать физические нагрузки и тем самым способствовать повышению эффективности занятий. Как правило, контроль над состоянием занимающихся является комплексным. Это подразумевает оценку деятельности спортсменов методами педагогики, а реакцию организма на эту работу определяют медико-биологическими методами. С помощью последних можно наиболее точно определить реакцию организма на физические нагрузки, а значит дозировать адекватные физические воздействия, не оказывая вред здоровью и способствуя успешному росту спортивного мастерства. В группе циклических видов спорта особое значение придается контролю над функциональным состоянием, и в частности, за ССС организма, как определяющей уровень развития общей и специальной выносливости, и, следовательно, лимитирующей спортивный результат [5]. Тем самым система управления подготовкой спортсменов подразумевает разработку эффективной и доступной методики получения большого количества информации о ССС и ее критериев в процессе углубленной тренировки. В то же время, все изложенное выше полностью приемлемо к студентам, имеющим отклонения в состоянии здоровья и относящимся к специальной медицинской группе. Это связано с тем, что основной задачей для данного контингента занимающихся является развитие выносливости, и закономерности протекания процессов адаптации организма в этих случаях полностью совпадают.

Заключение. Использование компьютерных технологий в целях диагностики функционального состояния позволяет вместо одного традиционного показателя – ЧСС – получать большое число параметров, характеризующих состояние системы кровообращения и ее регуляторных механизмов. Предложенная методика позволяет с высокой степенью достоверности осуществлять контроль над функциональным состоянием спортсменов в процессе круглогодичной тренировки. В то же время исследова-

ниями доказана возможность оценивать и прогнозировать физическую работоспособность по числовым значениям статистического анализа сердечного ритма в состоянии покоя. Полученными данными установлено, что по динамике ВП и КРГ на физическую нагрузку в ранней стадии восстановления можно выявить качество реакции организма, а, следовательно, планировать адекватные тренировочные нагрузки. В этом случае инструментом воздействия на организм являются упражнения с различной физиологической стоимостью, с помощью которых назначаются те или иные физические нагрузки, вызывающие неблагоприятную реакцию организма. Специалисты в области спортивной педагогики основные трудности применения результатов текущего контроля в управлении учебно-тренировочным процессом видят в сложности его получения. В данном случае, указанные затруднения были решены путем создания эффективной методики, изложенной выше.

Литература

1. Космическая кардиология / В. В. Парин [и др.]. – Л.: Медицина, 1967. – 206 с.
2. Баевский, Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 294 с.
3. Сидоренко, Г. И. Анализ сердечного ритма и его нарушений с помощью попарного распределения R-R интервалов ЭКГ / Г. И. Сидоренко, Г. К. Афанасьев, Я. Г. Никитин // Здоровье Белоруссии. – 1974. – № 10. – С. 7–11.
4. Петров, Н. Н. Основы управления учебным процессом физического воспитания студентов технических вузов: методич. пособие / Н. Н. Петров, Т. Н. Шестакова // Минский радиотехнический ин-т. – Минск, 1981. – 58 с.
5. Тимофеев, А. А. Характеристика функционального состояния лыжников-гонщиков в процессе углубленной тренировки / А. А. Тимофеев // Научные труды ученых Беларуси: «Проблемы физической культуры и спорта», Часть 2. – Минск, 2001. – С. 99–101.

Поступила 15.04.2011