

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЗАНЯТИЙ

А. А. Тимофеев

*Белорусский государственный университет информатики
и радиозлектроники*

Управление учебно-тренировочным процессом физического воспитания студентов подразумевает оценку тренирующих воздействий на организм занимающихся путем динамического контроля за функциональным состоянием 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 (В. В. Парин и соавт., 1967). 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 за ее изменением 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) и корреляционной ритмографии (КРГ) для педагогического контроля и оценки функционального состояния студентов.

Впервые статистический анализ сердечного ритма был использован в космической кардиологии в середине 1960-х гг. и только через десять лет был принят на вооружение специалистами в области физической культуры и спорта. Несомненно, что пальма первенства в этом вопросе принадлежит профессору Т. Н. Шестаковой и научной лаборатории

Минского радиотехнического института, которую она возглавляла. Трудность использования заключалась в том, что измерение 100 интервалов R–R ЭКГ осуществлялось вручную и в дальнейшем построение гистограмм предусматривало сложный процесс переноса полученных данных в систему прямоугольных координат. Математическая обработка полученного числового ряда кардиоинтервалов производилась с помощью ВП и КРГ. Построение вариационных пульсограмм осуществлялось по В. В. Парину. 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, 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. Созданная биологическая плата (не имеющая до этого аналогов в практике), совместимая с любым промышленным компьютером, и разработанное профессором В. М. Колосом программное обеспечение позволили полностью автоматизировать процесс тестирования, который сейчас занимает 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 полученные акты внедрения. Анализ результатов исследований, проведенных в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники (БГУИР) за последние двадцать пять лет, показал, что ВП позволяет удовлетворительно разделить разные уровни функционального состояния ССС, опре-

делить 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, 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 (A_{mo} %), вегетативный показатель ритма (ВПР), 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. При этом индивидуальные величины разброса сердечного ритма у спортсменов во многом определяются направленностью тренировочного процесса, он 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 0,66–1,2 с, (ЧСС 90–50 уд/мин). По мере роста тренированности значения достоверно увеличиваются. В подавляющем большинстве случаев вариационные пульсограммы у данного контингента располагаются в зоне 0,66–1,2 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 0,66–1,2 с отражает вегетодистанию, неуравновешенность в состоянии механизмов регуляции. Этому соответствуют ВП, расположенные в зоне 0,66–1,2 с, но имеющие форму равностороннего 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} – 0,66–1,2 с;

- $A_{mo}\%$ – 15–40;
- ВПР – 51–400;
- ВП в зоне 0,66–1,2 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;
- $A_{mo}\% < 15$;
- ВП, смещенная вправо от зоны 0,66–1,2 с с основанием $> 0,45$ с.

Эти показатели являются модельными для здоровых студентов, не занимающихся спортом. По мере роста тренированности, по мере улучшения функционального состояния у здоровых студентов нарастает ваготония.

При резко выраженной симпатикотонии:

- $\Delta R-R < 0,18$ с;
- $R-R_{mo} < 0,66$ с;
- $A_{mo}\% > 40$;
- ВПР > 400 ;
- ВП островершинная или в виде линии, смещена влево от зоны 0,66–1,2 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, об улучшении экстракардиальных влияний на сердце, о 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 за уровнем тренированности, т. е. за качеством влияния учебно-тренировочных нагрузок на организм студентов, и, во-вторых, для классификации физических нагрузок по степени вызываемого ими возмущения в динамической системе «синусовый узел – вегетативная нервная система».

Анализ сердечного ритма с помощью попарного распределения интервалов R–R ЭКГ или в методе корреляционной ритмографии (КРГ), 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 ($\Delta R-R = 0,28 \pm 0,10$) 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 и 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, от его систематичности и индивидуального подхода к выбору нагрузок.

С нашей точки зрения, в наилучшей степени обеспечению правильной дозировки тренировочных воздействий способствует изложенная выше методика контроля за 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 обратной связи, он позволяет вносить коррективы в учебно-тренировочные планы, индивидуализировать физические нагрузки и тем самым способствовать повышению эффективности занятий. Как правило, контроль за 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. Если участники соревнований показали одинаковый результат, это еще не означает, что их функциональные затраты равнозначны.

В группе циклических видов спорта особое значение придается контролю за функциональным состоянием организма, и в частности за ССС, как определяющей уровень развития общей и специальной выносливости, и, следовательно, лимитирующей спортивный результат. 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, что позволяет говорить об уникальности предложенной методики.

В БГУИР проведены многочисленные исследования по использованию статистического анализа сердечного ритма методами ВП и КРГ в целях диагностики функционального состояния. Эти методы позволяют 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 за функциональным состоянием спортсменов в процессе круглогодичной тренировки. В то же время исследованиями 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. Это позволяет осуществлять текущий контроль, не вызывая дискомфорта у спортсменов, в минимальные сроки и не мешая учебно-тренировочному процессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баевский, Р. Н.* Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р. М. Баевский. – М. : Медицина, 1979. – 294 с.
2. *Парин, В. В.* Космическая кардиология / В. В. Парин [и др.]. – Л. : Медицина, 1967. – 206 с.
3. *Петров, Н. А.* Основы управления учебным процессом физического воспитания студентов технических вузов: метод. пособие / Н. А. Петров, Т. Н. Шестакова. – Минск : Минский радиотехнический институт, 1981. – 58 с.
4. *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 // *Здравоохранение Белоруссии.* – 1974. – № 10. – С. 7–11.
5. *Тимофеев, А. А.* Характеристика функционального состояния лыжников-гонщиков в процессе углубленной тренировки / А. А. Тимофеев // *Проблемы физической культуры и спорта : науч. тр. ученых Беларуси.* – Минск, 2001. – Ч 2. – С. 99–101.
6. *Тимофеев, А. А.* Эффективный метод контроля за ССС как фактор управления учебно-тренировочным процессом лыжников-гонщиков / А. А. Тимофеев // *Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма начала III тысячелетия : материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Мозырь, 2006. – С. 209–210.
7. *Шестакова, Т. Н.* Разработка физиологических характеристик спортсменов с использованием методов телеметрии и математического анализа сердечного ритма / Т. Н. Шестакова // *Основы и методы спортивной ориентации и отбора в отдельных видах спорта : тез. докл. всесоюз. симпозиума.* – М., 1978. – С. 275–277.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

В. М. Колос, А. А. Хатеновская, Н. Я. Петров

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

Государственная политика в укреплении здоровья нации возлагает большие надежды на физическую культуру и спорт. Действительно, наравне с другими сферами человеческой деятельности, физическая культура должна и может внести весомый вклад в дело укрепления здоровья студентов при условии реформирования ряда принципов и подходов в организации учебного процесса.

Вряд ли у кого-нибудь вызовет возражение утверждение, что в ходе двигательной активности всегда взаимодействуют по меньшей мере две стороны: физическая нагрузка (воздействие) и конкретные физиологические