

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

¹Федотова Г.Г., ¹Пожарова Г.В., ¹Гераськина М.А.

¹ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», Саранск, Россия (430007, г. Саранск, ул. Студенческая, 11 А), e-mail: mgpi@moris.ru

Статья посвящена анализу вариабельности сердечного ритма, который является объективным и современным методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме, в частности общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы. Изменение вегетативного баланса в виде активации симпатического звена рассматривается как неспецифический компонент адаптационной реакции в ответ на различные стрессорные воздействия. Изучена активность регуляторных механизмов ритма сердца студентов в течение учебного года. Показано, что процесс адаптации обучающихся к учебной нагрузке сопровождается периодами спада и напряжения активности регуляторных механизмов ритма сердца. Периодом наивысшего напряжения физиологических систем организма студентов является начало учебного года. Наблюдаемое к концу учебного года преобладание парасимпатических механизмов регуляции вызвано процессом постепенно развивающегося утомления.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, функциональное состояние организма, учебная нагрузка, адаптация, утомление

EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ORGANISM STUDENTS BASED HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS

¹Fedotova G.G., ¹Pozharova G.V., ¹Geraskina M.A.

¹Mordovian State Pedagogical Institute named after M.E. Evsevjev, Saransk, Russia (430007, Saransk, Studencheskaya Street, 11 A), e-mail: mgpi@moris.ru

This article analyzes the heart rate variability, which is an objective and modern methods of assessment of the mechanisms of regulation of physiological functions in the body, in particular, a common activity of regulatory mechanisms, neurohormonal regulation of the heart, the relationship between the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system. Changes in the autonomic balance of sympathetic activation level regarded as nonspecific reactions adaptive component in response to various stress influences. The activity of the regulatory mechanisms of cardiac rhythm students during the school year. It is shown that the process of adaptation of students to the teaching load is accompanied by periods of recession and stresses the activity of regulatory mechanisms of cardiac rhythm. The period of highest tension of physiological systems of the body of students is the beginning of the school year. Observed by the end of the school year prevalence of parasympathetic regulation mechanisms caused by a gradual process of developing fatigue.

Keywords: cardiovascular system, heart rate variability, the functional state of the body, teaching load, adaptation, fatigue

Организм студентов в процессе учебной деятельности вынужден приспосабливаться к требованиям современной высшей школы путем изменения уровня функционирования отдельных систем и соответствующего напряжения регуляторных механизмов. Без объективной оценки функционального состояния организма и динамики его изменений под влиянием совокупности учебных нагрузок невозможна оптимизация учебной деятельности студентов. Проблема оценки функционального состояния организма связана с разработкой методов донологической диагностики [3]. Система кровообращения рассматривается как чувствительный индикатор адаптационных реакций организма, а вариабельность сердечного ритма хорошо отражает степень напряжения регуляторных систем в ответ на любое

стрессорное воздействие [1, 5]. Методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме является метод математического анализа сердечного ритма [2].

Анализ variability сердечного ритма (ВСР) позволяет судить о возможности количественной оценки вегетативного гомеостаза по математико-статистическим показателям сердечного ритма, что дает возможность характеризовать изменения уровня функционального состояния организма при отсутствии сдвигов основных физиологических показателей. Гомеостаз может быть сохранен благодаря активизации энергетических механизмов, повышению тонуса симпатической нервной системы. Такого рода изменения нередко возникают в процессе повседневной деятельности студентов. Применение данного подхода особенно важно в случаях длительных психоэмоциональных напряжений, связанных с учебной деятельностью [4].

Целью нашего исследования явилось изучение динамики variability сердечного ритма студентов факультета физической культуры в течение учебного года.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на базе Регионального научно-практического центра физической культуры и здорового образа жизни среди студентов 1–2-го курсов, занимающихся по вузовской программе. Все обследуемые лица были согласны на проводимое исследование. Статистические параметры сердечного ритма изучались методикой вариационной гистографии 100 кардиоциклов у 32 студентов (16 юношей и 16 девушек) 1-го курса и у тех же студентов 2-го курса одновременно с комплексом других показателей. Исследования проводились дважды в течение дня (до начала занятий и после их окончания), дважды в течение недели (понедельник, пятница) и дважды в течение каждого учебного года (октябрь – I семестр, март – II семестр).

Гистографический анализ 100 кардиоциклов R–R-интервалов по Р.М. Баевскому (2001) с расчетом моды (M_0), амплитуды моды (A_{M_0}), вариационного размаха ($M \times DM_n$), индекса напряжения (ИН) проводился с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард-Экспресс», предназначенного для оценки показателя активности регуляторных систем организма на основе анализа ВСР. Математический анализ осуществлялся с помощью компьютерного программного обеспечения регистрации и анализа ЭКГ EScreen. Программа обеспечивала автоматическую регистрацию и анализ R–R-интервалов с построением кардиоинтервалограмм, которые в математическом блоке программы подвергались обработке, и выдавался ряд показателей, характеризующих параметры динамики сердечного ритма. На основе гистографического анализа оценивали статистические показатели

кардиоритма. Для сопоставления типов реагирования с исходными значениями ИН вычисляли критерий Пирсона (χ^2).

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования анализ параметров сердечного ритма у одних и тех же испытуемых на 1-м и 2-м курсах показал, что значимых возрастных изменений регуляции сердечного ритма от первого ко второму курсу не происходит (табл. 1).

Таблица 1

Статистические характеристики сердечного ритма у студентов в течение учебного года (средние значения по всей группе)

Показатели		Mo, с	A _{Mo} , %	MxDMn,с	ИН, отн. ед
1 курс					
Период исследования					
октябрь	до занятий	0,64±0,02	36,7±0,9	0,24±0,02	116,8±4,1
	после занятий	0,74±0,01	31,9±1,1	0,30±0,01	73,6±3,8
март	до занятий	0,76±0,01	35,5±1,3	0,29±0,01	90,2±3,1
	после занятий	0,83±0,01	30,2±0,7	0,33±0,01	58,6±2,9
2 курс					
октябрь	до занятий	0,71±0,01	39,1±0,9	0,21±0,01	145,3±7,4
	после занятий	0,82±0,01	32,5±1,1	0,30±0,01	82,1±7,2
март	до занятий	0,75±0,01	31,7±0,9	0,29±0,01	89,9±3,6
	после занятий	0,83±0,01	28,9±1,3	0,34±0,01	87,9±2,3

Наиболее существенны изменения регуляции хронотропной функции сердца в динамике учебного дня и учебного года. Так, на протяжении учебного года в среднем по группе, как у первокурсников, так и второкурсников, изменяется исходное (до занятий) функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. В начале учебного года отмечен довольно высокий уровень симпатических влияний (Mo = 0,64–0,65 с, MxDMn = 0,22–0,26 с) и центральной регуляции (ИН>110), характеризующих состояние «мобилизационной готовности» к работе.

Во втором исследовании (март) уровень симпатических влияний и центральной регуляции на деятельность сердца в исходном состоянии значительно ниже, усиливаются парасимпатические влияния: увеличивается MxDMn, а ИН снижается на 20–30% и на 1-м, и на 2-м курсах (p<0,01). Закономерность этих изменений четко проявляется как у юношей, так и у девушек (табл. 2).

В течение учебного дня на протяжении каждого учебного года отмечена устойчивая реакция организма студентов на учебную нагрузку, которая характеризовалась усилением парасимпатических влияний (достоверное увеличение Mo и MxDMn) и снижением уровня центральной регуляции (достоверное снижение ИН). Интенсивность дневных изменений регуляции хронотропной функции сердца хорошо иллюстрируют показатели адаптивности,

рассчитанные по интегральному показателю (ИН) как отношение разницы величины показателя до и после занятий к исходному уровню (в %).

Таблица 2

Динамика статистических характеристик сердечного ритма у студентов
в течение учебного года

Показатели		Пол испытуемых	Mo, с	A _{Mo} , %	MxDMn,с	ИН, отн. ед.
1-й курс						
Период исследования						
март	до занятий	юноши	0,65±0,02	35,9±1,2	0,26±0,01	134,1±10,2
	после занятий		0,76±0,01	30,9±1,3	0,32±0,01	86,8±7,4
март	до занятий	юноши	0,64±0,01	37,1±1,7	0,22±0,01	159,9±9,3
	после занятий		0,72±0,01	33,0±2,4	0,28±0,01	103,2±6,8
март	до занятий	девушки	0,74±0,02	34,7±1,3	0,30±0,01	74,6±4,3
	после занятий		0,86±0,01	28,2±1,7	0,36±0,01	46,7±2,7
март	до занятий	девушки	0,78±0,03	36,3±1,9	0,29±0,01	105,9±7,4
	после занятий		0,81±0,02	32,1±2,1	0,30±0,01	69,8±3,3
2-й курс						
октябрь	до занятий	юноши	0,72±0,01	39,1±2,4	0,21±0,01	138,5±9,1
	после занятий		0,83±0,01	31,8±1,7	0,33±0,01	61,4±3,1
	до занятий	девушки	0,68±0,01	39,0±1,7	0,21±0,01	134,6±7,6
	после занятий		0,78±0,01	33,4±1,3	0,27±0,01	79,5±6,3
март	до занятий	юноши	0,77±0,01	29,8±1,6	0,31±0,01	68,4±4,9
	после занятий		0,86±0,01	27,6±1,7	0,32±0,01	51,8±4,1
	до занятий	девушки	0,73±0,01	33,7±2,2	0,29±0,01	89,9±3,2
	после занятий		0,80±0,01	29,2±1,8	0,34±0,01	54,7±3,7

Показатель адаптивности (П_{Ад}) первокурсников одинаков как у юношей, так и девушек, соответственно 35–36% и 35–39%, и не изменяется на протяжении учебного года. У второкурсников П_{Ад} составляет 56% (юноши) и 41% (девушки) в первом исследовании (до занятий) и значительно ниже (24% и 29% соответственно) во втором (после занятий). Устойчивую реакцию организма на повседневную учебную деятельность можно рассматривать как реакцию приспособления, сформировавшуюся в процессе адаптации к учебной деятельности.

Снижение уровня симпатических и усиление парасимпатических влияний, снижение уровня центральной регуляции деятельности сердца во втором исследовании как на 1-м, так и на 2-м курсе свидетельствует об общем снижении уровня активации сердечно-сосудистой системы. По-видимому, это связано с утомлением организма, развивающимся к концу второго полугодия как самого трудоемкого семестра учебного года.

Для определения влияния совокупности учебных нагрузок у каждого испытуемого проведен анализ уровня функционирования и характера реагирования на нагрузку по динамике статистических параметров сердечного ритма. Для такой оценки предложены градации функционального состояния по величинам ИН — интегрального показателя,

характеризующего баланс уровней регулирования, обеспечивающих оптимальный уровень деятельности сердца: $ИН > 180$ – напряжение, $ИН = 180-60$ – адаптивное регулирование, $ИН < 60$ – сниженный уровень активации сердечно-сосудистой системы. Согласно указанным грациям ИН во всех исследованиях показал их достоверное перераспределение в течение дня: на 1-м курсе распределение по группам не менялось в течение года, а на 2-м курсе – менялось значительно от I ко II семестру. На 1-м курсе 28% студентов начинают учебный день при сниженном уровне активации сердечно-сосудистой системы, число таких обучающихся достоверно увеличивается к концу учебных занятий до 57% ($p < 0,01$). У 26% студентов до занятий отмечено напряжение сердечно-сосудистой системы, а к концу занятий их число не превышает 10% ($p > 0,05$). Число учащихся, у которых реакция сердца находится в зоне адаптивных изменений, снижается в течение дня с 46% до 33% ($p > 0,05$).

На 2-м курсе выявлена аналогичная дневная динамика: увеличивается число студентов со сниженным уровнем активации сердечно-сосудистой системы с 22% до 67% ($p < 0,01$) от начала к концу занятий в октябре, а во втором исследовании – во II семестре увеличивается как их число до занятий (52%), так и после них (71%). Таким образом, больше половины всех студентов 1–2-х курсов заканчивают учебный день при сниженном уровне активации сердечно-сосудистой системы, характеризующемся резким снижением тонуса симпатических влияний, усилением парасимпатических влияний и децентрализацией управления сердечным ритмом. Полученные результаты подтверждают известную закономерность – чем выше уровень активности симпатического отдела вегетативной нервной системы, тем выше готовность к действию всех органов и систем организма и ниже степень утомления.

Подобный анализ динамики регуляции сердечного ритма позволяет не только проследить за изменением функционального состояния организма студентов в течение учебного дня, недели и года, но и определить группы учащихся, для которых выполнение повседневной учебной работы связано с утомлением, не компенсирующимся отдыхом перед следующим учебным днем и накапливающимся в течение учебного года.

Для оценки функционального состояния организма проведен анализ типов реагирования сердечно-сосудистой системы на учебную нагрузку. С этой целью определялся характер динамики показателей сердечного ритма (ИН) в течение дня у каждого испытуемого. Наиболее выраженные изменения типов реагирования выявлялись по уровню индекса напряжения. Так, выделено три типа реакций реагирования в течение дня под влиянием учебных занятий: первый – с достоверным снижением ИН (на 20–50%) от начала к концу занятий; второй – с достоверным повышением ИН (на 20–50%) от начала к концу

занятий; третий – незначительные изменения ИН (<20%) в сторону увеличения или снижения.

Анализ распределения обучающихся по типам реагирования показал, что на 1-м и 2-м курсах у большинства студентов (соответственно 63% и 68%) отмечен первый тип реагирования на учебную нагрузку, второй тип – у 17% на 1-м курсе и у 15% студентов 2-го курса, третий тип – соответственно у 20% и 17% обучающихся. Таким образом, первый тип реакций с высоким уровнем мобилизационной готовности к предстоящей работе и закономерным изменением регуляции деятельности сердца при утомлении является наиболее благоприятным и встречается у большинства студентов 1-го и 2-го курса. Второй тип реагирования, характеризующийся повышением напряжения регуляторных механизмов в процессе деятельности, является менее благоприятным, но свидетельствует о наличии функциональных резервов организма и встречается у небольшого числа студентов. При третьем типе реагирования важно учитывать и уровень функционирования величины ИН в исходном состоянии. Если величина ИН в исходном состоянии в пределах 80–160, то неизменность ИН под влиянием учебной нагрузки можно рассматривать как устойчивость реагирования при нагрузках, не превышающих функциональные возможности. Однако, если ИН в исходном состоянии <60, то третий тип реагирования нужно считать неблагоприятным, так как он характеризуется отсутствием функциональных резервов при сниженных функциональных возможностях.

Для определения прогностической ценности типов реагирования сопоставили тип реакций с исходными значениями ИН путем вычисления величины соответствия по критерию Пирсона (χ^2) между типом реагирования и исходными значениями ИН у исследуемых студентов. В процессе сопоставления оказалось, что у студентов, имеющих ИН в пределах 60–160, достоверно чаще отмечается первый тип реакций ($\chi^2 = 18$ при $n' = 1$, $p < 0,01$), а второй и третий типы реакций одинаково часто встречаются при разных значениях ИН ($\chi^2 = 2,6$ при $n' = 1$, $p > 0,01$).

Специальный анализ проведен по сопоставлению динамики изменений регуляции сердечного ритма и динамики комплексных параметров умственной работоспособности. Сопоставление показателей проводилось в двух вариантах:

1) оценивалось влияние исходного состояния организма (по показателям ИН до занятий) на динамику работоспособности, т.е. сопоставлялись степень утомления после занятий и уровень исходного функционального состояния;

2) соотносились показатели ИН и степень утомления после занятий.

В результате анализа установлено, что исходно низкий уровень активации сердечно-сосудистой системы наиболее часто связан с утомлением, развивающимся к концу учебных

занятий. Так, среди первокурсников, имеющих до занятий ИН<60, в 3 раза чаще встречаются в конце занятий утомленные студенты, чем неутомленные ($\chi^2 = 6,07$ при $n' = 1$, $p < 0,01$). Среди студентов 2-го курса, имевших до занятий ИН<60, достоверно чаще отмечено после занятий выраженное и резко выраженное утомление ($\chi^2 = 6,96$ при $n' = 1$, $p < 0,01$). Эти данные свидетельствуют о достаточно высокой прогностической ценности ИН для оценки функционального состояния организма и его реакции на совокупность учебных нагрузок.

Проведенное исследование показало, что в процессе учебных занятий у студентов 1-го и 2-го курса отмечаются закономерные изменения регуляции сердечного ритма, отражающие изменения функционального состояния организма, а характер и интенсивность этой реакции служат мерой ее «физиологической стоимости». Показано, что у большего числа студентов под влиянием учебной деятельности развивается утомление, причем исходный уровень функционального состояния организма имеет решающее значение в развитии утомления, которое накапливается в течение учебного года, существенно увеличивая число обучающихся со сниженным уровнем активации сердечно-сосудистой системы до занятий.

Выводы

1. Процесс адаптации студентов к учебной нагрузке сопровождается периодами спада и напряжения в функциональном состоянии регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы.
2. Периодом наивысшего напряжения физиологических систем организма и активации симпатических механизмов регуляции ритма сердца для студентов является начало учебного года. Несколько заниженный уровень индекса напряжения к окончанию II семестра обусловлен более экономным механизмом адаптации сердечно-сосудистой системы студентов.
3. Преобладание парасимпатической регуляции, наблюдаемое к окончанию II семестра, вызвано процессом утомления, обусловленным каждодневными учебными нагрузками.
4. Для предупреждения развития в организме отрицательных последствий утомления необходима научно обоснованная регламентация учебной деятельности студентов в сочетании с периодическим контролем соответствующих специалистов.

Список литературы

1. Ардашев А.В., Лоскутов А.Ю. Практические аспекты современных методов анализа variability сердечного ритма: научное издание. – М.: Медпрактика-М, 2011. – 128 с.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 65–87.

3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику: монография. – М.: Слово, 2008. – 216 с.
4. Голышенков С.П., Тайрова М.Р. Значение исходного состояния в реакции системы гемостаза на физическую нагрузку до утомления // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 4. – С. 98–104.
5. Котельников С.А., Ноздрачёв А.Д., Одинак М.М. Физиологические механизмы, лежащие в основе вариабельности ритма сердца // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 130–143.

Рецензенты:

Мосина Л.М., д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии Медицинского института Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, г. Саранск;

Шубина О.С., д.б.н., профессор кафедры биологии, географии и методик обучения ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», г. Саранск.