

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА СТУДЕНТОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИИ

Разрабатывались критерии оценки и прогноза эффективности учебно-тренировочного процесса студентов по показателям кардиоинтервалографии. На основе дискриминантного анализа результатов исследования создана статистическая модель, представленная набором линейных дискриминантных функций. По результатам двигательных тестов и значениям показателей кардиоинтервалографии вычисляются классификационные функции ( $y_1$  и  $y_2$ ). Сравнивая значения функций, мы принимаем решение об отнесении объекта к 1-й (студенты с удовлетворительной адаптацией) или 2-й группе (наблюдаются признаки напряжения механизмов адаптации).

**Ключевые слова:** футбол, вариабельность сердечного ритма, физиологический мониторинг, адаптация, функциональное состояние организма.

Адаптация к комплексу новых факторов, специфичных для вузов, представляет собой сложный многоуровневый социально-психофизиологический процесс (рис. 1) и сопровождается значительным напряжением компенсаторно-приспособительных систем организма студентов [3]. Наряду с высоким адаптационным потенциалом к комплексу факторов социального и природного окружения существует высокий риск нарушения здоровья [2]. Как заинтересованная сторона вуз должен выступать инициатором и организатором целенаправленной и эффективной работы по сохранению, реабилитации и приумножению здоровья студенческого контингента. Особое значение отводится занятиям по физической культуре. При планировании режима двигательной нагрузки в основном уделяют внимание только состоянию здоровья и не учитывают уровень функционального состояния организма.

«Цена» приспособительных реакций организма к физическим нагрузкам может выступать как одна из лимитирующих характеристик функционального состояния и в значительной мере будет зависеть от специфики направленности тренировочного процесса [3]. Необходимость использования достижений науки в спорте неоднократно отмечалась специалистами физической культуры. Слабая технологическая вооруженность и недос-

таточная эффективность практики физического воспитания наряду с резким снижением уровня здоровья и продолжительности жизни населения России, с одной стороны, приоритет здоровья в программах социального развития физической культуры – с другой, стимулируют научный поиск, и возникает необходимость пересмотра прежних концепций физического воспитания.

Внедрение образовательных технологий в систему физического воспитания Томского государственного университета позволило освободить спортивную деятельность от стандартизации учебного процесса и привело к вариативности оздоровительных занятий на основе применения индивидуальных методик [8]. Применение дифференцировки и индивидуализации учебно-тренировочного процесса с учетом физкультурно-спортивных интересов, состояния здоровья, уровня физической подготовленности и функционального состояния организма позволит повысить эффективность нагрузок на занятиях физической культурой. Для оптимизации содержания двигательной нагрузки необходимо использовать знания об особенностях индивидуального морфофункционального и психологического статуса обучающегося. Такой индивидуальный подход в процессе физического воспитания позволит достичь высокой всесторонней работоспособности.

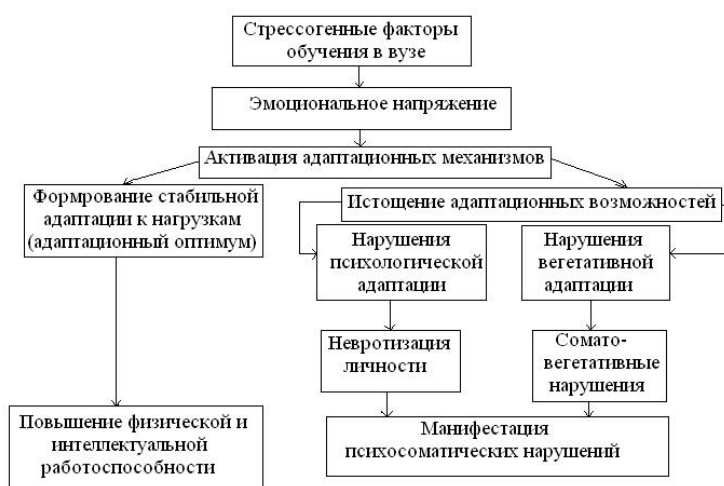


Рис. 1. Активация адаптационных механизмов

Целью исследования является разработка критериев оценки и прогноза эффективности учебно-тренировочного процесса студентов специализации «футбол» по показателям кардиоинтервалографии.

Были обследованы 100 студентов I и II курсов Томского государственного университета, занимающиеся на кафедре физического воспитания и спорта, специализация «футбол». Возраст юношей составил 16–

19 лет. Все обследуемые входили в основную медицинскую группу. В соответствии с целью и задачами эксперимента тренировочный процесс был направлен на формирование скоростной (анаэробной) выносливости, скоростно-силовых физических качеств и ловкости. Исследование проводилось в три этапа: I этап – начало учебного года, 1-й курс (сентябрь–октябрь); II этап – конец учебного года, 1-й курс (март–апрель); III этап – начало учебного года, 2-й курс (сентябрь–октябрь). Для изучения состояния механизмов регуляции сердечного ритма использовался метод кардиоинтервалографии. Исследовалась общая вариабельность сердечного ритма с помощью методики Р.М. Баевского.

Для разработки алгоритмов донозологического мониторинга применяется оценка различных физиологических показателей и их взаимосвязь. В ходе работы был использован дискриминантный анализ (Discriminant Function Analysis). Данный метод относится к системе методов классификации «с учителем». Цель анализа состоит в том, чтобы на основе измерения различных характеристик (признаков, параметров) объекта классифицировать его, т.е. отнести к одной из нескольких групп (классов) некоторым оптимальным способом. Под оптимальным способом понимается либо минимум математического ожидания потерь, либо минимум вероятности ложной классификации. Результатом дискриминантного анализа является статистическая модель, представленная набором линейных дискриминантных функций, определяющих границы принятия решения в пользу той или иной группы (класса). Количество линейных дискриминантных функций равно количеству групп. Линейная дискриминантная функция представляет собой линейную

комбинацию переменных (показателей), включенных в модель:

$$Y = a \cdot X + b,$$

где  $Y$  – значение линейной дискриминантной функции;  $X$  – определяющая переменная;  $a$  – коэффициент при определяющей переменной;  $b$  – независимая константа.

Так как массив экспериментальных данных накапливается, то эти коэффициенты постоянно уточняются.

Для определения значимых факторов были исследованы следующие показатели: возраст, антропометрические данные (уровень гармонического и физического развития), данные кардиоинтервалографии (исходный уровень функционирования, напряжение систем регуляции, функциональные возможности сердца и систем регуляции сердечного ритма), результаты тестов общей физической подготовки. По данным кардиоинтервалографии юноши были разделены на две группы: 1) студенты с удовлетворительной адаптацией ( $n = 50$ ); 2) студенты с признаками напряжения механизмов адаптации ( $n = 50$ ).

При сравнении показателей сердечного ритма фоновой пробы в 1-й и 2-й группах наблюдались следующие изменения:  $\Delta X$  (вариационный размах) достоверно увеличивается во 2-й группе (рис. 2, А). Это свидетельствует об увеличении активности функционирования парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. ИН (индекс напряжения) достоверно снижается в 1-й группе наблюдения, а во 2-й группе достоверно увеличивается. Это говорит о том, что в 1-й группе наблюдается снижение централизации управлением ритма сердца (рис. 2, Б). ВПР (вегетативный показатель ритма) достоверно ниже в 1-й группе наблюдения. Это говорит о преобладании парасимпатической нервной регуляции (рис. 2, В).

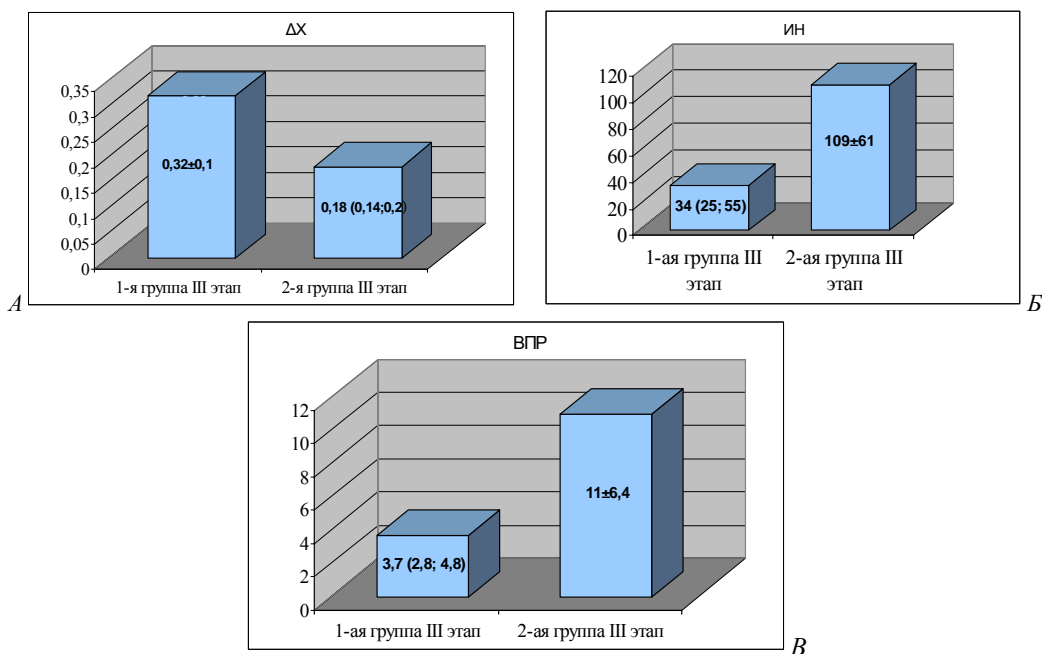


Рис. 2. Характеристика сердечного ритма фоновой пробы

Результаты представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения, если закон распределения этих данных нормальный, и в виде медианы, 25-го и 75-го перцентиля, если закон распределения данных не

известен. Статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) между группами по всем показателям.

На рис. 3 отражены показатели, которые достоверно изменялись ( $p < 0,05$ ) в течение всего периода наблюде-

ния в 1-й группе наблюдения. Результаты, полученные на I этапе наблюдения (сентябрь–октябрь), были условно взяты за 100%. Показатели фоновой пробы 2-го и 3-го этапов наблюдения представлены относительно 100%-го уровня. В целом наблюдается увеличение парасимпатических влияний на ритм сердца при неизменном уровне функционирования симпатического отдела

и умеренной активности гуморальной регуляции. Реализующий путь управления ритмом сердца – нервный канал регуляции, не наблюдается централизации управления и активности адренергических механизмов. При сравнении результатов наблюдений на втором и третьем этапах отмечается также снижение активности гуморальной регуляции.

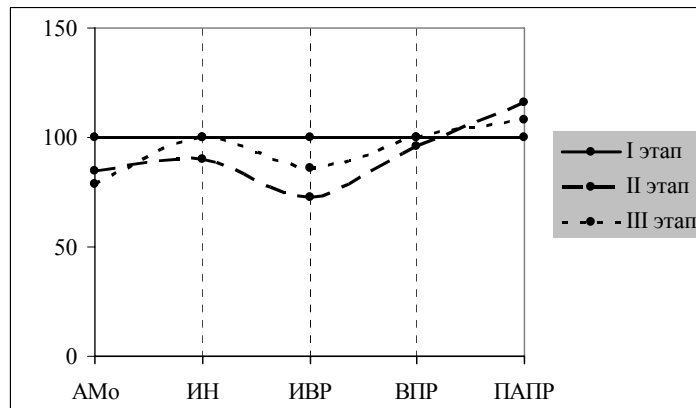


Рис. 3. Характеристика сердечного ритма в динамике 1-й группы наблюдения

На рис. 4 отражены показатели, которые достоверно ( $p < 0,05$ ) изменялись в течение всего периода наблюдения во 2-й группе наблюдения. Здесь в целом наблюдается увеличение симпатических влияний на ритм сердца. При сравнении результатов наблюдений на втором и третьем этапах отмечается большее увеличение влияния симпатической нервной системы.

Полученные результаты соответствуют данным литературы. В процессе формирования адаптации к физическим нагрузкам уменьшается реакция адренергической системы на непредельные стандартные нагрузки. Это связано с более экономным функционированием центрального нейрогенного звена управления адаптации в тренированном организме.

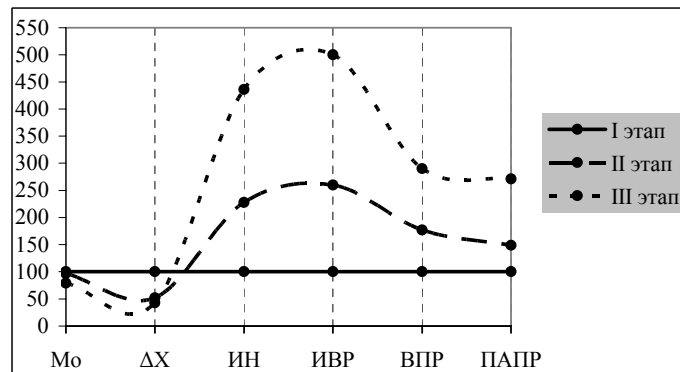


Рис. 4. Характеристика сердечного ритма в динамике 2-й группы наблюдения

Для классификации был использован пошаговый метод с включением (Forward stepwise) для построения модели. С помощью этого метода на каждом шаге оценивается вклад в функцию дискриминации не включенных в модель переменных. Переменная, дающая наибольший вклад, включается в модель, далее происходит переход к следующему шагу.

Были выполнены следующие этапы: первичный отбор признаков для построения модели; набор обучающей выборки (группы юношей, у которых регистрируются отобранные признаки); отбор информативных признаков (таблица). При дискриминантном анализе мы формируем канонические переменные, которые характеризуют комплекс взаимосвязанных показателей. С точки зрения теории функциональных систем анализ взаимосвязей в био-

логической системе направлен на определение структуры доминирующей в данных условиях функциональной системы. Таким путем мы подходим к пониманию механизма управления функциями и мониторинга его нарушений при переходе от здоровья к болезни.

В ходе проведенного анализа были выделены следующие информативные («значимые») переменные: данные кардиоинтервалографии (АМо, Мо, LF/HF) и результаты тестов физической подготовленности (тест на выносливость, быстроту и силу). Таким образом, сократилось число переменных, описывающих зависимость.

Мо – это диапазон значений наиболее часто встречающихся кардиоинтервалов. Мо является отражением активности функционирования гуморального канала регуляции [1, 2, 4]. АМо – это число кардиоинтервалов,

соответствующим значению (диапазону) Мо (% от общего количества кардиоинтервалов). Этот показатель отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца. В основном эффект обусловлен влиянием симпатического отдела вегетативной нервной системы. АМо характеризует нервный канал регуляции [1, 2, 4]. По данным спектрального анализа сердечного ритма вычисляется индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) [1]. Мощность медлен-

ных волн первого порядка (вазомоторных волн, или LF-компонент) характеризует состояние системы регуляции сосудистого тонуса. Вазомоторные волны еще определяют как маркер симпатической модуляции [7]. Мощность дыхательных волн (HF-компонент) характеризует активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (эфферентная активность блуждающих нервов) [7]. Дыхательные волны являются маркером модуляции блуждающего нерва [6].

#### Информативные переменные, выделенные в ходе дискриминантного анализа

Показатель	Wilks' Lambda	Toler.	p-level
Результаты теста на выносливость	0,844446	0,944743	0,002279
АМо	0,864262	0,698603	0,000170
Результаты теста на быстроту	0,821796	0,916914	0,047890
Мо	0,843115	0,685878	0,002720
Результаты теста на силовую подготовку	0,820029	0,909169	0,060952
LF/HF	0,810587	0,981707	0,222990
<i>Wilks' Lambda: 0,79980</i>			

*Примечание.* Wilks' Lambda – полученные значения; Toler – значения толерантности переменных, которые были включены в модель; p-level – значения уровня p; Wilks' Lambda – критическое значение.

Для каждого показателя были вычислены коэффициенты, что позволило записать классификационные функции. Так как мы проводим разделение на 2 группы, статистическую модель представим следующим образом:

$$y_1 = 22,979 \cdot x_1 + 0,591 \cdot x_2 - 0,179 \cdot x_3 + 98,047 \cdot x_4 + 0,353 \cdot x_5 + 0,701 \cdot x_6 - 176,481;$$

$$y_2 = 23,829 \cdot x_1 + 0,499 \cdot x_2 - 0,084 \cdot x_3 + 92,983 \cdot x_4 + 0,496 \cdot x_5 + 1,018 \cdot x_6 - 182,646,$$

где  $y_1$  – классификационная функция, описывающая 1-ю группу;  $y_2$  – классификационная функция, описывающая 2-ю группу;  $x_1$  – результаты теста на выносливость;  $x_2$  – значения АМо;  $x_3$  – результаты теста на скорость;  $x_4$  – значения Мо;  $x_5$  – результаты теста на силовую подготовку;  $x_6$  – значение LF/HF.

Следовательно, зная результаты двигательных тестов и значения показателей кардиоинтервалографии, мы можем вычислить  $y_1$  и  $y_2$ . Сравнив значения функций, мы принимаем решение об отнесении объекта к 1-й или 2-й группе:

–  $y_1 > y_2$ , объект относится к 1-й группе, которая характеризуется удовлетворительной адаптацией;

–  $y_1 < y_2$ , объект относится ко 2-й группе, где наблюдаются признаки напряжения механизмов адаптации.

Полученная статистическая модель может быть использована для проведения мониторинга функционального состояния организма. Используя информативные показатели, выделенные в ходе дискриминантного анализа, мы проводим классификацию на 2 группы по уровню адаптации. Такое разделение дает возможность корректировать учебно-тренировочный процесс с учетом функционального состояния организма и уровнем развития двигательных качеств. Особое внимание стоит уделять при планировании двигательной нагрузки студентам, которые были отнесены во 2-ю группу. У юношей с удовлетворительной адаптацией отмечается более выраженный сдвиг вегетативного гомеостаза как в покое, так и в ортостазе в сторону преобладания парасимпатических влияний, что проявляется в снижении индекса напряжения, моды, частоты сердечных сокращений. Уровень физической подготовленности у студентов с удовлетворительной адаптацией выше по следующим двигательным качествам: скоростно-силовые качества и удар на точность. Для оценки и прогноза эффективности физической тренировки студентов значимыми являются следующие параметры: характеристики сердечного ритма (АМо, Мо, LF, HF) и результаты тестов физической подготовленности (тест на выносливость, быстроту и силу).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108–126.
2. Баевский Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиологических наук. 2006. Т. 37, № 3. С. 42–57.
3. Казин Э.М., Варич Л.А. Особенности психофизиологической адаптации студентов факультета физической культуры, специализирующихся в разных видах спорта, к условиям обучения в вузе // Физиология человека. 2005. Т. 31, № 1. С. 77–81.
4. Капителич Л.В. Методы функционально-диагностических исследований. Томск, 2005. С. 36–45.
5. Краткая характеристика и методика развития основных физических качеств: Метод. рекомендации для студ. гуманит. вузов / Сост. И.В. Лосева, Г.Ю. Голубев, И.А. Герасимова, А.В. Пудов. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2002. 28 с.
6. Мамий В.И. Спектральный анализ и интерпретация спектральных составляющих колебаний ритма сердца // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 2. С. 52–60.
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода. Иваново, 2000. 200 с.
8. Шилько В.Г. Личностно-ориентированный подход в физическом воспитании студентов // Вестник ТГУ. 2004. № 283. С. 205–210.

Статья представлена научной редакцией «Психология и педагогика» 15 декабря 2008 г.