

УДК 612.014

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

*Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю., Никифоров И.Р.*

Статья посвящена оценке индивидуального профиля функционального состояния организма испытуемых с различным типом вегетативной регуляции. Показано, что испытуемые-ваготоники характеризуются наиболее высокими, а симпатотоники – низкими интегральными показателями функционального состояния организма. Методом кластерного анализа показано наличие разных механизмов поддержания гомеостаза и регуляции функционального состояния у испытуемых с разным тоном вегетативной нервной системы.

**Ключевые слова:** вариабельность ритма сердца, нормотоники, симпатотоники, ваготоники, индивидуальный профиль функционального состояния.

### ВВЕДЕНИЕ

По мнению некоторых авторов [1, 2], вся информация о состоянии биологического объекта заложена в модуляции биоритмов организма и, в первую очередь, в изменении ритмической активности сердца, а, следовательно, может быть использована для оценки параметров вегетативного гомеостаза – одного из важнейших показателей, характеризующих функциональное состояние (ФС) организма. Изменение ритма сердца при различных состояниях организма и в различных условиях среды рассматривается как достаточно объективный индикатор адаптационных реакций [2, 3]. В связи с этим, сердце и сердечно-сосудистая система (в отличие от традиционного анатомо-физиологического понимания их функций) составляют мощный информационный канал, несущий значительный объем информации, первичным источником которой могут быть все без исключения органы и системы организма [4]. Следовательно, новейшим направлением оценки ФС организма является разработка и усовершенствование информационных способов диагностики на основе комплексного многофакторного подхода к анализу сердечного ритма.

Применение математического анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) и комплексной оценки сердечно-сосудистой системы (включая характеристики пульса, сердечного ритма, артериального давления, минутного объема, гомеостаза и т.д.) на практике доказало свою эффективность и перспективность для донологической диагностики заболеваний, в том числе при проведении массовых обследований населения. Следует отметить, что с помощью современных

компьютерных технологий математический анализ ВСР можно провести всего за несколько минут, что является крайне важным для массовых обследований и мониторингования ФС.

Известно, что различные физиологические показатели, используемые в оценке ФС организма, имеют разную информативность, различные отклонения от нормы у испытуемых в зависимости от индивидуальных особенностей и, поэтому вносят неодинаковый вклад в получение окончательного результата. Это дает основание ввести понятие индивидуальный профиль функционального состояния (ИПФС), как комплекс показателей, характеризующих исходное фс организма.

Наши предыдущие исследования [5] показали высокую эффективность применения системы комплексного компьютерного исследования «Омега-М», основанной на анализе ВСР, для оценки особенностей системы вегетативного управления сердцем (СВУС), активность которой, по нашему мнению, вносит наибольший вклад в ИПФС. Однако остается неизученным ИПФС организма испытуемых, принадлежащих к различным типологическим группам, отличающимся в частности, типом вегетативной регуляции. Вместе с тем, данное исследование представляется весьма актуальным, так как, во-первых, значительно дополняет классические способы оценки ритма сердца и, во-вторых, позволяет количественно оценить состояние различных регуляторных систем и всего организма в целом у испытуемых с различным тонусом вегетативной нервной системы (ВНС).

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление ИПФС организма испытуемых с различным тонусом ВНС.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 93 студента-волонтера женского пола в возрасте 20-25 лет, условно здоровых, без признаков сердечно-сосудистой и дыхательной патологии. Все испытуемые по индексу напряженности (ИН) [2, 6] были разделены на 3 группы: нормотоники – 56% ( $50 \leq \text{ИН} \leq 200$  усл.ед.;  $n = 53$  чел.), ваготоники – 27% ( $\text{ИН} \leq 50$  усл.ед.;  $n = 25$  чел.) и симпатотоники – 17% ( $\text{ИН} \geq 200$  усл.ед.;  $n = 15$  чел.).

Исследование проводилось в утренние часы в тихом, хорошо проветриваемом помещении с постоянной температурой  $+20 - +22 \text{ C}^0$ . Перед началом исследования испытуемым давали время расслабиться, успокоиться. Работу начинали с регистрации ЭКГ сигнала в первом стандартном отведении с помощью системы комплексного компьютерного исследования функционального состояния человека «Омега-М» (Производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург). Регистрацию проводили в положении сидя при спокойном дыхании в течение 3-5 минут, то есть времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов.

В качестве методов оценки ИПФС были использованы: метод вариационной пульсометрии, спектральный анализ ВСР (в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [7]) и принципиально новый метод

фрактальной нейродинамики, позволяющий получить интегральные характеристики ФС испытуемых (табл. 1).

Таблица 1.

**Основные методы оценки функционального состояния организма**

№ пп	Краткие обозначения	Наименования показателей	Физиологическая интерпретация
Показатели вариационной пульсометрии ВСР			
1	Si, ИН	Индекс напряжения регуляторных систем	Степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими [2]
Показатели спектрального анализа ритма сердца			
2	TP	Суммарная мощность спектра ВСР (мс <sup>2</sup> )	Суммарный абсолютный уровень активности регуляторных систем [7, 8]
3	HF, (%)	Мощность спектра высокочастотного компонента variability (в % от суммарной мощности колебаний)	Относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции ритма сердца [7, 8]
4	LF, (%)	Мощность спектра низкочастотного компонента variability (в % от суммарной мощности колебаний)	Относительный уровень активности вазомоторного центра [7, 8]
5	VLF, (%)	Мощность спектра очень низкочастотного компонента variability (в % от суммарной мощности колебаний)	Относительный уровень активности симпатического звена ВНС [7, 8]
Интегральные показатели ФС			
6	A	Показатель адаптации	Степень активности автономного контура регуляции ритма сердца [4, 9]
7	B	Показатель вегетативной регуляции	Степень активности вегетативного контура регуляции ритма сердца [4, 9]
8	C	Показатель центральной регуляции	Степень активности гипоталамо-гипофизарной системы (ГГС) [4, 9]
9	D	Показатель психоэмоционального состояния	Степень активности центральной нервной системы [4, 9]
10	Health	Интегральный показатель ФС испытуемых	Характеризует общее функциональное состояние [4, 9]

Фрактальный анализ биоритмов является одним из методов, который позволяет выделить связь между различными уровнями регуляции физиологических функций организма. Поскольку фракталоподобные структуры в динамике сердечной и мозговой деятельности свидетельствуют, что в каждой из систем находится информация о каждой, существует проблема определения таких преобразований, которые бы по поведению одной системы в организме могли предсказывать динамику состояния всего организма. Применение математических методов анализа нелинейных систем, устройство и поведение которых подобны друг другу в различных временных и пространственных масштабах, дает основание для успешного решения этой проблемы [4]. Главная идея используемой методики заключена в том, что любые вегетативные функции, будь-то ритмическая активность сердца, изменение температуры, колебание уровня сахара и так далее, содержат в себе всю полноту информации о протекании данных процессов на всех уровнях управления ими. И что самое важное, в них будет отражаться функция всего организма в целом [4].

Известно, что колебания временного ряда кардиоинтервалов обладают самоподобными свойством, то есть отмечается повторяемость свойств в различных временных масштабах [10]. Поскольку сердечно-сосудистая система человека самоорганизована таким способом, что не имеет характерной шкалы длительности или времени, разумно было бы ожидать нарушения ее структуры из-за какого-либо отклонения в ФС. Поэтому, применение фрактального анализа биоритмов позволяет получить более полную информацию о состоянии биологических объектов и существенно дополнить существующие классические методы анализа сердечного ритма.

Нейродинамический метод обработки ритмограмм представляет собой способ преобразования сигналов  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$ ,  $f_4(t)$  и  $f_5(t)$  в кодовую комбинацию по двоичному основанию, состоящую из последовательности импульсов, все параметры которых одинаковы [9].

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика»; г. Санкт-Петербург) и «Статистика 6.0». Для изучения интегральных характеристик показателей использовали кластерный анализ методом  $k$ -средних ( $k$ -means clustering), который является многомерным статистическим методом, служит адекватным инструментом оценки многокомпонентных реакций организма и позволяет находить скрытые связи как внутри функциональных систем, так и между ними [11].

Для нормирования значений показателей использовали коэффициент сдвига ( $K$ ) этих показателей по отношению к значениям, полученным в группе нормотоников в %, рассчитанный по формуле:

$$k = \left( \frac{H - K_{1,2}}{K_{1,2}} \right) \times 100$$

где  $H$  – значения показателей, полученные в группе нормотоников;

$K_{1,2}$  – полученные в группе симпато- (1) и ваготоников (2) соответственно.

Достоверность различий полученных данных определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектральный анализ, который широко используется как неинвазивный метод изучения вегетативной регуляции сердца [12], ярко продемонстрировал достоверные различия изученных показателей у испытуемых выделенных групп (табл. 2; рис. 1).

**Таблица 2.**  
**Показатели спектрального анализа сердечного ритма у испытуемых выделенных групп ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )**

Показатель	Группы испытуемых		
	Нормотоники (I) n=53	Ваготоники (II) n=25	Симпатотоники (III) n=15
HF %	26,2±1,6 p <sub>II</sub> <0.05 p <sub>III</sub> <0.001	34,0±4,1 p <sub>I</sub> <0.05 p <sub>III</sub> <0.001	14,2±1,6 p <sub>I</sub> <0.001 p <sub>II</sub> <0.001
LF %	39,3±1,9	33,9±3,0	39,9±3,7
VLF %	39,5±4,5	33,4± 2,7 p <sub>III</sub> <0.05	46,1±3,6 p <sub>II</sub> <0.05
LF/HF	1,57±0,63	0,92±0,51	3,21±0,61
TOTAL, мс <sup>2</sup>	2028,9±118,8 p <sub>II</sub> <0.001 p <sub>III</sub> <0.001	4697,8± 274,0 p <sub>I</sub> <0.001 p <sub>III</sub> <0.001	706,4±148,7 p <sub>I</sub> <0.001 p <sub>II</sub> <0.001
ИЦ	41,5±2,0	35,3± 2,8 p <sub>III</sub> <0.001	49,7±3,5 p <sub>II</sub> <0.001

Примечание: p<sub>I-III</sub> — достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении значений в группах испытуемых, обозначенных I-III соответственно.

В частности, у нормотоников было зарегистрировано превалирование в спектре низкочастотных (LF и VLF) компонентов над высокочастотным компонентом HF (LF/HF=1,57±0,63) (табл. 2). У симпатотоников наблюдалось превалирование VLF-модуляций и значительное преобладание LF над HF компонентой (LF/HF на 200% выше, чем у нормотоников) (табл. 2; рис. 1), а у ваготоников – примерно одинаковое соотношение всех компонентов спектра, о чем свидетельствует соотношение LF/HF компонентов спектра близкое к 1 (табл. 2). Вместе с тем, в общую мощность спектра, у испытуемых-ваготоников наибольший вклад вносили высокочастотные компоненты спектра (HF), у симпатотоников – VLF, а у нормотоников – LF компоненты (табл. 2; рис. 1).

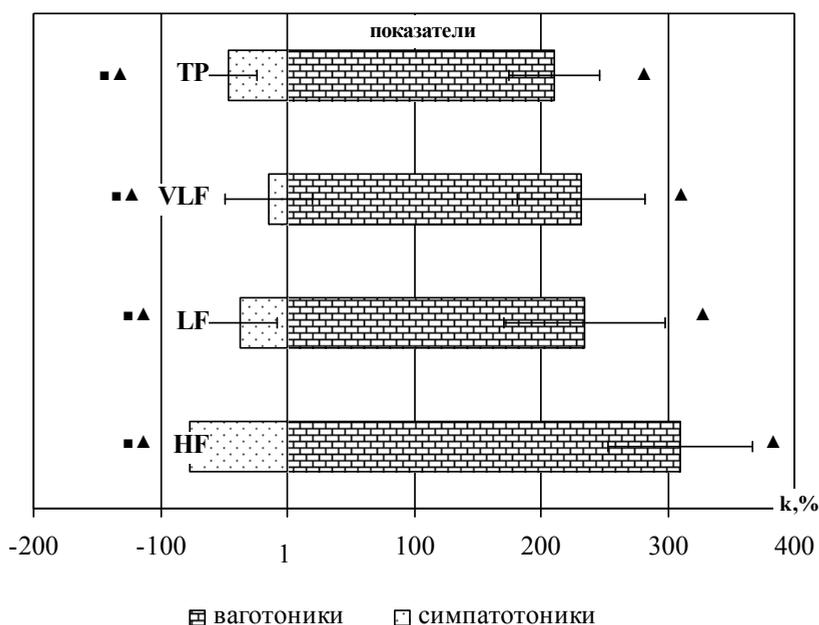


Рис. 1. Значения коэффициента сдвига (k,%) спектральных характеристик ВСП у испытуемых симато- и ваготоников по отношению к значениям, полученным в группе нормотоников.

Примечание: ▲ – достоверность отличий ( $p < 0,05$ ) по t-критерию Стьюдента относительно значений в группе нормотоников;

■ – относительно значений в группе ваготоников.

Известно, что на частоту и интенсивность колебаний ритма сердца влияют нейрогенный и гуморальный каналы регуляции [7]. Многочисленные экспериментальные данные указывают на то, что спектр ВСП, получаемый при анализе коротких (3-5 минутных) фрагментов ритмограмм, имеет исключительно нейрогенную природу. Поскольку как высокочастотный, так и оба низкочастотных компонента в спектре ВСП исчезают после денервации сердца [13], нет их у пациентов с трансплантированным сердцем [14] и у плодов – анэнцефалов [15], то нейрогенная природа этих феноменов сомнений не вызывает [2]. Картина исчезновения как дыхательных, так и обоих низкочастотных составляющих ВСП совпадает со смертью мозга [16]. Следовательно, первопричиной их появления служат колебания активности ВНС [14].

В настоящее время считается установленным, что HF компонента спектра, или дыхательные волны, обусловлены вагусной активностью [17, 18], тогда как LF составляющая, по мнению многих авторов, характеризует состояние симпатического отдела ВНС [17] и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра) [19, 20]. Поэтому при повышении тонуса симпатического отдела значительно возрастают значения показателя LF/HF [8], что

зарегистрировано в нашем исследовании у симпатотоников. По другой гипотезе, низкочастотные компоненты спектра являются центрогенными: их порождает нейронная сеть ствола мозга, которая определяет колебания интенсивности потока импульсов как симпатических, так и парасимпатических кардиомоторных нейронов с периодом около 10 секунд, т.е. на частоте около 0,1 Гц [21]. Что касается модуляции VLF-волн, то природа их до конца еще не ясна. Спектральная мощность VLF, по мнению многих зарубежных авторов [19, 20], характеризует активность симпатического отдела ВНС. По мнению других авторов [22], VLF отражает церебральные эрготропные влияния на нижележащие уровни и позволяет судить о функциональном состоянии мозга, поскольку амплитуда VLF тесно связана с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. Существуют также данные о том, что мощность спектра в VLF диапазоне может использоваться как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнями. По данным других авторов [14], VLF является хорошим индикатором управления метаболическими процессами. О тесной связи VLF-компоненты ВСП с метаболическими процессами в организме свидетельствуют исследования, в которых показано, что суточная динамика уровня концентрации в сыворотке крови гормона жировых клеток – лептина – полностью повторяет суточную динамику VLF-диапазона [23].

Следовательно, полученные нами данные о преобладании низкочастотных компонентов спектра у испытуемых – нормотоников (табл. 2; рис. 1) могут свидетельствовать о значительной активации у волонтеров данной группы симпатических влияний на сердечный ритм. Сведения о равном соотношении мощностей всех изученных компонентов спектра и наименьших среди всех испытуемых значениях мощности спектра в VLF диапазоне у ваготоников (табл. 2; рис. 1) указывают на вегетативный баланс организма и наибольшую автономность регуляции сердечного ритма у испытуемых этой группы. Вместе с тем, превалирование в спектре мощности ВСП у симпатотоников VLF-компоненты (табл. 2; рис. 1) подтверждает значительное преобладание симпатических и надсегментарных влияний и отражает повышенную активность центрального, нейрогуморального и метаболического уровней регуляции [22] у испытуемых данной группы.

Полученные результаты могут быть дополнены данными оценки общей мощности спектра у испытуемых выделенных групп. Так, общая мощность спектра у ваготоников оказалась выше, чем у нормотоников и тем более у симпатотоников в 2,23 и 6,65 ( $p < 0,05$ ) раза соответственно (табл. 2; рис. 1).

Поскольку известно, что чем выше общая мощность спектра, тем более выражены адаптационные возможности организма [1], то можно сделать вывод о оптимальных адаптационных возможностях этой системы у ваготоников. Кроме того, согласно литературным данным [12], во время симпатической активации тахикардия обычно сопровождается снижением общей мощности спектра, в то время как во время вагусной стимуляции наблюдается обратная картина. Учитывая выше приведенные данные, снижение общей мощности спектра у испытуемых-симпатотоников может быть связано со значительной активацией центров

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ

симпатической регуляции СВУС и большим влиянием центрального контура регуляции на сердечный ритм. Полученные нами данные согласуются с литературными данными [12] и могут отражать индивидуальные особенности испытуемых.

Поскольку в прикладной физиологии и клинической медицине ВСР используется не только для изучения СВУС, но и для оценки состояния здоровья, функциональных резервов, особенностей регуляции и адаптационных реакций организма, то на следующем этапе, анализировали интегральные показатели ФС, которые дают возможность свести в единое целое информацию со всех уровней регуляции организма испытуемых (табл. 3; рис. 2)

**Таблица 3.**

**Интегральные показатели функционального состояния организма испытуемых**  
( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Показатели	Группы испытуемых		
	Нормотоники (I)	Ваготоники (II)	Симпатотоники (III)
A	62,4±1,8 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	86,6±2,2 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	25,8±3,5 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001
B	66±2,5 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	96,9±0,5 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	22,3±4,2 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>I</sub> <0,001
C	57±1,9 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	74,2±1,9 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	33±5,1 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001
D	58,3±1,6 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	76,9±1,7 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	33,2±4,5 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001
Health	60,9±1,8 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	83,6±1,3 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	28,6±4,1 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001

Примечание: p<sub>I-III</sub> — достоверность отличий по критерию Стьюдента при сравнении значений в группах испытуемых, обозначенных I-III соответственно

Таким образом, фи-комплекс отражает активность регулирующего механизма, избирательно отделяющего индивидуальное от социального и связан с принятием решения согласия или же несогласия [12].

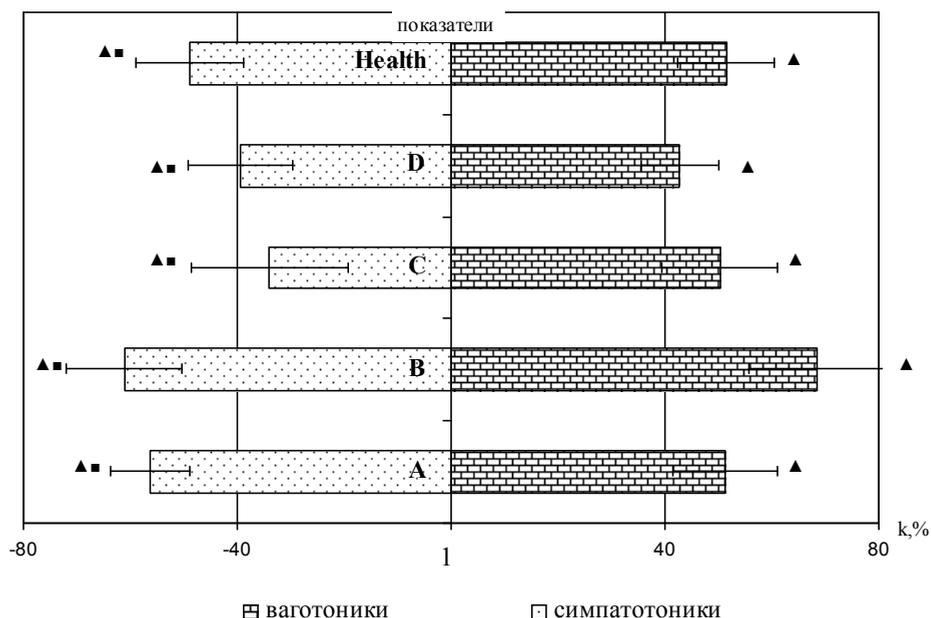


Рис. 2. Значения коэффициента сдвига (k,%) интегральных показателей ФС у испытуемых симато- и ваготоников по отношению к значениям, полученным в группе нормотоников.

Примечание: ▲ – достоверность отличий ( $p < 0,05$ ) по t-критерию Стьюдента относительно значений в группе нормотоников;

■ – относительно значений в группе ваготоников.

У испытуемых-симпатотоников были зарегистрированы наиболее низкие значения интегрального показателя ФС (Health) (на 49%;  $p < 0,05$  ниже, чем у нормотоников; табл. 3; рис. 2). Подобные изменения у испытуемых данной группы регистрировали относительно значений остальных интегральных показателей ФС. Так, показатель активности автономного уровня регуляции (А) был на 56%, вегетативного (В) – на 61%, гипоталамо-гипофизарного (С) – на 34%, центрального (D) – на 49% ( $p < 0,05$ ) ниже, чем у нормотоников (табл. 3; рис. 2). У испытуемых-ваготоников, напротив, были зарегистрированы наиболее высокие значения интегральных показателей ФС (табл. 3; рис. 2), свидетельствующие об оптимальном функционировании организма. Следовательно, испытуемые-симпатотоники характеризовались наименьшими значениями всех интегральных показателей, нормотоники демонстрировали средние значения, а ваготоники – наиболее высокие значения интегральных показателей, отражающих ИПФС.

Следует отметить, наибольшие различия среди испытуемых выделенных групп были зарегистрированы в отношении показателей активности автономного (А) и вегетативного уровней регуляции (В) (табл. 3; рис. 2), характеризующих активность регуляции физиологических функций на уровне сердца и симпато-вагусный баланс организма испытуемых. Следовательно, полученные нами данные могут

свидетельствовать о нарушениях в работе автономного и вегетативного контуров регуляции у испытуемых-симпатотоников и оптимальном их уровне у ваготоников.

Важно подчеркнуть, что ВНС выполняет в организме две основные функции: сохранение и поддержание гомеостаза (поддержание в пределах физиологической нормы артериального давления, частоты сердечных сокращений, температуры тела, биохимических показателей и т.д.), а также отвечает за мобилизацию функциональных систем организма для адаптации к изменениям условий окружающей среды, т.е. функцию приспособления. Поэтому, учитывая, что все процессы в организме человека так или иначе, связаны с ВНС, вполне возможно, что в основе различий в ИПФС испытуемых лежит разный тонус ВНС.

Поскольку все изученные показатели ВСР и ФН тесно связаны между собой (увеличение одних приводит к снижению других) [4, 9], то представляет определенный интерес проследить изменения их взаимосвязи у испытуемых с разным тономусом ВНС. Такие взаимосвязи можно установить с помощью кластерного анализа (рис. 3).

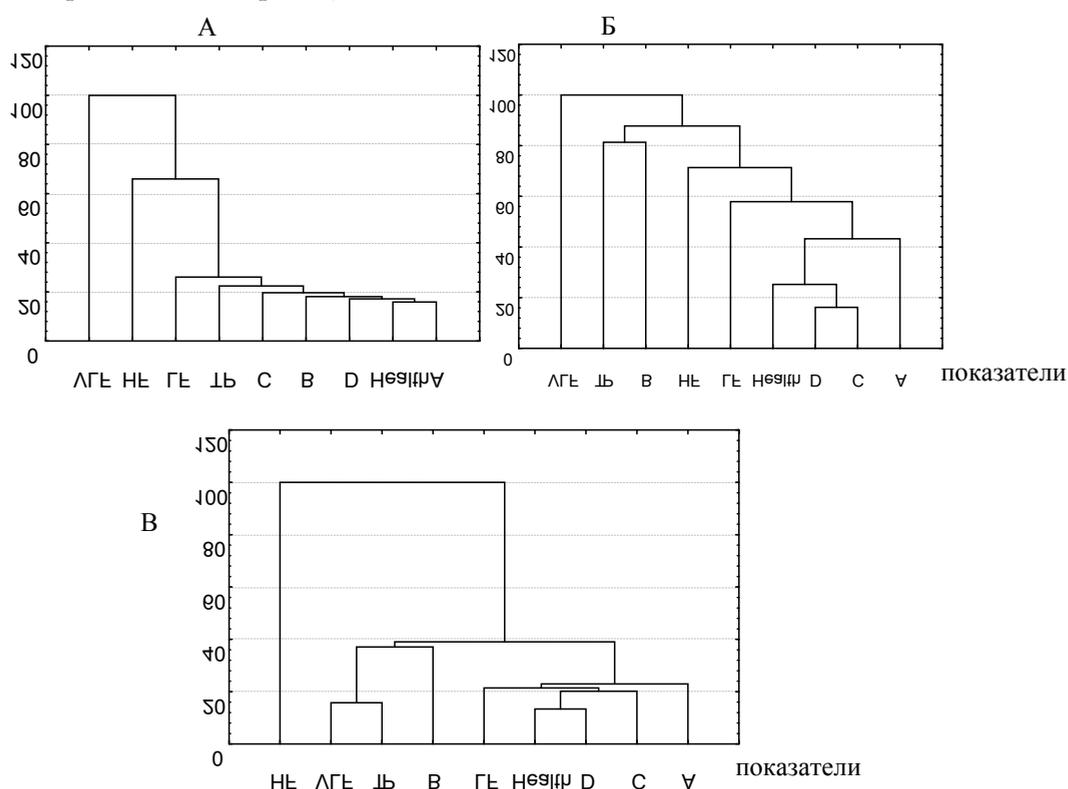


Рис. 3. Дендрограммы кластерного анализа спектральных и интегральных характеристик ВСР и ФС у испытуемых выделенных групп: А – нормотоников, Б – ваготоников, В – симпатотоников.

Так, дендрограмма кластерного анализа показателей спектрального и фрактального анализов, построенная путем иерархического объединения их в

кластеры все более высокой общности на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, у испытуемых-нормотоников (рис. 3-А) содержала 5 кластеров, в которые объединялись исследуемые нами показатели. Первый кластер содержал интегральные характеристики А, В, С, D, Health, на которые в большей степени оказывали влияние показатели TP, LF и HF, что подтверждает полученные ранее данные о симпато-вагусном балансе организма у испытуемых этой группы.

В дендрограмме испытуемых-ваготоников также были зарегистрированы 5 кластеров (рис. 3-Б). В первый кластер объединились интегральные показатели А, С, D и Health. На этот кластер оказывает влияние второй, содержащий один элемент – мощность низкочастотного компонента спектра (LF), которая отражает активность симпатической нервной системы. На оба описанных кластера опосредованно влияет третий кластер, в который входит мощность спектра в высокочастотном диапазоне (HF), которая у испытуемых данной группы была максимальной и отражает активность автономного контура регуляции [7, 14]. В четвертый объединились показатели общей мощности спектра (TP) и активности вегетативного уровня регуляции (В), что дает основание полагать, что регуляторные процессы у данных испытуемых не связаны с изменением мощности только одного из спектральных компонентов в отдельности, а в целом зависят от изменения общей мощности всех компонентов. Наибольшая длина связи с изученными показателями у испытуемых данной группы, зарегистрирована для мощности спектра в VLF-диапазоне, которая отражает влияние надсегментарных уровней регуляции и парасимпатического звена ВНС [22] и была минимальной у этих испытуемых. Следовательно, на изученные показатели ФС у испытуемых-ваготоников наибольшее влияние оказывает парасимпатическая нервная система и вегетативный контур регуляции.

У испытуемых-симпатотоников в первый кластер с интегральными показателями ФС была объединена спектральная мощность волн в LF диапазоне (рис. 3-В). Это может свидетельствовать о том, что наибольший вклад в ФС данных испытуемых вносит активность симпатического компонента ВНС (маркером которой и является мощность в LF диапазоне) [17, 19], что и было зарегистрировано в нашем исследовании методом спектрального анализа. Кроме того, выделен кластер, объединяющий показатели VLF и TP (рис. 3-В), что подтверждает полученные нами данные о значительном вкладе в общую мощность спектра VLF компоненты и свидетельствует о преобладании у данных испытуемых влияний со стороны ГГС [22]. Этот кластер опосредованно связан с показателем вегетативного уровня регуляции (В). Это свидетельствует о том, что значительно сниженные адаптационные возможности и высокая активность надсегментарных уровней, зарегистрированные у испытуемых данной группы, вызваны нарушением вегетативной регуляции. Наибольшую длину связи с изученными показателями регистрировали в отношении HF компонентов спектра, что может свидетельствовать о минимальном вкладе автономного контура регуляции и парасимпатической НС (маркером которых является мощность в HF диапазоне) в ФС испытуемых-симпатотоников.

Полученные нами данные кластерного анализа позволяют судить о наличии разных механизмов поддержания гомеостаза и регуляции ФС у испытуемых с

разным тономусом ВНС. Кроме того, результаты исследования позволяют использовать интегральные характеристики, полученные методом фрактального анализа ВСР, в качестве маркеров оценки ИПФС испытуемых.

Таким образом, проведенное исследование показало высокую эффективность применения системы «Омега-М» для оценки ИПФС организма человека. Показано, что испытуемые-ваготоники имеют наиболее оптимальные показатели ИПФС по сравнению с испытуемыми других групп. Отмечены группы студентов с нарушениями ФС организма, что по-видимому является результатом преренапряжения регуляторных систем и мобилизацией резервных возможностей организма. К ним относятся, в первую очередь, симпатотоники и, в меньшей степени, нормотоники. Поскольку, испытуемые симпато- и нормотоники вместе составляют большинство среди волонтеров, полученные нами данные свидетельствуют, что доминирующим в динамике структуры здоровья студентов является рост числа лиц с функциональным напряжением регуляторных систем и адаптационных механизмов.

Следовательно, результаты настоящего исследования позволяют сделать вывод о наличии индивидуально-типологических особенностей ФС у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции.

### ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования доказали высокую эффективность применения системы комплексного компьютерного исследования «Омега-М» для оценки индивидуального профиля функционального состояния организма человека.
2. Ваготоники характеризуются наиболее высокими, а симпатотоники – низкими интегральными показателями функционального состояния организма.
3. Данные кластерного анализа свидетельствуют о наличии разных механизмов поддержания гомеостаза и регуляции функционального состояния у испытуемых с разным тономусом вегетативной нервной системы.

### Список литературы

1. Динамика мощности низко- и высокочастотного диапазонов спектра variability сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца с различной тяжестью коронарного атеросклероза в ходе нагрузочных проб. / А.Р.Киселев, В.И. Гриднев, О.М.Посненкова [и др.] // Физиология человека. – Т. 34, №3. – 2008. – С. 57-64.
2. Баевский Р.М. Классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестник РАМН СССР. – 1989. – № 8. – С. 73-78.
3. Казначеев В.П., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Донозологическая диагностика в практике массовых обследований населения. – Л.: Медицина, 1989. – 208с.
4. Смирнов К.Ю., Смирнов Ю.А. Разработка и исследование методов математического моделирования и анализа биоэлектрических сигналов. – С-Пб, 2001. – 43с.
5. Чуян Е.Н. Комплексный подход к оценке функционального состояния организма студентов // Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова М.Ю. Раваева // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2008. – Том 21 (60), №1. – С. 123-140.
6. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.

7. Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования // *Вестн. Аритмол.* – 1999. – №11. – С. 53-78.
8. Исследование вариабельности сердечного ритма с использованием пакета программ «КардиоКит»: метод. рекомендации.– СПб: Биосигнал, 2003. – 45 с.
9. Обоснование аппаратно-программных методов, предназначенных для скрининг-диагностики внутренних заболеваний и для оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе диспансеризации военнослужащих и пенсионеров МО: отчет о научно-исслед. работе. – СПб: Изд-во ВМА, 2002. – 77 с.
10. Kobayashi M. Musha T. I/f fluctuation of heartbeat period // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* 1982. V. 29. P. 456.
11. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. Монография / Т.К. Бреус, С.М. Чибисов, Р.М. Баевский, К.В. Шебзухов. – М.: Изд-во Рос. ун-та Дружбы народов, 2002. – 232 с.
12. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практ. применения. Иваново: Гос. мед. академия, 2002.– 290 с.
13. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / Akselrod S.D., Gordon D., Ubel F.A. [et al]. // *Science.* – 1981. – Vol. 213, N 4503. – P. 220-222.
14. Spectral analysis of heart rate variability following human of heart transplantation: evidence for functional enervation / [Fallen E.L., Kamath M.V., Chista D.N., Fitchelt D] // *J. Auton. Nerv. Syst.* – 1988. – V. 23. – P. 199.
15. Neurological control. of fetal heart ratele in 20 cases of anencephalic fetuses / [Terao T., Kawashima Y, Noto H.] // *Amyk. J. Obstet. Gynecol.* – 1984. – Vol. 149. – P. 201.
16. Heart rate variability in the fetus. In *Heart rale variability* / [Hirsich M., Karin J., Akserod S.] // Armonk. N.Y. Futura Publisching Company. Inc. – 1995. – P. 517.
17. Richter D. W., Spyer K. M. Cardiorespiratory control: Central regulation of autonomic functions. – N.Y.: Oxford Univ. Press, 1990. – P. 189-207.
18. Respiratory sinus arrhythmia and central respiratory drive in humans / [Al-Ani M., Forkins A.S., Townend J.N., Coote J.H] // *Clin. Sci (Colch).* – 1996. – Vol. 90, N 3. – P. 235-41.
19. Karemaker J.M. Analysis of blood pressure and heart rate variability: theoretical consideration and clinical applicability // *Clinical autonomic disorders. Evaluation and management* / Ed. P. A. Low. – Boston etc.: Little Brown and Co., 1993. – P. 315-330.
20. Borst C., Karemaker J.M. Time delays in the human baroreceptor reflex // *J. Auton. Nerv. Syst.* – 1983. – Vol. 9. - N 2/3. – P. 399 – 409.
21. Vascular resistance and arterial pressure low-frequency oscillations in the anesthetized dog / [Cevese A., Grasso R., Poltronieri R., Schena F].// *Am. J. Physiol.* – 1995. – Vol. 268, N 1. – P. H7-H16.
22. Оценка симпатических и парасимпатических механизмов регуляции при вегетативных пароксизмах / [Н.Б.Хаспекова, Х.К.Алиева, Г.М.Дюкова] // *Советская медицина.* – 1989. – № 9. – С. 25-28.
23. A novel pathophysiological phenomenon in cachexic patients with chronic obstructive pulmonary disease: the relationship between the circadian rhythm of circulation leptin and very low frequency component of heart rate variability / Takabatake N., Nakamura H., Abe S. [et al]. // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2001. – V. 163. – P. 1314.

*Чуян О.М., Бiryюкова О.А., Раваева М.Ю., Никифоров И.Р. Індивідуальний профіль функціонального стану організму студентів з різним типом вегетативної регуляції // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т.22 (61). – № 2. – С. 152-165.*

Стаття присвячена оцінці індивідуального профілю функціонального стану організму випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції. Показано, що випробовані-ваготоніки характеризуються найбільш високими, а симпатотоніки – низькими інтегральними показниками функціонального стану організму. Показано що виробовані-ваготоніки характеризуються найбільш високими, а симпатотоніки – низькими інтегральними показниками функціонального стану організму. Методом кластерного аналізу показана наявність різних механізмів підтримки гомеостазу і регуляції функціонального стану у випробовуваних з різним тонусом вегетативної нервової системи.

**Ключові слова:** варіабельність ритму серця, нормотоніки, симпатотоніки, ваготоніки, індивідуальний профіль функціонального стану.

*Chuyan E.N., Biryukova E.A., Ravaeva M.Y., Nikiforov I.R.* **The individual profile of a functional state of an organism of examinees with various type of vegetative regulation** // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 2. – P. 152-165.

The article is devoted an estimation of an individual profile of a functional state of an organism of examinees with various type of vegetative regulation. At subjects with vagal predominance - the highest, with sympathetic predominance – low integrated indicators of a functional state of an organism is shown. By the cluster analysis method presence of different mechanisms of maintenance of a homeostasis and regulation of a functional condition at examinees with a different tone of vegetative nervous system is shown.

**Keywords:** heart rate variability, subjects with vagal predominance, subjects with sympathetic predominance, normal subjects, the individual profile of a functional state.

*Поступила в редакцію 28.05.2009 г.*