

# Индивидуально-типологический подход в анализе функционального состояния организма студентов-медиков

Сетко Н.П.<sup>1</sup>, Жданова О.М.<sup>1</sup>, Сетко А.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный медицинский университет" Минздрава России. Оренбург; <sup>2</sup>ФБУН "Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана" Роспотребнадзора. Москва, Россия

**Цель.** Научное обоснование индивидуально-типологического подхода в анализе функционального состояния организма студентов-медиков.

**Материал и методы.** У студентов с умеренным (I группа) и выраженным (II группа) преобладанием центральной регуляции, с умеренным (III группа) и выраженным (IV группа) преобладанием автономной регуляции проведен сравнительный анализ показателей variability сердечного ритма, функционального состояния миокарда и центральной нервной системы.

**Результаты.** Установлено, что у 53,3% студентов III группы отсутствовали отклонения в функциональном состоянии миокарда, регистрировались максимальные значения устойчивости нервной реакции (2,0 [1,5-2,3] ед.), уровня функциональных возможностей нервной системы (3,3 [2,7-3,5] ед.) относительно данных студентов других групп, формирование нормальной и незначительно сниженной умственной работоспособности (93,6%), удовлетворительной биологической адаптации (33,3%). У студентов II группы относительно данных студентов III группы выявлено увеличение индексов "миокард" в 1,2 раза, "ритм" в 1,8-1,9 раза, альтернации Т зубца в 1,3 раза и электрической нестабильности миокарда в 2 раза, а также снижение устойчивости нервной системы в 2,5 раза, уровня ее функциональных возможностей в 1,7 раза, формирование сниженной работоспособности (55,6%) и неудовлетворительной биологической адаптации (35,2%). У студентов IV группы функциональное состояние характеризовалось развитием нарушений регуляции сердечного ритма (94,1%) пограничными отклонениями в функциональном состоянии миокарда (76,5%), снижением относительно студентов III группы устойчивости нервной реакции в 1,7 раза и уров-

ня функциональных возможностей нервной системы в 1,3 раза, сниженной работоспособностью (38,5%) и неудовлетворительной биологической адаптацией (58,8%).

**Заключение.** Дифференциация студентов в зависимости от индивидуально-типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма позволяет выявлять студентов "группы риска" с выраженным доминированием автономной и центральной регуляции сердечного ритма, что становится отправной точкой для реализации дифференцированных методов здоровьесберегающей педагогики.

**Ключевые слова:** студенты, тип регуляции сердечного ритма, variability сердечного ритма, дисперсионное картирование электрокардиограммы, функциональное состояние центральной нервной системы.

**Отношения и деятельность:** нет.

Поступила 18/10-2023

Рецензия получена 02/11-2023

Принята к публикации 19/12-2023



**Для цитирования:** Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Индивидуально-типологический подход в анализе функционального состояния организма студентов-медиков. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(2):3800. doi: 10.15829/1728-8800-2024-3800. EDN SOBIWP

## Individual typological approach to the analysis of the body function of medical students

Setko N. P.<sup>1</sup>, Zhdanova O. M.<sup>1</sup>, Setko A. G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Orenburg State Medical University. Orenburg; <sup>2</sup>Erisman Federal Scientific Center of Hygiene. Moscow, Russia

**Aim.** Rationale of the individual typological approach in the analysis of the body function of medical students.

**Material and methods.** In students with moderate (Group I) and high (II Group) dominance of central regulation, with moderate (III Group) and high (IV Group) predominance of autonomous regulation, a comparative analysis of heart rate variability parameters, the functional state of the myocardium and the central nervous system was carried out.

**Results.** We found that 53,3% of group III students had no deviations in myocardial function. There were the maximum values of nervous response stability (2,0 [1,5-2,3] units) and functional capability of the nervous system (3,3, [2,7-3,5] units) relative to students of other groups, as well as the formation of normal and slightly reduced mental performance (93,6%), satisfactory biological adaptation (33,3%). In group II students, relative to group III students, there were an increase in the "myocardium" index by 1,2 times, "rhythm" index by 1,8-1,9 times, T wave alternans by 1,3 times and

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

Robokors@yandex.ru

[Сетко Н.П. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой профилактической медицины, ORCID: 0000-0002-8073-0614, Жданова О.М. — ассистент кафедры профилактической медицины, ORCID: 0000-0003-4694-0674, Сетко А.Г. — д.м.н., профессор, зав. отделом гигиены питания, ORCID: 0000-0002-9724-8672].

myocardial electrical instability by 2 times, as well as a decrease in nervous system stability by 2,5 times, its functionality by 1,7 times, the formation of reduced performance (55,6%) and unsatisfactory biological adaptation (35,2%). In group IV students, the functional state was characterized by heart rhythm dysregulation (94,1%), borderline myocardial function deviations (76,5%), and a 1,7-fold decrease in nervous reaction stability and 1,3-fold decrease functional capability of the nervous system relative to group III students, reduced performance (38,5%) and unsatisfactory biological adaptation (58,8%).

**Conclusion.** Differentiation of students depending on the individual typological characteristics of the autonomic heart rate regulation makes it possible to identify students at risk with a pronounced dominance of autonomous and central heart rate regulation, which becomes the starting point for the implementation of differentiated methods of wellness education.

**Keywords:** students, type of heart rate regulation, heart rate variability, electrocardiogram dispersion mapping, functional state of the central nervous system.

**Relationships and Activities:** none.

Setko N. P. ORCID: 0000-0002-8073-0614, Zhdanova O. M.\* ORCID: 0000-0003-4694-0674, Setko A. G. ORCID: 0000-0002-9724-8672.

\*Corresponding author:  
Robokors@yandex.ru

**Received:** 18/10-2023

**Revision Received:** 02/11-2023

**Accepted:** 19/12-2023

**For citation:** Setko N. P., Zhdanova O. M., Setko A. G. Individual typological approach to the analysis of the body function of medical students. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(2):3800. doi: 10.15829/1728-8800-2024-3800. EDN SOBIWP

BCP — вариабельность сердечного ритма, ЛАРС — показатель активности регуляторных систем, ЦНС — центральная нервная система, ЭКГ — электрокардиограмма, АМО — амплитуда моды,  $\Delta X$  — вариационный размах, SDNN — стандартное отклонение SD величин нормальных интервалов R-R (NN), RMSSD — квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов, SI — стресс-индекс, TP — общая мощность спектра, HF — мощность волн высоких частот, LF — мощность волн низких частот, VLF — мощность волн очень низких частот, ULF — мощность волн ультранизких частот, IC — индекс централизации, rNN50 — число пар кардиоинтервалов с разностью >50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве, LF/HF — индекс вагосимпатического взаимодействия, G1 — деполяризация правого предсердия, G2 — деполяризация левого предсердия, G3 — деполяризация правого желудочка, G4 — деполяризация левого желудочка, G5 — реполяризация правого желудочка, G6 — реполяризация левого желудочка, G7 — электрическая симметрия желудочков, G8 — внутрижелудочковые блокады, G9 — компенсаторная реакция миокарда желудочков.

### Ключевые моменты

#### Что известно о предмете исследования?

- Преобладание автономного контура регуляции связано с лучшей адаптацией к учебной нагрузке и стрессу, в то время как преобладание центрального контура может указывать на повышенное напряжение регуляторных систем.

#### Что добавляют результаты исследования?

- Установлено влияние типа вегетативной регуляции на функциональное состояние миокарда и центральной нервной системы.
- У студентов с выраженным доминированием автономной и центральной регуляции сердечного ритма выявлено ухудшение функционального состояния миокарда и центральной нервной системы, снижение умственной работоспособности.

### Key messages

#### What is already known about the subject?

- The predominance of autonomous regulation is associated with better adaptation to academic load and stress, while the predominance of central regulation may indicate increased stress in the regulatory systems.

#### What might this study add?

- The influence of the type of autonomic regulation on myocardial functional state and the central nervous system has been established.
- In students with a pronounced dominance of autonomous and central heart rhythm regulation, a deterioration in the myocardial functional state and central nervous system and a decrease in mental performance were revealed.

## Введение

В последние десятилетия многочисленными научными исследованиями регистрируется прогрессирующее ухудшение состояния здоровья студенческой молодежи, что приобретает особую актуальность в контексте медицинского образования, где учебный процесс характеризуется определенной спецификой [1-7]. Так, высокие академические нагрузки, психоэмоциональное напряжение, обусловленное прямым взаимодействием студентов с пациентами, различными клиническими ситуациями, приводят к значительному напряжению функциональных систем организма обучающихся, ухудше-

нию их здоровья и, соответственно, к снижению качества профессиональной подготовки [1-7].

Сохранение здоровья студенческой молодежи возможно путем раннего выявления начальных признаков напряжения регуляторных систем организма и своевременной их коррекции. В современном научном контексте высокоинформативным и неинвазивным методом количественной оценки степени напряжения регуляторных систем выступает анализ вариабельности сердечного ритма (BCP), который находит свою активную интеграцию в многочисленные сферы медицины и прикладной физиологии. Однако большая часть



Рис. 1 Схема формирования выборки.

российских исследователей в своих научных работах не учитывают индивидуально-типологические особенности регуляторных систем, о которых можно судить по данным анализа ВСР. Теоретической основой данного методологического подхода является 2-контурная модель регуляции ритма сердца, предложенная Баевским Р. М., в рамках которой система регуляции синусового узла может быть представлена как 2 взаимодействующих контура: центрального и автономного [8]. Исследования подтверждают, что автономный контур играет критическую роль в формировании дыхательной модуляции сердечного ритма, где рабочими структурами (парасимпатической регуляции) выступают синусовый узел, блуждающие нервы и ассоциированные с ними ядра в продолговатом мозгу [8, 9]. Центральный контур участвует в обеспечении недыхательной модуляции сердечного ритма и представляет собой сложно организованную многоуровневую нейрогуморальную структуру, включающую в себя разнообразные компоненты от подкорковых областей продолговатого мозга до гипоталамо-гипофизарного комплекса и коры головного мозга [8, 9].

Основываясь на концепции 2-контурной модели регуляции сердечного ритма, Шлык Н. И. выделила 4 типа вегетативной регуляции: с умеренным (I тип) и выраженным (II тип) преобладанием центрального контура и умеренным (III тип) и выраженным (IV тип) преобладанием автономного контура управления сердечного ритма. Этот подход акцентирует внимание не столько на отдельных отделах вегетативной нервной системы, таких как симпатический и парасимпатический, сколько на центральных и автономных контурах вегетативного управления физиологическими функциями, что подчеркивает интегративное участие различных компонентов в едином регуляторном механизме и представляет собой системный подход к изуче-

нию сложного механизма регуляции физиологических функций [10].

Инновационная методология анализа ВСР с учетом индивидуально-типологических характеристик регуляторных систем, предложенная Шлык Н. И. (2009), прошла верификацию своей эффективности при диагностике функционального состояния спортсменов и представлена в многочисленных научных публикациях [11-16]. Однако исследования, направленные на выявление особенностей функционального состояния студентов в контексте дифференцированных типов вегетативной регуляции, в научной литературе представлены лишь спорадически [14-16]. По-прежнему актуальными и недостаточно изученными остаются аспекты, связанные с влиянием индивидуально-типологических характеристик регуляторных систем на функциональное состояние центральной нервной системы (ЦНС) и когнитивные процессы студентов.

В связи с этим целью настоящего исследования стало научное обоснование индивидуально-типологического подхода в анализе функционального состояния организма студентов-медиков.

## Материал и методы

В рамках данного исследования приняли участие 214 студентов (120 девушек и 94 юноши) старших курсов медицинского университета в возрасте от 21 до 23 лет. Критерии отбора студентов в исследование включали следующие параметры: принадлежность к I-II группе здоровья, наличие добровольного письменного согласия на участие в обследовании, а также отсутствие острой патологии на момент начала исследования и в предшествующие две недели. Схема формирования выборки представлена на рисунке 1. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (протокол № 46 от 10.09.2021). Расчет размера выборки предварительно не проводился.

Исследование выполнено в несколько этапов. На первом этапе у всех исследуемых студентов проведена оценка вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы на аппаратно-программном комплексе "Здоровье-Экспресс", методом вариационной пульсометрии, основанной на регистрации временных интервалов R-R зубцов электрокардиограммы (ЭКГ), построении кардиоритмограммы и анализе полученных данных математическими методами с определением статистических параметров: частоты сердечных сокращений, амплитуды моды, вариационного размаха ( $\Delta X$ ), стандартного отклонения SD величин нормальных интервалов R-R (NN) (SDNN), квадратного корня из средней суммы квадратов разностей между соседними пар интервалов (RMSSD), числа пар кардиоинтервалов с разностью  $>50$  мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50) и стресс-индекса (SI); а также спектральных характеристик ВСР: общая мощность спектра (TP) ВСР, мощность волн высоких (HF), низких (LF), очень низких (VLF) и ультранизких (ULF) частот, процентное соотношение мощнос-

ти спектра низкочастотного и высокочастотного компонентов variability от общей мощности колебаний (LF и HF, соответственно), на основе которых рассчитаны: индексы централизации (IC) и вагосимпатического взаимодействия (LF/HF) [8]. Диагностическая процедура проводилась утром в период учебной деятельности, не ранее, чем через 2 ч после приема пищи и физической активности. Перед началом исследования студенты находились в покое в положении лежа с приподнятым изголовьем в течение 5-10 мин. В процессе диагностики были исключены все возможные внешние раздражители, способные провоцировать эмоциональные реакции, такие как разговоры или телефонные вызовы. Запись регистрировалась в течение 3 мин.

На втором этапе выполнено определение типа вегетативной регуляции студентов по методике Шлык Н. И. [10], согласно которой умеренному преобладанию центральной регуляции (I тип) соответствовали значения  $SI > 100$  ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>; выраженному преобладанию центральной регуляции (II тип) —  $SI > 100$  ед.,  $VLF < 240$  мс<sup>2</sup>; умеренному преобладанию автономной регуляции (III тип) —  $SI$  от 30 до 100 ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>; выраженному преобладанию автономной регуляции (IV тип) —  $SI$  до 30 ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>,  $TP > 8000$  мс<sup>2</sup>. В соответствии с типами вегетативной регуляции сердечного ритма сформированы 4 группы наблюдения: студенты с умеренным (I группа, 28 девушек и 14 юношей) и выраженным (II группа, 41 девушка и 33 юноши) преобладанием центральной регуляции, с умеренным (III группа, 31 девушка и 29 юношей) и выраженным (IV группа, 20 девушек и 16 юношей) преобладанием автономной регуляции. В процессе набора групп наблюдения были исключены студенты, показатели ВСР которых не соответствовали ни одному из типов регуляции.

На третьем этапе у студентов 4-х групп проведен сравнительный анализ показателей ВСР, функционального состояния миокарда и ЦНС. Скрининговая оценка функционального состояния миокарда студентов выполнена методом дисперсионного картирования ЭКГ, с использованием программного обеспечения "Кардиовизор"<sup>1</sup> [17-19]. Метод основан на компьютерном формировании карты электрических микроальтернаций ЭКГ-сигнала, отнесенных к определенным камерам сердца (два предсердия, два желудочка). Эта карта получается в результате расчета электрических напряжений между близко расположенными поверхностными точками с использованием в процессе этих расчетов оригинальной модели биоэлектрического генератора сердца, учитывающей электромагнитное излучение миокарда. Прибор регистрирует ЭКГ-сигнал, анализирует низкоамплитудные аperiodические осцилляции, которые ин-

тегрально отражают электрофизиологическое состояние миллионов кардиомиоцитов.

Числовые значения дисперсионных характеристик состояния миокарда представлены интегральным индексом "Миокард" и индексами "Ритм", Т-альтернация, электрической нестабильностью миокарда и 9-ю показателями кода "Детализации" (G1-G9). Индекс "Миокард", отражающий отклонения дисперсионных характеристик низкоамплитудных микроальтернаций ЭКГ от нормы, и индекс нарушений ритма сердца изменялись в диапазоне от 0 до 100%, где значение 0-14% соответствовало норме, 15-18% (15-50% для индекса "Ритм") — пограничным изменениям, а  $> 19\%$  ( $> 51\%$  для индекса "Ритм") считалось значимым отклонением. Индекс Т-альтернация, отражающий изменение формы, полярности или амплитуды зубца Т в нескольких, следующих друг за другом, кардиоциклах, оценивался согласно 3-уровневой шкале, где значение 0-12 мкВ соответствовало норме, 12-20 мкВ — пограничным изменениям,  $\geq 21$  мкВ — значимым отклонениям. Индикатор электрической нестабильности миокарда, как показатель электрической неустойчивости колебательного электрохимического механизма миокарда, выражен в 3-уровневой шкале, где 1 ед. соответствовала норме, 2 ед. или 4 ед. — пограничным изменениям, 3 ед. или 5 ед. — значимым отклонениям.

Показатели G1-G9 характеризуют изменения по различным сегментам сердца, а также по интервалам деполяризации и реполяризации: индексы G1 и G2 представляют области дисперсионных отклонений ЭКГ-сигнала при завершении процесса деполяризации миокарда правого (G1) и левого (G2) предсердия; G3 и G4 соответствуют финальной фазе комплекса QRS, окончанию деполяризации правого (G3) и левого (G4) желудочков; G5 и G6 описывают реполяризацию правого (G5) и левого (G6) желудочков; G7 соответствует средней части комплекса QRS в пике электрического возбуждения миокарда желудочков; G8 — показатель нарушения внутрижелудочкового проведения; индекс G9 отражает процессы в начале QRS-комплекса. Индексы детализации G1-G9 являются ранговыми: чем больше величина, тем значительнее отклонение от нормы.

Оценка функционального состояния ЦНС проведена методом вариационной хронорефлексографии с помощью программного обеспечения "Способ диагностики работоспособности человека". В основе метода лежит регистрация латентных периодов простой зрительно-моторной реакции, где испытуемый при предъявлении зрительных раздражителей на экране монитора должен нажимать на соответствующие клавиши клавиатуры пальцами обеих рук одновременно. На основе анализа временных показателей зрительно-моторных реакций, отражающих основные свойства нервной системы, проводился автоматический расчет функциональных показателей: функционального уровня нервной системы, устойчивости реакции и уровня функциональных возможностей нервной системы с определением умственной работоспособности<sup>2</sup>.

Статистический анализ был выполнен с применением программного обеспечения StatTech v. 3.1.8 (ООО "Статтех", Россия). Проверка выборки на нормальность

<sup>1</sup> Система скрининга сердца компьютерная "Кардиовизор". Руководство пользователя по программному обеспечению. Медицинские компьютерные системы. 2014;60.

Рябыкина Г. В., Сула А. С. Использование прибора "Кардиовизор-06с" для скрининговых обследований. Пособие для врачей. Минздрав РФ. Российский кардиологический научно-производственный комплекс. Москва, 2004;44.

Глазачев О. С., Гуменюк В. А., Дудник Е.Н., Асымбекова Э. У., Сула А. С., Рева М. П. Метод экспресс-оценки функционального состояния миокарда. Труды научного совета по экспериментальной и прикладной физиологии. Системный подход в физиологии. 2004;12.

<sup>2</sup> Мороз М. П. Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека. Методическое руководство. М. 2003;25. ISBN 978-5-7822-0085-5.

Таблица 1

## Показатели временного анализа вариабельности сердечного ритма студентов

| Показатели                                                                                               | Группа студентов | Me    | Q25-Q75                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------|------------------------------|
| Показатель активности регуляторных систем (ПАРС), ед.                                                    | I                | 4,0   | 3,0-5,0                      |
|                                                                                                          | II               | 5,0   | 5,0-6,0 <sup>a</sup>         |
|                                                                                                          | III              | 5,0   | 4,0-6,0 <sup>a</sup>         |
|                                                                                                          | IV               | 6,0   | 5,0-6,0 <sup>a</sup>         |
| Частота сердечных сокращений, уд./мин                                                                    | I                | 76,1  | 71,2-79,4                    |
|                                                                                                          | II               | 77,7  | 72,8-83,7                    |
|                                                                                                          | III              | 67,7  | 63,0-74,0 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                          | IV               | 61,4  | 58,7-66,5 <sup>a,b</sup>     |
| Амплитуда моды (АМо), %                                                                                  | I                | 43,1  | 40,3-45,9                    |
|                                                                                                          | II               | 51,3  | 48,4-54,2 <sup>a</sup>       |
|                                                                                                          | III              | 32,6  | 30,7-34,5 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                          | IV               | 20,3  | 18,8-21-7 <sup>a,b,c</sup>   |
| Вариационный размах ( $\Delta X$ ), мс                                                                   | I                | 199,4 | 186,3-221,0                  |
|                                                                                                          | II               | 164,2 | 128,7-196,9 <sup>a</sup>     |
|                                                                                                          | III              | 289,9 | 267,5-338,4 <sup>a,b</sup>   |
|                                                                                                          | IV               | 408,0 | 397,4-439,9 <sup>a,b,c</sup> |
| Среднее квадратичное отклонение (SDNN), мс                                                               | I                | 44,0  | 39,0-46,0                    |
|                                                                                                          | II               | 32,0  | 28,0-39,0 <sup>a</sup>       |
|                                                                                                          | III              | 64,0  | 58,0-71,0 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                          | IV               | 102,0 | 92,0-109,0 <sup>a,b,c</sup>  |
| Квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов (RMSSD), мс    | I                | 33,7  | 25,6-42,4                    |
|                                                                                                          | II               | 32,3  | 23,7-41,6                    |
|                                                                                                          | III              | 63,1  | 48,6-84,8 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                          | IV               | 101,9 | 89,8-128,2 <sup>a,b,c</sup>  |
| Число пар кардиоинтервалов с разностью $>50$ мс в % к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50), % | I                | 12,9  | 4,2-24,4                     |
|                                                                                                          | II               | 11,3  | 2,9-21,4                     |
|                                                                                                          | III              | 44,6  | 26,4-55,8 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                          | IV               | 62,8  | 58,2-69,4 <sup>a,b,c</sup>   |
| Стресс индекс (SI), ед.                                                                                  | I                | 124,1 | 116,8-143,8                  |
|                                                                                                          | II               | 201,2 | 138,6-253,9 <sup>a</sup>     |
|                                                                                                          | III              | 60,5  | 48,0-77,5 <sup>a</sup>       |
|                                                                                                          | IV               | 24,8  | 20,0-27,2 <sup>a,c</sup>     |

Примечание: <sup>a</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов I группы, <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы, <sup>c</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов III группы.

распределения с помощью критерия Колмогорова-Смирнова показала несоответствие количественных показателей закону нормального распределения, что послужило основанием для использования непараметрических методов статистического анализа. Количественные показатели представлены с помощью медианы (Me) и интерквартильного размаха (Q25-Q75), категориальные указаны в процентах. Для сравнения  $\geq 3$  групп по количественным данным использовался критерий Краскела-Уоллиса, для апостериорных сравнений критерий Данна с поправкой Холма. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона.

## Результаты

Показано, что число студентов с умеренным преобладанием автономного контура вегетативной регуляции, которое можно рассматривать как состояние физиологической нормы, отражающее вы-

сокие адаптационные возможности, не превышало 28,5%, тогда как у преобладающей части обучающихся регистрировалось напряжение регуляторных систем различной степени, о чем свидетельствовало выраженное преобладание автономного контура управления у 16,9% обследуемых, умеренное и выраженное преобладание центральной регуляции у 19,7 и 39,4% студентов, соответственно.

Установлено, что у студентов III группы с умеренным преобладанием автономного контура в сравнении с данными студентов I и II групп с преобладанием центрального контура вегетативной регуляции выявлено увеличение временных показателей парасимпатической нервной системы  $\Delta X$  на 31,2-43,4% ( $p < 0,05$ ), SDNN на 31,3-50,0% ( $p < 0,05$ ), RMSSD на 46,6-48,8% ( $p < 0,05$ ), pNN50 на 71,1-74,7% ( $p < 0,05$ ), на фоне умеренного снижения SI на 51,2-69,9% ( $p < 0,05$ ) (таблица 1).

Таблица 2

Показатели спектрального частотного анализа ВСР студентов

| Показатели                                                                                           | Группа студентов | Me      | Q25-Q75                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------|---------------------------------|
| Суммарная мощность спектра ВСР (TP), $\text{мс}^2$                                                   | I                | 1921,4  | 1549,5-2170,9                   |
|                                                                                                      | II               | 887,6   | 645,9-1256,0 <sup>a</sup>       |
|                                                                                                      | III              | 3711,9  | 2473,0-4534,6 <sup>a,b</sup>    |
|                                                                                                      | IV               | 11060,8 | 8628,4-15362,4 <sup>a,b,c</sup> |
| Значение суммарной мощности ультранизкочастотного компонента спектра (ULF), $\text{мс}^2$            | I                | 230,4   | 135,6-423,8                     |
|                                                                                                      | II               | 115,1   | 52,2-223,3 <sup>a</sup>         |
|                                                                                                      | III              | 425,1   | 211,5-688,1b                    |
|                                                                                                      | IV               | 2206,2  | 628,1-3178,7 <sup>a,b,c</sup>   |
| Значение суммарной мощности спектра высокочастотного компонента ВСР (HF), $\text{мс}^2$              | I                | 416,6   | 362,9-639,2                     |
|                                                                                                      | II               | 282,5   | 167,4-552,7                     |
|                                                                                                      | III              | 1423,6  | 798,5-2125,9 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                      | IV               | 2101,6  | 1536,2-5167,0 <sup>a,b</sup>    |
| Значение суммарной мощности спектра низкочастотного компонента ВСР (LF), $\text{мс}^2$               | I                | 468,6   | 349,2-663,0                     |
|                                                                                                      | II               | 258,6   | 166,2-402,9 <sup>a</sup>        |
|                                                                                                      | III              | 1024,8  | 628,7-1621,2 <sup>a,b</sup>     |
|                                                                                                      | IV               | 2220,0  | 1393,6-4478,6 <sup>a,b,c</sup>  |
| Значение суммарной мощности спектра очень низкочастотного компонента ВСР (VLF), $\text{мс}^2$        | I                | 390,3   | 298,8-543,4                     |
|                                                                                                      | II               | 88,9    | 65,7-149,2 <sup>a</sup>         |
|                                                                                                      | III              | 431,5   | 327,6-522,0b                    |
|                                                                                                      | IV               | 1513,7  | 765,1-2439,7 <sup>a,b,c</sup>   |
| Мощность спектра низкочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (LF), %  | I                | 34,4    | 24,6-43,3                       |
|                                                                                                      | II               | 41,0    | 25,9-53,3                       |
|                                                                                                      | III              | 39,9    | 21,6-48,2                       |
|                                                                                                      | IV               | 37,7    | 29,6-48,6                       |
| Мощность спектра высокочастотного компонента variability в % от суммарной мощности колебаний (HF), % | I                | 28,2    | 24,9-40,8                       |
|                                                                                                      | II               | 38,7    | 29,6-62,1 <sup>a</sup>          |
|                                                                                                      | III              | 48,7    | 33,8-63,6 <sup>a</sup>          |
|                                                                                                      | IV               | 36,7    | 30,4-44,5                       |
| Индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF), ед.                                                | I                | 1,2     | 0,7-1,7                         |
|                                                                                                      | II               | 1,1     | 0,5-1,8                         |
|                                                                                                      | III              | 0,9     | 0,3-1,4                         |
|                                                                                                      | IV               | 1,0     | 0,8-1,4                         |
| Индекс централизации (IC), ед.                                                                       | I                | 2,5     | 1,6-3,0                         |
|                                                                                                      | II               | 1,6     | 0,6-2,4 <sup>a</sup>            |
|                                                                                                      | III              | 1,2     | 0,6-2,0 <sup>a</sup>            |
|                                                                                                      | IV               | 1,7     | 1,2-2,3                         |

Примечание: <sup>a</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов I группы, <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы, <sup>c</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов III группы.

Спектральный анализ показателей ВСР позволил установить более высокое значение у студентов III группы относительно данных студентов I и II групп общей мощности спектра (TP) на 48,2-76,1%, ее ультранизкочастотного компонента (ULF) на 45,8-72,9%, высокочастотного компонента (HF) на 70,7-80,2% и низкочастотного компонента (LF) на 54,3-74,8%, а также преобладание абсолютных и относительных значений мощности высокочастотного компонента над низкочастотным, что свидетельствовало об оптимальном балансе между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы и центральными структурами регуляции сердечного ритма (таблица 2).

У студентов II группы относительно данных студентов I, III и IV групп регистрировались минимальные величины временных показателей, отражающих активность парасимпатической нервной системы,  $\Delta X$  164,2 [128,7-196,9] мс, SDNN 32,0 [28,0-39,0] мс, RMSSD 32,3 [23,7-41,6] мс, pNN50 11,3 [2,9-21,4]%, при максимальных значениях стресс индекса 201,2 [138,6-253,9] ед. и минимальных спектральных показателей TP 887,6 [645,9-1256,0]  $\text{мс}^2$ , ULF 115,1 [52,2-223,3]  $\text{мс}^2$ , HF 282,5 [167,4-552,7]  $\text{мс}^2$ , LF 258,6 [166,2-402,9]  $\text{мс}^2$  и особенно VLF 88,9 [65,7-149,2]  $\text{мс}^2$ , что указывало на выраженное напряжение надсегментарных уровней управления и формирование энергодефицитного состояния у студентов этой группы.

Таблица 3

## Показатели дисперсионного картирования ЭКГ студентов

| Показатели                                          | Группа студентов | Ме   | Q25-Q75                |
|-----------------------------------------------------|------------------|------|------------------------|
| Индекс "Миокард", %                                 | I                | 15,3 | 14,7-15,7              |
|                                                     | II               | 17,0 | 15,1-17,8 <sup>a</sup> |
|                                                     | III              | 15,2 | 12,3-14,8 <sup>b</sup> |
|                                                     | IV               | 15,5 | 15,0-15,7              |
| Индекс "Ритм", %                                    | I                | 15,0 | 10,9-27,9              |
|                                                     | II               | 28,2 | 20,1-40,2 <sup>a</sup> |
|                                                     | III              | 15,8 | 13,0-21,4 <sup>b</sup> |
|                                                     | IV               | 25,3 | 18,5-34,5              |
| G1. Деполяризация правого предсердия, ед.           | I                | 1,7  | 0,0-3,2                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-3,2                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-3,4                |
|                                                     | IV               | 1,0  | 0,0-5,0                |
| G2. Деполяризация левого предсердия, ед.            | I                | 0,0  | 0,0-1,9                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-2,2                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-1,5                |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-2,7                |
| G3. Деполяризация правого желудочка, ед.            | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,3                |
| G4. Деполяризация левого желудочка, ед.             | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,0                |
| G5. Реполяризация правого желудочка, ед.            | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-0,3                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0 <sup>b</sup>   |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,0                |
| G6. Реполяризация левого желудочка, ед.             | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-1,2                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0 <sup>b</sup>   |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,0                |
| G7. Электрическая симметрия желудочков, ед.         | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,0                |
| G8. Внутрижелудочковые блокады, ед.                 | I                | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-0,0                |
|                                                     | IV               | 0,0  | 0,0-0,0                |
| G9. Компенсаторная реакция миокарда желудочков, ед. | I                | 0,3  | 0,0-2,9                |
|                                                     | II               | 0,0  | 0,0-9,3                |
|                                                     | III              | 0,0  | 0,0-5,1                |
|                                                     | IV               | 2,5  | 0,0-5,0                |
| Т-альтернация, мкВ                                  | I                | 11,3 | 3,0-15,0               |
|                                                     | II               | 15,0 | 9,4-16,5 <sup>a</sup>  |
|                                                     | III              | 11,3 | 7,0-15,0 <sup>b</sup>  |
|                                                     | IV               | 13,0 | 5,0-15,0               |
| Индекс электрической нестабильности миокарда, ед.   | I                | 1,0  | 1,0-1,0                |
|                                                     | II               | 2,0  | 2,0-2,0 <sup>a</sup>   |
|                                                     | III              | 1,0  | 1,0-1,0 <sup>b</sup>   |
|                                                     | IV               | 1,0  | 1,0-1,0 <sup>b</sup>   |

Примечание: <sup>a</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов I группы, <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы, <sup>c</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов III группы. ЭКГ — электрокардиограмма.

Таблица 4

Распределение студентов в зависимости от выраженности отклонений дисперсионных индексов (%)

| Показатель                                     | Группа студентов | Степень выраженности отклонений дисперсионных индексов |                       |                     |
|------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
|                                                |                  | Норма                                                  | Пограничное состояние | Значимое отклонение |
| Индекс "Миокард"                               | I                | 30,0                                                   | 70,0                  | —                   |
|                                                | II               | 18,5                                                   | 77,8                  | 3,7                 |
|                                                | III              | 53,3                                                   | 46,7                  | —                   |
|                                                | IV               | 23,5                                                   | 76,5                  | —                   |
| Индекс "Ритм"                                  | I                | 48,1                                                   | 51,9                  | —                   |
|                                                | II               | 11,1 <sup>a</sup>                                      | 79,6 <sup>a</sup>     | 9,3                 |
|                                                | III              | 58,5 <sup>b</sup>                                      | 41,5 <sup>b</sup>     | —                   |
|                                                | IV               | 5,9                                                    | 94,1                  | —                   |
| G1. Деполяризация правого предсердия           | I                | 85,2                                                   | 14,8                  | —                   |
|                                                | II               | 83,3                                                   | 16,7                  | —                   |
|                                                | III              | 89,7                                                   | 10,3                  | —                   |
|                                                | IV               | 82,4                                                   | 17,6                  | —                   |
| G2. Деполяризация левого предсердия            | I                | 92,6                                                   | 7,4                   | —                   |
|                                                | II               | 87,0                                                   | 13,0                  | —                   |
|                                                | III              | 97,4                                                   | 2,6                   | —                   |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G3. Деполяризация правого желудочка            | I                | 88,9                                                   | 3,7                   | 7,4                 |
|                                                | II               | 77,8                                                   | 14,8                  | 7,4                 |
|                                                | III              | 82,1                                                   | 12,8                  | 5,1                 |
|                                                | IV               | 82,4                                                   | 17,6                  | —                   |
| G4. Деполяризация левого желудочка             | I                | 96,3                                                   | 3,7                   | —                   |
|                                                | II               | 92,6                                                   | 7,4                   | —                   |
|                                                | III              | 97,4                                                   | 2,6                   | —                   |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G5. Реполяризация правого желудочка            | I                | 100,0                                                  | —                     | —                   |
|                                                | II               | 79,6                                                   | 20,4                  | —                   |
|                                                | III              | 100,0 <sup>b</sup>                                     | —                     | —                   |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G6. Реполяризация левого желудочка             | I                | 85,2                                                   | 14,8                  | —                   |
|                                                | II               | 74,1                                                   | 25,9                  | —                   |
|                                                | III              | 97,4 <sup>b</sup>                                      | 2,6                   | —                   |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G7. Электрическая симметрия желудочков         | I                | 96,3                                                   | 3,7                   | —                   |
|                                                | II               | 90,7                                                   | 5,6                   | 3,7                 |
|                                                | III              | 97,4                                                   | —                     | 2,6                 |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G8. Внутривентрикулярные блокады               | I                | 100,0                                                  | —                     | —                   |
|                                                | II               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
|                                                | III              | 100,0                                                  | —                     | —                   |
|                                                | IV               | 100,0                                                  | —                     | —                   |
| G9. Компенсаторная реакция миокарда желудочков | I                | 81,5                                                   | 3,7                   | 14,8                |
|                                                | II               | 64,8                                                   | 5,6                   | 29,6                |
|                                                | III              | 71,8                                                   | 7,7                   | 20,5                |
|                                                | IV               | 70,6                                                   | 17,6                  | 11,8                |
| T-альтернация                                  | I                | 51,9                                                   | 48,1                  | —                   |
|                                                | II               | 35,2                                                   | 61,1                  | 3,7                 |
|                                                | III              | 53,8                                                   | 43,6                  | 2,6                 |
|                                                | IV               | 47,1                                                   | 52,9                  | —                   |
| Индекс электрической нестабильности миокарда   | I                | 96,3                                                   | —                     | 3,7                 |
|                                                | II               | 23,5 <sup>a</sup>                                      | 76,5                  | —                   |
|                                                | III              | 84,6 <sup>b</sup>                                      | 12,8 <sup>b</sup>     | 2,6                 |
|                                                | IV               | 98,1                                                   | 1,9                   | —                   |

Примечание: <sup>a</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов I группы, <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы, <sup>c</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов III группы.

Таблица 5

## Показатели функционального состояния центральной нервной системы студентов

| Показатель                                                                     | Группа студентов | Me   | Q25-Q75                |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------------------------|
| Время реакции (Т), мс.                                                         | I                | 0,30 | 0,28-0,33              |
|                                                                                | II               | 0,32 | 0,29-0,34              |
|                                                                                | III              | 0,29 | 0,28-0,30 <sup>b</sup> |
|                                                                                | IV               | 0,30 | 0,29-0,35              |
| Функциональный уровень нервной системы, ед.                                    | I                | 2,5  | 2,3-2,6                |
|                                                                                | II               | 2,4  | 2,2-2,5                |
|                                                                                | III              | 2,5  | 2,5-2,6 <sup>b</sup>   |
|                                                                                | IV               | 2,4  | 2,3-2,5                |
| Устойчивость нервной реакции, ед.                                              | I                | 1,3  | 0,8-1,9                |
|                                                                                | II               | 0,8  | 0,6-1,5                |
|                                                                                | III              | 2,0  | 1,5-2,3 <sup>b</sup>   |
|                                                                                | IV               | 1,2  | 0,7-1,5 <sup>c</sup>   |
| Уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы, ед. | I                | 2,7  | 2,0-3,2                |
|                                                                                | II               | 2,0  | 1,7-2,6                |
|                                                                                | III              | 3,3  | 2,7-3,5 <sup>b</sup>   |
|                                                                                | IV               | 2,5  | 1,7-2,8 <sup>c</sup>   |

Примечание: <sup>a</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов I группы, <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы, <sup>c</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов III группы.

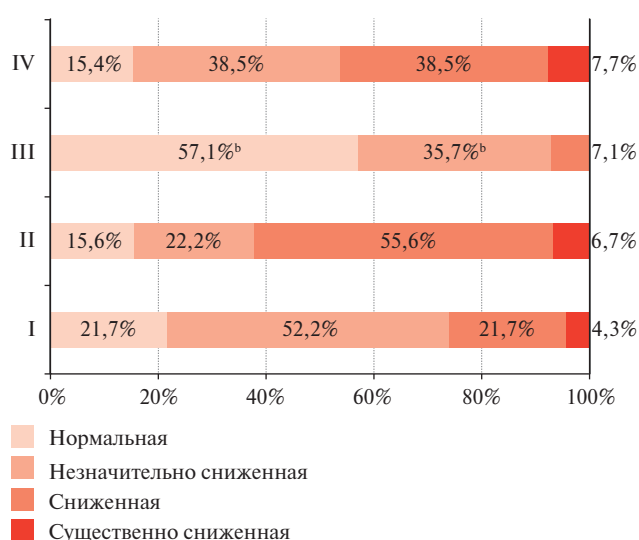


Рис. 2 Распределение студентов в зависимости от уровня умственной работоспособности (%).

Примечание: <sup>b</sup> —  $p < 0,05$  — при сравнении с данными студентов II группы.

У студентов IV группы в сравнении с данными студентов I-III групп, напротив, на фоне максимальных временных показателей парасимпатической активности —  $\Delta X$  408,0 [397,4-439,9] мс, SDNN 102,0 [92,0-109,0] мс, RMSSD 101,9 [89,8-128,2] мс, рNN50 62,8 [58,2-69,4]% и выраженного снижения SI до 24,8 [20,0-27,2] ед., установлено резкое повышение суммарной мощности спектра TP до 11060,8 [8628,4-15362,4]  $\text{мс}^2$  за счет увеличения всех ее составляющих: ULF до 2206,2 [628,1-3178,7]  $\text{мс}^2$ , HF до 2101,6 [1536,2-5167,0]  $\text{мс}^2$ , LF до

2220,0 [1393,6-4478,6]  $\text{мс}^2$  и VLF до 1513,7 [765,1-2439,7]  $\text{мс}^2$ , отражающих выраженное утомление, срыв вегетативной регуляции сердечного ритма.

Полученные данные анализа ВСР студентов с различными типами вегетативной регуляции нашли свое отражение в формировании у обследуемых дисперсионных отклонений миокарда (таблица 3). Так, показано, что у студентов II группы с выраженным преобладанием центрального контура регуляции Me индекса "миокард" была статистически значимо выше данных студентов I (15,3 [14,7-15,7]%) и III групп (15,2 [12,3-14,8]%) ( $p < 0,05$ ) и составляла 17,0 [15,1-17,8]%, что, вероятно, было связано с повышением у студентов этой же группы индекса "Ритм" в 1,8-1,9 раза, альтернции Т зубца в 1,3 раза и индекса электрической нестабильности миокарда в 2 раза относительно данных студентов I и III групп.

При этом число студентов II группы с соответствующими физиологической норме индексами "Миокард" было меньше в 1,6-2,3 раза, "Ритм" в 4,3-5,3 раза, альтернции Т зубца в 1,5 раза, электрической нестабильности миокарда в 3,6-4,1 раза, чем среди студентов I и III групп (таблица 4).

Следует отметить, что у студентов IV группы при сравнении с данными студентов I и III групп установлено незначительное увеличение индексов "Миокард" до 15,5 [15,0-15,7]%, "Ритм" до 25,3 [18,5-34,5]% и Т-альтернции до 13,0 [5,0-15,0] мкВ, которое имело недостоверный характер, однако могло отражать начальные изменения в функциональном состоянии миокарда на фоне выраженного утомления у студентов этой группы.

Анализ функционального состояния ЦНС студентов с различными типами вегетативной регуля-

ции показал увеличение у студентов II группы относительно обследуемых III группы скорости реакции с 0,29 [0,28-0,30] до 0,32 [0,29-0,34] мс ( $p<0,05$ ), а также снижение функционального уровня с 2,5 [2,5-2,6] до 2,4 [2,2-2,5] ед. ( $p<0,05$ ), устойчивости с 2,0 [1,5-2,3] до 0,8 [0,6-1,5] ед. ( $p<0,05$ ) и уровня функциональных возможностей нервной системы с 3,3 [2,7-3,5] до 2,0 [1,7-2,6] ед. ( $p<0,05$ ) (таблица 5).

Вероятно, это стало причиной формирования сниженной умственной работоспособности более чем у половины студентов II группы (55,6%), число которых в 2,6 и 7,8 раза превышало количество студентов среди I (21,7%) и III (7,1%) групп (рисунок 2).

Важно отметить, что у студентов IV группы с выраженным преобладанием автономного контура в сравнении со студентами III группы с умеренным преобладанием автономного контура вегетативной регуляции определено снижение устойчивости нервной системы в 1,7 раза и уровня ее функциональных возможностей в 1,3 раза, в связи с чем лишь 15,4% студентов IV группы имели нормальную умственную работоспособность, при данных 57,1% среди студентов III группы.

При оценке уровня биологической адаптации организма студентов установлено, что в III группе регистрировалось максимальное число обследуемых с удовлетворительной адаптацией (33,3%), при данных 9,2% среди студентов II группы и отсутствии таких студентов в IV группе (рисунок 3). Причем число студентов III группы с неудовлетворительной адаптацией составляло лишь 7,4%, в то время как каждый третий обследуемый II группы (35,2%) и более половины студентов IV группы (58,8%) имели неудовлетворительную адаптацию.

## Обсуждение

Анализ ВСР детей и подростков показал, что индивидуально-типологические особенности вегетативной регуляции сердечного ритма играют ключевую роль в функционировании сердечно-сосудистой системы [8-13]. Полученные в настоящей работе результаты подтверждают данные отечественных научных исследований, в которых показано, что дети и подростки с центральным типом регуляции для обеспечения оптимального функционирования сердечно-сосудистой системы затрачивают больше усилий, чем их сверстники с автономным типом регуляции [10]. У исследуемых с выраженной централизацией вегетативной регуляции сердечного ритма (II тип) значительно снижены функциональные и адаптационные резервы организма, имеются различные дисрегуляторные проявления [10-16]. У исследуемых с IV типом регуляции наблюдается высокая ВСР вследствие выраженного доминирования парасимпатического воздействия и слабой активности симпатической регуляции, что свидетельствует о дефиците цен-

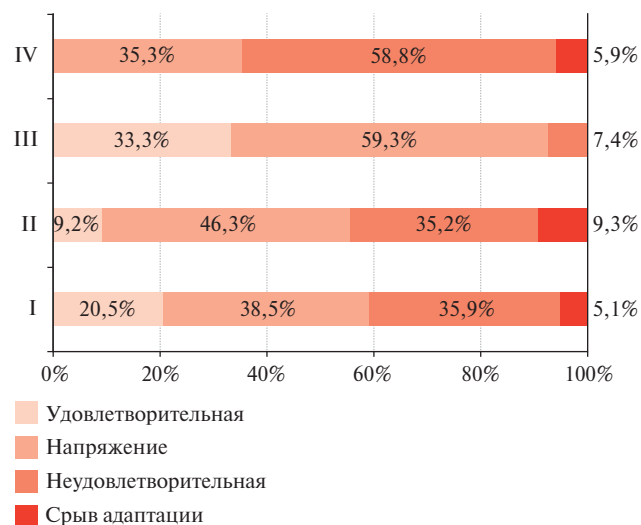


Рис. 3 Распределение студентов в зависимости от уровня биологической адаптации (%).

трального контроля и вегетативных нарушениях [10-16]. В то же время III тип, при котором наблюдается умеренное преобладание автономной регуляции, по данным различных авторов, считается физиологической нормой и характеризуется высокими функциональными и адаптационными возможностями по сравнению с другими типами вегетативной регуляции [10-16].

Несмотря на потенциальный научный интерес и значимость метода Шлык Н. И., его применение в зарубежных исследованиях, по всей видимости, ограничено. Поиск зарубежных источников, использующих подходы Шлык Н. И. для анализа ВСР не принёс результатов. Однако зарубежными исследователями были получены схожие результаты, свидетельствующие о том, что симпатическая гиперактивация связана с ухудшением когнитивных функций, низкой работоспособностью, и, наоборот, в условиях парасимпатической активности увеличивалась ВСР с улучшением когнитивных функций у здоровых людей [20, 21]. Доказана роль вегетативной регуляции в инициировании и прогрессировании патологических состояний сердца — сверхнизкая и очень низкочастотная мощность ВСР тесно связана сердечными аритмиями, с высоким риском внезапной сердечной смерти [22-24].

В зарубежных исследованиях активно применяются нелинейные методы анализа ВСР, которые включают фрактальные измерения, Poincaré-плоты (графики, отображающие взаимосвязь между последовательными RR-интервалами), энтропию, масштабирование спектра Фурье на  $1/f$  и другие [23-27]. Несмотря на то, что нелинейные методы показали себя мощными средствами исследования, с их помощью не удалось получить крупных достижений при обработке медицинских данных, в т.ч.

при анализе ВСР. Использование нелинейных методов ограничено их сложностью, отсутствием унифицированных стандартов и специализированного программного обеспечения, необходимостью проведения более длительных записей ВСР [24-29], что непрактично во многих клинических и исследовательских условиях, в связи с чем нами применялись линейные методы анализа ВСР.

Полученные нами данные акцентируют внимание на необходимости отнесения студентов с выраженным доминированием автономной и центральной регуляции сердечного ритма к "группе риска", и обуславливают необходимость разработки персонализированных рекомендаций, направленных на коррекцию функциональных отклонений и оптимизацию учебного процесса, с учетом индивидуально-типологических особенностей студентов, что может быть достигнуто через:

1. Диагностику и мониторинг: оценка вегетативной регуляции с использованием анализа ВСР студентов, что позволит выявлять студентов "группы риска" с выраженным доминированием автономной и центральной регуляции сердечного ритма, а также регистрировать состояние регуляторных систем обучающихся в динамике учебного процесса.

2. Оптимизацию учебного процесса:

- Информирование преподавателей об особенностях функционального состояния студентов "группы риска" и необходимости индивидуального подхода в образовательном процессе. Разработка информационных материалов, проведение лекций для всего профессорско-преподавательского состава с целью повышения осведомленности о важности индивидуального подхода к обучению и внимания к физиологическим и психологическим аспектам здоровья студентов.

- Использование различных образовательных подходов, таких как интерактивные методы обучения — групповые дискуссии, ролевые игры, кейс-методы, интерактивные лекции и другие, которые по сравнению с традиционным обучением позволяют создать благоприятную психологическую атмосферу на занятиях за счет снижения психоэмоционального напряжения, дружественного взаимодействия обучающихся с преподавателем и друг с другом, и могут быть более эффективны для студентов с различными типами вегетативной регуляции.

и друг с другом, и могут быть более эффективны для студентов с различными типами вегетативной регуляции.

- Включение в учебный процесс занятий по управлению стрессом и эмоциональному самоконтролю, чтобы помочь студентам "группы риска" справляться с высоким уровнем нагрузки в медицинской сфере.

- Учет индивидуальных особенностей студентов "группы риска" при общении с ними, особенно в стрессовых ситуациях, таких как экзамены и зачеты.

- Организация спортивных занятий, таких как плавание или легкая атлетика, для улучшения физического здоровья и снижения стресса студентов "группы риска".

В соответствии с представленными данными о новом методе оценки типов вегетативной регуляции на основе анализа ВСР, следует обозначить потенциальные ограничения настоящего исследования: 1) специфичность исходной выборки, которая охватывала лишь определенную возрастную группу студентов медицинского университета, что не позволяет экстраполировать полученные данные на более широкую студенческую популяцию, представленную различными возрастными категориями и учебными заведениями. 2) применение методов оценки вегетативной регуляции ритма сердца, развиваемых только российскими учеными, что не позволяет сопоставить результаты с аналогичными исследованиями, проведенными зарубежными учеными, использующими другие методы анализа ВСР.

## Заключение

Результаты исследования позволили научно обосновать индивидуально-типологический подход в анализе функционального состояния организма студентов-медиков и разработать персонализированные рекомендации, направленные на коррекцию функциональных отклонений и оптимизацию учебного процесса, с учетом индивидуально-типологических особенностей студентов.

**Отношения и деятельность:** все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

## Литература/References

1. Evseeva ME, Eremin MV, Sergeeva OV, et al. Prospective analysis of the major risk factors and vascular status in students during the period of education at a medical university. Russian Journal of Cardiology. 2023;28(2):5143. (In Russ.) Евсеева М.Е., Еремин М.В., Сергеева О.В. и др. Проспективный анализ основных факторов риска и сосудистого статуса у студентов за время обучения в медицинском вузе. Российский кардиологический журнал. 2023;28(2):5143. doi:10.15829/1560-4071-2023-5143.
2. Aminova OS, Tyatenkova NN, Sokolova SB. The problem of preserving and strengthening the health of students (scientific review). Voprosy shkol'noj i universitetskoj mediciny i zdorov'ja. 2023;(1):9-15. (In Russ.) Аминова О.С., Тятенкова Н.Н., Соколова С.Б. Проблема сохранения и укрепления здоровья студенческой молодежи (научный обзор). Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2023;(1):9-15.
3. Medvedeva OV, Kiryushin VA, Maksimova ES. Integral estimation of the level of health and health-saving behavior of higher

- educational establishment medical students. *Sovremennyye problemy zdravoohraneniya i medicinskoj statistiki*. 2023;(1):572-9. (In Russ.) Медведова О.В., Кирушин В.А., Максимова Е.С. Интегральная оценка уровня здоровья и здоровьесберегающего поведения студентов медицинского вуза. *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2023;(1):572-9. doi:10.24412/2312-2935-2023-1-570-579.
4. Meyermanova IB, Sedach NN, Bolshakova IA, et al. Modern condition and problems of students' health. *Medicine and Ecology*. 2019;(2):5-11. (In Russ.) Меерманова И.Б., Седач Н.Н., Большакова И.А. и др. Современное состояние и проблемы здоровья студенческой молодежи. *Медицина и экология*. 2019;(2):5-11.
5. Grosheva ES, Sokolova NV, Gubina OI. Study of the effect of examination stress on the indices of the mental working capacity of University students. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation)*. 2019;98(5):527-33. (In Russ.) Грошева Е.С., Соколова Н.В., Губина О.И. Изучение влияния экзаменационного стресса на показатели умственной работоспособности студентов вуза. *Гигиена и санитария*. 2019;98(5):527-33 doi:10.18821/0016-9900-2019-98-5-527-533.
6. Bobrisheva-Pushkina ND, Kusnetsova LU, Popova OL. Examination stress among medical students: prevalence causes and prevention. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation)*. 2018;97(5):456-60. (In Russ.) Бобрищева-Пушкина Н.Д., Кузнецова Л.Ю., Попова О.Л. Экзаменационный стресс у студентов медицинских вузов: распространённость, причины и профилактика. *Гигиена и санитария*. 2018;97(5):456-60. doi:10.18821/0016-9900-2018-97-5-456-460.
7. Popov VI. Articles published in the journal "problems of school and university medicine and health" in 2021. *Problems of school and university medicine and health*. 2021;(4):46-7. (In Russ.) Попов В.И. Актуализация проблемы охраны здоровья студенческой молодежи. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2021;(4):46-7.
8. Baevskij RM, Ivanov GG, Chirejkin LV, et al. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnyh jelektrokardiograficheskikh sistem. *Vestnik aritmologii*. 2001;(24):69-85. (In Russ.) Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем. *Вестник аритмологии*. 2001;(24):69-85.
9. Baevskij RM, Berseneva AP. *Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku*. M.: Slovo. 2008. 220 p. (In Russ.) Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово. 2008. 220 с. ISBN: 978-5-900228-77-8.
10. Shlyk NI. *Serdechnyy ritm i tip reguljacii u detej, podrostkov i sportsmenov: monografija*. Izhevsk. 2009. 259 p. (In Russ.) Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: монография. Ижевск. 2009. 259 с. ISBN: 978-5-904524-24-1.
11. Sevost'yanova MS, Loginova IO, Semichev EV. Features of psychological experience of 7-11 year old athletes with different types of vegetative regulation. *Modern Issues of Biomedicine*. 2021;5(4):100-11. (In Russ.) Севостьянова М.С., Логинова И.О., Семичев Е.В. Специфика психологических переживаний спортсменов 7-11 лет с различными типами вегетативной регуляции. *Современные вопросы биомедицины*. 2021;5(4):100-11. doi:10.51871/2588-0500\_2021\_05\_04\_10.
12. Satarkulova AM, Shanazarov AS. Variabel'nost' serdechnogo ritma i tipologicheskie osobennosti vegetativnoj reguljacii u inostrannyh studentov pri ortostaticheskoj probe. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018;(1):167-73. (In Russ.) Сатаркулова А.М., Шаназаров А.С. Variability сердечного ритма и типологические особенности вегетативной регуляции у иностранных студентов при ортостатической пробе. *Вестник Ошского государственного университета*. 2018;(1):167-73.
13. Shlyk NI, Alabuzhev AE, Shumikhina II. Individual approach to training process analysis based on heart rate variability data of track athletes in middle altitude conditions. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2017;(1):15-8. (In Russ.) Шлык Н.И., Алабузhev А.Е., Шумихина И.И. Индивидуальный подход к анализу тренировочного процесса по данным variability сердечного ритма у легкоатлетов-бегунов в условиях среднегорья. *Теория и практика физической культуры*. 2017;(1):15-8.
14. Satarkulova AM. Functional status and adaptive potential in foreign students with different types of vegetative regulation during tuition. *Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2020;(1):118-26. (In Russ.) Сатаркулова А.М. Функциональное состояние и адаптационный потенциал у иностранных студентов с различным типом вегетативной регуляции в процессе обучения. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2020;(1):118-26.
15. Shlyk NI, Zufarova EI. Qualifying standards of heart rate variability for 16-21 years old testees with different prevalent types of autonomic regulation of heart. *Bulletin of Udmurt University*. 2013;(4):97-105. (In Russ.) Шлык Н.И., Зуфарова Э.И. Нормативы показателей variability сердечного ритма у исследуемых 16-21 года с разными преобладающими типами вегетативной регуляции. *Вестник Удмуртского университета*. 2013;(4):97-105.
16. Maltsev VP, Govorukhina AA, Malkov OA. Peculiarities of students' heart rate variability depending on gender and type of vegetative regulation. *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*. 2022;8(4):126-35. (In Russ.) Мальцев В.П., Говорухина А.А., Мальков О.А. Особенности variability сердечного ритма студентов в зависимости от пола и типа вегетативной регуляции. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*. 2022;8(4):126-35.
17. Sula AS, Rjabykina GV, Grishin VG. JeKG-analizator KardioVizor-06s: novye vozmozhnosti vyjavleniya ishemii miokarda pri skrinin-govyh obsledovaniyah i perspektivy ispol'zovaniya v funkcional'noj diagnostike. *Funkcional'naja diagnostika*. 2003;(2):69-77. (In Russ.) Сула А.С., Рябыкина Г.В., Гришин В.Г. ЭКГ-анализатор КардиоВизор-06с: новые возможности выявления ишемии миокарда при скрининговых обследованиях и перспективы использования в функциональной диагностике. *Функциональная диагностика*. 2003;(2):69-77.
18. Ivanov GG, Tkachenko SB, Baevskij RM, et al. Diagnosticheskie vozmozhnosti harakteristik dispersii JeKG-signalov pri infarkte miokarda (po dannym JeKG-analizatora "KardioVizor-06sl"). *Funkcional'naja diagnostika*. 2005;(4):1-17. (In Russ.) Иванов Г.Г., Ткаченко С.Б., Баевский Р.М. и др. Диагностические возможности характеристик дисперсии ЭКГ-сигнала при инфаркте миокарда (по данным ЭКГ-анализатора "КардиоВизор-06сл"). *Функциональная диагностика*. 2005;(4):1-17.
19. Ivanov GG, Sula AS. Dispersionnoe JeKG-kartirovanie: teoreticheskie osnovy i klinicheskaja praktika. *Moskva: Tehnosfera*. 2009. 192 p. (In Russ.) Иванов Г.Г., Сула А.С. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. Москва: Техносфера. 2009. 192 с. ISBN: 978-5-94836-225-0.
20. Forte G, Favieri F, Casagrande M. Heart Rate Variability and Cognitive Function: A Systematic Review. *Front Neurosci*. 2019;13:710. doi:10.3389/fnins.2019.00710.

21. Hilgarter K, Schmid-Zalaudek K, Csanády-Leitner R, et al. Phasic heart rate variability and the association with cognitive performance: A cross-sectional study in a healthy population setting. *PLoS One*. 2021;16(3):e0246968. doi:10.1371/journal.pone.0246968.
22. Maheshwari A, Norby FL, Soliman EZ, et al. Low heart rate variability in a 2-Minute electrocardiogram recording is associated with an increased risk of sudden cardiac death in the general population: the atherosclerosis risk in communities study. *PLoS One*. 2016;11:e0161648. doi:10.1371/journal.pone.0161648.
23. He Z. The control mechanisms of heart rate dynamics in a new heart rate nonlinear time series model. *Sci Rep*. 2020;10:4814. doi:10.1038/s41598-020-61562-6.
24. Goldberger JJ, Arora R, Buckley U, et al. Autonomic nervous system dysfunction: JACC focus seminar. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73:1189-206. doi:10.1016/j.jacc.2018.12.064.
25. Henriques T, Ribeiro M, Teixeira A, et al. Nonlinear Methods Most Applied to Heart-Rate Time Series: A Review. *Entropy (Basel)*. 2020;22(3):309. doi:10.3390/e22030309.
26. Barthelemy J-C, Pichot V, Hupin D, et al. Targeting autonomic nervous system as a biomarker of well-ageing in the prevention of stroke. *Front Aging Neurosci*. 2022;14:969352. doi:10.3389/fnagi.2022.969352.
27. Agorastos A, Mansueto AC, Hager T, et al. Heart Rate Variability as a Translational Dynamic Biomarker of Altered Autonomic Function in Health and Psychiatric Disease. *Biomedicines*. 2023;11(6):1591. doi:10.3390/biomedicines11061591.
28. Borysenko TL, Snezhitskiy VA, Frolov AV. The clinical significance between non-linear parameters of the heart rate variability in patients with cardiovascular diseases. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2020;18(3):223-9. (In Russ.) Борисенко Т.Л., Снежицкий В.А., Фролов А.В. Клиническое значение нелинейных параметров вариабельности сердечного ритма у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. *Журнал Гродненского государственного медицинского университета*. 2020;18(3):223-9. doi:10.25298/2221-8785-2020-18-3-223-229.
29. Nosovskij AM, Pozdnjakov SV, Kaminskaja EV. Modern mathematical methods of an estimation of variability of an intimate rhythm (review). *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2018;16(1):22-39. (In Russ.) Носовский А.М., Поздняков С.В., Каминская Е.В. Математические методы оценки вариабельности сердечного ритма (обзор). *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2018;16(1):22-39.