



Исследовательская статья

УДК 612.172.2

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-161-103-120

**Герман Владиславович Лурье¹,
Елена Юрьевна Федорова¹**

¹ Московский городской педагогический университет,
Москва, Россия

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СТУДЕНТОВ К УЧЕБНОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ: КОМПЛЕКСНЫЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена высокой академической нагрузкой и сниженной двигательной активностью студентов, приводящими к различным нарушениям, включая вегетативную регуляцию. Существующие подходы к индивидуализации физического воспитания требуют комплексного учета анатомо-морфологических, функциональных и психоэмоциональных особенностей обучающихся, что определяет необходимость многофакторного физиологического мониторинга. В связи с этим данная статья направлена на изучение особенностей адаптации студентов к совмещенной учебной и физической нагрузке с учетом типа телосложения и вегетативной регуляции.

В исследовании применялся комплексный физиологический контроль, включающий следующие методы: соматотипирование, биоимпедансометрия, оценка гемодинамических показателей, анкетирование, педагогическое тестирование, кардиоинтервалография. Выборка составила 159 студентов 1–3-го курсов МГПУ, из которых с учетом соматотипа и типа вегетативной регуляции были сформированы шесть экспериментальных групп; статистическая обработка выполнялась в Statistica 12.0 (тесты Шапиро – Уилка, Левена, Welch-тест).

В результате комплексного исследования адаптации студентов к учебной и физической нагрузке были выявлены значимые различия, обусловленные типом телосложения и вегетативной регуляции: мезоморфы демонстрируют наилучшую адаптацию,

характеризующуюся более высокой выносливостью и быстрым восстановлением; эндоморфы имеют сниженный адаптационный потенциал с замедленным восстановлением и преобладанием симпатикотонии (при этом у 44,8 % из них зафиксирована неудовлетворительная адаптация, а у 10,3 % выявлен срыв регуляторных механизмов); эктоморфы занимают промежуточное положение, отличаясь быстрой реакцией на нагрузку, но длительным восстановлением, 73,6 % обследованных студентов испытывают напряжение или декомпенсацию регуляторных систем, причем это имеет большую статистическую значимость у эндоморфов с преобладанием центрального контура регуляции, что связано с их сниженной вариабельностью сердечного ритма из-за доминирования центральных механизмов регуляции.

Представленные в статье материалы позволяют обосновать необходимость персонализированного подхода к физическому воспитанию студентов. Практическая значимость исследования заключается в разработке комплекса профилактических мер: мониторинг показателей вариабельности сердечного ритма, включая показатель активности регуляторных систем, оптимизация двигательной активности с учетом соматотипа, коррекция метаболических нарушений, нормализация сна и питания, внедрение цифровых инструментов самоконтроля, что будет способствовать повышению адаптационных резервов и снижению негативного влияния стрессогенных факторов образовательной среды.

Ключевые слова: вегетативная нервная система, вариабельность сердечного ритма, тип вегетативной регуляции, антропометрические особенности, гемодинамические показатели, тип телосложения, компонентный состав тела, уровень физической подготовленности, жизненная емкость легких, показатель активности регуляторных систем

Research article

UDC 612.172.2

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-161-103-120

German Vladislavovich Lurye¹,
Elena Yurievna Fedorova¹

¹ Moscow City University,
Moscow, Russia

FEATURES OF STUDENTS' ADAPTATION TO ACADEMIC AND PHYSICAL ACTIVITY: COMPREHENSIVE PHYSIOLOGICAL CONTROL

Abstract. The relevance of the study is due to the high academic workload and reduced motor activity of students, leading to various disorders, including autonomic regulation. Existing approaches to individualization of physical education require comprehensive consideration of anatomical, morphological, functional and psycho-emotional characteristics of students, which determines the need for multifactorial physiological monitoring. In this regard, this article is aimed at studying the peculiarities of students' adaptation to combined academic and physical activity, taking into account body type and autonomic regulation.

Our study used comprehensive physiological control, including the following methods: somatotyping, bioimpedance measurement, hemodynamic parameters assessment, questionnaires, pedagogical testing, cardiointervalography. The sample consisted of 159 students of 1–3 courses of GAOU at MGPU, of whom, taking into account the somatotype and type of autonomic regulation, six experimental groups were formed; statistical processing was performed in Statistica 12.0 (Shapiro – Wilk, Levene, Welch-test tests).

As a result of a comprehensive study of students' adaptation to academic and physical activity, significant differences were revealed due to body type and autonomic regulation: mesomorphs demonstrate the best adaptation, characterized by higher endurance and rapid recovery; endomorphs have a reduced adaptive potential with delayed recovery and a predominance of sympathicotonia — while 44.8 % of them have unsatisfactory adaptation, and 10.3 % revealed a breakdown of regulatory mechanisms; Ectomorphs occupy an intermediate position, characterized by a rapid response to stress, but a long recovery, 73.6 % of the surveyed students experience tension or decompensation of regulatory systems, and the highest statistics were found in endomorphs with a predominance of the central regulatory circuit, which is associated with their reduced heart rate variability due to the dominance of central regulatory mechanisms.

The materials presented in the article make it possible to substantiate the need for a personalized approach to physical education of students. The practical significance lies in the development of a set of preventive measures: monitoring of heart rate variability, including an indicator of the activity of regulatory systems, optimization of motor activity taking into account somatotype, correction of metabolic disorders, normalization of sleep and nutrition, the introduction of digital self-monitoring tools. This helps to increase adaptive reserves and reduce the negative impact of stressful factors of the educational environment.

Keywords: autonomic nervous system, heart rate variability, type of autonomic regulation, anthropometric features, hemodynamic parameters, body type, body component composition, level of physical fitness, vital capacity of lungs, indicator of activity of regulatory systems

Введение

К настоящему времени проведено множество исследований по вопросам индивидуализации средств и методов физического воспитания, которые подтверждают целесообразность использования базового принципа, обуславливающего учет индивидуальных особенностей обучающихся.

Одни авторы предлагают учитывать анатомо-морфологические показатели [8, 10], другие говорят о значимости функциональных особенностей [4; 6; 9; 13], а также есть исследователи, предлагающие в качестве ключевых ориентиров использовать при проектировании программ по физическому воспитанию результаты оценки физических возможностей, определенных с помощью различных тестов и проб¹ [12]. При этом наиболее эффективен комплексный подход [3; 11], который позволяет индивидуализировать педагогический

¹ Сарыг С. К. Вариабельность ритма сердца у студентов Тувинского государственного университета: монография. Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2020. 139 с. ISBN: 978-5-91178-182-8.

процесс на основе совокупности факторов, обеспечивающих качество освоения программы по физическому воспитанию. Наряду с этим, крайне важно, несмотря на спланированное содержание занятий по физическому воспитанию, обеспечивать учет индивидуальной реакции занимающегося на предлагаемые педагогом упражнения.

Несмотря на технологический прогресс и доступность мониторинговых устройств, наиболее простым способом являются педагогические формы контроля. Так, применение пульсометра решает несколько задач, связанных с объективизацией параметров восстановления организма между заданиями, а также на основе определения индивидуальных значений частоты сердечных сокращений (ЧСС) позволяет установить механизм энергообеспечения физической нагрузки. Выполнение физических упражнений с одинаковой интенсивностью у разных лиц может приводить к различной реакции организма, а значит, и к отличающимся адаптационным процессам, характеризующимся разной физиологической стоимостью.

Проблема изучения особенностей адаптации студентов к физической нагрузке имеет важный аспект — это высокая академическая нагрузка, которая оказывает значительное влияние на все системы организма [2; 5; 7]. Длительное пребывание на академических занятиях и самостоятельное изучение материала, включая выполнение учебных заданий, не только приводит к значительной когнитивной и эмоциональной нагрузке, но и снижает уровень двигательной активности. Негативное влияние гиподинамии вариативно. Например, из-за длительного пребывания в неподвижном или малоподвижном положении, особенно в сидячем, снижается гемодинамика, мышцы ослабевают, а ткани, расположенные на задней части бедра и таза, в результате длительного давления пережимаются, что может в дальнейшем сказаться на их свойствах, например, на снижении эластичности и сократимости мышц. Но важно выделять не только локальные проблемы пагубного влияния сниженной двигательной активности на отдельные системы организма, органы или части тела, но и более глобальные факторы, включая закономерное нарушение сна у обучающихся. Л. С. Войцев указывает, что от 60 до 75 % студентов имеют проблемы со сном, среди которых необходимо выделить частые пробуждения и проблемы с засыпанием [1]. Безусловно, это приводит к различным нарушениям в работе организма, одними из признаков которых являются сонливость [15], повышение тревожности [14], что обуславливает необходимость изучения физиологической адаптации. Важно учитывать и качество сна, предопределяющего восстановление организма после различных нагрузок в дневное время. Несомненно, все это сказывается на различных показателях, характеризующих состояние организма. И одним из неинвазивных и доступных методов оценки регуляторных механизмов является кардиоинтервалография, заключающаяся в оценке вариабельности сердечного ритма (ВСР), которая нами рассматривается как существенное дополнение к комплексному изучению особенностей адаптации студентов.

Целью нашего исследования было проведение комплексного физиологического контроля для изучения особенностей адаптации студентов к высокой учебной и физической нагрузке.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе научно-исследовательского центра МГПУ, выборка составила 159 студентов 1–3-го курсов. Формирование экспериментальных групп происходило с учетом типа телосложения и вегетативной регуляции (по Н. И. Шлык [12]), что позволило сформировать шесть групп. Важно отметить, что студенты с выраженным преобладанием центрального (II тип) и автономного контуров (IV тип) в экспериментальные группы не включались по следующим причинам: результаты их тестирования могут носить «патологический» характер; результаты ВСР со II и IV типами регуляции имеют достоверные различия при сравнении, соответственно с I типом (умеренное преобладание центрального контура — ЦКР) и III типом (умеренное преобладание автономного контура — АКР). Анализ литературных данных позволил обобщить информацию исследователей по вопросам изучения различных факторов адаптации студентов. Для оценки типа телосложения по Хит – Картеру проводились антропометрические измерения. Компонентный состав тела изучался с использованием «АВС-Медасс-01–2». Исследование гемодинамических показателей заключалось в оценке частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД), а также в расчете пульсового давления (ПД) и различных индексов. Психоэмоциональное состояние определялось с использованием опросника Курганского – Немчина, а также опросника ситуативной и личностной тревожности Ч. Д. Спилбергера в адаптации Ю. Л. Ханина и подтверждалось результатами оценки простой зрительно-моторной реакции (70 стимулов) и реакции на движущийся объект (50 стимулов) с использованием АПК «Нейрософт-психотест». Метод кардиоинтервалографии (КИГ) проводился для изучения показателей ВСР с использованием АПК «Варикард 2.52». Для изучения уровня физической подготовленности использовался метод педагогического тестирования с применением следующей батареи тестов: бег на 60 м, челночный бег 3 × 10 м, прыжок в длину с места, подтягивание на перекладине, кистевая динамометрия, наклон вперед, тест Купера и проба Мартинэ – Кушелевского. Анализ полученных данных комплексного тестирования проводился в пакете математической статистики Statistica 12.0: для определения нормальности распределения использовался тест Шапиро – Уилка; однородность распределения оценивалась с использованием теста Левена; сравнение выборок, представленных в виде средних арифметических значений с учетом стандартного отклонения, осуществлялось с помощью Welch-теста (*t*-критерий Стьюдента в модификации Уэлча).

Результаты исследования

На рисунке 1 представлены показатели компонентного состава тела студентов, полученные по результатам анализа биоимпедансометрии.

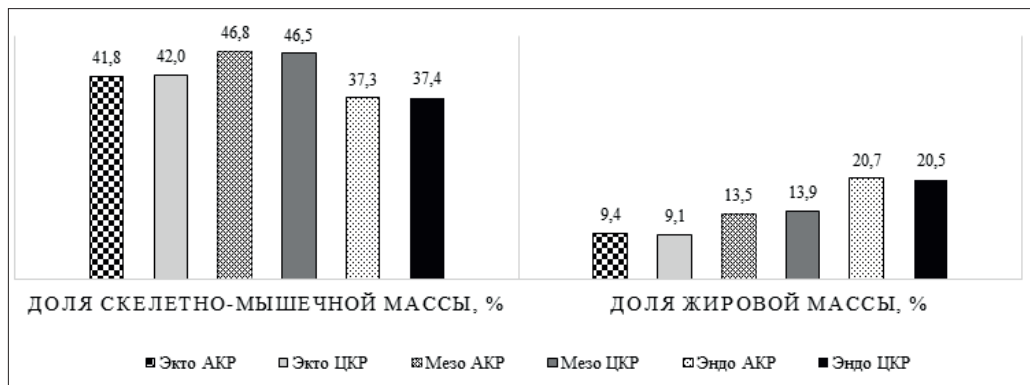


Рис. 1. Показатели компонентного состава тела студентов

Достоверных различий в показателях компонентного состава тела между студентами с автономным и центральным контурами одного и того же соматотипа не установлено. Однако между испытуемыми разных типов телосложения выявлены достоверные различия как по мышечной, так и по жировой массе. Увеличение доли мышц положительно сказывается на гемодинамических показателях, проявлении силовых способностей и позволяет более эффективно справляться с различными стрессами, включая физическую работу. Наряду с этим, увеличение жировой ткани, напротив, негативно влияет на адаптацию организма к различным стрессовым факторам ввиду изначально более высоких гемодинамических показателей (рис. 2).

Было выявлено, что гемодинамические показатели у студентов различных экспериментальных групп отличаются. Так, ЧСС, САД и ДАД достоверно различаются ($p < 0,05$) у всех соматотипов с АКР и ЦКР, а различия ПД у разных типов телосложения по Walch-тесту носят достоверный характер при отсутствии различий между разными типами регуляции в общей группе, сформированной по соматотипу. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что тип телосложения значительно влияет на базовые гемодинамические показатели (ЧСС, САД, ДАД), а пульсовое давление больше зависит от конституциональных особенностей, чем от типа вегетативной регуляции.

В связи с тем, что психофизиологические показатели студентов не имели достоверных различий между сравниваемыми выборками ($p > 0,05$), основные результаты представлены только в описательном виде: в ходе анализа данных отмечалось повышенное утомление со стороны центральной нервной системы и повышенный уровень тревожности, обусловленный образовательной

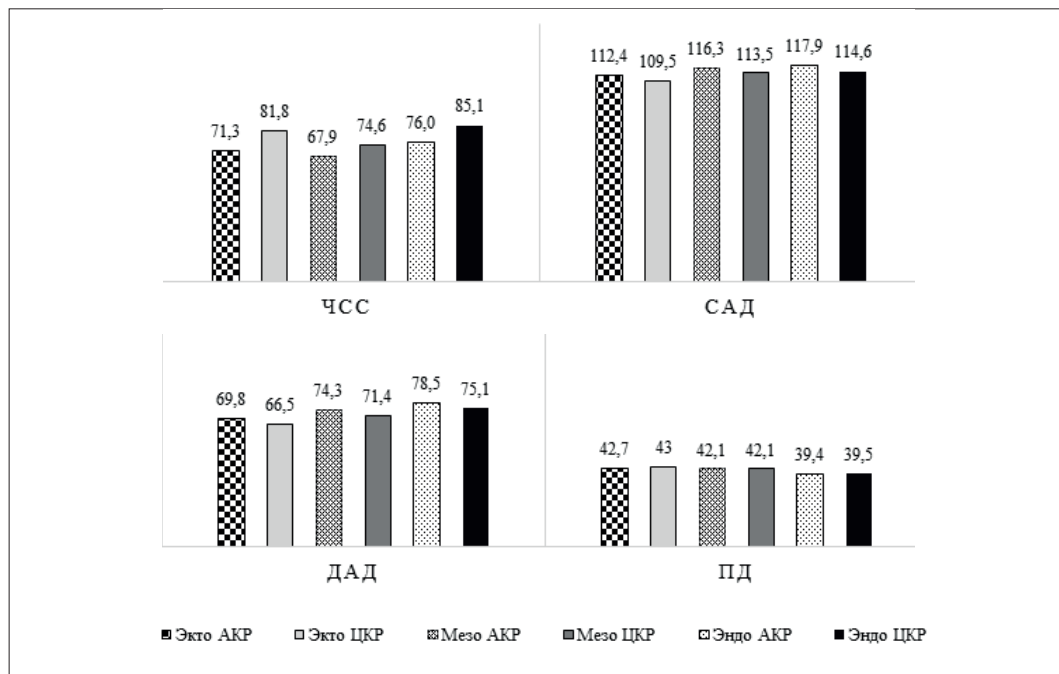


Рис. 2. Гемодинамические показатели студентов

деятельностью испытуемых, сниженной продолжительностью сна, недостаточной двигательной активностью, нерегулярным и несбалансированным питанием.

В таблице 1 представлен уровень физической подготовленности студентов в зависимости от типа телосложения и вегетативной регуляции.

Согласно данным, представленным в таблице 1, было установлено, что мезоморфы обладают наиболее высоким уровнем скоростных и силовых способностей, гибкости, выносливости и скорости восстановления после физической нагрузки. Показатели кистевой динамометрии свидетельствуют о более высоком уровне развития силы у эндоморфов, однако из-за их более высокой массы тела значения силового индекса будут ниже, чем у мезоморфов. По результатам пробы Мартинэ – Кушелевского выявлено, что мезоморфы демонстрируют наиболее эффективную реакцию сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку. Эктоморфы отличаются быстрой реакцией на нагрузку, но более длительным восстановлением из-за менее развитой мышечной массы. Самый высокий ЧСС и наиболее медленная скорость восстановления были обнаружены у эндоморфов, что связано с более высокой массой тела, включая жировой компонент. Таким образом, тип вегетативной регуляции оказывает менее выраженное влияние на результаты, чем соматотип, хотя у АКР-групп наблюдается тенденция к лучшим показателям в скоростных тестах, выносливости и скорости восстановительных процессов.

Функция гемодинамического обеспечения систем организма, вне зависимости от конституциональных особенностей, наибольшую экономичность

Таблица 1

Уровень физической подготовленности студентов

Показатель	Экт.		Мез.		Энд.		АКР (%)		ЦКР (%)	
	АКР	ЦКР	АКР	ЦКР	АКР	ЦКР	Экт-Мез	Экт-Энд	Экт-Мез	Экт-Энд
Бег на 60 м, с	8,51 ±0,4	8,38 ±0,4	8,18 ±0,4	8,30 ±0,4	9,57 ±0,5	9,74 ±0,5	4,0	12,5*	1,0	16,2*
	1,6		1,5		1,8					17,0*
Челночный бег 3 × 10 м, с	7,84 ±0,3	7,68 ±0,3	7,42 ±0,3	7,57 ±0,3	8,22 ±0,4	8,37 ±0,4	5,7	4,8	1,5	9,0*
	2,1		2,0		1,8					10,8*
Прыжок в длину с места, см	212,7 ±9	212,1 ±10	207,9 ±12	210,6 ±12	187,7 ±14	186,0 ±14	2,3	13,3*	0,7	14,0*
	0,3		1,3		0,9					10,8*
Подтягивание на перекладине, кол-во повт.	6,6 ±1,7	6,4 ±1,6	7,0 ±1,6	6,5 ±1,5	2,1 ±1,2	2,3 ±1,5	6,1	214*	1,6	178*
	3,1		7,7		9,5					233*
Кистевая динамометрия ведущей рукой, кг	42,1 ±1,4	43,0 ±1,4	47,5 ±1,9	46,2 ±1,8	49,8 ±2,5	50,5 ±2,7	12,8*	18,3*	7,4*	17,4*
	2,1		2,8		1,4					4,8
Наклон вперед, см	-3,7 ±1,8	-3,2 ±1,8	2,3 ±2,3	1,8 ±2,1	-4,5 ±1,6	-3,9 ±1,6	162*	21,6	156*	22
	15,6		27,8		15,4					296*
Тест Купера, м	2 298 ±158	2 214 ±144	2 342 ±170	2 289 ±163	1 958 ±122	1 903 ±117	1,9	17,4*	3,4	16,3*
	3,8		2,3		2,9					19,6*
Время восстановления ЧСС, мин	2,9 ±0,2	3,3 ±0,2	2,1 ±0,2	2,6 ±0,2	3,3 ±0,3	3,9 ±0,3	38,1*	13,8*	26,9*	18,2*
	13,8*		23,8*		18,2*					57,1*

Примечание: * — $p < 0,05$; Экт. — эктоморф, Мез. — мезоморф, Энд. — эндоморф.

демонстрирует у студентов с преобладанием автономного контура регуляции сердечной деятельности, что обусловлено доминированием местных интракардиальных механизмов регуляции, в частности активностью метасимпатической нервной системы и ауторегуляторных миогенных механизмов, которые обеспечивают оптимальный баланс между сердечным выбросом и периферическим сосудистым сопротивлением без избыточной активации центральных (церебральных) регуляторных структур. При этом наиболее низкие показатели ЧСС в состоянии покоя зафиксированы у лиц мезоморфного типа телосложения (см. табл. 2). Данный феномен физиологически обоснован развитой капилляризацией скелетных мышц, обеспечивающей повышенную экстракцию кислорода в тканях, оптимизированным венозным возвратом за счет эффективного функционирования мышечно-венозной помпы, более высокой активностью парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (вагусное влияние), что проявляется в выраженной брадикардии в покое.

При исследовании ВСР посредством оценки размаха кардиоинтервалов (dX) — показателя, отражающего максимальную амплитуду колебаний длительности последовательных RR-интервалов, — выявлены значимые различия в зависимости от соматотипа и доминирующего контура вегетативной регуляции. У эктоморфов зафиксирован наиболее выраженный размах кардиоинтервалов с АКР, что свидетельствует о высокой лабильности ритма сердца и значительной амплитуде колебаний, что физиологически обусловлено преобладанием тонического влияния парасимпатического отдела ВНС, повышенной чувствительностью барорецепторных рефлексов, выраженной дыхательной аритмией, связанной с активностью блуждающего нерва. У эндоморфов, напротив, отмечены наименьшие показатели dX , что отражает доминирование симпатикотонии, угнетение вагусных влияний на синусовый узел, повышенную ригидность ритма, обусловленную метаболическими и гемодинамическими особенностями, увеличение общего периферического сосудистого сопротивления, снижающего вариабельность сердечного цикла.

Статистический анализ не выявил достоверных различий по показателю dX между эктоморфами и мезоморфами ни при АКР, ни при ЦКР, тем не менее во всех подгруппах этих соматотипов значения dX значимо превышали показатели эндоморфов ($p < 0,05$), что подчеркивает роль конституциональных факторов в формировании паттернов вегетативной регуляции сердечного ритма.

Анализ среднеквадратичного значения последовательных различий (RMSSD), отражающего активность парасимпатического отдела ВНС, позволил установить, что мезоморфы демонстрируют максимальные значения RMSSD, что указывает на: высокую холинергическую активность блуждающего нерва; эффективную ауторегуляцию синусового узла; оптимальное соотношение симпатовагального баланса в пользу парасимпатки; способность к быстрой адаптивной перестройке ритма в ответ на внешние стимулы. Эндоморфы характеризуются минимальными значениями RMSSD, что свидетельствует о симпатической гиперактивности; подавлении парасимпатических влияний, повышенной

Таблица 2

Показатели ВСР у студентов

Показатель	Экт.		Мез.		Энд.		АКР (%)		ЦКР (%)			
	АКР	ЦКР	АКР	ЦКР	АКР	ЦКР	Экт-Мез	Экт-Энд	Экт-Мез	Экт-Энд		
ЧСС, уд/мин	71 ±5	82 ±6	68 ±4	75 ±5	76 ±7	85 ±8	4,2	7,0	8,5	11,8*	3,7	13,3*
	15*		10*		12*							
dX, мс	312 ±59	225 ±28	298 ±52	218 ±23	271 ±47	193 ±26	4,5	13,1*	3,1	9,1	14,2	11,5
	39*		37*		40*							
RMSSD, мс	54 ±9	27 ±5	63 ±10	32 ±6	49 ±7	21 ±5	16,7	9,3	18,5	22,2*	22,2*	34,4*
	100*		97*		133*							
TP, мс ²	2 758 ±372	946 ±154	2 875 ±340	1 092 ±206	2 430 ±295	814 ±128	4,2	11,9*	15,4	15,5*	14,0	25,5*
	191*		163*		198*							
SI, ед.	49 ±7	136 ±24	53 ±8	128 ±21	65 ±10	218 ±35	8,2	32,7*	6,3	22,6	60,3*	70,3*
	178*		142*		235*							
IC (HF + LF)/VLF), ед.	4,18 ±0,5	1,93 ±0,3	4,41 ±0,5	1,88 ±0,3	3,81 ±0,4	1,62 ±0,2	5,4	9,8	2,7	15,7	19	15,8
	178*		142*		235*							
IC (LF + VLF)/HF), ед.	1,40 ±0,2	2,28 ±0,4	1,23 ±0,2	1,99 ±0,3	1,62 ±0,3	3,17 ±0,5	12,6	15,7	12,9	32,4*	39,0*	59,5*
	62*		62*		95*							
ISCA (LF/VLF), ед.	2,03 ±0,3	1,04 ±0,2	1,98 ±0,3	0,92 ±0,2	1,98 ±0,3	0,99 ±0,2	2,4	2,5	13,3	0,1	4,4	8,5
	95*		116*		97*							

Примечание: * — $p < 0,05$; Экт. — эктоморф, Мез. — мезоморф, Энд. — эндоморф.

роли центральных (надсегментарных) механизмов регуляции (гипоталамус, лимбическая система), напряжении адаптационных систем.

Таким образом, эктоморфы обладают наибольшей амплитудой колебаний сердечного ритма (dX), что отражает высокую пластичность вегетативной регуляции; мезоморфы отличаются максимальной парасимпатической активностью (по RMSSD), обеспечивающей экономичность кардиогемодинамики; эндоморфы проявляют признаки вегетативного дисбаланса с преобладанием симпатикотонии и централизацией управления ритмом сердца.

TP (Total Power) — суммарная мощность спектра variability сердечного ритма в диапазоне 0,003–0,4 Гц, отражающая общий уровень вегетативной активности и адаптационных резервов организма, включает в себя вклад всех регуляторных механизмов: высокочастотные колебания (HF) — парасимпатическая активность; низкочастотные колебания (LF) — симпатическая модуляция; очень низкочастотные колебания (VLF) — гуморально-метаболические и центральные влияния. Анализ показателя TP выявил четкую дифференциацию адаптационного потенциала у студентов разных соматотипов в зависимости от доминирующего контура вегетативной регуляции. У мезоморфов зафиксирован максимально высокий уровень TP при АКР, что свидетельствует о наиболее благоприятном вегетативном профиле, характеризующемся высокой пластичностью ритма, обеспечиваемой доминированием автономного контура регуляции, а также о физиологической экономичности гемодинамики. У студентов-мезоморфов с ЦКР наблюдается снижение TP в 2,6 раза; однако абсолютные значения остаются выше, чем у других соматотипов, что указывает на большую устойчивость их регуляторных систем к стрессовым факторам. Эктоморфы демонстрируют схожие значения с мезоморфами, что также характеризует их сердечный ритм как лабильный благодаря парасимпатической доминанте, но с меньшей устойчивостью вегетативной системы к стрессу. У эндоморфов выявлены наименьшие значения TP, что указывает на исходно ограниченные адаптационные резервы даже при автономной регуляции, а также на преобладание симпатикотонии. Таким образом, тип вегетативной регуляции оказывает более выраженное влияние на TP, чем соматотип, однако их взаимодействие определяет итоговый адаптационный потенциал.

Анализ стресс-индекса (SI), показателя напряжения регуляторных систем, позволил выявить зависимость между уровнем вегетативного стресса и соматотипами в зависимости от типа вегетативной регуляции. Наименьшие значения выявлены у эктоморфов при АКР, что указывает на преобладание у них парасимпатического тонуса, низкую степень напряжения адаптационных систем и высокую функциональную экономичность; при наличии ЦКР показатель выше на 178 %, что отражает выраженную активацию центральных механизмов стресса. У мезоморфов с АКР выявлены более высокие ($> 0,05$), а с ЦКР более низкие ($> 0,05$) значения без достоверных различий с одноименными типами регуляции у эктоморфов, что свидетельствует о сбалансированной адаптации. Наибольшие значения SI выявлены у эндоморфов, что указывает

на более высокое напряжение регуляторных систем, обусловленное доминированием симпатической активации.

На основе частотных показателей (HF, LF, VLF) нами были рассчитаны следующие индексы, отражающие баланс отделов вегетативной нервной системы: индекс централизации (IC, $(HF + LF)/VLF$), индекс активации симпатического отдела (IC, $(LF + VLF)/HF$) и индекс соотношения низкочастотных и очень низкочастотных колебаний (ISCA, LF/VLF), что позволило количественно оценить степень централизации управления ритмом сердца, активность симпатической и парасимпатической регуляции, а также вклад центральных (надсегментарных) механизмов в модуляцию сердечного ритма.

Индекс централизации демонстрирует соотношение активности автономных (HF, LF) и центральных (VLF) механизмов регуляции. У всех соматотипов при АКР зафиксированы более высокие значения IC, что указывает на преобладание автономной регуляции и высокую пластичность ритма. С преобладанием ЦКР показатель IC $(HF + LF)/VLF$ снижается в 2–2,5 раза, что свидетельствует о возрастании роли центральных механизмов. Наибольшая разница IC наблюдается у эндоморфов (на 57,5 %), что отражает их повышенную зависимость от надсегментарного контроля и меньшую адаптивность автономной нервной системы. IC $(LF + VLF)/HF$ характеризует степень симпатической активации: чем выше значение, тем больше вклад симпатического отдела. При АКР наименьшие значения установлены у мезоморфов, а наибольшие — у эндоморфов. При ЦКР более высокие показатели во всех группах, чем с АКР, при этом у эндоморфов разница наиболее выражена, что указывает на исходно более высокий симпатический тонус у эндоморфов. ISCA (LF/VLF) отражает баланс между симпатической модуляцией (LF) и гуморально-метаболическими/центральными влияниями (VLF). При АКР значения близки у всех соматотипов, что говорит о сопоставимой активности симпатической регуляции в условиях автономного преобладания. При ЦКР наблюдается снижение ISCA в среднем в 2,0 раза в сравнении с АКР.

Сравнительный анализ частотных индексов выявил универсальную закономерность — при ЦКР во всех группах снижается роль автономной регуляции ($\downarrow IC$, $\uparrow(LF + VLF) / HF$) и возрастает вклад центральных механизмов. Эктоморфы с АКР демонстрируют наибольшую пластичность, мезоморфы — сбалансированность регуляторных процессов, а эндоморфы с ЦКР имеют исходную симпатикотонию и повышенную реактивность. Было установлено, что наибольший риск дезадаптации характерен для эндоморфов, что обусловлено сочетанием высокого симпатического тонуса, сниженной вариабельности ритма и доминирования центральных механизмов регуляции. Полученные данные подчеркивают необходимость учета как типа вегетативной регуляции, так и конституциональных особенностей при оценке функционального резерва сердечно-сосудистой системы для разработки индивидуальных рекомендаций.

Как видно из таблицы 3, анализ показателя активности регуляторных систем (ПАРС) у студентов выявил выраженную неоднородность адаптационного потенциала в общей выборке. Удовлетворительная активность регуляторных систем, свидетельствующая о сбалансированной работе симпатического и парасимпатического отделов ВНС, эффективной барорефлекторной регуляции, зафиксирована лишь у 26,4 % обследованных. Почти половина студентов (47,2 %) демонстрирует напряженную активность регуляторных систем, что отражает мобилизацию компенсаторных механизмов (активацию симпатико-адреналовой системы, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси) для поддержания гомеостаза в условиях повышенной нагрузки. Более четверти выборки (22,6 %) характеризуется неудовлетворительной активностью регуляторных систем с признаками истощения адаптационных резервов, а у 3,8 % выявлен срыв регуляторных механизмов, сопряженный с дезорганизацией нейрогуморальной регуляции и риском функциональных нарушений.

Таблица 3

Показатель активности регуляторных систем студентов

Группа	ПАРС (%)			
	Удовлетворительная (1–3)	Напряжение (4–5)	Неудовлетворительная (6–7)	Срыв адаптации (8 и более)
Эндо ЦКР	20,7	24,1	44,8	10,3
Эндо АКР	22,7	59,1	18,2	0
Мезо ЦКР	24	56	16	4
Мезо АКР	41,7	50	8,3	0
Экто ЦКР	18,5	44,4	29,6	7,4
Экто АКР	31,3	53,1	15,6	0

Сопоставление данных по соматотипам выявило четкие физиологические градиенты в активности регуляторных систем. Так, наиболее благоприятный профиль отмечен у мезоморфов, что обусловлено оптимальным соотношением мышечной и жировой массы, преобладанием парасимпатического отдела ВНС в покое. Эктоморфы демонстрируют умеренное напряжение регуляторных систем, связанное с повышенной лабильностью сердечного ритма, склонностью к симпатикотонии при стрессе и компенсаторным повышением ЧСС. Наибольшая уязвимость выявлена у эндоморфов с ЦКР: 44,8 % из них имеют неудовлетворительную активность регуляторных систем, а 10,3 % — признаки срыва адаптации.

Таким образом, 73,6 % студентов испытывают повышенное напряжение или декомпенсацию регуляторных систем, причем степень дисрегуляции напрямую зависит от конституциональных особенностей и типа вегетативной регуляции. Наибольший риск развития функциональных нарушений наблюдается у эндоморфов с ЦКР, что требует более пристального внимания при планировании физических нагрузок. К ключевым мерам относятся: регулярный

мониторинг ПАРС и variability сердечного ритма (ВСР), оптимизация двигательного режима с учетом соматотипа, коррекция метаболических нарушений (особенно у эндоморфов), нормализация сна и питания, а также использование цифровых инструментов самоконтроля (измерительные устройства, мобильные приложения) для динамической оценки ключевых физиологических параметров. Такой подход позволит повысить адаптационные резервы, стабилизировать вегетативный баланс и снизить негативное влияние стрессогенных факторов образовательной среды.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило значимость комплексного подхода к оценке адаптации студентов к совмещенной учебной и физической нагрузке. Выявлены существенные различия в адаптационном потенциале в зависимости от типа телосложения и типа вегетативной регуляции. Наилучшую адаптацию к физическим нагрузкам демонстрируют мезоморфы, тогда как эндоморфы характеризуются сниженным адаптационным потенциалом. Биоимпедансный анализ выявил достоверные различия в мышечной и жировой массе представителей разных соматотипов. Установлено, что увеличение мышечной массы положительно влияет на гемодинамику и силовые показатели, а избыток жировой массы ухудшает адаптацию к стрессовым факторам. Тип телосложения оказывает существенное влияние на базовые гемодинамические показатели, тогда как пульсовое давление в большей степени зависит от конституциональных особенностей. Педагогические тесты показали, что мезоморфы обладают наивысшими скоростно-силовыми способностями, гибкостью и выносливостью, эктоморфы отличаются быстрой реакцией на нагрузку, но более длительным восстановлением, а у эндоморфов выявлены более высокие значения кистевой динамометрии. КИГ выявила, что у эктоморфов с автономным контуром регуляции (АКР) наблюдается наибольшая лабильность сердечного ритма, а у эндоморфов — признаки симпатикотонии и ригидности ритма. Мезоморфы с АКР демонстрируют наивысший общий адаптационный потенциал (по показателю ТР), тогда как у эндоморфов он минимален, что указывает на ограниченные функциональные резервы. Наибольший риск по показателям ВСР дезадаптации выявлен у эндоморфов с ЦКР из-за высокого симпатического тонуса, сниженной variability сердечного ритма и доминирования центральных регуляторных механизмов. Анализ ПАРС показал, что лишь четверть студентов (26,4 %) имеет удовлетворительную активность регуляторных систем, тогда как 73,6 % испытывают напряжение или декомпенсацию. Наиболее благоприятный профиль ПАРС отмечен у мезоморфов, а наибольший риск дезадаптации — у эндоморфов с ЦКР.

Полученные в ходе исследования данные могут использоваться для осуществления медико-биологического контроля обучающихся, в том числе

для ранней диагностики дезадаптации, дифференцированного построения процесса физического воспитания, совершенствования программного обеспечения, используемого в сфере физического воспитания.

Список источников

1. Войцев Л. С., Павлова О. Н., Захаров А. В., Гуленко О. Н. Влияние гигиены сна на качество ночного сна и дневную сонливость у студентов-медиков // *Современные вопросы биомедицины*. 2025. № 3 (33). Т. 9. С. 21–31. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2025_09_03_2. EDN: RMIVMV.
2. Гуманюк К. А. Влияние учебных стрессогенных факторов на состояние центральной нервной системы студентов-спортсменов вузов г. Хабаровска / К. А. Гуманюк, З. М. Коваленко, Н. В. Рыбченко и др. // *Флагман науки*. 2024. № 11 (22). С. 135–142. <https://doi.org/10.37539/2949-1991.2024.22.11.017>. EDN: RJTMDE.
3. Дубиков Н. В., Беляев А. Г. Комплексная оценка состояния здоровья студентов, занимающихся элективной физической культурой в высшем учебном заведении как средство оптимального распределения по видам физической культуры // *Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки*, 2024. № 1 (53). С. 125–134. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2024.53.1.10>. EDN: ZRGIWW.
4. Зверева М. В., Бобков Г. С., Федорова Е. Ю., Бобкова С. Н. Оценка сердечной деятельности лиц юношеского возраста на фоне учебного стресса // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2021. № 3 (79). С. 116–118. [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3\(79\)-116-118](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3(79)-116-118). EDN: XJOKCV.
5. Малмыцкая В. С., Насырова Г. Х. Влияние учебной нагрузки на физическое состояние студентов // В сборнике: *Студенческий научный форум 2024. сборник статей XI Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2024. С. 200–204. EDN: QYXJLQ.
6. Мужиченко М. В., Новиков Д. С., Надежкина Е. Ю., Маринина М. Г. Исследование регуляции и адаптационных возможностей сердечно-сосудистой системы у молодых лиц с разным уровнем физической нагрузки // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*, 2023. Т. 20. № 4. С. 117–121. <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-4-117-121>. EDN: CNNFEN.
7. Петропавловский М. И., Прописнов Т. А., Толмачев Д. А. Влияние времени сна на умственную работоспособность студентов // *Дневник науки*. 2024. № 9 (93). EDN: USDLFB.
8. Постнова М. В. Соматотипирование как подход к индивидуализации здоровьесберегающего сопровождения человека на этапах образования и профессионального самоопределения // *Вестник Волгоградского государственного университета*. 2015. № 5 С. 40–47. <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.2.5>. EDN: UKTSWF.
9. Саркисов А. К., Гаврилова Е. А. Оценка уровня стресса студентов медицинского университета на основе вариабельности сердечного ритма // *Актуальные проблемы физической культуры студентов медицинских вузов / Под ред. Е. О. Явдошенко*. Санкт-Петербург, 2025. С. 237–242. EDN: VAPSIF.
10. Федорова Е. Ю., Лубышев Е. А., Красильников А. А., Голубничий С. П. Инновационные веб-решения для индивидуализированной коррекции телосложения // *Современное педагогическое образование*. 2024. № 12. С. 212–216. EDN: NEHVBE.

11. Шарова Н. И., Шарова О. Ю. Комплексный контроль в системе физического воспитания студентов вузов // Актуальные проблемы развития физической культуры и спорта в Восточной Сибири: Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 25-летию юбилею Иркутского филиала РУС «ГЦОЛИФК», Иркутск, 18–19 апреля 2024 года. Иркутск: Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», ООО «Мега-принт», 2024. С. 99–104. EDN: CWQFWZ.
12. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2009. 254 с. ISBN: 978-5-904524-24-1. EDN: QLVYBB.
13. Щербакова А. Э. Показатели функционального состояния центральной нервной системы и вегетативной регуляции сердечного ритма студентов с разным уровнем личностного адаптационного потенциала / А. Э. Щербакова, М. А. Попова, Е. В. Хабибуллин и др. // Современные вопросы биомедицины. 2024. № 2. Т. 8. С. 196–204. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_02_22. EDN: EOKMRN.
14. Эбзеева Е. Ю., Полякова О. А. Тревожные расстройства и нарушения сна // Медицинский совет. 2022. № 16 (11). С. 108–113. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-11-108-113>. EDN: UEZOPO.
15. Talaia A. Sleep hygiene practices and sleep quality among medical students in Egypt: a cross-sectional study / A. Talaia, A. Sowidan, A. Fahim et al. // Sleep Science and Practice. 2025. Vol. 9. № 1. P. 6. <https://doi.org/10.1186/s41606-025-00125-y>. EDN: VLOQPG.

References

1. Voishchev L. S., Pavlova O. N., Zakharov A. V., Gulenko O. N. The impact of sleep hygiene on the quality of nighttime sleep and daytime sleepiness in medical students. *Modern Issues in Biomedicine*. 2025;9(3):21–31. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2025_09_03_2. EDN: RMIVMV.
2. Gumanyuk K. A., Kovalenko Z. M., Rybchenko N. V., Borodin P. V., Tyutyukov V. G. The impact of educational stressful factors on the state of the central nervous system of student-athletes of Khabarovsk universities. *Science Flagship*. 2024;11(22):135–142. (In Russ.). <https://doi.org/10.37539/2949-1991.2024.22.11.017>. EDN: RJTMDE.
3. Dubikov N. V., Belyaev A. G. Comprehensive assessment of the health status of students engaged in elective physical education in a higher educational institution as a means of optimal distribution among types of physical education. *Bulletin of Moscow State Pedagogical Univ. Series: Natural Sciences*. 2024;(53)(1):125–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2024.53.1.10>. EDN: ZRGIWW.
4. Zvereva M. V., Bobkov G. S., Fedorova E. Yu., Bobkova S. N. Assessment of cardiac activity of adolescents against the background of academic stress. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2021;(79)(3):116–118. (In Russ.). [https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3\(79\)-116-118](https://doi.org/10.19163/1994-9480-2021-3(79)-116-118). EDN: XJOKCV.
5. Malmyskaya V. S., Nasyrova G. Kh. The impact of academic workload on the physical condition of students. In: *Student Scientific Forum 2024: Collection of articles from the XI International Scientific and Practical Conference*. Penza. 2024:200–204. EDN: QYXJLQ. (In Russ.).
6. Muzhichenko M. V., Novikov D. S., Nadezhkina E. Yu., Marinina M. G. Study of the regulation and adaptive capabilities of the cardiovascular system in young individuals

with different levels of physical activity. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2023;20(4):117–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.19163/1994-9480-2023-20-4-117-121>. EDN: CNNFEN.

7. Petropavlovsky M. I. The influence of sleep time on the mental performance of students. *Science Diary*. 2024;(9):93. EDN: USDLFB. (In Russ.).

8. Postnova M. V. Somatotyping as an approach to individualization of health-preserving support of a person at the stages of education and professional self-determination. *Bulletin of Volgograd State University*. 2015;(5):40–47. (In Russ.). <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.2.5>. EDN: UKTSWE.

9. Sarkisov A. K., Gavrilova E. A. Assessment of the stress level of medical university students based on heart rate variability. Actual problems of physical culture of students of medical universities: Collection of articles. Ed. by Yavdoshenko E. O. St. Petersburg. 2025:237–242. EDN: VAPSIF. (In Russ.).

10. Fedorova E. Yu., Lubyshev E. A., Krasilnikov A. A., Golubnichy S. P. Innovative web solutions for individualized body composition correction. *Modern pedagogical education*. 2024;(12):212–216. EDN: NEHVBE. (In Russ.).

11. Sharova N. I., Sharova O. Yu. Comprehensive control in the system of physical education of university students. In: Actual problems of development of physical culture and sports in Eastern Siberia: Proceedings of the XVII All-Russian scientific and practical conference of students, master's students, postgraduates and young scientists. Irkutsk: Russian University of Sports “GTSOLIFK”, OOO “Megaprint”. 2024:99–104. EDN: CWQFWZ. (In Russ.).

12. Shlyk N. I. Heart rhythm and type of regulation in children, adolescents and athletes. Izhevsk: Udmurt State University. 2009. 254 p. ISBN: 978-5-904524-24-1. EDN: QLVYBB. (In Russ.).

13. Shcherbakova A. E., Popova M. A., Khabibullin E. V., Lakomkina A. S., Chistova V. V. Indicators of the functional state of the central nervous system and autonomic regulation of the heart rate of students with different levels of personal adaptive potential. *Modern issues in biomedicine*. 2024;8(2):196–204. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_02_22. EDN: EOKMRN.

14. Ebzeeva E. Yu., Polyakova O. A. Anxiety and sleep disorders. *Medical Council*. 2022;16(11):108–113. (In Russ.). <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-11-108-113>. EDN: UEZOPO.

15. Talaia A., Sowidan A., Fahim A. et al. Sleep hygiene practices and sleep quality among medical students in Egypt: a cross-sectional study. *Sleep Science and Practice*. 2025;9(1):6. <https://doi.org/10.1186/s41606-025-00125-y>. EDN: VLOQPG.

Информация об авторах / Information about the authors:

Лурье Герман Владиславович — ассистент департамента физической культуры, спорта и медиакоммуникаций, младший научный сотрудник научно-исследовательского центра Института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Lurye German Vladislavovich — Assistant of the Department of Physical Education, Sports and Media Communications, Junior Researcher of the Research Center, Moscow City University, Moscow, Russia.

germanlurye@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0534-1333>

Федорова Елена Юрьевна — доктор биологических наук, доцент, профессор департамента образовательного проектирования, руководитель научно-исследовательского центра Института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

Fedorova Elena Yuryevna — Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Educational Design, Head of the Research Center, Moscow City University, Moscow, Russia.

elefedor@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6992-4282>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: the authors declare no relevant conflict of interests.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Funding Statement: no funding was received for writing this manuscript.

Статья поступила в редакцию: 22.10.2025;
одобрена после доработки: 19.11.2025;
принята к публикации: 10.12.2025.

The article was submitted: 22.10.2025;
approved after reviewing: 19.11.2025;
accepted for publication: 10.12.2025.