

ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА PREVENTIVE MEDICINE

ОСОБЕННОСТИ МЕЖСИСТЕМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Мальцев В.П.,
Говорухина А.А.,
Мальков О.А.

БУ «Сургутский государственный педагогический университет»
(628400, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Мальцев Виктор Петрович,
e-mail: mal585@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Научный интерес представляет изучение не отдельных показателей организма обучающихся, а комплексных межсистемных взаимодействий, отражающих специфику адаптационных возможностей.

Цель исследования. Выявить особенности межсистемных взаимодействий показателей функционального состояния сосудов, морфологических и нейродинамических характеристик студентов с разным типом вегетативной регуляции, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.

Методы. Обследовано 429 студентов 1–4-х курсов (девушки – 348, юноши – 80) БУ «Сургутский государственный педагогический университет». Исходный тип вегетативной регуляции определяли по средней продолжительности RR-интервалов электрокардиограммы. Оценивали показатели антропометрии (длину и массу тела) и компонентного состава тела (прибор Tanita BC-601 (Tanita, Япония)), эластичность сосудистой стенки (прибор «АнгиоСкан-01» (ООО «АнгиоСкан-Электроникс», Россия)); нейродинамические показатели (прибор «НС-ПсихоТест» (Нейрософт, Россия)). Статистический анализ проведён в среде Statistica 7.0 (StatSoft Inc., США). Использовали непараметрический U-критерий Манна – Уитни для оценки различий и непараметрический R-критерий Пирсона для анализа корреляционных связей.

Результаты. Увеличение жёсткости сосудистой стенки крупных и мелких артерий у девушек сопровождается ростом парасимпатической активности; у юношей увеличение жёсткости крупных артерий возрастает с увеличением симпатoadрeналовой активности, при этом отмечается компенсаторное увеличение жёсткости мелких мышечных артерий с ростом парасимпатической активности. У лиц симпатикотонического типа вегетативной регуляции отмечены избыточное содержание жировой массы и повышенная частота висцерального ожирения, дефицит содержания воды. С преобладанием вклада парасимпатического компонента в регуляцию кардиоритма отмечено увеличение процессов торможения в центральной нервной системе. У юношей сниженные сенсомоторные реакции согласованы с симпатической активацией в регуляции кардиоритма. Корреляционный анализ позволил установить некоторые особенности во взаимодействии сосудистой, морфологической и центральной нервной системы.

Заключение. Показаны отличия по показателям функциональных систем (физического развития, сосудистого русла, нейродинамических характеристик) в обследованных группах студентов с учётом пола и типа вегетативной регуляции. Выявлены особенности межсистемных взаимодействий показателей физиологических систем организма студентов с разным типом вегетативной регуляции.

Ключевые слова: тип нейровегетативной регуляции, функциональное состояние сосудистой системы, антропометрия, компонентный состав тела, нейродинамика, межсистемные взаимодействия, студенты, Северный регион

Для цитирования: Мальцев В.П., Говорухина А.А., Мальков О.А. Особенности межсистемных взаимодействий показателей физиологических систем организма студентов с разным типом вегетативной регуляции. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 207-219. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.23

Статья поступила: 27.01.2022

Статья принята: 11.08.2023

Статья опубликована: 28.09.2023

INTERSYSTEM INTERACTIONS OF PHYSIOLOGICAL SYSTEM INDICATORS IN STUDENTS WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION

Maltsev V.P.,
Govorukhina A.A.,
Malkov O.A.

Surgut State Pedagogical University
(50 let VLKSM str. 10/2, 628400 Surgut,
Russian Federation)

Corresponding author:
Victor P. Maltsev,
e-mail: mal585@mail.ru

ABSTRACT

Studying not only individual students indicators of students, but complex intersystem interactions that reflect the specifics of adaptive capabilities is of scientific interest.

The aim of the study. *To reveal the features of intersystem interactions of indicators of the blood vessels functional state, morphological and neurodynamic characteristics of students with different types of autonomic regulation, living in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra.*

Methods. *429 first–fourth-year students (348 girls, 80 boys) of the Surgut State Pedagogical University were examined. The initial type of autonomic regulation was determined by the average duration of electrocardiogram RR intervals. Anthropometry parameters (body length and weight) and body composition were assessed using Tanita BC-601 device (Tanita, Japan), vascular wall elasticity – using AngioScan-01 (AngioScan-Electronics Ltd, Russia), neurodynamic indicators – using NS-PsychoTest device (Neurosoft, Russia). Statistical analysis was carried out using Statistica 7.0 software (StatSoft Inc., USA). We used the nonparametric Mann – Whitney U-test to evaluate differences and the nonparametric Pearson R-test to analyze correlations.*

Results. *An increase in the stiffness of the vascular wall of large and small arteries in girls is accompanied by an increase in parasympathetic activity. In young men, an increase in the stiffness of large arteries raises with an increase in sympathoadrenal activity, while a compensatory increase in the stiffness of small muscular arteries is noted with an increase in parasympathetic activity. In persons with the sympathicotonic type of autonomic regulation, an excess content of fat mass, an increased frequency of visceral obesity, and a deficiency in water content were registered. With the predominance of the parasympathetic component contribution to the regulation of cardiac rhythm, an increase in the processes of inhibition in the central nervous system was noted. In young men, reduced sensorimotor reactions are consistent with sympathetic activation in the regulation of heart rate. Correlation analysis made it possible to establish some features in the interaction of the vascular, morphological and central nervous systems.*

Conclusion. *Differences in indicators of functional systems (physical development, blood flow, neurodynamic characteristics) in the examined groups of students are shown, taking into account gender and autonomic regulation type. Features of intersystem interactions of indicators of physiological systems of students' bodies with different types of autonomic regulation were revealed.*

Key words: *type of neurovegetative regulation, functional state of the vascular system, anthropometry, body composition, neurodynamics, intersystem interactions, students, Northern region*

Received: 27.01.2022
Accepted: 11.08.2023
Published: 28.09.2023

For citation: Maltsev V.P., Govorukhina A.A., Malkov O.A. Intersystem interactions of physiological system indicators in students with different types of autonomic regulation. *Acta biomedica scientifica*. 2023; 8(4): 207-219. doi: 10.29413/ABS.2023-8.4.23

ОБОСНОВАНИЕ

Современные физиологические исследования направлены не только на анализ отдельных среднестатистических значений параметров функциональных систем, но и на интегративную оценку функционирования организма. В связи с этим наряду с отдельными компонентами систем представляется актуальным изучать взаимосвязи между ними [1]. Наиболее интересным, с нашей точки зрения, является изучение взаимосвязи функционирования сердечно-сосудистой системы с другими системами организма. Многие современные авторы выделяют эту систему как наиболее чувствительную к воздействию неблагоприятных климатоэкологических факторов северных территорий, в том числе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО-Югра) [2–4].

Студенческая молодёжь как особая когорта, подвергаясь комплексу специфических социально-экологических воздействий, вызывает особый научный интерес [5]. Известно, что в современных условиях процесс получения образования в вузе связан с высоким уровнем психических и физических нагрузок, что часто приводит к напряжению адаптационных возможностей организма студентов.

По мнению Э.М. Казина и соавт. [6], если специфическая функциональная система не справляется со своей задачей, функциональная система обеспечения деятельности активизируется, при этом возрастают затраты функциональных резервов. Обладая различным адаптационным потенциалом, организм студентов по-разному реагирует на внешние воздействия, и в итоге «цена» адаптации определяется состоянием регуляторных систем организма, в первую очередь центральной нервной системы (ЦНС) и вегетативной регуляции. Вариативность показателей кардиоритма выступает универсальным индикатором функционального состояния разноуровневых звеньев регуляторных систем организма человека, они первыми активируются и адаптируются к воздействиям факторов окружающей среды.

Всё большее число авторов склоняется к необходимости учёта типа вегетативной регуляции при анализе и интерпретации показателей variability ритма сердца (BPC) [4, 7, 8]. Установление типа вегетативной регуляции крайне актуально в индивидуальной оценке параметров BPC и особенно важно при выборе типа и интенсивности нагрузки, выявлении рисков развития патологии сердечно-сосудистой системы.

Известно о влиянии типа вегетативной регуляции на показатели функционирования отдельных систем [9], в том числе в экстремальных условиях Северных территорий [10], однако особенности межсистемных взаимодействий функционального состояния сосудов, морфологических и нейродинамических показателей студентов с разным типом вегетативной регуляции изучены недостаточно [11]. Публикации последних лет [3, 4, 9–11] свидетельствуют о влиянии на характер и силу межсистемных взаимодействий множества факторов (уровня и длительности стрессовых влияний, сезона года, пола и возраста, вида профессиональной и учебной деятель-

ности и т. д.). В связи с этим выявление особенностей межсистемных взаимодействий организма студентов, проживающих в условиях северного региона, представляется нам весьма актуальным.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить особенности межсистемных взаимодействий функционального состояния артериальных сосудов, морфологических и нейродинамических характеристик студентов с разным типом вегетативной регуляции, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследование выполнено на базе научно-исследовательской лаборатории «Биологические основы безопасности образовательного пространства» БУ «Сургутский государственный педагогический университет». Всего обследовано 429 студентов 1–4-х курсов в возрасте 17–21 года. Все обследованные студенты были представителями некоренных национальностей, они рождены и постоянно (или более 10 лет) проживают на территории ХМАО-Югры (территории, приравненной к условиям Крайнего Севера).

Общая выборка дифференцирована по полу и типу вегетативной регуляции: девушки ($n = 348$) – симпатоники ($n = 107$), нормотоники ($n = 210$) и ваготоники ($n = 31$); юноши ($n = 80$) – симпатотоники ($n = 8$), нормотоники ($n = 49$), ваготоники ($n = 23$). В исследование были включены только те девушки, которые находилась в фолликулиновой фазе менструального цикла. Критериями исключения были острые инфекционные заболевания или обострение хронической патологии.

Определение исходного типа вегетативной регуляции проводили по показателю электрокардиограммы (ЭКГ) – средней продолжительности RR-интервалов (RRNN). Запись ЭКГ проводилась в стандартизированных условиях в положении лёжа на спине (5 мин), при спокойном дыхании, во втором стандартном отведении. Из анализа исключены записи BPC, отличные от синусового ритма. Нормотоническому типу соответствовал диапазон значений RRNN 750–980 мс (60–80 уд./мин), значения RRNN выше этого диапазона характеризуют парасимпатический, ниже – симпатикотонический тип вегетативной регуляции.

Функциональное состояние сосудистой системы оценивали по уровню артериального давления (АД), измеренного по стандартной методике при помощи электронного тонометра фирмы A&D Medical (Япония), модель UA-777, регистрировали следующие параметры: АДс – АД систолическое (мм рт. ст.); АДд – АД диастолическое (мм рт. ст.). Для оценки эластичности артериальной сосудистой стенки использовали диагностический комплекс «АнгиоСкан-01» (ООО «АнгиоСкан-Электроникс», Россия; сертификат соответствия № РОСС RU.

ИМ25.Д06096): по показателям фотоплетизограммы анализируют индекс жёсткости (SI, stiffness index; м/с), отражающий среднюю скорость распространения пульсовых волн по аорте и её ветвям; индекс отражения (RI, reflection index; усл. ед.), характеризующий тонус мелких мышечных артерий; индекс увеличения, стандартизированный по фиксированной частоте пульсе 75 уд./мин (Alp75, augmentation index; %); показатель прироста давления, зависящий от общего периферического сопротивления сосудов и эластического сопротивления сосудистой стенки; возрастной индекс (AGI, aging index; усл. ед.), оценивающий формы пульсовых волн объёма; продолжительность систолы в сердечном цикле (ED, ejection duration; мс); индекс напряжения (ИН; усл. ед.), характеризующий вариабельность ритма сердца.

Измеряли абсолютные антропометрические параметры – длину (см) и массу тела (МТ; кг) – по стандартизированным методам, с использованием медицинских ростомера и весов. Далее производили расчёт индекса массы тела (ИМТ; кг/м²). Оценку компонентного состава тела: содержание жировой массы тела (ЖМ; %), висцерального жира (ВЖ; усл. ед.) и содержание воды (ВК; %), – проводили с помощью медицинского прибора весов-анализаторов состава тела Tanita BC-601 (Tanita, Япония; сертификат соответствия № РОСС JP.ME77.B08130) в модификации для скринингового применения.

Исследование нейродинамических параметров осуществляли с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» (НейроСофт, Россия; сертификат соответствия № РОСС RU.ИМ18.Д00567) по следующим методикам: «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР; мс), отражающая скорость сенсомоторного реагирования на однотипный стимул и уровень активированности ЦНС; «Сложная зрительно-моторная реакция (реакция выбора)» (СЗМР, мс), характеризующая подвижность нервных процессов и уровень дифференцировочного торможения; «Теплинг-тест», диагностирующий силу нервных процессов. Наряду с этим регистрировали показатели среднеквадратичного отклонения (СКО) ПЗМР и СЗМР (ПЗМР СКО и СЗМР СКО), отражающие стабильность сенсомоторного реагирования.

Статистический анализ результатов проведён с помощью пакета прикладных программ Statistica 7.0 (StatSoft Inc., США). Выполнен описательный статистический анализ данных. Оценка на нормальность распределения изучаемых показателей осуществлена с использованием теста Шапиро – Уилка. Некоторые количественные признаки не соответствовали закону нормального распределения, поэтому результаты по ним представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха – 25-го и 75-го процентилей (Q₂₅; Q₇₅). Анализ различий проводили с помощью непараметрического критерия U Манна – Уитни путём попарного сравнения исследуемых групп. Для оценки корреляционных связей применяли непараметрический критерий Спирмена. Критический уровень статистической значимости составил $p < 0,017$ для всех расчётов.

Исследование выполнено в межсессионный период.

Этическая экспертиза

Основополагающим принципом проведения исследования было отсутствие риска для здоровья студентов, соблюдение гуманных и этических норм, соответствующих требованиям Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (ред. 2013 г.). От каждого участника исследования перед выполнением процедур было получено письменное информированное согласие. Протокол исследования был одобрен комитетом по биоэтике БУ «Сургутский государственный педагогический университет» (протокол № 31 от 07.09.2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Средние значения показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы (AD, SI, Alp75, RI, AGI), свидетельствуют об оптимальном функциональном состоянии обследованных студентов обоего пола. Полученные результаты, с учётом пола и типа вегетативной регуляции представлены в таблице 1.

Показатели артериального давления юношей и девушек соответствовали возрастной норме. Величина SI (м/с) у юношей превышала значения этого показателя у девушек, что свидетельствует о более выраженном снижении эластичности крупных резистивных артериальных сосудов у студентов мужского пола. Величина Alp75 (%), характеризующая эластичность артериальных сосудов крупного калибра, обнаружила различную связь с типом вегетативной регуляции: у девушек она была наибольшей в группе симпатикотоников, наименьшей – в группе ваготоников, а у юношей наоборот. Показатели эластичности мелких артерий (RI, усл. ед.) у девушек статистически значимо возрастали от группы симпатикотоников к группе ваготоников; у юношей обнаружена та же тенденция, однако статистически не подтверждённая. У юношей усреднённый индекс augmentation снижался от группы симпатотоников к ваготоникам, у которых отмечается наиболее оптимальный средний показатель эластичности крупных артерий. Значения возрастного индекса AGI (усл. ед.) обусловлены изменениями артериального давления и частоты сердечных сокращений (ЧСС). Установленные величины этого показателя укладывались в диапазон референтных значений ($-0,93 \pm 0,25$) для всех групп обследования. Статистически значимые отличия по величинам Alp75, RI и AGI у юношей не установлены. Средний показатель индекса напряжения в группах юношей и девушек с выраженной симпатикотонией был статистически значимо больше этого показателя в группах нормотоников и ваготоников (в 2 и 4 раза соответственно), что свидетельствует о выраженном стресс-индуцированном утомлении организма этих студентов.

Особенности нейровегетативной регуляции определяют характер адаптивных реакций организма, что отражается, в том числе, и на метаболических показателях. Показатели морфологического развития студентов с разным типом вегетативной регуляции представлены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 1
ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ СТЕНКИ АРТЕРИАЛЬНЫХ
СОСУДОВ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ, МЕ (Q₂₅; Q₇₅)

TABLE 1
INDICATORS OF THE ARTERIAL WALLS IN STUDENTS
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION,
ME (Q₂₅; Q₇₅)

Показатели	Пол	Тип вегетативной регуляции			p
		симпатикотония	нормотония	ваготония	
АДС, мм рт. ст.	♀	111,0 (105,0; 121,0)	108,0 (101,0; 115,0)	110,0 (103,0; 117,0)	p ₁ = 0,003
	♂	117,0 (110,0; 124,0)	118,0 (110,0; 124,0)	119,0 (108,0; 125,0)	–
p*		–	< 0,001	0,01	
АДД, мм рт. ст.	♀	72,0 (67,0; 79,0)	70,0 (64,0; 75,0)	65,0 (60,0; 70,0)	p ₁ < 0,001 p ₂ = 0,003 p ₃ < 0,001
	♂	72,5 (66,0; 76,0)	75,0 (70,0; 80,0)	71,0 (66,0; 74,0)	p ₂ < 0,001
p*		–	< 0,001	0,006	
SI, м/с	♀	7,2 (6,8; 7,7)	7,0 (6,7; 7,4)	6,9 (6,5; 7,7)	–
	♂	7,3 (7,0; 8,0)	7,5 (6,8; 7,8)	7,5 (7,0; 7,7)	–
p*		–	< 0,001	–	
Alp75, %	♀	–12,0 (–17,3; –3,4)	–11,4 (–18,8; –5,3)	–3,7 (–11,7; –1,0)	p ₁ < 0,001 p ₂ < 0,001 p ₃ < 0,001
	♂	–17,0 (–22,3; –11,7)	–18,6 (–23,2; –6,1)	–25,7 (–35,9; –15,7)	–
p*		–	0,009	< 0,001	
AGI, усл. ед.	♀	–0,9 (–1,1; –0,8)	–0,9 (–1,0; –0,8)	–0,8 (–1,0; –0,6)	–
	♂	–1,1 (–1,2; –1,0)	–0,8 (–1,1; –0,9)	–1,0 (–1,2; –0,9)	–
p*		–	–	0,003	
RI, усл. ед.	♀	19,3 (14,4; 24,8)	26,2 (19,8; 32,1)	34,1 (24,1; 41,3)	p ₁ < 0,001 p ₂ = 0,003 p ₃ < 0,001
	♂	16,1 (13,7; 21,8)	20,2 (14,2; 23,4)	23,5 (20,5; 30,3)	–
p*		–	< 0,001	0,01	
ED, мс	♀	263,0 (250,0; 275,0)	274,0 (262,0; 288,0)	287,0 (268,0; 300,0)	p ₁ < 0,001 p ₃ < 0,001
	♂	270,0 (243,0; 282,5)	264,0 (251,0; 272,0)	276,0 (268,0; 288,0)	p ₂ < 0,001
p*		–	< 0,001	–	
ИН, усл. ед.	♀	206,0 (132,0; 337,0)	96,0 (63,0; 180,0)	46,0 (31,0; 75,0)	p ₁ < 0,001 p ₂ < 0,001 p ₃ < 0,001
	♂	235,0 (179,5; 362,5)	125,0 (83,0; 182,0)	49,0 (30,0; 87,0)	p ₂ < 0,001
p*		–	–	–	

Примечание. ♀ – женщины; ♂ – мужчины; статистически значимые различия между группами: p₁ – симпатикотоников и нормотоников; p₂ – нормотоников и ваготоников; p₃ – симпатикотоников и ваготоников; p* – межполовые статистически значимые различия.

ТАБЛИЦА 2
ПОКАЗАТЕЛИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ
РЕГУЛЯЦИИ, МЕ (Q₂₅; Q₇₅)

TABLE 2
INDICATORS OF MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT
OF STUDENTS WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC
REGULATION, ME (Q₂₅; Q₇₅)

Показатели	Пол	Тип вегетативной регуляции			p
		симпатикотония	нормотония	ваготония	
ИМТ, кг/м ²	♀	21,9 (19,2; 26,1)	21,8 (20,0; 24,3)	20,2 (19,3; 22,6)	–
	♂	22,7 (21,2; 26,3)	23,1 (20,9; 26,3)	23,0 (21,5; 24,7)	–
<i>p</i> *		–	0,008	–	
МТ, кг	♀	61,0 (50,9; 69,4)	59,5 (53,0; 66,4)	56,2 (52,0; 65,0)	–
	♂	75,2 (60,7; 82,8)	73,0 (65,9; 80,5)	73,4 (63,6; 77,0)	–
<i>p</i> *		0,01	< 0,001	< 0,001	
ЖМ, %	♀	28,1 (21,1; 36,2)	27,8 (22,7; 33,1)	26,2 (21,4; 29,8)	–
	♂	26,1 (17,3; 35,0)	16,5 (11,8; 21,2)	16,3 (13,2; 19,2)	–
<i>p</i> *		–	< 0,001	< 0,001	
ВК, %	♀	53,3 (47,7; 58,4)	53,6 (49,8; 57,1)	54,9 (52,3; 58,0)	–
	♂	54,2* (48,0; 61,1)	60,9 (56,5; 66,0)	63,4 (59,1; 66,8)	<i>p</i> ₃ = 0,01
<i>p</i> *		–	< 0,001	< 0,001	
ВЖ, усл. ед.	♀	1,0 (1,0; 4,0)	1,0 (1,0; 3,0)	1,0 (1,0; 2,0)	–
	♂	3,5 (1,5; 5,5)	1,0 (1,0; 4,0)	1,0 (1,0; 2,0)	–
<i>p</i> *		–	–	–	

Примечание. ♀ – женщины; ♂ – мужчины; статистически значимые различия между группами: *p*₁ – симпатикотоников и нормотоников; *p*₂ – нормотоников и ваготоников; *p*₃ – симпатикотоников и ваготоников; *p** – межполовые статистически значимые различия.

Установлено, что у юношей и девушек с выраженной симпатикотонией показатели массы тела (кг) и содержания жирового компонента (%) были выше значений аналогичных показателей в других группах. Статистически значимые межполовые различия между группами нормотоников обнаружены по ИМТ (кг/м²). У юношей и девушек отмечено увеличение содержания водного компонента (%) организма в группах обследования от симпатотоников до ваготоников.

Обобщённые характеристики нейродинамических особенностей студентов с разным типом вегетативной регуляции представлены в таблице 3.

Установлено снижение сенсомоторной активности у девушек с увеличением вагусной тонической активности, что находит своё отражение в возрастании среднего времени реакции. Полученные результаты характеризуют снижение скорости обработки сенсорной информации и формирования двигательного ответа на раздражитель, меньшую подвижность и возбудимость ЦНС девушек-ваготоников по сравнению с симпатикотониками (в среднем на 4–7 %). Среди обследованных студентов-юношей оптимальный тип сенсомоторного реагирования выявлен у нормотоников, при этом показатели сим-

патикотоников и ваготоников имели схожую выраженность. Важно отметить, что показатели вариативности (ПЗМР СКО и СЗМР СКО), отражающие гомеостатический уровень обеспечения сенсомоторного реагирования, во всех группах обследования соответствовали коридору нормативных значений. В группах обследованных девушек мы не выявили статистически значимого влияния типа вегетативной регуляции на производительность моторного компонента деятельности (по показателям теппинг-теста). У юношей оптимальные показатели отмечены у нормотоников, тогда как симпатикотоники и ваготоники обнаружили схожие проявления сенсомоторной производительности. Межполовые статистически значимые различия по большинству анализируемых характеристик выявлены в группе нормотоников. В целом можно отметить наиболее адекватные показатели сенсомоторного реагирования юношей-нормотоников по сравнению с другими обследованными группами.

В физиологии всё более активно внедряется принцип, смысл которого заключается в том, что оптимальный результат работы системы в однотипных условиях достигается множеством состояний, которые характеризуются определёнными количественными сочетаниями

ТАБЛИЦА 3
ПОКАЗАТЕЛИ НЕЙРОДИНАМИКИ СТУДЕНТОВ
С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ,
ME (Q₂₅; Q₇₅)

TABLE 3
NEURODYNAMIC INDICATORS OF STUDENTS
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION,
ME (Q₂₅; Q₇₅)

Показатели	Пол	Тип вегетативной регуляции			p
		симпатикотония	нормотония	ваготония	
ПЗМР, мс	♀	230,3 (209,4; 257,0)	236,8 (221,6; 264,5)	246,0 (214,3; 267,7)	p ₁ = 0,01
	♂	235,6 (209,4; 243,1)	221,6 (205,6; 238,1)	234,0 (204,3; 243,1)	
p*		–	< 0,001	0,004	
ПЗМР СКО, мс	♀	56,7 (44,9; 70,2)	60,7 (48,2; 78,0)	56,6 (42,9; 75,9)	–
	♂	51,6 (39,2; 61,3)	58,4 (46,9; 72,9)	57,2 (38,0; 77,5)	
p*		–	–	–	
СЗМР, мс	♀	347,6 (323,0; 388,6)	354,1 (327,4; 384,4)	360,0 (340,5; 389,7)	–
	♂	357,1 (349,5; 376,8)	328,1 (310,3; 357,8)	333,3 (325,0; 366,9)	
p*		–	< 0,001	–	
СЗМР СКО, мс	♀	86,8 (76,3; 113,5)	86,6 (72,4; 101,2)	85,4 (66,8; 119,8)	–
	♂	88,1 (68,1; 128,3)	78,2 (68,7; 92,1)	79,2 (70,4; 97,7)	
p*		–	0,003	–	
ТТ (средняя частота), усл. ед.	♀	6,7 (6,1; 7,1)	6,7 (6,3; 7,1)	6,9 (6,3; 7,3)	–
	♂	6,9 (6,4; 7,2)	7,2 (6,7; 7,7)	6,8 (6,5; 8,0)	
p*		–	< 0,001	–	
ТТ (число ударов), усл. ед.	♀	200,0 (182,0; 213,0)	199,0 (188,0; 213,0)	204,5 (188,0; 217,0)	–
	♂	204,5 (190,5; 215,0)	214,0 (200,0; 229,0)	204,0 (195,0; 238,0)	
p*		–	< 0,001	–	

Примечание. ♀ – женщины; ♂ – мужчины; статистически значимые различия между группами: p₁ – симпатикотоников и нормотоников; p₂ – нормотоников и ваготоников; p₃ – симпатикотоников и ваготоников; p* – межполовые статистически значимые различия; ТТ – теплинг-тест.

параметров. Одним из способов характеристики физиологических систем может являться корреляционный анализ для выявления структуры взаимосвязи между отдельными показателями при различных адаптивных состояниях [12]. Результаты выполненного нами корреляционного межсистемного анализа групп студентов с разным типом вегетативного реагирования свидетельствуют о выраженных различиях между ними. Корреляционная матрица, объединяющая студентов обоего пола, представлена в таблице 4, в ней отражены статистически значимые связи между показателями.

Согласно классическим представлениям системной физиологии И.И. Шмальтгаузена, Р. Сеттлера, обобщённым в работе А.А. Позднякова [13], живой организм рассматривается как сложная иерархически соподчинённая динамическая структура, в которой функционирование одной системы зависит от работы других систем организма, корреляция между органами рассматрива-

ется как сетевое динамическое взаимодействие. Отсутствие корреляционных связей в данном контексте рассматривается как изолирование системы (органа) в функциональном отношении. Основываясь на данном положении, мы считаем, что функциональное разнообразие сетевых взаимодействий системы обуславливает её большую динамическую стабильность в реализации приспособительного эффекта. Интерпретируя полученные результаты корреляционного анализа, можно отметить, что наиболее вариативными они были у нормотоников: у них отмечено 19 межсистемных связей слабой и умеренной силы (при p < 0,05) между девятью показателями, характеризующими эластичность стенки артериальных сосудов, и пятью морфологическими показателями; 10 связей между показателями нейродинамики и морфологическими особенностями обследованных и три связи нейродинамики с показателем возрастного индекса. Во всех группах установлена прямая

ТАБЛИЦА 4
КОРРЕЛЯЦИОННАЯ МАТРИЦА МЕЖСИСТЕМНЫХ
ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ИЗУЧАЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ
РЕГУЛЯЦИИ

TABLE 4
CORRELATION MATRIX OF INTERSYSTEM INTERACTIONS
BETWEEN THE STUDIED INDICATORS IN STUDENTS
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION

Показатели	ИМТ, кг/м ²	МТ, кг	ЖК, %	ВК, %	ВЖ, усл. ед.	ПЗМР, мс	ПЗМР СКО, мс	СЗМР, мс	СЗМР СКО, мс	ТТ (средняя частота), усл. ед.	ТТ (число ударов), усл. ед.
Симпатотоники (n = 126)											
АДС, мм рт. ст.	0,37	0,36	0,33	-0,35	0,36	0,22	-	-	-	-	-
АДД, мм рт. ст.	0,27	0,28	0,25	-0,30	0,29	0,22	0,19	-	-	-	-
Ап75, %	-0,22	-0,29	-0,19	0,15	-0,20	-	-	-	-	-	-
Нормотоники (n = 259)											
АДС, мм рт. ст.	0,34	0,36	-	-	0,27	-	-	-	-	-	-
АДД, мм рт. ст.	0,25	0,23	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
SI, м/с	-	-	-0,15	0,15	-	-	-	-	-	-	-
Ап75, %	-0,14	-0,26	-	-	-0,16	-	-	-	-	-	-
AGI, усл. ед.	-	-	-	-	-	-	-0,12	-	0,14	0,14	-
RI, усл. ед.	-	-0,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ED, мс	0,28	0,17	0,29	-0,26	0,23	-	-	-	-	-	-
ИН, усл. ед.	-0,16	-	-0,13	-	-	-	-	-	-	-	-
МТ, кг	-	-	-	-	-	-	-	-0,15	-0,15	0,13	0,13
ЖК, %	-	-	-	-	-	0,23	-	-	-	-0,16	-0,16
ВК, %	-	-	-	-	-	-0,22	-	-	-	0,15	0,15
Ваготоники (n = 54)											
АДС, мм рт. ст.	0,31	0,41	-	-	-	-	-	-	-	0,32	0,32
АДД, мм рт. ст.	0,41	0,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SI, м/с	-	-	-0,43	0,39	-	-	-	-	-	0,35	0,35
Ап75, %	-0,31	-0,55	0,49	-0,47	-	-	-	-	-	-	-
AGI, усл. ед.	-	-	0,41	-0,39	-	-	-	-	-	-0,34	-0,34
RI, усл. ед.	-	-0,28	0,34	-0,32	-	-	-	-	-	-	-
ED, мс	-	-	0,34	-0,30	-	-	-	-	-	-	-
МТ, кг	-	-	-	-	-	-	-	-0,31	-	-	-

связь между показателями АД и росто-весовым индексом, массой тела и показателем висцерального жира. Показатели эластичности стенки артериальных сосудов, как правило, были обратно связаны с параметрами морфологического развития. Показатели нейродинамики, свидетельствующие об увеличении производительности сенсомоторного реагирования, обнаружили прямую связь с массой тела и обратную – с величиной жирового компонента.

У симпатикотоников выявлено меньше всего межсистемных связей, при этом у них можно отметить однонаправленность корреляционных связей слабой и умеренной силы между показателями артериального давления, индекса аугментации с показателями морфологического развития и показателями ПЗМР.

В группе ваготоников отмечены связи умеренной силы с показателями морфологического развития и эластичностью артериальных сосудов. При этом можно отметить более выраженную связь между показателями эластичности артериальных сосудов с водным и жировым компонентами тела. Шесть из семи выявленных связей нейродинамических характеристик приходятся на показатели сосудистого тонуса.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Согласно исследованию [14, 15], значения эластичности сосудистой стенки артерий выступают прогностическими показателями в развитии артериальной гипертензии, и это особенно актуально в условиях северного региона [2, 3]. Повышение артериальной жёсткости ведёт к росту центрального артериального давления и увеличению постнагрузки на сердце. В свою очередь, это способствует ограничению коронарного кровотока, что ведёт к снижению сократительной способности миокарда. Анализируя показатели, характеризующие функциональное состояние сосудистой стенки артерий у студентов с разным типом вегетативной регуляции, мы предполагаем существование нескольких механизмов для поддержания оптимального уровня артериального давления. Увеличение жёсткости сосудистой стенки крупных и мелких артерий, выраженное в росте индекса аугментации и индекса резистентности в группах девушек, отмечается с ростом парасимпатической активности; у юношей увеличение жёсткости крупных артерий возрастает с ростом симпатoadреналовой активности, при этом отмечается компенсаторное увеличение жёсткости мелких мышечных артерий с ростом парасимпатической активности.

С нашей точки зрения, в группе девушек с высоким уровнем симпатической активации центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы гиперкинетический тип кровообращения в недостаточной мере компенсируется эластичностью крупных артерий, и это обуславливает снижение тонуса мелких мышечных артерий, несмотря на повышенную симпатическую активность. В группе девушек с высокой парасимпатической активностью снижение эластических

свойств крупных артерий приводит к увеличению постнагрузки на миокард, что в свою очередь снижает периферический кровоток, для коррекции которого требуется повышение тонуса периферических артерий. Сочетанное действие этих механизмов ещё в большей степени повышает постнагрузку на сердце, и избыточная стимуляция механизмов регуляции сосудистого тонуса может способствовать истощению выработки моноамина азота. Это позволяет сделать предположение о более выраженных рисках нарушения сердечно-сосудистой системы у девушек с высокой парасимпатической активностью.

В группе юношей с высоким уровнем симпатической активации центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы снижение эластичности крупных артерий и повышение постнагрузки на сердце частично компенсируются снижением тонуса мелких периферических артерий, несмотря на симпатическую активацию регуляции сосудистого тонуса. С нашей точки зрения, этот дисбаланс регуляции свидетельствует о повышенном риске нарушений сердечно-сосудистой системы в этой группе обследованных студентов. В группе юношей с высокой парасимпатической активностью большая эластичность сосудистой стенки артериальных сосудов не обеспечивает адекватный периферический кровоток, что требует для его поддержания повышения тонуса мелких артерий. Возникающая вследствие этого постоянная стимуляция выработки моноамина азота может привести к истощению механизмов его образования.

Отсутствие статистически значимых различий по показателям скорости распространения пульсовой волны (SI) характеризует сохранность эластических свойств аорты, свойственных юношескому возрасту. С увеличением парасимпатической активности и снижением среднего значения ЧСС компенсаторно возрастает длительность систолы.

Таким образом, анализ особенностей регуляторных механизмов сердечно-сосудистой системы выявил, что в группах юношей и девушек с высоким уровнем симпатической активации центральных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы риски нарушений в работе данной системы связаны с дисрегуляцией сосудистого тонуса (снижение тонуса мелких артерий на фоне повышения активности симпатической нервной системы). Преобладание парасимпатического влияния в регуляции сердечного ритма на фоне высокой эластичности крупных и повышения тонуса мелких артериальных сосудов позволяет сделать вывод о более высоких потребностях в капиллярном кровотоке органов и тканей. Отмеченный дисбаланс в регуляции кровообращения позволяет предположить, что группах юношей и девушек с высокой парасимпатической активностью риски нарушения кровотока связаны с возможным истощением механизмов выработки моноамина азота как одного из ведущих факторов развития артериальной гипертензии.

Снижение вариабельности ритма сердца и, следовательно, рост ИН связывают с высоким риском сердечно-сосудистой патологии. Отсутствие лиц с выраженными

проявлениями сердечной патологии в когорте обследования, умеренно высокие показатели ИН в группах симпатотоников, вероятно, свидетельствуют о наличии генетически детерминированного стресс-индуцированного реагирования организма последних.

Результаты оценки полученных нами антропометрических показателей студентов свидетельствуют об оптимальном физическом развитии большинства обследованных. Согласно исследованию авторского коллектива, представленному в работе [16], индекс массы тела на сегодняшний день выступает объективным инструментом скрининга ожирения. Средние значения ИМТ укладываются в медиальные значения референтного коридора нормы, что констатирует доминирование мезосоматотипов в когорте обследования. Современные научные исследования [17], характеризующие средние антропометрические показатели студентов, констатируют, что длина тела юношей составляет 170–177 см, девушек – 160–165 см; средняя масса тела юношей – 68–72 кг, девушек 55–57 кг. Однако результаты оценки физического развития студентов Уральского региона, представленные в нашей предыдущей работе [18], позволили установить статистически большие показатели ИМТ и массы тела за счёт большего содержания жировой массы тела, висцерального ожирения и статистически значимо меньшего водного компонента у обучающихся в Сургуте по сравнению с обучающимися на более южных территориях. И.В. Аверьянова в своей работе [19] показала, что среди мужчин-уроженцев Севера также отмечается преобладание лиц с гиперстеническим типом конституции, избыточной массой тела и признаками ожирения. Полученные результаты согласуются с общемировой и общероссийской тенденцией большей распространённости избыточного веса тела в когорте с высоким социально-экономическим статусом и уровнем доходов [20].

Выявленные межполовые особенности компонентного состава тела обследованных студентов отражают общепопуляционную тенденцию [21] большего содержания жировой массы в организме девушек, что согласуется с исследованиями ряда других авторов. Изучая возрастные изменения ИМТ и жирового компонента представителей обоего пола С. Palomino-Devia и соавт. [22] констатируют, что с возрастом увеличение показателей ИМТ у девушек идёт сочетанно с ростом жировой массы ($p < 0,05$); у юношей – со снижением жирового ($p < 0,05$) и увеличением мышечного компонента тела.

Наиболее оптимальный компонентный состав тела отмечен в группах ваготоников и нормотоников. Средние показатели содержания жирового и водного компонентов организма студентов, относящихся к этим группам, соответствовали нормативным значениям. По нашим данным, преобладание симпатoadrenalовой активности в обеспечении регуляции ритма сердечной деятельности организма характеризуется избыточным содержанием жировой массы и висцерального ожирения, дефицитным водным компонентом в организме студентов, что подтверждается и другими современными исследованиями [23]. Физиологи отмечают необходи-

мость учёта особенностей компонентного состава тела обследованных в прогнозировании и профилактике разных нозологий. Так, в частности, избыточная масса тела и ожирение выступают ведущими факторами риска развития сердечно-сосудистой [24] и эндокринной патологии [25]. Избыточная жировая масса тела способствует формированию обширных воспалительных процессов в организме, приводящих к возникновению рака и прогрессированию многих видов опухолей [26], увеличивает смертность от рака до 20 % [27]. Установлено, что с ростом содержания жирового компонента как у юношей, так и у девушек происходит снижение уровня воды в организме [28]. Водный компонент играет важнейшую роль в обеспечении нормального функционирования и поддержания гомеостаза, а также является косвенным показателем преднагрузки сердца. Дефицитное содержание жидкостного компонента плазмы крови обуславливает повышение нагрузки на сократительную функцию миокарда за счёт нарушения реологических свойств крови.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что с преобладанием парасимпатической регуляции кардиоритма увеличиваются тормозные процессы в ЦНС, происходит снижение активирующих влияний, выраженное в средних показателях простой сенсомоторной реакции и в условиях сенсорной дифференцировки зрительного стимула. Наиболее чётко эта закономерность прослеживается в группах девушек-студенток. В группе юношей-симпатикотоников вариативность средних значений ПЗМР и СЗМР отражает наименее благоприятный уровень производительности в условиях как простой, так и сложной сенсорной нагрузки, что отражает сниженную активированность ЦНС и переключаемость внимания последних по сравнению с юношами других типов вегетативной регуляции. Показатели вариативности средних показателей ПЗМР и СЗМР (СКО) отражают устоявшиеся относительно стабильные проявления сенсомоторных реакций студентов разного пола и с разными типами вегетативной регуляции.

Относительно большая нервно-мышечная производительность по показателям теппинг-теста у девушек свойственна ваготоникам, у юношей – нормотоникам. При этом большие значения верхнего квартиля показателей теппинг-теста у девушек-нормотоников и юношей-ваготоников позволяют отметить у них их относительно лучшую производительность (выносливость) по сравнению с симпатикотониками обоих полов. Межполовые различия отчётливо проявляются в результатах нейродинамического тестирования у нормотоников. Лицам мужского пола свойственны более эффективное сенсомоторное реагирование и более совершенный механизм дифференцировочного торможения условно-рефлекторной деятельности, что согласуется с литературными данными [29].

Результаты комплексного исследования межсистемных связей показателей сосудистого русла, морфотипа и нейродинамики, полученные с помощью корреляционного анализа, выявили статистически значимые связи слабой и умеренной силы между изучаемыми параметрами. Прямые и обратные взаимосвязи, наряду с эле-

ментами системы, составляют её структуру, их анализ расширяет представления о механизмах соподчинённости, перераспределения, реактивности между отдельными компонентами звеньев гомеостаза. Как отмечает Р.М. Баевский [30], в процессе адаптации участвуют практически все функциональные системы организма, одна из ведущих ролей в нем принадлежит сердечно-сосудистой системе, обеспечивающей жизнедеятельность организма на оптимальном гомеостатическом уровне и являющейся наиболее чувствительным индикатором продуктивности приспособительных реакций. В этом ключе особого внимания заслуживает группа студентов-симпатикотоников, у которых количество и степень выраженности корреляционных связей менее вариативны, что указывает на большую жёсткость (по сравнению с группами ваготоников и нормотоников) механизмов регуляции в достижении положительного результата адаптации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У большинства обследованных студентов педагогического вуза Северного региона показатели сердечно-сосудистой системы, компонентного состава тела и нейродинамических процессов соответствуют референтным значениям.

Выявлены межполовые отличия в механизмах поддержания оптимального уровня артериального давления, компонентного состава тела и нейродинамической производительности у студентов разного типа вегетативной регуляции. Для лиц с высоким уровнем симпатической активации риски нарушений связаны с дисрегуляцией сосудистого тонуса; для лиц с превалированием парасимпатической активности – с возможным истощением механизмов выработки моноamina азота. У лиц симпатикотонического типа вегетативной регуляции компонентный состав тела обусловлен избыточным содержанием жировой массы и висцерального ожирения, дефицитным водным компонентом. В реализации нейродинамических реакций отмечается, что с преобладанием парасимпатической регуляции кардиоритма увеличиваются тормозные процессы в ЦНС. У юношей сниженные сенсомоторные реакции согласованы также с симпатической активацией в регуляции кардиоритма.

Корреляционный анализ между параметрами морфофункционального состояния у студентов с разным типом регуляции сердечного ритма дал возможность установить некоторые особенности во взаимодействии физиологических систем: сосудистой, морфологической и центральной нервной системы.

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания Департамента образования ХМАО-Югры № 2020-146-23 «Сохранение и формирование человеческого капитала региона: персонификация образовательных и профессиональных траекторий здоровьесбережения».

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Негашева М.А., Манукян А.С. Комплексный подход к изучению морфофизиологической и психологической адаптации юношей и девушек – студентов московских университетов. *Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология*. 2016; 2: 49-58. [Negasheva MA, Manukian AS. A multi-method approach to investigation of morphophysiological and psychological adaptation in young men and women – students of Moscow universities. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2016; 2: 49-58. (In Russ.)].
2. Погоньшева И.А., Шаламова Е.Ю., Погоньшев Д.А., Бочкарев М.В., Рагозин О.Н. Состояние сердечно-сосудистой системы студенток северного вуза в сезоны с крайними значениями фотопериода. *Артериальная гипертензия*. 2022; 28(4): 444-454. [Pogonyshcheva IA, Shalamova EYu, Pogonyshchev DA, Bochkarev MV, Ragozin ON. Cardiovascular regulation in female students of northern university during extreme photoperiod seasons. *Arterial Hypertension*. 2022; 28(4): 444-454. (In Russ.)].
3. Луговая Е.А., Аверьянова И.В. Оценка коэффициента напряжения адаптационных резервов организма при хроническом воздействии факторов Севера. *Анализ риска здоровью*. 2020; 2: 101-109. [Lugovaya EA, Aver'yanova IV Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in Polar regions. *Health Risk Analysis*. 2020; 2: 101-109. (In Russ.)].
4. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Особенности сердечно-сосудистой системы и вариабельности кардиоритма у юношей Магаданской области с различными типами гемодинамики. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2017; 3: 132-149. [Averyanova IV, Maksimov AL. Cardiovascular profiles and heart rate variability observed in young male residents of Magadan region having different hemodynamic types. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2017; 3: 132-149. (In Russ.)].
5. Шатохина Т.А., Корохова Н.А., Вержбицкая Е.Г., Ишков Н.Г., Цеева Н.А. Изучение факторов риска, влияющих на состояние здоровья студентов. *Colloquium-Journal*. 2021; 8-2(95): 45-48. [Shatokhina TA, Korokhova NA, Verzhbitskaya EG, Ishkov NG, Tseeva NA. Study of risk factors affecting student health. *Colloquium-Journal*. 2021; 8-2(95): 45-48. (In Russ.)].
6. Казин Э.М., Варич Л.А. Особенности психофизиологической адаптации студентов факультета физической культуры, специализирующихся в разных видах спорта, к условиям обучения в вузе. *Физиология человека*. 2005; 31(1): 77-81. [Kazin EM, Varich LA. Parameters of psychophysiological adaptation to the academic process at a faculty of physical training in students specializing in different sports. *Human Physiology*. 2005; 31(1): 77-81. (In Russ.)].
7. Марков А.Л., Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Влияние метеорологических параметров на вегетативную регуляцию ритма сердца у жителей европейского севера: индивидуальный контроль. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2018; 1: 21-29. [Markov AL, Solonin YuG, Boyko ER. The influence of meteorological parameters

on the autonomic regulation of heart rhythm in residents of the European North: Individual control. *Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology*. 2018; 1: 21-29. (In Russ.).

8. Спицин А.П. Особенности структуры сердечного ритма у лиц молодого возраста в зависимости от доминирующего типа вегетативной нервной системы. *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2017; 3: 113-117. [Spitsin AP. Peculiarities of heart rate structure in young persons depending on the dominant type of the vegetative nervous system. *Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*. 2017; (3): 113-117. (In Russ.).]

9. Марасанов А.В., Вальцева Е.А. Феномика. Этиология функциональных состояний организма человека при действии факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 1004-1009. [Marasanov AV, Valtseva EA. Phenomics. Etiology of human organism functional states under the effect of environmental factors. *Hygiene and Sanitation*. 2017; 96(10): 1004-1009. (In Russ.).]

10. Пряничников С.В. Психофизиологическое состояние организма в зависимости от длительности пребывания в высоких широтах Арктики. *Экология человека*. 2020; 12: 4-10. [Pryanichnikov SV. Associations between psychophysiological state and duration of stay in high Arctic. *Human Ecology*. 2020; 12: 4-10. (In Russ.).]

11. Сетко Н.П., Вахмистрова А.В., Сетко А.Г., Булычева Е.В. Интегральная донозологическая оценка здоровья подростков в условиях комплексного влияния факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 1009-1012. [Setko NP, Vakhmistrova AV, Setko AG, Bulycheva EV. Integral donosological assessment of adolescent's health in conditions of the complex influence of environmental factors. *Hygiene and Sanitation*. 2017; 96(10): 1009-1012. (In Russ.).] doi: 10.18821/0016-9900-2017-96-10-1009-1012

12. Риклефс И.М., Мхитарян К.Э., Козаченко Н.В. Распределение корреляционных связей параметров сердечного ритма и иммунограммы в зависимости от типа регуляции вегетативной нервной системы. *Медицина и экология*. 2007; 2(43): 28-32. [Ricklefs IM, Mhityryan KE, Kozachenko NV. Distribution of correlations of heart rate and immunogram parameters depending on type of autonomous nervous system regulation. *Medicine and Ecology*. 2007; 2(43): 28-32. (In Russ.).]

13. Поздняков А.А. Теория корреляционной системы как основа эпигенетической теории эволюции. *Русский орнитологический журнал*. 2019; 28(1816): 4051-4077. [Pozdnyakov AA. The theory of correlation system as the basis of the epigenetic theory of evolution. *The Russian Journal of Ornithology*. 2019; 28(1816): 4051-4077. (In Russ.).]

14. Терегулов Ю.Э., Маянская С.Д., Терегулова Е.Т. Изменения эластических свойств артерий и гемодинамические процессы. *Практическая медицина*. 2017; 2(103): 14-20. [Teregulov YuE, Mayanskaya SD, Teregulova ET. Changes in elastic properties of arteries and hemodynamic processes. *Practical Medicine*. 2017; 2(103): 14-20. (In Russ.).]

15. Yannoutsos A, Ahouah M, Dreyfuss TC, Topouchian J, Safar ME, Blacher J. Aortic stiffness improves the prediction of both diagnosis and severity of coronary artery disease. *Hypertens Res*. 2018; 41(2): 118-125. doi: 10.1038/hr.2017.97

16. Ye XF, Dong W, Tan LL, Zhang ZR, Qiu YL, Zhang J. Identification of the most appropriate existing anthropo-

metric index for home-based obesity screening in children and adolescents. *Public Health*. 2020; 189: 20-25. doi: 10.1016/j.puhe.2020.09.007

17. Синева И.М., Негашева М.А., Попов Ю.М. Сравнительный анализ уровня физического развития студентов разных городов России. *Вестник Московского университета. Серия 23. Антропология*. 2017; 4: 17-27. [Sineva IM, Negasheva MA, Popov YuM. Comparative analysis of physical development of students from different cities of Russia. *Moscow University Anthropology Bulletin*. 2017; 4: 17-27. (In Russ.).]

18. Мальцев В.П., Говорухина А.А., Ложкина-Гамецкая Н.И. Особенности морфологического развития и компонентного состава тела студенток педагогических вузов Уральского региона. *Современные вопросы биомедицины*. 2022; 6(3): 20. [Maltsev VP, Govorukhina AA, Lozhkina-Gametskaya NI. The indicators of physical development and body composition of female students of pedagogical universities in the Ural region. *Modern Issues of Biomedicine*. 2022; 6(3): 20. (In Russ.).]

19. Аверьянова И.В. Соматотипологические особенности мужчин трудоспособного возраста – уроженцев Севера. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 105-112. [Averyanova IV. Somatotypological features of men of working age – natives of the North. *Acta biomedica scientifica*. 2022; 7(2): 105-112. (In Russ.).] doi: 10.29413/ABS.2022-7.2.12

20. Драпкина О.М., Самородская И.В., Старинская М.А., Ким О.Т., Неймарк А.Е. *Ожирение: оценка и тактика ведения пациентов*. М.: ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России; 2021. [Drapkina OM, Samorodskaya IV, Starinskaya MA, Kim OT, Neimark AE. *Obesity: Assessment and management of patients*. Moscow; 2021. (In Russ.).]

21. Гурьева А.Б., Алексеева В.А., Петрова П.Г. Половые особенности компонентного состава тела и биоимпедансных параметров у студентов медицинского института СВФУ. *Фундаментальные исследования*. 2015; 1-5: 929-932. [Guryeva AB, Alekseeva VA, Petrova PG. Sexual features of the body components and bioimpedance parameters of the students of Medical Institute of NEFU. *Fundamental Research*. 2015; 1-5: 929-932. (In Russ.).]

22. Palomino-Devia C, González-Jurado JA, Ramos-Parra CI. Body composition and physical fitness in Colombian high school students from Ibagué. *Biomedica*. 2017; 37(3): 408-415. doi: 10.7705/biomedica.v37i3.3455

23. Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Алексеев В.Б., Эйфельд Д.А., Лужецкий К.П. Особенности обменных процессов и вегетативного статуса у детей с повышенной долей жировой массы. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(8): 841-847. [Shtina IE, Valina SL, Ustinova OYu, Alekseev VB, Eysfel'd DA, Luzhetskii KP. Peculiarities of metabolic processes and vegetative status in children with excess fraction of body fat mass. *Hygiene and Sanitation*. 2020; 99(8): 841-847. (In Russ.).] doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-841-847

24. Abrignani MG, Lucà F, Favilli S, Benvenuto M, Rao CM, Di Fusco SA, et al. Lifestyles and cardiovascular prevention in childhood and adolescence. *Pediatric Cardiology*. 2019; 40(6): 1113-1125. doi: 10.1007/s00246-019-02152-w

25. Frydrych LM, Bian G, O'Lone DE, Ward PA, Delano MJ. Obesity and type 2 diabetes mellitus drive immune dysfunction, infection development, and sepsis mortality. *J Leukoc Biol*. 2018; 104(3): 525-534. doi: 10.1002/JLB.5VMR0118-021RR

26. Kolb R, Sutterwala FS, Zhang W. Obesity and cancer: inflammation bridges the two. *Curr Opin Pharmacol*. 2016; 29: 77-89. doi: 10.1016/j.coph.2016.07.005
27. Quail DF, Dannenberg AJ. The obese adipose tissue microenvironment in cancer development and progression. *Nat Rev Endocrinol*. 2019; 15(3): 139-154. doi: 10.1038/s41574-018-0126-x
28. Гайворонский И.В., Ничипорук Г.И., Гайворонский И.Н., Ничипорук Н.Г. Биоимпедансометрия как метод оценки компонентного состава тела человека (обзор литературы). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2017; 12(4): 365-384. [Gaivoronskiy IV, Nichiporuk GI, Gaivoronskiy IN, Nichiporuk NG. Bioimpedansometry as a method of the component bodystructure assessment (review). *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*. 2017; 12(4): 365-384. (In Russ.)].
29. Литвинова Н.А., Иванов В.И., Березина М.Г., Глебов В.В. Оценка психофизиологического потенциала в процессе адаптации к учебной деятельности. *Психология. Психофизиология*. 2021; 14(2): 108-122. [Litvinova NA, Ivanov VI, Berezina MG, Glebov VV. Assessment of psychophysiological potential under adaptation to educational activity. *Psychology. Psychophysiology*. 2021; 14(2): 108-122. (In Russ.)]. doi: 10.14529/jpps210211
30. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине. *Физиология человека*. 2002; 28(2): 70-82. [Baevsky RM. Analysis of heart rate variability in space medicine. *Human Physiology*. 2002; 28(2): 70-82. (In Russ.)].

Сведения об авторах

Мальцев Виктор Петрович – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, БУ «Сургутский государственный педагогический университет», e-mail: mal585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

Говорухина Алена Анатольевна – доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, БУ «Сургутский государственный педагогический университет», e-mail: govalena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>

Мальков Олег Алексеевич – доктор медицинских наук, доцент, заведующий научной лабораторией «Биологические основы безопасности образовательного пространства», БУ «Сургутский государственный педагогический университет», e-mail: maosurgpu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>

Information about the authors

Victor P. Maltsev – Cand. Sc. (Biol.), Docent, Associate Professor at the Department of Biomedical Disciplines and Health and Safety, Surgut State Pedagogical University, e-mail: mal585@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

Alena A. Govorukhina – Dr. Sc. (Biol.), Docent, Head of the Department of Biomedical Disciplines and Health and Safety, Surgut State Pedagogical University, e-mail: govalena@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>

Oleg A. Malkov – Dr. Sc. (Med.), Docent, Head of the Scientific Laboratory "Biological Foundations of Educational Safety", Surgut State Pedagogical University, e-mail: maosurgpu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>