

DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-123-142

УДК 572.087 + 612.821

ОСОБЕННОСТИ МЕЖСИСТЕМНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МОРФОТИПА И НЕЙРОДИНАМИКИ СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ВЕСО-РОСТОВОГО ИНДЕКСА

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

Цель. Изучить особенностей морфотипа, нейродинамики и их межсистемных взаимосвязей у студентов с разным уровнем весо-ростового индекса, проживающих в ХМАО-Югре.

Материалы и методы. Обследовано 174 студента первого курса Сургутского государственного педагогического университета: 33 юноши и 141 девушка. Исследование проведено на добровольной основе, с письменного информированного согласия на обследование. Оценивали антропометрические показатели, компонентный состав тела (Tanita BC-601), нейродинамические параметры («НС-ПсихоТест»). Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета прикладных программ Statistica 7.0 (StatSoft, USA).

Результаты. Студенты с разным уровнем ИМТ существенно не отличались по длине тела. Различия в средних показателях массы тела обследованных студентов (с низкими и высокими значениями ИМТ) обусловлены сочетанным увеличением жировой (на 49,6%) и мышечной (34,3%) массы у юношей и преимущественным увеличением жировой массы тела (на 96,7%) у девушек, а также снижением содержания воды в организме (на 23,4% у девушек и 12,1% у юношей). Нейродинамические характеристики обследованных студентов отражают статистически большие скоростно-силовые показатели юношей при меньшей надёжности исполнительных систем нейродинамических реакций. Полученные результаты свидетельствуют о сильной зависимости показателей морфотипа и нейродинамики у обучающихся с низким ИМТ ($R=0,77$; $\chi^2=78,527$, $p=0,016$), и зависимости умеренной силы в группах со средним и высоким ИМТ ($R=0,64$; $\chi^2=84,688$, $p=0,036$ и $R=0,61$; $\chi^2=78,040$, $p=0,028$ соответственно).

Заключение. Значения морфологических показателей обследованных студентов отражают преобладание мезо- и макросоматотипов. Отмечено превалирование антропометрических показателей и больших скоростно-силовых

показателей нейродинамики у юношей по сравнению с девушками. В комплексе морфологических и нейродинамических процессов исследованные студенты выступают гетерогенной группой, неоднородность которой обусловлено не только возрастными особенностями морфотипа и нейродинамики, но и их совместной взаимообусловленностью.

Ключевые слова: антропометрические показатели; компонентный состав тела; нейродинамические показатели; студенты; Северный регион; межсистемные взаимосвязи

Для цитирования. Мальцев В.П., Говорухина А.А., Мальков О.А. Особенности межсистемных взаимодействий морфотипа и нейродинамики студентов с разным уровнем весо-ростового индекса // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, №3. С. 123-142. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-123-142

CHARACTERISTICS OF INTER-SYSTEM INTERACTIONS BETWEEN MORPHOTYPE AND NEURODYNAMIC OF STUDENTS WITH DIFFERENT BMI LEVELS

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

Purpose. To study morphotype and neurodynamic peculiarities and their inter-system relationship in students with different BMI levels living in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra.

Materials and methods. The research covered 174 first-year students of Surgut State Pedagogical University: 33 male and 141 female students. The study was conducted on a voluntary basis, with written informed consent to be examined. Anthropometric indices, body composition (Tanita BC-601), neurodynamic parameters (“NS-PsychoTest”) were evaluated. Statistical analysis was performed using the application package Statistica 7.0 (StatSoft, USA).

Results. Students with different BMI levels did not differ significantly in body length. The differences in mean body weight of the examined students (with low and high BMI values) were due to the combined increase of fat mass (49.6%) and muscle mass (34.3%) in the males and the predominant increase of fat mass (96.7%) in the females, as well as to a decrease of body water content (by 23.4% in the females and 12.1% in the males). The neurodynamic characteristics of the students surveyed reflect statistically greater velocity-strength performance in young males, with less

reliability in the executive systems of neurodynamic reactions. The obtained results indicate a strong correlation between morphotype and neurodynamic indices in students with low BMI ($R=0,77$; $\chi^2=78,527$, $p=0,016$), and a moderate strength relationship in the groups with medium and high BMI ($R=0,64$; $\chi^2=84,688$, $p=0,036$ and $R=0,61$; $\chi^2=78,040$, $p=0,028$ respectively).

Conclusion. *Values of the morphological indices of the examined students reflect the prevalence of meso- and macrosomatotypes. There is a prevalence of anthropometric indices and higher velocity and force indices of neurodynamic in males in comparison with females. In the complex of morphological and neurodynamic processes, the studied students act as a heterogeneous group, the heterogeneity of which is due not only to age-sex-specific morphotype and neurodynamic, but also to their joint interdependence.*

Keywords: *anthropometric indicators; body composition; neurodynamic indicators; students; Northern region; intersystem interrelationships*

For citation. *Maltsev V.P., Govorukhina A.A., Malkov O.A. Characteristics of inter-system interactions between morphotype and neurodynamic of students with different BMI levels. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2022, vol. 14, no. 3, pp. 123-142. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-123-142*

Введение

Результаты оценки морфо-функциональных [4, 5, 11, 18] и психофизиологических [2, 8, 12] параметров организма студентов представлены в современных публикациях достаточно широко. Они свидетельствуют о распространенности отклонений от нормы многих изучаемых показателей, подтверждают сложность адаптации к новым экологическим условиям. По мнению Марасанова А.В. [14], адаптация к различным видам деятельности является следствием многостороннего постоянного взаимодействия функциональных систем организма, протекающего на фоне согласования уровней их активности. Таким образом, количественные характеристики взаимодействия функций являются объективным коррелятом интегрального состояния человека. Понимание взаимосвязи и взаимозависимости «адаптационных реакций» (функциональных) и «адаптационных изменений» (структурных проявлений органов и систем организма) открывает возможности для раннего прогнозирования и, соответственно, коррекции формирующихся состояний [20]. Анализ состояния отдельных систем, хотя и расширяет представления об адаптации, все же не является достаточно информативным для понимания межсистемных взаимодействий.

Комплекс физиологических, психофизиологических, психологических и социальных компонентов во взаимодействии с факторами природной

среды вызывает сложности в формировании функциональной системы адаптации в период обучения в вузе [15]. С точки зрения выявления индивидуально-типологических особенностей адаптации студентов первого курса изучение межсистемного взаимодействия психофункционального и морфофункционального уровней представляется перспективным. Комплексный учет механизмов формирования специфической и неспецифической реакции может быть эффективно использован в интересах профилактики функциональных нарушений в организме, т. к. помимо системы с высокой вероятностью подверженной патологическим изменениям, фенотипическая модель организма одновременно выявляет и причинно-следственную связь возникновения в ней функциональных изменений, прежде всего с высоким уровнем функционирования существенной и центральной нервной системы организма [14]. Результаты этого исследования могут быть положены в основу персонифицированных траекторий адаптационных стратегий первокурсников.

Цель исследования: изучение особенностей морфологических и нейродинамических показателей студентов с разным уровнем индекса массы тела (ИМТ) проживающих в ХМАО-Югре и их межсистемных взаимосвязей.

Методы

Осенью (октябрь-ноябрь) 2021 года проведено одномоментное открытое неконтролируемое нерандомизированное обследование 174 студентов обоего пола в возрасте 17–18 лет БУ ВО Сургутский государственный педагогический университет. Когорта студентов представлена пришлыми европеоидами, проживающими в г. Сургут Ханты-Мансийского автономного округа–Югры (территории, приравненной к условиям Крайнего Севера). Общая выборка практически здоровых лиц дифференцирована по полу и уровню ИМТ (первая-третья группы – девушки (n=141), четвертая-шестая группа – юноши (n=33). Критерии включения в группу: возраст (17–18 лет – 1 курс обучения), рождение и/или постоянное (более 5 лет) проживание в ХМАО-Югре. Критерии исключения: возраст менее 17 и более 19 лет, проживание в ХМАО-Югре менее 5 лет. Все обследуемые подписывали информированное согласие на участие в исследовании в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Проведено антропометрическое исследование: измеряли абсолютные антропометрические параметры длину и массу тела по стандартизированным методам, с использованием медицинских ростомера и весов.

Оценку компонентного состава тела, позволяющую определить процентное содержание жировой, костной и мышечной массы тела, содержание воды в организме и основного обмена (Ккал) провели с помощью медицинских весов-анализаторов состава тела Tanita BC-601, в модификации для скринингового применения (Япония, Сертификат соответствия № РОСС JP.МЕ77.В08130).

Исследование нейродинамических параметров исследуемой когорты обучающихся осуществили с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» («НейроСофт», Россия, Сертификат соответствия №РОСС RU.ИМ18.Д00567) по методикам: «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР), Сложная зрительно-моторная реакция «Реакция выбора» (СЗМР), «Помехоустойчивость» (ПУ), Теппинг-тест» (ТТ). Оценивали также расчетные показатели функционального состояния ЦНС: ФУС – функциональный уровень системы, УР – устойчивость реакции, УФВ – уровень функциональных возможностей.

Статистический анализ результатов проведен с помощью пакета прикладных программ Statistica v.7.0 (StatSoft, USA). Выполнен описательный статистический анализ данных. Рассчитывались медианные значения (Me) и квартили (LQ;UQ). Сравнение средних значений изучаемых показателей проводили по данным Н-критерия Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis test). Оценка зависимости между списками переменных произведена по данным канонического анализа (Canonical Analysis). Критический уровень значимости был 0,05 для всех расчетов.

Результаты исследования и их обсуждения

Обобщенный анализ результатов антропометрического обследования и оценки компонентного состава тела обследованных обучающихся с учетом пола и уровня ИМТ представлен в таблице 1.

Анализ табличных данных отражает относительную однородность длины тела у обследованных юношей и девушек с разным уровнем ИМТ. Выявлены статистически значимо большие значения этого показателя у юношей по сравнению с девушками в группах, дифференцированных по ИМТ. Показатели массы тела закономерно возрастали среди девушек от первой до третьей группы, среди юношей - от четвертой до шестой группы. Величина массы тела студентов обоего пола со средними значениями ИМТ (группы №2 и №5) была выше по сравнению с группами, включавшими студентов с низкими значениями ИМТ на 15% (№1 и №4). Отличия по массе тела между 1-й и 3-й группами, а также между 4-й и 6-й группами

составляли порядка 28%. Средние показатели массы тела имели статистически значимые различия как между группами, дифференцированными по полу, так и внутри каждой из гендерных группы. При этом если у юношей увеличение средних показателей массы тела от 4-й до 6-й группы обусловлено сочетанным увеличением жировой (на 49,6%) и мышечной (34,3%) массы, то у девушек рост средних показателей ИМТ обусловлен преимущественно увеличением жировой массы тела (на 96,7% в группе №3 по сравнению с группой №1).

Таблица 1.

Средние показатели антропометрии и компонентного состава тела у студентов с разным уровнем ИМТ, Ме [LQ;UQ]

Группа	Длина тела, см	Масса тела, кг	Жировая масса, %	Мышечная масса, %	Содержание воды, %	Уровень висцерального жира, балл
1, ♀ (n=40)	165,0 [163,0;168,0]	49,4 [47,9;52,6]	18,0 [15,3;20,3]	38,7 [37,3;41,0]	60,6 [58,5;62,5]	1,0 [1,0;1,0]
2, ♀ (n=51)	165,0 [161,0;169,0]	58,8 [53,0;62,3]	25,0 [20,4;28,2]	40,6 [38,0;42,2]	55,5 [53,3;58,7]	1,0 [1,0;1,0]
3, ♀ (n=50)	165,0 [161,0;169,0]	71,1 [65,9;76,2]	34,1 [31,6;37,7]	44,8 [42,5;46,7]	49,2 [46,8;51,1]	3,0 [2,0;4,0]
4, ♂ (n=5)	180,0 [180,0;188,0]	60,4 [55,4;62,1]	13,2 [10,7;13,3]	46,6 [46,1;51,3]	64,5 [64,3;68,1]	1,0 [1,0;1,0]
5, ♂ (n=13)	178,0 [174,0;185,0]	67,4 [60,1;76,0]	14,1 [13,0;14,8]	55,2 [50,0;57,4]	65,3 [63,5;66,0]	1,0 [1,0;1,0]
6, ♂ (n=15)	179,0 [175,0;183,0]	80,2 [76,9;92,6]	18,2 [15,2;21,7]	65,2 [59,7;68,9]	60,0 [57,2;63,7]	3,0 [2,0;4,0]
Достоверность	$P_{1-4, 2-5, 3-6} \leq 0,007$	$P_{2-5} = 0,017$ $P_{1-2, 2-3, 1-3} < 0,001$ $P_{4-6} = 0,016$	$P_{2-5, 3-6} < 0,001$ $P_{1-2, 2-3, 1-3} < 0,001$	$P_{1-4, 2-5, 3-6} \leq 0,003$ $P_{1-3, 2-3} < 0,001$	$P_{2-5, 3-6} \leq 0,02$ $P_{1-2, 2-3, 1-3} < 0,001$	$P_{1-3, 2-3} < 0,001$ $P_{5-6} < 0,001$

Примечание для табл. 1-2. Группы девушек: 1 – с низким уровнем ИМТ; 2 – со средним уровнем ИМТ; 3 – с высоким уровнем ИМТ; группы юношей: 4 – с низким уровнем ИМТ; 5 – со средним уровнем ИМТ; 6 – с высоким уровнем ИМТ.

Увеличение мышечной массы у девушек от 1-й до 3-й группы составило (16,2%), что примерно в два раза меньше аналогичного прироста у юношей. Различия между группами по показателям жировой и мышечной массы тела групп статистически значимы. Отмечено снижение содержания воды в организме с увеличением средних показателей ИМТ в каждой гендерной группе (на 23,4% у девушек и 12,1% у юношей). Средние значения содержания висцерального жира в организме в первой-второй и четвертой-пятой группе обследования практически не отличались.

У девушек-студенток с высоким уровнем ИМТ (группа №3), содержание висцерального жира в три раза превосходило аналогичный показатель в группе с низким ИМТ (группа №1). У юношей-студентов в аналогичных группах отмечено четырехкратное увеличение содержания висцерального жира (в группе №6 по сравнению с группой №4).

Индивидуально-типологический подход дает возможность получить интегральные, целостные характеристики, оценить особенности реактивности организма, своеобразие его отношений с окружающей средой.

Результаты обобщенного анализа нейродинамических показателей студентов с разным индексом массы тела представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Средние нейродинамические показатели студентов обоего пола с разным уровнем ИМТ, Me [LQ;UQ]

Группа	ПЗМР	ФУС	УР	УФВ	РВ	ТТ лабильность	ТТ выносливость
1, ♀ (n=40)	222,8 [211,2;245,0]	4,5 [4,2;4,8]	2,0 [1,7;2,4]	3,7 [3,2;3,9]	341,6 [310,4;235,4]	6,8 [6,5;7,3]	8,0 [7,0;10,0]
2, ♀ (n=51)	228,2 [213,5;248,5]	4,3 [4,1;4,7]	1,7 [1,3;2,1]	3,2 [2,9;3,7]	354,6 [332,4;375,0]	6,8 [6,4;7,5]	10,0 [8,0;10,0]
3, ♀ (n=50)	225,2 [207,2;250,6]	4,5 [4,2;4,8]	1,9 [1,6;2,3]	3,6 [3,2;4,0]	346,0 [328,8;369,6]	7,0 [6,4; 7,5]	9,0 [7,0;10,0]
4, ♂ (n=5)	205,8 [195,5;216,3]	5,1 [4,8;5,4]	2,7 [2,4;3,1]	4,5 [4,1;4,9]	315,9 [315,2;326,1]	8,2 [8,2;8,7]	7,0 [7,0;10,0]
5, ♂ (n=13)	223,3 [216,6;243,0]	4,7 [4,4;4,9]	1,9 [1,6;2,5]	3,5 [3,2;4,0]	323,9 [304,4;345,4]	7,2 [6,9;7,4]	10,0 [9,0;10,0]
6, ♂ (n=15)	221,1 [212,9;230,4]	4,5 [4,4; 4,7]	2,1 [1,6;2,4]	3,7 [3,3;4,0]	337,9 [317,6;353,2]	7,4 [6,9;8,5]	8,8 [7,0;10,0]
Достоверность	$P_{1-4} = 0,03$	$P_{1-4} = 0,03$ $P_{4-5, 4-6} \leq 0,01$	$P_{1-4} = 0,03$ $P_{1-2, 2-3} \leq 0,02$ $P_{4-5, 4-6} \leq 0,006$	$P_{1-4} < 0,01$ $P_{1-2, 2-3} = 0,02$ $P_{4-5, 4-6} \leq 0,006$	$P_{2-5} = 0,01$ $P_{1-2} = 0,02$	$P_{1-4} = 0,026$	

Особенностью распределения показателей зрительно-моторных реакций ПЗМР и РВ является большая скорость нейрональной обработки сенсорной информации у лиц мужского пола. Медиальные показатели ПЗМР девушек соответствуют верхней границе нормативного диапазона (193-233 мс). Статистически значимые различия выявлены лишь между показателями 1 и 4 групп обследования. При этом в условиях однообразных помех (ПЗМР) относительно инертное реагирование отмечено у обучающихся со средними значениями ИМТ (как у юношей, так и у девушек).

Расчетные показатели функционального состояния ЦНС (ФУС, УР, УФВ) согласованы с показателями ПЗМР. У юношей расчетные показатели функционального состояния ЦНС были статистически значимо выше, чем у девушек, при этом они также находились в пределах нормативного диапазона. Наибольшее количество статистически значимых различий выявлено по показателям УР и УФВ, отражающим уровень устойчивости и слаженности функциональной деятельности в условиях сенсорных помех.

Нейродинамические показатели сложных сенсомоторных реакций (РВ и ПУ) в группах девушек имеет согласованное выражение с показателями ПЗМР. У юношей отмечается статистически значимое увеличение скорости сенсомоторных реакций с ростом уровня ИМТ обследованных. Межполовые различия на уровне статистической значимости выявлены в группах со средним уровнем ИМТ. Они свидетельствуют о снижении функциональной подвижности организма девушек в условиях сенсомоторной дифференцировки и сенсорных помех. При этом средние показатели сложных сенсомоторных реакций всех групп обследования соответствуют диапазону нормативных значений (332-434 мс – диапазон нормы СЗМР).

Наименьшие различия средних показателей сложных сенсомоторных реакций установлены между группами юношей и девушек с высоким ИМТ (3-5%), наибольшие – между показателями групп с низким уровнем ИМТ (6-11%).

Параметры, отражающие работоспособность нейронных структур при реализации нейромоторных реакций, согласованы с показателями сложных сенсомоторных реакций обследованных. В группах девушек средние показатели лабильности и выносливости теппинг-теста имеют однотипное выражение вне зависимости от величины ИМТ. В группах юношей показатели лабильности оказались согласованы с показателями ПЗМР. Наибольшие средние значения показателей лабильности выявлены у юношей-студентов с низким уровнем ИМТ, а наименьшие - в группе со средним уровнем ИМТ. Установлена тенденция к снижению выносливости у обследованных юношей с увеличением массы тела. Межполовые различия констатировали во всех исследуемых группах, различия определены у обучающихся с низкими (порядка 20%) и высокими (порядка 7%) уровнями ИМТ по показателям лабильности (теппинг-тест), показатели выносливости имели однонаправленное выражение.

Дальнейший анализ был направлен на выявление межсистемных связей соматических (8 показателей антропометрии и компонентного состава тела) и нейродинамических (9 показателей нейродинамики) параметров обследованных студентов с помощью канонического анализа. Результаты

канонического анализа показателей морфотипа и нейродинамики обучающихся с разным уровнем ИМТ представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Канонические веса для показателей морфотипа и нейродинамики обучающихся с разным уровнем ИМТ

№ п/п	Канонические переменные	Группы с низким уровнем ИМТ	Группы со средним ИМТ	Группы с высоким ИМТ
Канонические веса, показателей морфотипа				
1	Длина тела	0,427	-0,285	0,632
2	Масса тела	1,146	0,518	0,668
3	Жировая масса	-1,057	-1,096	-0,940
4	Мышечная масса	-1,337	-0,820	-2,065
5	Содержание воды	-0,384	-1,657	1,116
6	Уровень висцерального жира	–	-0,800	1,283
7	Максимальная мышечная сила ведущей руки	0,751	0,880	0,519
Доля извлеченной дисперсии, %		100	100	100
Канонические веса, показателей нейродинамики				
1	Среднеквадратичное отклонение ПЗМР	0,228	-0,987	0,202
2	Средняя значение времени реакции ПЗМР	-1,436	-0,693	0,197
3	Среднее значение времени реакции РВ	0,477	0,036	0,324
4	Среднеквадратичное отклонение РВ	-0,230	0,386	-0,243
5	Общее число ошибок РВ	0,203	-0,203	0,52
6	Среднее значение времени реакции ПУ	0,695	0,837	-0,941
7	Среднеквадратичное отклонение ПУ	0,547	0,141	–
8	Концентрация возбуждения по ПУ, %	-1,636	-0,673	0,775
9	Средняя частота нажатий ТТ	0,666	0,426	0,522
Доля извлеченной дисперсии, %		58,73	76,17	90,56

Первичный анализ был направлен на выявление зависимости показателей морфотипа и нейродинамики. Полученные результаты свидетельствуют о сильной зависимости показателей морфотипа и нейродинамики у обучающихся с низким уровнем ИМТ ($R=0,77$; $\chi^2=78,527$, $p=0,016$), и зависимости умеренной силы в группах со средним и высоким уровнем ИМТ ($R=0,64$; $\chi^2=84,688$, $p=0,036$ и $R=0,61$; $\chi^2=78,040$, $p=0,028$ соответственно). Доля извлеченной дисперсии для первого списка переменных (морфотип) составляет 100%; в списке показателей нейродинамики от 59% до 91%.

Обсуждение результатов

Результаты оценки полученных нами антропометрических показателей обследованных студентов свидетельствуют об их соответствии региональным нормативным значениям [17]. Средние значения длины тела юношей соответствуют 75-перцентилю вне зависимости от групповой принадлежности по ИМТ, в то время как аналогичные показатели девушек соответствуют медиальному перцентилю нормативного диапазона. Показатели массы студентов в низком ИМТ соответствуют границе 25 перцентиля, а студентов с высоким ИМТ – соответствуют (у девушек) или незначительно превышают границу 90 перцентиля (у юношей). Следовательно, можно констатировать доминирование мезо- и макросоматотипов в когорте обследования. В ряде исследовательских работ получены относительно меньшие показатели длины и массы тела студентов вузов. Так, по данным исследований [10, 11, 16] средние показатели длины тела студентов составили: юношей - 170-177 см, девушек 160-164,5 см, средняя масса тела юношей 68-72 кг, девушек 55-57 кг. При этом авторы отмечают среди обследованных студентов преобладание обучающихся со средним уровнем ИМТ, число лиц с дефицитными или избыточными показателями массы тела не превышает 15% от общей выборки обследования [11].

В группах обследованных нами студентов вариативность средних значений длины тела (вне зависимости от уровня ИМТ) была незначительной ($CV=3-4\%$), в то время как коэффициент вариации массы тела возрастал с увеличением уровня ИМТ (CV обучающихся с низким ИМТ был в пределах 6-8%, в то время как у лиц с высоким ИМТ был его величина составляла 14-15%).

Выявление отклонений в показателях компонентного состава тела является полезным в прогнозировании и профилактике разных нозологий. Избыточная масса тела и ожирение связаны с риском сердечно-сосудистой [20], эндокринной патологии: развития сахарного диабета [23]. Ожирение оказывает ведущее влияние на формирование глобального воспаления в организме, приводящее к возникновению рака и прогрессированию многих видов опухолей [24], увеличивает смертность от рака до 20% [28].

Антропометрические показатели и процентное содержание жира в организме тесно связаны с показателями физической подготовленности [1, 25] и кардиореспираторной выносливости обучающихся [22], влияющими на качество и образ жизни современного человека. Согласно исследованию [20] профилактика абдоминального ожирения органов сердечно-сосудистой системы должна базироваться на своевременной диагностике и формировании целенаправленного изменения образа жизни.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что порядка трети обследованных студентов (34% от общей выборки) имели избыточную массу тела, более половины из которых (54%) имеют ожирение разной степени. Лиц с признаками выраженного дефицита массы тела не выявлено. Астенические проявления в основном характерны для девушек и, вероятно, обусловлены веянием моды и завершающим этапом морфологического развития обследованных.

Межполовые различия по показателям компонентного состава тела обследованных студентов в целом отражают общепопуляционную тенденцию превалирования жировой массы в организме лиц женского пола (обусловленное детородной функцией), мышечного профиля у юношей, что согласуется с исследованиями ряда других авторов [7, 9, 27]. В частности, в работе [27], посвященной исследованию возрастной динамики показателей ИМТ и жирового компонента у лиц женского и мужского пола установлено, что увеличение показателей ИМТ у девушек идет сочетано с ростом жировой массы ($p < 0,05$), в то время как у юношей рост ИМТ обусловлен снижением жирового компонента в организме ($p < 0,05$).

Водный компонент играет важнейшую роль в обеспечении нормального функционирования и поддержания гомеостаза. Отмечено что с ростом содержания жирового компонента, как у юношей, так и у девушек отмечено снижение уровня воды в организме. Установлены межполовые различия по этому параметру: процентное содержание воды в организме у юношей было выше (на 12-20%), чем у девушек ($p < 0,001$) и незначительно превышало нормативные значения (45-60%) [3]. Таким образом, выявленные особенности компонентного состава тела обследованных студентов могут быть положены в основу разработки индивидуальной образовательной траектории, в первую очередь – при разработке программ спортизации. Для студентов с признаками отклонения от нормы ИМТ необходима организация здоровьесберегающего образовательного пространства, ориентированная на немедикаментозную коррекцию дезадаптивных проявлений у обучающихся вузов.

Установлено [21], что согласованность сенсомоторной реактивности характеризует физиологически оптимальный процесс подвижности нервных процессов, обеспечивающий оптимальную переключаемость между сенсорными стимулами или оптимальную лабильность внимания. Полученные результаты нейродинамических показателей отражают согласованное снижение производительности как в условиях простой, так и сложной сенсорной нагрузки (дифференцировки и сенсорных помех) с ростом ИМТ у юношей. У девушек отмечено снижение производительности

только по показателям сложных зрительно-моторных реакций. Отчетливо проявляются межполовые различия в результатах нейродинамического тестирования. Юноши имеют лучшие нейродинамические показатели сенсомоторных реакций и нейрональной производительности (лабильности). При этом в группах студентов-юношей с ростом уровня ИМТ отмечается рост вариативности сенсомоторных реакций. У девушек наиболее вариативным являются показатели группы со средним уровнем ИМТ.

Литературные данные [6, 13, 19] подтверждают выявленные нами закономерности: большую активированность ЦНС и скорость нейронной обработки сенсомоторной реакции, определяющих большую эффективность аналитико-синтетических корковых процессов головного мозга и более совершенный механизм дифференцировочного торможения условно-рефлекторной деятельности у юношей-студентов.

Результаты комплексного исследования межсистемных связей показателей морфотипа и нейродинамики, полученные с помощью многомерного статистического метода (канонический анализ) показали высоко достоверную средне-сильную зависимость между изучаемыми переменными.

Согласованность межсистемных механизмов отмечена по показателям компонентного состава тела и нейромоторной реактивности обследованных студентов. Выявлены межгрупповые различия: у студентов с низкими значениями ИМТ межсистемные взаимосвязи определяются отрицательным вкладом показателей мышечного и жирового компонента и показателей нейрональной активированности (среднее время ПЗМР) и концентрации внимания. У лиц со средним уровнем ИМТ наибольший вклад в зависимость вносят переменные жирового и водного компонента и переменные, характеризующие стабильность ПЗМР и производительность ЦНС в условиях сенсорных помех. У лиц с высоким ИМТ зависимость переменных обусловлена отрицательным вкладом мышечной массы и положительным вкладом содержания воды и висцерального жира в организме, а также положительным вкладом показателя производительности сенсомоторной реакции в условиях помех. Таким образом, можно констатировать вариативность межсистемных взаимосвязей между показателями морфотипа и нейродинамики у лиц с разным уровнем ИМТ.

Перспективность изучения межсистемных взаимосвязей показана в работе [15] при исследовании межсистемных механизмов морфологической и психологической адаптации обучающихся показано снижение психологических компонентов адаптации у лиц с грацильным телосложением, обусловленное, в том числе большим содержанием кортизола.

Заключение

Полученные результаты исследования констатируют преобладание мезо- и макросоматического морфологического развития среди обследованных студентов. Межполовые различия диагностированы в росто-весовых показателях и показателях компонентного состава тела у обучающихся с разным уровнем ИМТ. Результаты оценки нейродинамических показателей свидетельствует об удовлетворительном функционировании ЦНС, что подтверждается средним уровнем функциональной подвижности и стабильности церебральных процессов большинства обследованных студентов. Межполовые различия показателей нейродинамики обусловлены большими скоростно-силовыми показателями сенсомоторной реакции юношей по сравнению с девушками.

В комплексе морфологических и нейродинамических процессов исследованные студенты выступают гетерогенной группой, неоднородность которой обусловлена не только возрастно-половыми особенностями морфотипа и нейродинамики, но и их совместной взаимообусловленностью.

Комплексный подход в оценке морфологического развития и функциональных возможностей обучающихся высшей школы позволяет учитывать резервные возможности организма обучающихся и выстраивать эффективную персонализированную стратегию повышения адаптации к средовым условиям.

Представленный в работе подход может быть использован в персонализированной стратегии организации здоровьесберегающего образовательного процесса и повышении адаптационных резервов обучающихся высших учебных заведений регионов с напряженными климато-экологическими условиями проживания.

Заключение комитета по этике. Исследование было проведено в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Информированное согласие. Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Список литературы

1. Анищенко А.П., Архангельская А.Н., Гуревичи К.Г. и др. Особенности физического развития студентов вузов // Человек и его здоровье. 2016. № 2. С. 113–115.
2. Акопян А.Н., Субботина Р.А., Саноян Т.Р. Изменение психологических и психофизиологических показателей студентов в предэкзаменационной ситуации // Психология обучения. 2016. № 1. С. 57–67.
3. 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. Т. 12, № 4. С. 365-384.
4. Говорухина А.А., Муштай К.А. Влияние спортивной специализации на компонентный состав массы тела и антропометрические параметры девушек-студенток высшего педагогического учебного заведения // Человек. Спорт. Медицина. 2020, № 20 (4). С. 31-39.
5. Григорьев В.И., Кривошеков В.Г., Фофанов А.М., Миронова О.В. Особенности проявления физических способностей и физического развития студентов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2019. № 10 (176). С.107-110.
6. Гулин А.В., Шутова С.В., Муравьева И.В. Гендерные особенности скорости и точности сенсомоторных реакций студентов в течение учебного семестра // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2013. Т. 21, № 4 (147). С. 170-177.
7. 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. С. 929-932.
8. Изатулин В.Г., Карабинская О.А., Калягин А.Н. Психофизиологические свойства личности и их влияние на процесс адаптации студентов к образовательной среде // Сибирский медицинский журнал. 2015. Т. 136, № 5. С. 130-132.
9. Козулько А.Н. Особенности морфофункционального статуса студентов Брестского государственного технического университета // Прикладная спортивная наука. 2017. 1 (5). С. 53-59.
10. Красильникова В.А., Айзман Р.И. Морфофункциональные показатели первокурсников тувинского государственного университета из городской и сельской местности // Science for Education Today. 2017. № 7 (5). С. 178-192.
11. Лебедев А.В., Рубанович В.Б., Айзман Н.Г., Айзман Р.И. Морфо-функциональные особенности студентов первого курса педагогического вуза // Science for Education Today. 2014. № 1 (17). С. 128-141.

12. Лезарева Т.А., Лытаев С.А. Об эффективности механизмов психофизиологической адаптации в динамике учебно-образовательного процесса // Педиатр. 2019. № 10 (6). С. 62-72.
13. Мальцев В.П. Гендерные особенности психофизиологической адаптации студентов заочного обучения в условиях учебной деятельности // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т.7, № 3 (24). С. 345-348.
14. Марасанов А.В., Вальцева Е.А. Феномика. Этиология функциональных состояний организма человека при действии факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 10. С. 1004-1009.
15. 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. С. 49-58.
16. 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. С. 17-27.
17. Тепляков А.А., Шамилина А.И., Якушина О. А. и др. Региональные нормативы физического развития детей пришлого населения среднего Приобья и их сравнительный анализ // Медицина и образование в Сибири. 2015. № 3. С. 72.
18. Филатова О.В., Третьякова И.П., Ковригин А.О. Компонентный состав тела и параметры обмена веществ у девушек с различными эволютивными конституциональными типами // Экология человека. 2021. № 2. С. 20–27.
19. Шутова С.В., Муравьева И.В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС // Вестник ТГУ. 2013. Т. 18, № .5. С. 2831- 2840.
20. Abrignani M.G., Lucà F., Favilli S., Benvenuto M. et. al. Lifestyles and Cardiovascular Prevention in Childhood and Adolescence // Pediatric Cardiology, 2019, vol. 40(6), pp. 1113-1125. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02152-w>
21. Alison M.H., Seung-Lark L. Temporal Dynamics of Sensorimotor Networks in Effort-Based Cost-Benefit Valuation: Early Emergence and Late Net Value Integration // Journal of Neuroscience. 2016, vol. 36, pp. 7167-7183. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4016-15.2016>
22. Burns R., Hannon J.C., Brusseau T.A. et. al. Indices of abdominal adiposity and cardiorespiratory fitness test performance in middle-school students // Journal of Obesity. 2013. vol. 2013, Article ID 912460, 8 p. <https://doi.org/10.1155/2013/912460>

23. Frydrych L.M., Bian G., O'Lone D.E., Ward P.A. et. al. Obesity and type 2 diabetes mellitus drive immune dysfunction, infection development, and sepsis mortality // *J Leukoc Biol.* 2018, vol. 104(3), pp. 525-534. <https://doi.org/10.1002/JLB.5VMR0118-021RR>.
24. Kolb R., Sutterwala F.S., Zhang W. Obesity and cancer: inflammation bridges the two // *Curr Opin Pharmacol.*, 2016, vol. 29, pp. 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2016.07.005>
25. Szmodis M., Szmodis I., Farkas A. et. al. The Relationship between Body Fat Percentage and Some Anthropometric and Physical Fitness Characteristics in Pre- and Peripubertal Boys // *Int J Environ Res Public Health*, 2019, vol. 16(7), pp. 1077. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071170>
26. Memisevic H., Djordjevic M. Visual-Motor Integration in Children with Mild Intellectual Disability: A Meta-Analysis // *Perceptual and motor skills*, 2018, vol. 125(4), pp. 696-717. <https://doi.org/10.1177/0031512518774137>
27. Palomino-Devia C., González-Jurado J.A., Ramos-Parraci C.A. Body composition and physical fitness in Colombian high school students from Ibagué // *Biomedica*, 2017, vol. 37(3), pp. 408-415. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v37i3.3455>
28. Quail D.F., Dannenberg A.J. The obese adipose tissue microenvironment in cancer development and progression // *Nat Rev Endocrinol.* 2019, vol. 15(3), pp. 139-154. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0126-x>

References

1. Anishchenko A.P., Arkhangel'skaya A.N., Gurevich K.G. et al. Features of Physical Development of University Students. *Chelovek i ego zdorov'ye* [Man and his Health], 2016, no. 2, pp. 113–115.
2. Akopyan A.N., Subbotina R.A., Sanoyan T.R. [Change in psychological and psychophysiological indicators of students in a pre-examination situation. *Psikhologiya obucheniya* [Psychology of learning], 2016, no. 1, pp. 57-67.
3. Gajvoronskij I.V., Nichiporuk G.I., Gajvoronskij I.N., Nichiporuk N.G. Bioimpedansometry as a method for assessing the component composition of the human body (literature review). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Medicina* [Bulletin of St. Petersburg University. The medicine], 2017, vol. 12 (4), pp. 365-384.
4. Govorukhina A.A., Mushtay K.A. The influence of sport specialization on the component composition of body weight and anthropometric parameters of female students of higher educational institution. *Chelovek. Sport. Medicina* [Human. Sport. Medicine], 2020, vol. 20 (4), pp. 31-39.

5. Grigor'ev V.I., Krivoshchekov V.G., Fofanov A.M., Mironova O.V., SHaronova A.V. Features of the manifestation of physical abilities and physical development of students. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific notes of the P.F. Lesgaft], 2019, vol. 10 (176), pp. 107-110.
6. Gulin A.V., Shutova S.V., Murav'eva I.V. Gender characteristics of the speed and accuracy of sensorimotor reactions of students during the academic semester. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmaciya* [Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy], 2012, vol. 21 (4.147), pp. 170-177.
7. Gur'eva A.B., Alekseeva V.A., Petrova P.G. Sexual characteristics of body composition and bioimpedance parameters in students of the Medical Institute of the North-Eastern Federal University. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic research], 2015, no. 1-5, pp. 929-932.
8. Izatulin V.G., Karabinskaya O.A., Kalyagin A.N. Psychophysiological properties of personality and their influence on the process of adaptation of students to the educational environment. *Sibirskij medicinskij zhurnal* [Siberian Medical Journal], 2015, vol. 136 (5), pp. 130-132.
9. Kozul'ko A.N. Features of the morphological and functional status of students of the Brest State Technical University. *Prikladnaya sportivnaya nauka* [Applied Sports Science], 2017, no. 1-5, pp. 53-59.
10. Krasilnikova V.A., Aizman R.I. Morphofunctional indicators of first-year students of Tuva State University from urban and rural areas. [Science for Education Today], 2017, vol. 7 (5), pp. 178-192.
11. Lebedev A.V., Rubanovich V.B., Aizman N.G., Aizman R.I. Morpho-functional features of first year students of pedagogical university. [Science for Education Today], 2014, vol. 1 (17), pp. 128-141.
12. Lazareva T.A., Lytaev S.A. On the effectiveness of the mechanisms of psychophysiological adaptation in the dynamics of the educational process. *Pediatr* [Pediatrician], 2019, vol.10 (6), pp. 62-72.
13. Mal'cev V.P. Gender characteristics of psychophysiological adaptation of distance learning students in the context of educational activities. [Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology], 2018, vol. 7 (3), pp. 345-348.
14. Marasanov A.V., Valtseva E.A. Phenomics. Etiology of functional states of human organism under the action of environmental factors. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation], 2017, vol. 96, no.10, pp. 1004-1009.
15. Negasheva M.A., Manukyan A.S. An integrated approach to the study of morphophysiological and psychological adaptation of boys and girls - students of Moscow universities. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23*.

- Antropologiya* [Moscow University Bulletin. Episode 23. Anthropology], 2016, no. 2, pp. 49-58.
16. Sineva I.M., Negasheva M.A., Popov Y.M. Comparative analysis of the level of physical development of students in different cities of Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 23. Antropologiya* [Bulletin of Moscow University. Series 23. Anthropology], 2017, no. 4, pp. 17-27.
 17. Teplyakov A.A., Shamilina A.I., Yakushina O.A. et al. Regional norms of physical development of children of the middle Ob' population and their comparative analysis. *Medicina i obrazovanie v Sibiri* [Medicine and Education in Siberia], 2015, no. 3, pp. 72.
 18. Filatova O.V., Tretyakova I.P., Kovrigin A.O. Body Composition and Metabolic Parameters in Girls with Different Somatotypes. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2021, no. 2, pp. 20-27.
 19. Shutova S.V., Murav'eva I.V. Sensomotor reactions as a characteristic of the functional state of the central nervous system. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tyumen State University Bulletin], 2013, vol. 18 (5), pp. 2831-2840.
 20. Abrignani M.G., Lucà F., Favilli S., Benvenuto M. et. al. Lifestyles and Cardiovascular Prevention in Childhood and Adolescence. *Pediatric Cardiology*, 2019, vol. 40(6), pp. 1113-1125. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02152-w>
 21. Alison M.H., Seung-Lark L. Temporal Dynamics of Sensorimotor Networks in Effort-Based Cost-Benefit Valuation: Early Emergence and Late Net Value Integration. *Journal of Neuroscience*. 2016, vol. 36, pp. 7167-7183. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4016-15.2016>
 22. Burns R., Hannon J.C., Brusseau T.A. et. al. Indices of abdominal adiposity and cardiorespiratory fitness test performance in middle-school students. *Journal of Obesity*. 2013. vol. 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/912460>
 23. Frydrych L.M., Bian G., O'Lone D.E., Ward P.A. et. al. Obesity and type 2 diabetes mellitus drive immune dysfunction, infection development, and sepsis mortality. *J Leukoc Biol*. 2018, vol. 104(3), pp. 525-534. <https://doi.org/10.1002/JLB.5VMR0118-021RR>
 24. Kolb R., Sutterwala F.S., Zhang W. Obesity and cancer: inflammation bridges the two. *Curr Opin Pharmacol*. 2016, vol. 29, pp. 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.coph.2016.07.005>
 25. Szmodis M., Szmodis I., Farkas A. et. al. The Relationship between Body Fat Percentage and Some Anthropometric and Physical Fitness Characteristics in Pre- and Peripubertal Boys. *Int J Environ Res Public Health*. 2019, vol. 16(7), pp. 1077. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071170>

26. Memisevic H., Djordjevic M. Visual-Motor Integration in Children with Mild Intellectual Disability: A Meta-Analysis. Perceptual and motor skills. 2018, vol. 125(4), pp. 696-717. <https://doi.org/10.1177/0031512518774137>
27. Palomino-Devia C., González-Jurado J.A., Ramos-Parraci C.A. Body composition and physical fitness in Colombian high school students from Ibagué. *Biomedica*. 2017, vol. 37(3), pp. 408-415. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v37i3.3455>
28. Quail D.F., Dannenberg A.J. The obese adipose tissue microenvironment in cancer development and progression. *Nat Rev Endocrinol*. 2019, vol. 15(3), pp. 139-154. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0126-x>

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку статьи для публикации.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The authors contributed equally to this article.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Мальцев Виктор Петрович, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности *Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет»*
ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, г. Сургут, 628400, Российская Федерация
mal585@mail.ru

Говорухина Алена Анатольевна, д-р биол. наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности *Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет»*
ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, г. Сургут, 628400, Российская Федерация
govalena@mail.ru

Мальков Олег Алексеевич, д-р мед. наук, доцент, заведующий научной лабораторией «Биологические основы безопасности образовательного пространства»

*Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный педагогический университет»
ул. 50 лет ВЛКСМ, 10/2, г. Сургут, 628400, Российская Федерация
maosurgpu@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Victor P. Maltsev, Cand. of Biol. Sc., Asc. Prof, Associate Professor of Department “Biomedical disciplines and life safety”

*Surgut State Pedagogical University
10/2, 50 Let VLKSMM Str., Surgut, 628400, Russian Federation
mal585@mail.ru*

SPIN- code: 5691-3454

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

Scopus Author ID: 57202220089

Alena A. Govorukhina, Doc. of Biol. Sc., Asc. Prof, Head of the Department of “Medical and Biological Disciplines and Life Safety”

*Surgut State Pedagogical University
10/2, 50 Let VLKSMM Str., Surgut, 628400, Russian Federation
govalena@mail.ru*

SPIN- code: 7772-3522

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>

Researcher ID: E-9136-2017

Oleg A. Malkov, Doc. of Med. Sc., Asc. Prof, Professor of Department of “Medical and Biological Disciplines and Life Safety”

*Surgut State Pedagogical University
10/2, 50 Let VLKSMM Str., Surgut, 628400, Russian Federation
maosurgpu@gmail.com*

SPIN- code: 7772-3522

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>

Researcher ID: E-9176-2017

Scopus Author ID: 57200441708

Поступила 13.02.2022

После рецензирования 10.03.2022

Принята 25.03.2022

Received 13.02.2022

Revised 10.03.2022

Accepted 25.03.2022