

Журнал медико-биологических исследований. 2023. Т. 11, № 4. С. 418–428.

Journal of Medical and Biological Research, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 418–428.

Научная статья

УДК [591.151+575.174.015.3]:612.062

DOI: 10.37482/2687-1491-Z162

Взаимосвязь полиморфизма С825Т гена *GNB3* с морфологическими факторами нарушения соматического здоровья у студентов северного вуза

Виктор Петрович Мальцев* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>

Алена Анатольевна Говорухина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>

Олег Алексеевич Мальков* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>

*Сургутский государственный педагогический университет
(Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут)

Аннотация. Генетические полиморфизмы в сочетании с неблагоприятными внешними факторами приводят к развитию дисфункций ведущих систем жизнеобеспечения. Исследование полиморфизма С825Т (rs5443) гена *GNB3* в качестве генетического маркера избыточной массы и висцерального ожирения поможет выявить риски развития нарушений соматического здоровья студенческой молодежи. **Цель** работы – изучить взаимосвязь полиморфизма С825Т гена *GNB3* с показателями морфологического развития студентов северного вуза. **Материалы и методы.** Всего обследовано 96 студентов Сургутского государственного педагогического университета в возрасте 17–20 лет. Аллельные варианты rs5443 гена *GNB3* определяли методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с использованием набора «КардиоГенетика». Компонентный состав тела оценивали с помощью весов-анализаторов Tanita BC-601. Выявляли содержание мышечной, костной, жировой массы тела, висцерального жира и воды. Устанавливали корреляционные связи между аллельными вариантами С825Т гена *GNB3* и антропометрическими показателями, а также компонентным составом тела. **Результаты.** Доля лиц с мутантным аллелем полиморфизма rs5443 гена *GNB3* составила 30 % от общей выборки, что отражает общепопуляционную тенденцию. Анализ частотного распределения генотипов по полиморфизму С825Т гена *GNB3* выявил статистически значимое преобладание гомозиготного генотипа С/С у девушек и гетерозиготного генотипа С/Т у юношей (критерий Пирсона: $\chi^2 = 7,75$; $p = 0,02$). У студентов с избыточной массой тела статистически значимо чаще отмечалось наличие мутантного аллеля Т по сравнению со студентами с нормальным индексом массы тела ($\chi^2 = 5,62$; $p = 0,018$). Установлена прямая средней силы связь (при $p < 0,05$) некоторых показателей антропометрии и компонентного состава тела с полиморфизмом С825Т гена *GNB3* у обследованных студентов.

Ключевые слова: полиморфизм С825Т (rs5443) гена *GNB3*, компонентный состав тела, соматическое здоровье, избыточная масса тела, студенты вуза, Западная Сибирь.

Ответственный за переписку: Мальцев Виктор Петрович, адрес: 628400, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, д. 10/2; e-mail: mal585@mail.ru

Для цитирования: Мальцев В.П., Говорухина А.А., Мальков О.А. Взаимосвязь полиморфизма C825T гена *GNB3* с морфологическими факторами нарушения соматического здоровья у студентов северного вуза // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 4. С. 418–428. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z162>

Original article

Association Between the C825T Polymorphism of the *GNB3* Gene and Morphological Factors of Somatic Disorders in Students of a Northern University

Viktor P. Mal'tsev* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2453-6585>
Alena A. Govorukhina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7466-2918>
Oleg A. Mal'kov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0895-2079>

*Surgut State Pedagogical University
(Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)

Abstract. Genetic polymorphisms, in combination with unfavourable external factors, cause dysfunction of the key life support systems in the body. Studying the C825T (rs5443) polymorphism of the *GNB3* gene as a genetic marker for overweight and visceral obesity will help to identify the risks of somatic disorders in young university students. The **purpose** of this study was to investigate the relationship between the C825T polymorphism of the *GNB3* gene and morphological parameters in students of a northern university. **Materials and methods.** A total of 96 students of Surgut State Pedagogical University aged 17–20 years were examined. Alleles of the rs5443 polymorphism of the *GNB3* gene were identified by means of real-time polymerase chain reaction using KardioGenetika kit (Russia). Body composition was assessed using Tanita BC-601 scales. Muscle, bone and fat mass as well as visceral fat and water content were determined. Correlations between the C825T alleles of the *GNB3* gene and anthropometric parameters as well as body composition were established. **Results.** The mutant T allele of the rs5443 polymorphism of the *GNB3* gene was found in 30 % of the total sample, which reflects the general population trend. The analysis of genotype frequency distribution for the C825T polymorphism of the *GNB3* gene revealed a statistically significant prevalence of the homozygous C/C genotype in female and heterozygous C/T genotype in male subjects (Pearson's χ^2 test: $\chi^2 = 7.75$; $p = 0.02$). Overweight students were statistically significantly more likely to have a mutant T allele compared to students with normal BMI ($\chi^2 = 5.62$; $p = 0.018$). A moderate direct association (at $p < 0.05$) between certain anthropometric parameters and body composition and the C825T polymorphism of the *GNB3* gene in the examined students was found.

Keywords: *GNB3* gene C825T (rs5443) polymorphism, body composition, somatic health, overweight, university students, West Siberia.

For citation: Mal'tsev V.P., Govorukhina A.A., Mal'kov O.A. Association Between the C825T Polymorphism of the *GNB3* Gene and Morphological Factors of Somatic Disorders in Students of a Northern University. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 418–428. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z162>

Corresponding author: Viktor Mal'tsev, address: ul. 50 let VLKSM 10/2, Surgut, 628400, Khanty-Mansiyskiy avtonomnyy okrug – Yugra, Russian Federation; e-mail: mal585@mail.ru

Студенчество как социально-профессиональная группа является особой перспективной когортой населения, основой развития государства и общества в целом и характеризуется своими социальными, физиологическими и психологическими особенностями [1, 2].

Учебно-профессиональная деятельность часто выступает одним из факторов ухудшения психологических и физиологических показателей здоровья студентов высшей школы [3, 4]. Совокупность социальных, психологических, физиологических факторов может негативно сказываться на функциональном состоянии организма обучающихся и, как следствие, приводить к дезадаптивным состояниям, а также к формированию хронических нозологий разного характера. Адаптация молодого организма к условиям образовательной среды и климато-экологическим воздействиям северных территорий сопряжена с дисфункцией сердечно-сосудистой и респираторной систем, напряжением регуляторных систем, а также с возникновением некоторых особенностей соматического компонента здоровья [5, 6].

Согласно концепции аллостаза поддержание относительного равновесия параметров внутренней среды организма на должном функциональном уровне в тяжелых и изнурительных условиях внешней среды, сохраняющихся длительное время, приводит к снижению адаптационных резервов [7]. Организм реагирует практически на любое воздействие со стороны окружающей среды, выбрасывая в кровь химические медиаторы, например катехоламины, которые повышают частоту сердечных сокращений и кровяное давление, помогая человеку справиться с возникшей ситуацией [8]. Вместе с тем попытки соответствовать резким внешним изменениям приводят к избыточному центральному контролю функций организма, например сердечного ритма (СР) и артериального давления, что может вызвать нарушение системных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы [9]. При этом, на наш взгляд, изучая особенности адаптации студентов в условиях Севера, важно учитывать, что они являются по-

томками пришлого населения и не имеют наследственно закрепленных механизмов приспособления к климату данного региона.

Исследования подчеркивают, что ведущей детерминантой большинства нозологий современного человека является наличие генных полиморфизмов [10–12]. При этом в работе С.А. Костюк отмечается, что анализ генного полиморфизма позволяет, с одной стороны, более детально раскрыть механизмы развития дисфункций организма, а с другой – обеспечить более эффективную профилактику заболеваний [11].

В современной научной литературе достаточно подробно представлена характеристика и нозологическая детерминация полиморфизма гена бета-3-субъединицы G-белка (C825T (rs5443) гена *GNB3*) [13–15]. Однако большинство исследований рассматривает сугубо клинические случаи дисфункции активности G-белка с развитием гипертонической болезни, эндокринных нарушений и нарушением конституциональных показателей тела. Индивидуальный генетический полиморфизм, затрагивающий не более 0,1 % генома, определяется взаимодействием генетических и средовых факторов окружающей среды [10]. В связи с этим исследование полиморфизма C825T гена *GNB3* у студентов северного вуза позволит выявить лиц, имеющих наследственную предрасположенность к обозначенным выше дисфункциям.

Цель работы – изучить частоту встречаемости полиморфизма C825T гена *GNB3* и его взаимосвязь с показателями морфологического развития студентов вуза, расположенного на Севере России.

Материалы и методы. На базе научно-исследовательской лаборатории «Биологические основы безопасности образовательного пространства» Сургутского государственного педагогического университета (г. Сургут) обследованы 96 студентов в возрасте 17–20 лет (в т. ч. 51 юноша и 45 девушек), некоренных национальностей, рожденных и постоянно проживающих в Ханты-Мансийском автономном

округе – Югре (на территории, приравненной к условиям Крайнего Севера).

Исследование проводилось с письменного согласия участников. Основопологающими принципами исследования были отсутствие риска для здоровья студентов, соблюдение гуманных и этических норм, в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (редакция 2013 года).

Общая выборка была дифференцирована с учетом пола и полиморфизма rs5443 гена *GNB3*. В состав 1-й группы вошли носители генотипа С/С ($n = 44$), 2-й – носители мутантного аллеля Т (гетерозиготного генотипа С/Т ($n = 46$) и генотипа Т/Т ($n = 6$)).

Выделение образцов для проведения полимеразной цепной реакции осуществляли из буккального эпителия с использованием набора «Проба-НК-Плюс» («ДНК-Технология», Россия) в соответствии с инструкцией производителя. Для генотипирования полиморфизма rs5443 гена *GNB3* применяли аллель-специфичную амплификацию с детекцией результатов в режиме реального времени на приборе «ДТлайт» («ДНК-Технология») при помощи TaqMan-зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК, из набора «КардиоГенетика» («ДНК-Технология»).

Измеряли абсолютные антропометрические параметры: длину (ДТ, см) и массу (МТ, кг) тела – стандартизированными методами, с использованием медицинских ростомера и весов, с последующим расчетом индекса массы тела

(ИМТ, кг/м²). Оценку компонентного состава тела: содержания мышечной (ММ, кг), костной (КМ, кг), жировой (ЖМ, %) массы, висцерального жира (ВЖ, у. е.) и воды (ВК, %) – проводили с помощью весов-анализаторов состава тела Tanita BC-601 (Япония) в модификации для скринингового применения.

Результаты обрабатывали в программе Statistica 7.0. Вследствие отсутствия нормальности распределения (тест Шапиро–Уилка) некоторых показателей данные представляли в виде медианы (*Me*) и интерквартильного размаха – 25-го и 75-го перцентилей ($Q_{25}–Q_{75}$). Анализ различий проводили с помощью непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни путем попарного сравнения исследуемых групп. Для оценки корреляционных связей применяли непараметрический *r*-критерий Спирмена. Сопоставление эмпирических частотных значений осуществляли по критерию однородности распределения признака χ^2 (критерий Пирсона). Критический уровень значимости был 0,05 для всех расчетов.

Результаты. Анализ частотного распределения генотипов полиморфного варианта гена *GNB3* (табл. 1) показал, что у девушек-студенток статистически значимо чаще ($\chi^2 = 7,75$; $p = 0,02$) встречался гомозиготный генотип С/С; у юношей в среднем на 20 % чаще, чем у девушек, выявлялся гетерозиготный генотип С/Т. Наименьшая частота встречаемости отмечена для гомозиготного генотипа Т/Т: 6 % у юношей и 7 % – у девушек. В обследованной выборке студентов превалировал дикий аллель С.

Таблица 1

Частота встречаемости генотипов и аллелей полиморфизма C825T гена *GNB3* у студентов Сургутского государственного педагогического университета ($n = 96$), %

Frequency of genotypes and alleles of the C825T polymorphism of the *GNB3* gene in students of Surgut State Pedagogical University ($n = 96$), %

Группа	Генотипы			Аллели	
	С/С	С/Т	Т/Т	С	Т
Юноши ($n = 51$)	37	57	6	65,7	34,3
Девушки ($n = 45$)	56	37	7	74,4	25,6

У юношей частота встречаемости мутантного аллеля Т оказалась выше, чем у девушек, однако эти различия не были статистически значимыми ($\chi^2 = 1,80$; $p = 0,18$).

Основные антропометрические показатели обследованных студентов (табл. 2, 3) соответствовали коридору нормативных половозраст-

ных значений [16]. Вне зависимости от пола носители аллеля дикого типа (аллеля С rs5443 гена *GNB3*) характеризовались меньшими значениями массы тела и ИМТ. У лиц мужского пола статистически значимые различия между группами установлены по ИМТ ($p \leq 0,01$), у девушек – по массе тела ($p < 0,05$).

Таблица 2

Показатели морфологического развития юношей – студентов Сургутского государственного педагогического университета ($n = 51$) с полиморфизмом C825T гена *GNB3*, Me (Q_{25} – Q_{75})

Morphological parameters of male students of Surgut State Pedagogical University ($n = 51$) with the C825T polymorphism of the *GNB3* gene, Me (Q_{25} – Q_{75})

Показатель	1-я группа ($n = 19$)	2-я группа ($n = 32$)	p -уровень
ДТ, см	180,0 (174,0–185,0)	178,0 (177,8–183,0)	0,98
МТ, кг	71,8 (67,6–75,6)	76,0 (67,7–84,3)	0,05
ИМТ, кг/м ²	21,9 (20,2–24,8)	24,4 (22,0–26,0)	0,01
ЖМ, %	15,8 (13,6–19,2)	16,8 (14,1–22,6)	0,40
ММ, кг	56,6 (54,0–60,2)	60,6 (55,2–64,6)	0,06
КМ, кг	3,0 (2,9–3,2)	3,2 (2,9–3,4)	0,09
ВК, %	62,9 (60,3–65,4)	60,7 (57,0–65,4)	0,40
ВЖ, у. е.	1,0 (1,0–2,0)	2,0 (1,0–4,0)	0,07

Примечание. Здесь и далее: 1-я группа – носители генотипа С/С, 2-я – носители мутантного аллеля Т (гетерозиготного генотипа С/Т и генотипа Т/Т). Полужирным выделены статистически значимые различия.

Таблица 3

Показатели морфологического развития девушек – студенток Сургутского государственного педагогического университета ($n = 45$) с полиморфизмом C825T гена *GNB3*, Me (Q_{25} – Q_{75})

Morphological parameters of female students of Surgut State Pedagogical University ($n = 45$) with the C825T polymorphism of the *GNB3* gene, Me (Q_{25} – Q_{75})

Показатель	1-я группа ($n = 25$)	2-я группа ($n = 20$)	p -уровень
ДТ, см	163,0 (160,0–169,0)	168,0 (164,0–172,5)	0,08
МТ, кг	56,2 (49,0–60,0)	60,3 (55,5–64,6)	0,03
ИМТ, кг/м ²	20,0 (19,0–22,0)	21,5 (20,2–22,7)	0,18
ЖМ, %	23,4 (18,2–27,8)	25,6 (22,8–29,2)	0,24
ММ, кг	39,6 (38,1–42,6)	43,2 (39,8–46,7)	0,07
КМ, кг	2,2 (2,1–2,3)	2,3 (2,2–2,5)	0,11
ВК, %	57,0 (53,6–59,3)	56,3 (53,3–58,9)	0,69
ВЖ, у. е.	1,0 (1,0–1,0)	1,0 (1,0–2,0)	0,56

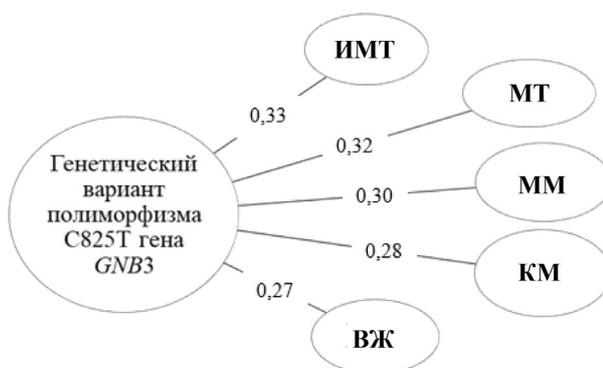
Медианные значения ИМТ в группах свидетельствуют об оптимальном соответствии массы тела росту обследованных. У юношей – носителей мутантного аллеля Т (rs5443) гена *GNB3* медиана ИМТ совпадала с верхней границей референтного коридора нормы. У девушек значения ИМТ были в среднем на 9–14 % ниже, чем у юношей.

Показатели компонентного состава тела обследованных студентов, так же как и антропометрические данные, были представлены относительно более высокими медианами (за исключением содержания воды в организме) у носителей аллеля Т. У студентов с гомозиготным генотипом С/С отмечено относительно меньшее содержание жировой массы (на 7 % у юношей и на 9 % – у девушек), мышечной ткани (на 7 % у юношей и на 10 % – у девушек) и висцерального жира (только у юношей – в 2 раза) по сравнению с обладателями генотипов С/Т или Т/Т.

Далее выборку студентов дифференцировали с учетом индекса ИМТ: значения менее 25 кг/м² указывают на оптимальное соотношение массы тела росту, 25 кг/м² и более – на избыточную массу тела. В группу студентов с избыточной массой тела включали и лиц с признаками ожирения (ИМТ ≥ 30,0 кг/м²) – таковых оказалось 5 %. Анализ частотного распределения аллелей полиморфизма rs5443 гена *GNB3* в зависимости от показателей ИМТ (табл. 4) установил статистически значимое преобладание мутантного аллеля Т ($\chi^2 = 5,62$; $p = 0,018$) у студентов, имеющих избыточную

массу тела (ИМТ ≥ 25,0 кг/м²). Также данные свидетельствуют о статистически значимом преобладании генотипов, содержащих мутантный аллель Т (С/Т или Т/Т), у студентов с избыточной массой тела – в среднем на 20 % ($\chi^2 = 10,08$; $p = 0,002$) по сравнению со студентами с нормальным ИМТ (<25,0 кг/м²).

Корреляционный анализ (см. рисунок) установил прямую связь средней силы (при $p < 0,05$) между генетическим вариантом полиморфизма С825Т гена *GNB3* (аллель Т) и показателями морфологического развития у обследованного контингента студентов.



Корреляционные связи (коэффициенты r) между наличием в генотипе аллеля Т полиморфизма С825Т гена *GNB3* и показателями морфологического развития у студентов Сургутского государственного педагогического университета

Correlations (coefficient r) between the presence of the T allele of the C825T polymorphism of the *GNB3* gene and morphological parameters in students of Surgut State Pedagogical University

Таблица 4

Частота встречаемости генотипов и аллелей полиморфизма С825Т гена *GNB3* у студентов Сургутского государственного педагогического университета с разным ИМТ, %

Frequency of genotypes and alleles of the C825T polymorphism of the *GNB3* gene in students of Surgut State Pedagogical University with different BMI, %

ИМТ	Генотипы		Аллели	
	С/С	С/Т + Т/Т	С	Т
<25,0 кг/м ² (n = 75)	51	49	73,4	26,6
≥25,0 кг/м ² (n = 21)	29	71	57,1	42,9

У гомозигот по мутантному аллелю Т показатели антропометрии и компонентного состава тела были выше, чем у гетерозигот и гомозигот по дикому аллелю. Важно отметить, что не было обнаружено статистически значимых связей с показателями жирового ($r = 0,11$) и водного ($r = -0,05$) компонентов состава тела.

Обсуждение. В актуальных литературных источниках достаточно полно представлены молекулярно-генетическая характеристика и механизм действия исследуемого гена [14, 15, 17]. Известно, что ген *GNB3* располагается на хромосоме 12p13.31 и кодирует гуанин-нуклеотид-связывающий белок бета-3, являющийся субъединицей гетеротримерного («большого») G-белка с четвертичной структурой. G-белок – фермент, который связывает внутриклеточные сигналы между рецепторными и эффекторными белками клетки, тем самым регулируя передачу сигналов внутрь клеток. Полиморфизм гена *GNB3* обусловлен точечной заменой азотистого основания цитозина на тимин в позиции 825, что приводит к синтезу укороченного белка и, как следствие, дисфункции процесса внутриклеточной передачи сигналов. Фенотипические проявления вышеобозначенного генетического полиморфизма – дисфункции сердечно-сосудистой системы (сужение сосудов, гипертрофии левого желудочка и др.), а также дисфункции углеводного обмена и развитие ожирения [13, 14].

Согласно результатам нашего исследования, частота встречаемости мутантного аллеля полиморфизма rs5443 гена *GNB3* у студентов северного вуза не превышает 30 %, что отражает общепопуляционную тенденцию. Как отмечается в работе Л.В. Арутюнян и соавторов [14], встречаемость мутантного аллеля Т в европейской популяции составляет 31 %. При этом авторы, анализируя морфофункциональные и генетические особенности больных артериальной гипертензией, указывают, что таким пациентам свойственны избыточная масса тела и ожирение, а частота встречаемости аллеля Т в генотипах этих лиц превышает 50 %.

Выявленные нами межполовые различия антропометрических параметров и данных компонентного состава тела студентов отражают общебиологическую закономерность: медианы показателей (за исключением жирового компонента) у лиц мужского пола больше, чем у девушек. Медианы показателей морфологического развития студентов соответствуют возрастно-половым нормативным значениям [16].

Полученные в нашем исследовании взаимосвязи антропометрических данных с полиморфизмом C825T гена *GNB3* в целом соответствуют результатам других авторов [14, 17]. Так, например, в работе Л.В. Арутюнян и соавторов [14] отмечается, что носительство аллеля Т ассоциировано с повышенной массой тела ($\text{ИМТ} \geq 25,0 \text{ кг/м}^2$). Гомозиготный генотип Т/Т обуславливает большую предрасположенность к повышению массы тела и в несколько раз увеличивает риск развития ожирения, чем у гомозигот с диким аллелем (С) в генотипе, что наглядно прослеживается в медианах показателей компонентного состава тела у обследованных нами студентов: у носителей мутантного аллеля Т rs5443 гена *GNB3* отмечено относительное увеличение жирового компонента при одновременном снижении водного компонента. Механизм аллостерической дисфункции, ранее описанный нами [16], вероятно, опосредует функциональные сдвиги: повышение вязкости крови и, как следствие, риск развития тромбозов, инфаркта и/или инсульта, а также снижение интенсивности обмена веществ, накопление излишка калорий в виде запасной жировой ткани.

Н.-Л. Li et al., выполнив метаанализ связи между полиморфизмом C825T гена *GNB3* и риском избыточного веса и ожирения [18], пришли к заключению, что молодые люди до 30 лет, в частности мужчины, имеют большую генетическую предрасположенность к формированию избыточного веса и ожирения, что в целом согласуется с результатами нашего исследования.

Проведенный нами корреляционный анализ обнаружил статистически значимую

прямую умеренную связь генетического полиморфизма исследуемого гена с показателями антропометрии и компонентного состава тела. Важно отметить, что среди показателей компонентного состава тела связь установлена не с содержанием жировой ткани как таковой, а с содержанием висцерального жира, т. е. «фенотипически нездоровым» ожирением. Научные исследования, характеризующие вариативность фенотипов ожирения, констатируют, что белая жировая ткань подкожной клетчатки выступает ресурсно-энергетическим резервом в виде триглицеридов и свободных жирных кислот и участвует в регуляции сосудистого, метаболического и иммунного гомеостаза [19, 20]. Висцеральное ожирение, в свою очередь, приводит к липотоксическому поражению органов, прежде всего сердца, кардиоваскулярной дисфунк-

ции, развитию воспалительных процессов в организме и инсулинорезистентности [21].

Таким образом, генетические полиморфизмы в сочетании с неблагоприятными внешними факторами могут выступать ведущими компонентами функциональных нарушений систем жизнеобеспечения организма. Оценка индивидуальных особенностей геномов обучающихся позволяет применять персонализированный подход в построении адаптационных траекторий и профилактике нозологий.

Исследование полиморфизма rs5443 гена *GNB3* в качестве генетического маркера избыточной массы тела и висцерального ожирения поможет своевременно выявить факторы нарушения соматического компонента здоровья студенческой молодежи и заблаговременно начать профилактику, тем самым снижая алло статическую нагрузку на организм.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Епанчинцева Г.А., Козловская Т.Н. Студенчество как социально-психологическая общность // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. 2018. № 2(214). С. 66–69. <https://doi.org/10.25198/1814-6457-181-66>
2. Байгужин П.А., Шибкова Д.З., Батуева А.Э., Кудряшов А.А., Байгужина О.В. Реактивность автономной нервной системы при воздействии эмоциогенного видеоконтента у студентов с различным исходным вегетативным тонусом // Ульянов. мед.-биол. журн. 2019. № 4. С. 124–135. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-4-124-135>
3. Литовченко О.Г., Багнетова Е.А., Тостановский А.В. Эколого-физиологические аспекты здоровьесбережения молодого населения Югры // Соврем. вопр. биомедицины. 2022. Т. 6, № 1(18). Ст. № 18. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_18
4. Шаламова Е.Ю., Рагозин О.Н., Бочкарев М.В. Дезадаптивные реакции сердечно-сосудистой системы во взаимосвязи с функцией сна и копинг-поведением у студентов северного медицинского вуза // Артер. гипертензия. 2019. Т. 25, № 2. С. 176–190. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2019-25-2-176-190>
5. Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Особенности функции внешнего дыхания у северян в годовом цикле // Мор. медицина. 2017. Т. 3, № 3. С. 43–49. <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49>
6. Аверьянова И.В., Максимов А.Л. Перестройка гемодинамики и морфофункциональных показателей на протяжении 10 лет у юношей Магаданской области // Экология человека. 2016. № 8. С. 8–14. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-8-8-14>
7. Северюкова Г.А. Реостаз, аллостаз и алло статическая нагрузка: что понимается под этими терминами? // Междунар. науч.-исслед. журн. 2022. № 10(124). Ст. № 5. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.22>

8. Кривощев С.Г., Белишева Н.К., Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Мартынова А.А., Ельникова О.Е., Пряничников С.В., Ануфриев Г.Н., Балиоз Н.В. Концепция аллостаза и адаптация человека на Севере // Экология человека. 2016. № 7. С. 17–25. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25>
9. McEwen B.S., Wingfield J.C. The Concept of Allostasis in Biology and Biomedicine // *Horm. Behav.* 2003. Vol. 43, № 1. P. 2–15. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)
10. Леонов Д.В., Устинов Е.М., Деревянная В.О., Кислицкий В.М., Самсонова С.К., Алаторцева М.Е., Маркелова А.Н., Высоцкая В.В., Чурикова Т.С., Трофимкина Ю.В., Майорова А.О., Лейкам С.Е., Антипенко Д.В., Михайловский А.И., Григорьев Д.А., Бородин П.Е., Бородин Е.А. Генетический полиморфизм. Значение. Методы исследования // *Амур. мед. журн.* 2017. № 2(18). С. 62–67. <https://doi.org/10.22448/AMJ.2017.2.62-67>
11. Костюк С.А. Предиктивная медицина и методы генетического тестирования // *Мед. новости.* 2016. № 4. С. 11–14.
12. Лазебник Л.Б., Конев Ю.В., Ефремов Л.И. Персонализированная (персонифицированная) медицина (смена парадигмы на смену здравоохранению идет здравоохранение) // *Клин. геронтология.* 2018. Т. 24, № 1-2. С. 3–7.
13. Mahmood M., Mian Z.S., Afzal A., Frossard P.M. G-Protein Beta-3 Subunit Gene 825C>T Dimorphism Is Associated with Left Ventricular Hypertrophy but Not Essential Hypertension // *Med. Sci. Monit.* 2005. Vol. 11, № 1. P. CR6–CR9.
14. Арутюнян Л.В., Дроботя Н.В., Пироженко А.А., Торосян С.С., Калтыкова В.В. Особенности течения артериальной гипертензии, связанные с распределением аллелей и генотипов полиморфного маркера С825Т гена *GNB3* среди больных, проживающих в Ростовской области // *Вестн. Нац. мед.-хирург. Центра им. Н.И. Пирогова.* 2017. Т. 12, № 1. С. 66–69.
15. Dishy V., Gupta S., Landau R., Xie H.-G., Kim R.B., Smiley R.M., Byrne D.W., Wood A.J.J., Stein C.M. G-Protein β_3 Subunit 825 C/T Polymorphism Is Associated with Weight Gain During Pregnancy // *Pharmacogenetics.* 2003. Vol. 13, № 4. P. 241–242. <https://doi.org/10.1097/00008571-200304000-00009>
16. Мальцев В.П., Говорухина А.А., Ложкина-Гамецкая Н.И. Особенности морфологического развития и компонентного состава тела студентов педагогических вузов Уральского региона // *Соврем. вопр. биомедицины.* 2022. Т. 6, № 3(20). Ст. № 15. https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_03_15
17. Галиева М.О., Трошина Е.А., Мазурина Н.В., Волынкина А.П., Артюшин А.В., Павлова А.С. Терапия ожирения сибутрамином: полиморфизмы генов *TPH2* и *GNB3* и снижение массы тела // *Ожирение и метаболизм.* 2018. Т. 15, № 2. С. 40–45. <https://doi.org/10.14341/omet9646>
18. Li H.-L., Zhang Y.-J., Chen X.-P., Luo J.-Q., Liu S.-Y., Zhang Z.-L. Association Between *GNB3* c.825C > T Polymorphism and the Risk of Overweight and Obesity: A Meta-Analysis // *Meta Gene.* 2016. Vol. 9. P. 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.mgene.2016.03.002>
19. Кологривова И.В., Винницкая И.В., Кошельская О.А., Сулова Т.Е. Висцеральное ожирение и кардиометаболический риск: особенности гормональной и иммунной регуляции // *Ожирение и метаболизм.* 2017. Т. 14, № 3. С. 3–10. <https://doi.org/10.14341/omet201733-10>
20. Чумакова Г.А., Кузнецова Т.Ю., Дружилев М.А., Веселовская Н.Г. Висцеральное ожирение как глобальный фактор сердечно-сосудистого риска // *Рос. кардиол. журн.* 2018. № 5. С. 7–14. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-5-7-14>
21. Vecchié A., Dallegrì F., Carbone F., Bonaventura A., Liberale L., Portincasa P., Frühbeck G., Montecucco F. Obesity Phenotypes and Their Paradoxical Association with Cardiovascular Diseases // *Eur. J. Intern. Med.* 2018. Vol. 48. P. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2017.10.020>

References

1. Epanchintseva G.A., Kozlovskaya T.N. Studenchestvo kak sotsial'no-psikhologicheskaya obshchnost' [Students as Social and Psychological Community]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2018, no. 2, pp. 66–69. <https://doi.org/10.25198/1814-6457-181-66>

2. Bayguzhin P.A., Shibkova D.Z., Batueva A.E., Kudryashov A.A., Bayguzhina O.V. Responsiveness of Autonomous Nervous System Under Emotiogenic Video Content in Students with Different Initial Vegetative Tones. *Ulyanovsk Med. Biol. J.*, 2019, no. 4, pp. 124–135 (in Russ.). <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-4-124-135>

3. Litovchenko O.G., Bagnetova E.A., Tostanovskiy A.V. Ecological and Physiological Aspects of Health Protection of the Young Yugra Population. *Mod. Iss. Biomed.*, 2022, vol. 6, no. 1. Art. no. 18 (in Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_01_18

4. Shalamova E.Yu., Ragozin O.N., Bochkarev M.V. Disadaptive Reactions of the Cardiovascular System in Relation to Sleep and Coping Behavior of Students of Northern Medical Institute. *Arter. Hypertens.*, 2019, vol. 25, no. 2, pp. 176–190 (in Russ.). <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2019-25-2-176-190>

5. Varlamova N.G., Boyko E.R. Osobennosti funktsii vneshnego dykhaniya u severyan v godovom tsikle [Features of External Breathing Function Among the Northerners in the Annual Cycle]. *Morskaya meditsina*, 2017, vol. 3, no. 3, pp. 43–49. <https://doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49>

6. Averyanova I.V., Maximov A.L. Hemodynamic and Morphofunctional Alterations Observed for Ten Years in Young Males of Magadan Region. *Ekologiya cheloveka*, 2016, no. 8, pp. 8–14 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-8-8-14>

7. Sevryukova G.A. Reostaz, allostatz i allostaticheskaya nagruzka: chto ponimaetsya pod etimi terminami? [Rheostasis, Allostasis, and Allostatic Load: What Is Meant by These Terms?]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2022, no. 10. Art. no. 5. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.22>

8. Krivoschekov S.G., Belisheva N.K., Nikolaeva E.I., Vergunov E.G., Martynova A.A., Elnikova O.E., Prjanichnikov S.V., Anufriev G.N., Balioz N.V. The Concept of Allostasis and Human Adaptation in the North. *Ekologiya cheloveka*, 2016, no. 7, pp. 17–25 (in Russ.). <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2016-7-17-25>

9. McEwen B.S., Wingfield J.C. The Concept of Allostasis in Biology and Biomedicine. *Horm. Behav.*, 2003, vol. 43, no. 1, pp. 2–15. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(02\)00024-7](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(02)00024-7)

10. Leonov D.V., Ustinov E.M., Derevyannaya V.O., Kisliitskiy V.M., Samsonova S.K., Alatortseva M.E., Markelova A.N., Vysotskaya V.V., Churikova T.S., Trofimkina Yu.V., Mayorova A.O., Leykam S.E., Antipenko D.V., Mikhaylovskiy A.I., Grigor'ev D.A., Borodin P.E., Borodin E.A. Geneticheskij polimorfizm. Znachenie. Metody issledovaniya [Genetic Polymorphism. Value. Methods of Research]. *Amurskiy meditsinskiy zhurnal*, 2017, no. 2, pp. 62–67. <https://doi.org/10.22448/AMJ.2017.2.62-67>

11. Kostyuk S.A. Prediktivnaya meditsina i metody geneticheskogo testirovaniya [Predictive Medicine and Methods of Genetic Testing]. *Meditsinskie novosti*, 2016, no. 4, pp. 11–14.

12. Lazebnik L.B., Konev Yu.V., Efremov L.I. Personalizirovannaya (personifitsirovannaya) meditsina (smena paradigmy na smenu zdravookhraneniya idet zdravosokhranenie) [Personalised (Individualized) Medicine (the Change in the Paradigm Shift Health Care Is Preservation of Health Care)]. *Klinicheskaya gerontologiya*, 2018, vol. 24, no. 1-2, pp. 3–7.

13. Mahmood M.S., Mian Z.S., Afzal A., Frossard P.M. G-Protein Beta-3 Subunit Gene 825C>T Dimorphism Is Associated with Left Ventricular Hypertrophy but Not Essential Hypertension. *Med. Sci. Monit.*, 2005, vol. 11, no. 1, pp. CR6–CR9.

14. Arutyunyan L.V., Drobotya N.V., Pirozhenko A.A., Torosyan S.S., Kaltykova V.V. Osobennosti techeniya arterial'noy gipertenzii, svyazannye s raspredeleniem alleley i genotipov polimorfnoogo markera C825T gena *GNB3* sredi bol'nykh, prozhivayushchikh v Rostovskoy oblasti [Features of the Course of Arterial Hypertension Associated with the Distribution of Alleles and Genotypes of the C825T Polymorphism of the *GNB3* Gene Among Patients Living in the Rostov Region]. *Vestnik Natsional'nogo meditsinsko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova*, 2017, vol. 12, no. 1, pp. 66–69.

15. Dishy V., Gupta S., Landau R., Xie H.-G., Kim R.B., Smiley R.M., Byrne D.W., Wood A.J.J., Stein C.M. G-Protein β_3 Subunit 825 C/T Polymorphism Is Associated with Weight Gain During Pregnancy. *Pharmacogenetics*, 2003, vol. 13, no. 4, pp. 241–242. <https://doi.org/10.1097/00008571-200304000-00009>

16. Mal'tsev V.P., Govorukhina A.A., Lozhkina-Gametskaya N.I. The Indicators of Physical Development and Body Composition of Female Students of Pedagogical Universities in the Ural Region. *Mod. Iss. Biomed.*, 2022, vol. 6, no. 3. Art. no. 15 (in Russ.). https://doi.org/10.51871/2588-0500_2022_06_03_15

17. Galieva M.O., Troshina E.A., Mazurina N.V., Volynkina A.P., Artiushin A.V., Pavlova A.S. Treatment Obesity with Sibutramine: Polymorphisms of *TPH2* and *GNB3* Genes and Body Weight Loss. *Obes. Metab.*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 40–45 (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet9646>

18. Li H.-L., Zhang Y.-J., Chen X.-P., Luo J.-Q., Liu S.-Y., Zhang Z.-L. Association Between *GNB3* c.825C > T Polymorphism and the Risk of Overweight and Obesity: A Meta-Analysis. *Meta Gene*, 2016, vol. 9, pp. 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.mgene.2016.03.002>

19. Kologrivova I.V., Vinnitskaya I.V., Koshelskaya O.A., Suslova T.E. Visceral Obesity and Cardiometabolic Risk: Features of Hormonal and Immune Regulation. *Obes. Metab.*, 2017, vol. 14, no. 3, pp. 3–10 (in Russ.). <https://doi.org/10.14341/omet201733-10>

20. Chumakova G.A., Kuznetsova T.Yu., Druzhilov M.A., Veselovskaya N.G. Visceral Adiposity as a Global Factor of Cardiovascular Risk. *Russ. J. Cardiol.*, 2018, no. 5, pp. 7–14 (in Russ.). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-5-7-14>

21. Vecchié A., Dallegrì F., Carbone F., Bonaventura A., Liberale L., Portincasa P., Frühbeck G., Montecucco F. Obesity Phenotypes and Their Paradoxical Association with Cardiovascular Diseases. *Eur. J. Intern. Med.*, 2018, vol. 48, pp. 6–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejim.2017.10.020>

Received 11 January 2023

Accepted 21 July 2023

Published 30 November 2023

Поступила 11.01.2023

Принята 21.07.2023

Опубликована 30.11.2023