

Исследование доказывает, что проблема стресса у студентов является достаточно актуальной. Полностью исключить из жизни стрессовые ситуации невозможно, но можно жить так, чтобы свести их число к минимуму и тем самым сохранить свое здоровье.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Киселева, Е. В. Стресс у студентов в процессе учебно-профессиональной подготовки: причины и последствия / Е. В. Киселева, С. П. Акутина. Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2017. № 6 (140). С. 417–419. URL: <https://moluch.ru/archive/140/39480/> (дата обращения: 23.03.2022).
2. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. М. Прогресс, 1979. 126 с.
3. Бильданова, В. Р. Психология стресса и методы его профилактики: учеб.-метод. пособие / В. Р. Бильданова, Г. К. Бисерова, Г. Р. Шагивалеева. Елабуга: Издательство ЕИ КФУ, 2015. 142 с.
4. Китаев-Смык, А. А. Психология стресса / А. А. Китаев-Смык. Мн.: Наука и техника, 2010. 174 с.

УДК 547.857.7:575]:616-091.818

### СРАВНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ГУАНИНОВЫХ КВАДРУПЛЕКСОВ В ГЕНАХ ЧЕЛОВЕКА, РЕГУЛИРУЮЩИХ АПОПТОЗ

**Бобровник Д. А.**

**Научный руководитель: к.б.н., доцент А. Н. Коваль**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»  
г. Гомель, Республика Беларусь**

#### **Введение**

Для оценки энергетического статуса клетки уровень макроэргических фосфатов не может быть единственным критерием, так АТФ способен трансформироваться в ионные градиенты на цитоплазматической мембране клеток, например,  $\Delta\mu K^+$ ,  $\Delta\mu Na^+$ . Внутриклеточная концентрация  $K^+$  может служить мерой энергизации клетки, регулируя метаболизм через взаимодействие с гуаниновыми квадруплексами (G4) — участками на ДНК, часто локализованных в областях теломер [1, 2]. G4 в теломерах могут снижать активность теломеразы, уменьшая длину теломер и участвует примерно в 85 % всех видов рака, что лежит в основе открытия новых лекарств, таких как теломерастатин [3].

Нетеломерные квадруплексы могут участвовать в формировании онкогенов. Например, G4 в промоторной области протоонкогена *c-myc* может снижать экспрессию этого гена, таким образом, указывая на важную роль этих образований в регуляции пролиферации клеток [4, 5].

Одним из важных механизмов регуляции функции клеток является апоптоз, контролируемый генами, выполняющими функции генов-супрессоров опухолей. Этим и объясняется важность исследования особенностей их структуры, в том числе и содержания G4, для разработки новых перспективных препаратов для лечения онкологических заболеваний.

#### **Цель**

Исследовать некоторые гены, участвующие в регуляции апоптоза, на содержание в них гуаниновых квадруплексов и выяснить характер распределения G4 в этих генах.

#### **Материал и методы исследования**

Обнаружение G4 проводилось с использованием пакета `gquad` для среды программирования R по методу, описанному ранее [1, 2]. Гены, регулирующие апоптоз, находили в базе данных Nucleotide NCBI. Для изучения брали 8 генов. В обнаруженных потенциальных сайтах G4 сравнивали длины G4, а также процентное соотношение гуаниновых нуклеотидов.

Для оценки значимости различий по процентному содержанию гуаниновых нуклеотидов в G4 использовались непараметрические статистические методы

(тесты Краскела — Уолеса и множественных сравнений Данна), так как распределение данных почти во всех исследуемых группах отличалось от нормального (тест Колмогорова-Смирнова). Статистические расчеты проводились с использованием программы GraphPad Prism v. 7.00.

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемые гены и их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Общая характеристика исследуемых генов, контролирующих апоптоз

№	Название гена	Код гена	Количество пар нуклеотидов	Хромосомная локализация
1.	Индукцирующий фактор апоптоза SIVA1	NG_029449.1	13527	14
2.	Опухолевый регулируемый белком P53 индуцирующий апоптоз белок 1 (TP53AIP1)	NG_030401.1	15668	11
3.	Связанный с эндосомой-лизосомой регулятор апоптоза и аутофагии 1, (ELAPOR1, KIAA1324)	NG_032763.1	99819	1
4.	Легкая цепь ферритина (FTL)	NG_008152.1	8571	19
5.	Связывающийся с Diablo IAP-митохондриальный белок (DIABLO) (продукт ядерного гена для митохондрий)	NG_029459.1	26860	12
6.	Неуронатин (NNAT)	NG_009263.1	9486	20
7.	Каспаза 9 (CASP9)	NG_029188.1	39517	1
8.	Человеческий лейциноподобный регулятор транскрипции 1 (LZTR1)	NG_034193.1	23,769	22

Таблица 2 — Содержание G4 и процентное содержание гуанина в генах, контролирующих апоптоз (медиана, 25 % и 75 %)

Код гена	Количество G4	Длина G4, пн	% гуанина в G4	Различия с NG_029449.1	Различия с NG_034193.1
NG_029449.1	132	48 (42–53)	39,62 (34,01–43,27)		
NG_030401.1	138	49 (42,75–52)	35,93 (31,37–42,15)		**
NG_032763.1	715	49 (43–52)	35,29 (30,61–40,43)	****	***
NG_008152.1	83	50 (46–53)	36 (33,33–41,51)		
NG_029459.1	191	48 (42–52)	35 (31,25–42)	*	****
NG_009263.1	82	47 (40,75–52)	36,27 (30,05–41,97)		*
NG_029188.1	314	49 (43–52)	36,09 (31,18–40,74)	**	****
NG_034193.1	284	49 (44–52)	39,62 (34,05–46,11)		

\* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$ ; \*\*\* —  $p < 0,001$ ; \*\*\*\* —  $p < 0,0001$

Проведенные исследования показали, что статистически значимых различий по длине G4 не обнаружено. Результаты указаны в таблице 2. Однако по процентному содержанию гуанина в этих генах выявлялись различия. Например, гены DIABLO (NG\_029459.1), KIAA1324 (NG\_032763.1), CASP9 (NG\_029188.1) содержат статистически значимо меньший процент гуанина в G4 (35, 35,29 и 36,09 % соответственно), чем гены SIVA1 (NG\_029449.1) и LZTR1 (NG\_034193.1), характеризующиеся наибольшим аналогичным показателем (39,62 для обоих генов).

### Выводы

Высокое процентное содержание гуаниновых нуклеотидов в G4, отмеченное для генов SIVA 1 и LZTR1 может указывать на повышенную чувствительность этих генов к концентрации внутриклеточных ионов металлов как показателя внутриклеточного энергетического статуса. В то же время сравнительно низкое содержание исследуемого показателя в генах DIABLO, KIAA1324 и CASP9 может свидетельствовать о их большей устойчивости к мутациям, инициирующим опухолевый рост.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Грицук, А. И. Роль гуаниновых квадруплексов как возможной мишени воздействия на митохондриальную ДНК при инкорпорации  $^{137}\text{Cs}$  / А. И. Грицук, А. Н. Коваль // Радиобиология: актуальные проблемы. Матер. междунар. науч. конференции (27–28 сентября 2018 г.). Гомель, 2018. С. 50–53.
2. Коваль, А. Н. Нахождение гуаниновых квадруплексов с помощью пакета gquad в генах, мутирующих при уротелиальной карциноме / А. Н. Коваль // Актуальные проблемы медицины : сб. науч. ст. Респ. науч.-практ. конф. с междунар. участием: в 3 т., Гомель, 11 ноября 2021 года / Министерство здравоохранения

Республики Беларусь, Гомельский государственный медицинский университет; редкол.: И. О. Стома [и др.] Гомель: ГомГМУ, 2021. С. 9–10.

3. Long repeating (TTAGGG) n single-stranded DNA self-condenses into compact beaded filaments stabilized by G-quadruplex formation / A. Kar [et al.] // The Journal of biological chemistry. 2018. Vol. 293, Is. 24. P. 9473–9485. doi:10.1074/jbc.RA118.002158.

4. Direct evidence for a G-quadruplex in a promoter region and its targeting with a small molecule to repress c-MYC transcription / A. Siddiqui-Jain [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2002. Vol. 99 (18). P. 11593–11598. doi:10.1073/pnas.182256799.

5. Huppert, J. L. G-quadruplexes in promoters throughout the human genome [published correction appears in Nucleic Acids Res. 2007. Vol. 35(6). P. 2105] / J. L. Huppert, S. Balasubramanian // Nucleic Acids Res. 2007, Vol. 35 (2). P. 406–413. doi:10.1093/nar/gkl1057.

**УДК 612.39:612**

**ИЗУЧЕНИЕ АНАЛИЗА ПИЩЕВОГО РАЦИОНА И ВЛИЯНИЯ  
ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА**

**Богомья К. М.**

**Научный руководитель: В. В. Дятлова**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный медицинский университет»  
г. Гомель, Республика Беларусь**

**Введение**

В современном мире человеку очень сложно следить за питанием из-за неосведомленности или нехватки времени. Многие люди не могут позволить себе экологически чистые продукты без пищевых добавок. Неудивительно, что с расширением человеческих знаний о продуктах питания и улучшением технологии производства продуктов питания также увеличилось использование пищевых добавок. Этому также способствовало общее изменение образа жизни. В наш век высоких технологий огромное количество людей сосредоточено в городах. Население мира резко возросло. Все это потребовало новых способов, как обработки, так и распределения продуктов питания, благодаря которым пищевые добавки стали использоваться более широко.

**Цель**

Изучить потенциально вредные добавки в продуктах питания и установить связь между их употреблением и физиологическим состоянием организма.

**Материал и методы исследования**

Теоретический анализ публикаций по проблеме исследования, анализ статистических документов, практические методы исследования, беседы со специалистами, анкетирование, подсчет и анализ результата исследования.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Люди сознательно пренебрегают условиями, предоставленными им природой для здорового образа жизни. В современном мире создана быстро развивающаяся индустрия, которая призвана сохранять продукты питания, увеличивать срок их годности, перерабатывать и существенно модифицировать все, что человек вырастил собственным трудом или взял у природы.

В магазинах и на полках супермаркетов представлено большинство продуктов с компонентами серии пищевых добавок «Е», многие из которых потенциально опасны для здоровья человека. Под пищевыми добавками понимаются натуральные и синтетические вещества, намеренно вводимые в пищевые продукты в процессе их производства с целью придания производимым пищевым продуктам заданных показателей качества.

Пищевая добавка — это любое вещество (или смесь веществ), имеющее или не имеющее собственной пищевой ценности, обычно не потребляемое человеком непосредственно в пищу, намеренно вводимое в пищевую продукцию в