

# ВЛИЯНИЕ ГЕНОТИПА DRD2 НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКУЮ АДАПТАЦИЮ И КОГНИТИВНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СВЕТОВОГО ДНЯ

Щурко А. С., Болтач М. А.

Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Глуткин С. В.

*Гродненский государственный медицинский университет, г. Гродно*

**Резюме.** Цель исследования: определить влияние генотипических вариантов гена DRD2 (rs1800497) на индивидуальные различия когнитивной работоспособности и адаптационные реакции при интеллектуальной нагрузке в условиях изменяющейся продолжительности светового дня. Установлено, что генотип существенно влияет на психофизиологические показатели: носители A2A2 демонстрируют более высокую выносливость и устойчивость когнитивных функций, тогда как обладатели аллеля A1 – более выраженные изменения времени реакции, индекса утомляемости и параметров внимания. Различная продолжительность светлой и темной частей суток усиливает или ослабляет влияние генотипа на нейродинамику, что проявляется в дифференцированных реакциях на нагрузку. Результаты подтверждают значимость взаимодействия генетических факторов и светового режима в формировании адаптационных и когнитивных характеристик молодого организма.

**Ключевые слова:** DRD2, rs1800497, когнитивная работоспособность, адаптация, фотопериод, интеллектуальная нагрузка, нейрофизиология, психофизиологические показатели.

**Актуальность.** Одним из наиболее хорошо изученных полиморфизмов гена DRD2 является TaqIA, который определяет плотность D2-рецепторов в синаптической щели и, следовательно, влияет на чувствительность нейронных сетей к дофамину. Носительство аллеля A1 связано со снижением плотности D2-рецепторов на 30–40 % по сравнению с генотипом A2A2, что сопровождается уменьшением сродства рецепторов к дофамину и снижением дофаминовой передачи в стриатуме. В популяции россиян частота аллеля A1 составляет около 0,17, а аллеля A2 – 0,83. Доказано, что снижение плотности D2-рецепторов у носителей A1 ведёт к уменьшению активности дофаминергических систем

центральной нервной системы, что может проявляться в повышенной склонности к аддиктивному поведению, поиску стимулов, повышающих уровень дофамина, а также в изменениях пищевого поведения и стрессовой реактивности [Kidd K.K. et al, 1998; Olasore H.S.A. et al., 2025].

Функциональная значимость DRD2 выходит за рамки нейрохимических процессов. Полиморфизм TaqIA ассоциирован с когнитивными и поведенческими характеристиками. Так, у носителей аллеля A1 выявлены более высокие показатели вербальной и общей креативности, увеличенный индекс поиска новизны, а также специфические черты личности, связанные с мотивацией и активным

исследованием окружающей среды. Некоторые исследования показывают связь аллеля A1 с показателями интеллекта у женщин, что указывает на возможное влияние генетической вариативности на когнитивные способности и адаптационные стратегии. С учётом того, что стриатум является центральным узлом в принятии решений и формировании поведенческих реакций, полиморфизм DRD2 может оказывать влияние на способность человека адаптироваться к новым или стрессовым условиям, оценивать риски и выбирать оптимальные стратегии поведения [[Поликанова И.С. и др, 2016].

Современные исследования подчеркивают, что взаимодействие генетических факторов с хронофизиологическими условиями – такими как продолжительность светового дня и сезонные колебания – оказывает существенное влияние на функциональное состояние нервной системы [Синякова Н.А. и др., 2020; Buniyaadi A. et al, 2022]. Изменения длительности светового дня способны модулировать нейромедиаторные системы, когнитивную работоспособность и эмоциональную стабильность, а сочетание этих факторов с генетическими особенностями DRD2 может определять индивидуальные различия в адаптации к физическим и умственным нагрузкам, стрессоустойчивости и мотивационной активности.

**Цель:** выявить роль генотипических вариантов DRD2 (rs1800497) в формировании индивидуальных различий когнитивной работоспособности и адаптации к интеллектуальной нагрузке в условиях различной продолжительности светового дня.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие лица мужского пола в возрасте от 18 до 23 лет. Все участники дали письменное информированное согласие на участие в эксперименте. Отбор испытуемых осуществлялся на добровольной основе среди студентов, с учётом отсутствия хронических заболеваний, психических расстройств и серьёзных нарушений когнитивной функции, что обеспечивало репрезентативность выборки для оценки влияния генетических и хронофизиологических факторов на психофизиологические показатели.

Эксперимент проводился в условиях различной продолжительности светлой и тёмной частей суток, включая периоды весеннего равноденствия (ПВР), зимнего солнцестояния (ПЗС) и летнего солнцестояния (ПЛС).

Индивидуально-типологические особенности и функциональное состояние участников оценивали в утренние часы с использованием компьютерного комплекса «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт»). Психофизиологический статус испытуемых регистрировали до и после интеллектуальной нагрузки, представляющей собой 30-минутное компьютерное тестирование по специализированной программе. При этом фиксировались следующие параметры: среднее значение времени реакции, стрессоустойчивость, подвижность нервных процессов, коэффициент силы нервной системы (КСНС), индекс утомляемости (ИУ), коэффициент асимметрии внимания (КАВ). Кроме того, учитывались индивидуальные особенности

участников, такие как доминирование полушарий, хронотип и склонность к экстра- или интроверсии.

У всех участников был выполнен молекулярно-генетический анализ распределения частот аллелей и генотипов гена DRD2 (rs1800497). Экстракцию геномной ДНК проводили из буккального эпителия с использованием набора реагентов для экспресс-выделения ДНК. Генотипирование полиморфизма rs1801260 гена CLOCK (замена тимина на цитозин) осуществлялось методом полимеразной цепной реакции в реальном времени с применением термоциклирующей системы Rotor Gene Q 5 plex HRM в соответствии с протоколами фирмы ООО «Синтол», РФ. Качественную и количественную оценку содержания ДНК в препаратах проводили на спектрофотометре SpectroStar Nano (BMG LABTECH, Германия) при длине волны 260 нм, что обеспечивало контроль качества выделенной ДНК и надёжность последующих генотипических анализов.

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием программы *Statistica 10.0*. Нормальность распределения количественных признаков проверяли с помощью критериев Колмогорова–Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро–Уилка. Для анализа различий между группами применялись непараметрические методы: Н-критерий Краскела–Уоллиса, U-критерий Манна–Уитни и Т-критерий Уилкоксона. Для

выявления корреляций между количественными показателями использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена (r). Результаты представлялись в виде медианы и межквартильного интервала Me [25–75 перцентиль], при этом критическим уровнем значимости считали  $p < 0,05$ .

Результаты и их обсуждение. Оценка частоты встречаемости генотипов гена DRD 2 (rs1800497) показала, что гомозиготный дикий тип A2A2 наблюдается у 46.3% обследованных, генотип A2A1 – 28.3%, генотип A1A1 – 4.3%. Распространённость аллеля A2 составляет – 76.6%, мутантного аллеля A1 – 23.4%. Полученные результаты показали наличие выраженных различий между генотипическими группами как до, так и после интеллектуальной нагрузки, зависящих от хронофизиологических условий. В период зимнего солнцестояния у носителей генотипа A2A2 наблюдались более низкий КСНС до нагрузки и более высокие показатели выносливости до и после нагрузки по сравнению с группой A2A1 ( $p < 0,05$ ) (таблица 1 и 2). В той же фазе носители A2A1 демонстрировали более высокий КСНС по сравнению с группой A1A1 ( $p < 0,002$ ). В период весеннего равноденствия носители A2A2 характеризовались более высоким показателем выносливости как до ( $p < 0,01$ ), так и после нагрузки ( $p < 0,05$ ), а также более высоким уровнем лабильности после нагрузки по сравнению с A2A1 ( $p < 0,05$ ).

**Табл. 1.** Изменения показателя выносливости до нагрузки в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD2 (rs1800497) в условиях различной продолжительности светлой и темной

частей суток (Ме [25%-75%])

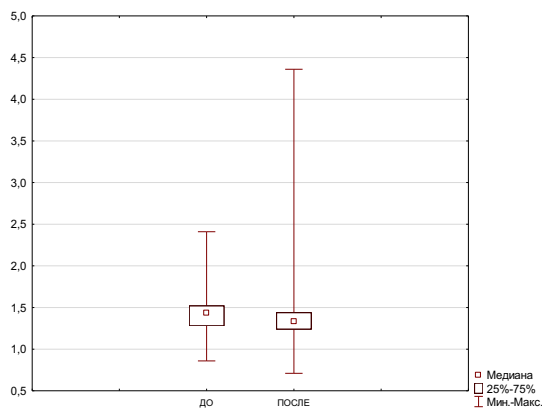
		A2A2	A2A1	p	A1A1	p
		n=51	n=19		n=9	
Показатель выносливости до нагрузки	ПЗС	10 [8;10]	9 [8;10]	0,41	8 [7;9]	<b>0,041</b> 0,13
	ПВР	10 [8;10]	10 [7;10]	0,33	8 [7;8]	<b>0,0086</b> 0,12
	ПЛС	10 [8;10]	9 [7;10]	0,3	9 [8;10]	0,37 0,94
p <sub>1</sub>		0,37	0,83		0,89	
p <sub>2</sub>		0,54 0,96	1 0,78		0,14 <b>0,043</b>	

Анализ динамики когнитивных показателей показал, что у лиц с генотипом A2A2 физическая нагрузка в период зимнего солнцестояния снижала КАВ ( $p < 0,001$ ), а в период весеннего равноденствия – ИУ ( $p < 0,05$ ) (рисунок 1). У носителей A2A1 в зимний период снижалось среднее значение времени реакции ( $p < 0,05$ )

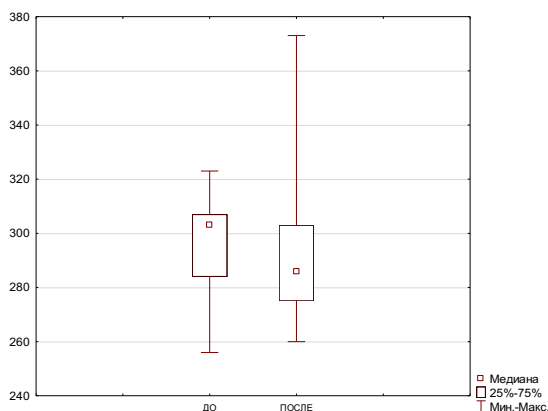
(рисунок 2), а в весенний период усиливались тормозные процессы ( $p < 0,05$ ). У носителей генотипа A1A1 в зимний период отмечалось снижение среднего значения времени реакции ( $p < 0,05$ ), а в весенний период – её дальнейшее уменьшение ( $p < 0,05$ ) и усиление тормозных процессов ( $p < 0,05$ ).

**Табл. 2.** Изменения показателя выносливости после нагрузки в зависимости от полиморфных вариантов гена DRD2 (rs1800497) в условиях различной продолжительности светлой и темной частей суток (Ме [25%-75%])

		A2A2	A2A1	p	A1A1	p
		n=51	n=19		n=9	
Показатель выносливости после нагрузки	ПЗС	10 [8;10]	9 [8;10]	0,48	8 [7;8]	<b>0,04</b> 0,15
	ПВР	10 [8;10]	10 [8;10]	0,95	8 [7;9]	<b>0,028</b> 0,09
	ПЛС	10 [8;10]	9 [8;10]	0,49	8 [8;9]	0,075 0,27
p <sub>1</sub>		0,48	0,26		1	
p <sub>2</sub>		0,4 0,84	0,39 0,5		0,11 0,068	



**Рис. 1** – Изменение индекса утомляемости у лиц A2A2 генотипа до и после интеллектуальной нагрузки в период зимнего солнцестояния



**Рис. 2** – Изменение среднего значения времени реакции у лиц A2A1 генотипа до и после интеллектуальной нагрузки в период зимнего солнцестояния

Нагрузочная проба в ПЗС приводит к снижению среднего времени реакции у лиц генотипа A2A1, что коррелируется с коэффициентом асимметрии внимания ( $r=-0,5$ ); снижению среднего времени реакции у лиц генотипа A1A1, что коррелируется с уровнем стрессоустойчивости ( $r=-0,65$ ) и силой нервной системы до нагрузки ( $r=-0,82$ ).

Нагрузочная проба в ПВР приводит к снижению среднего времени реакции у лиц генотипа A1A1, что коррелируется с индексом утомляемости до нагрузки ( $r=-0,73$ ).

Полученные данные подтверждают, что генотип DRD2 оказывает влияние на психофизиологические реакции при выполнении нагрузочной пробы и модифицируется условиями светового дня. Вклад хронофизиологических условий проявлялся в изменениях устойчивости внимания, лабильности нервных процессов и адаптации к нагрузке, что указывает на взаимодействие генетических и внешних факторов в регуляции когнитивных функций.

**Выводы.** Генотип DRD2 оказывает влияние на психофизиологические показатели: различия между носителями генотипов A2A2, A2A1 и A1A1 проявляются в динамике выносливости, КСНС, ИУ, КАВ, значения средней скорости реакции и показателей возбуждения/торможения как до, так и после интеллектуальной нагрузки. Влияние генотипа модифицируется хронофизиологическими условиями: наибольшие различия наблюдаются в периоды ПЗС и ПВР. Носители A2A2 демонстрируют более высокую выносливость и стабильность психофизиологических параметров, тогда как носители аллеля A1 (A2A1 и A1A1) проявляют более выраженные изменения когнитивных показателей после нагрузки.

Нагрузка влияет на когнитивные и адаптационные показатели по-разному в зависимости от генотипа: у A2A1 снижается значение средней времени реакции, которое коррелирует с КАВ; у A1A1 снижение значения среднего времени реакции связано с уровнем стрессоустойчивости и КСНС, а в весенний период также коррелирует с ИУ. Аллель A1

характеризуется повышенной чувствительностью к нагрузке: носители этого аллеля демонстрируют более выраженные изменения когнитивных функций и адаптивных реакций, что согласуется с данными о сниженной плотности D2-рецепторов и повышенной реактивности к стрессу.

Взаимодействие генетических и внешних факторов: результаты

подтверждают, что психофизиологические реакции на интеллектуальную и физическую нагрузку зависят от сочетания генотипа DRD2 и хронофизиологических условий, что отражает сложное взаимодействие генетических факторов и воздействия света/дня на когнитивную и адаптивную эффективность организма.

### Литература

1. Kidd, K. K. A global survey of haplotype frequencies and linkage disequilibrium at the DRD2 locus / K.K. Kidd [et al.] // *Human Genetics*. – 1998. – Vol. 103, № 2. – P. 211–227.
2. Olasore, H. S. A. Dopamine receptor D2 (DRD2) TaqIA gene polymorphism and acute risperidone-induced changes in body weight, plasma glucose and lipid profile / H. S. A. Olasore [et al.] // *Schizophrenia Research*. – 2025. – Vol. 277. – P. 171–176.
3. Поликанова, И. С. Ассоциация рецептора к дофамину второго типа (DRD2) с развитием утомления в результате длительной когнитивной нагрузки / И. С. Поликанова, А. В. Коршунов, С. В. Леонов, А. Н. Веракса // *Национальный психологический журнал*. – 2016. – № 3. – С. 115–126.
4. Buniyaadi, A. Night melatonin levels affect cognition in diurnal animals: Molecular insights from a corvid exposed to an illuminated night environment / A. Buniyaadi, A. Prabhat, S. K. Bhardwaj, V. Kumar // *Environmental Pollution*. – 2022. – Vol. 308. – Article 119618. – DOI: 10.1016/j.envpol.2022.119618.
5. Синякова, Н. А. Влияние полиморфного варианта С1473G в гене триптофангидроксилазы 2 и длины фотопериода на дофаминовую систему мозга мышей / Н. А. Синякова [и др.] // *Молекулярная биология*. – 2020. – Т. 54, № 1. – С. 60–68.

# INFLUENCE OF DRD2 GENOTYPE ON PSYCHOPHYSIOLOGICAL ADAPTATION AND COGNITIVE EFFICIENCY UNDER CONDITIONS OF SEASONAL VARIABILITY IN DAYLIGHT DURATION

*Shchurko A. S., Boltach M. A.*

*Tutor: PhD, associate professor Hlutkin S. V.*

*Grodno State Medical University, Grodno*

**Resume.** The aim of this study was to determine the influence of genotypic variants of the DRD2 gene (rs1800497) on individual differences in cognitive performance and adaptive responses to intellectual load under varying daylight duration. The results show that genotype significantly affects psychophysiological parameters: carriers of A2A2 exhibit higher endurance and greater stability of cognitive functions, whereas individuals possessing the A1 allele demonstrate more pronounced changes in reaction time, fatigue index, and attention parameters. Photoperiodic conditions (winter solstice, spring equinox, summer solstice) modulate the contribution of the genotype to neurodynamic responses, resulting in differentiated reactions to load. The findings confirm the importance of genetic factors and light-day regime interaction in shaping adaptive and cognitive characteristics in young individuals.

**Keywords:** DRD2, rs1800497, cognitive performance, adaptation, photoperiod, intellectual load, neurophysiology, psychophysiological parameters.