

Выявлено, что в контрольной группе после проведения имитированной процедуры НИЛИ достоверных различий в изучаемых показателях обнаружено не было ( $p > 0,05$ ).

В экспериментальной группе после однократного сеанса НИЛИ частотой следования импульсов 1500 Гц отмечался прирост вентиляционной стоимости работы (на 12,2 %,  $p < 0,01$ ). Это существенно (на 8,5 %,  $p < 0,01$ ) снизило вентиляционную эффективность. Кислородная стоимость работы снижалась на 4,1 % ( $p < 0,05$ ), а эффективность использования кислорода повышалась на 3,30 % ( $p < 0,05$ ). Что касается углекислого газа, то его количество, выделенное за время теста и восстановительный период (рабочий объем  $\text{CO}_2$ ) существенно снизилось (на 9,80 %,  $p < 0,01$ ), что сопровождалось уменьшением карбонового эквивалента работы – на 8,80 % ( $p < 0,01$ ).

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлен высокий уровень анаэробной работоспособности атлетов по сравнению с данными других исследователей (Г.К. Павлов, 2009; С.Ф. Сокунова, 2010). Однократное применение НИЛИ способствовало, достоверному повышению основных показателей специальной работоспособности высококвалифицированных велосипедисток во всей серии тестов. Применяемый вариант НИЛИ позитивно влияет на мощность алактатной и гликолитической энергетических систем, на скорость их прироста, стимулирует функцию дыхания и может быть рекомендован как эффективное средство повышения анаэробной работоспособности спортсменов.

1. Брук, Т. М. Физиология человека: учеб. / Т. М. Брук, А. А. Николаев, З. Н. Прокопюк. – Смоленск, 2013. – 523 с.

2. Павлов, Г. К. Управление тренировочным эффектом на основе оценки максимальной удельной мгновенной мощности движений в упражнениях скоростно-силового характера: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Г. К. Павлов. – Омск, 2009. – 26 с.

3. Косорыгина, К. Ю. Оценка кумулятивного эффекта низкоинтенсивного лазерного излучения по основным показателям функционального состояния высококвалифицированных спортсменов-велосипедистов: дис. ... канд. биол. наук / К. Ю. Косорыгина. – Смоленск, 2015. – 178 с.

4. Сокунова, С. Ф. Технология применения специальных средств для повышения работоспособности спортсменов / С. Ф. Сокунова, Л. В. Коновалова // Спорттивно-ориентированное физическое воспитание – новая педагогическая технология XXI века: материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Пермский гос. пед. ун-т. – Пермь, 2010. – С. 164–166.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА – ТРАНСПОРТЕРА ДОФАМИНА (*SLC6A3*) КАК ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАРКЕРА ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Веремейчик А.П.*, канд. биол. наук, доцент,

ИППК БГУФК,

*Веремейчик А.О.*,

ООО «Лекфарм»,

Республика Беларусь

Современную молекулярную генетику спорта рассматривают как одно из важных профилактических направлений спортивной медицины, которая решает проблемы ранней диагностики и лечения на уровне нуклеиновых кислот (ДНК, РНК) и их продуктов (белков, ферментов). Ее основные отличительные особенности: индивидуальный характер и профилактическая направленность. При этом она является индивидуальной (персонифицированной), так как геном каждого человека уникален.

Данные об индивидуальных особенностях генотипа могут быть получены в любом возрасте. Это открывает широкие возможности для отбора и профилизации спортсменов, а также дальнейшей профилактики травм и профессиональных заболеваний.

Изучение наследственной предрасположенности к занятию спортом основывается на генотипировании людей по определенным генетическим полиморфизмам – вариациям первичной структуры ДНК, обусловленным мутациями, составляющим уникальный генетический «портрет» каждого человека, его особый биохимический профиль.

За последние годы было проведено много исследований по изучению взаимосвязи полиморфизмов генов с фенотипическими проявлениями, имеющими отношение к спорту высоких достижений [14].

Разработка индивидуальной стратегии повышения эффективности занятия спортом с учетом результатов генетического тестирования поможет определить потенциал атлетов, оптимизировать тренировочный процесс, улучшить физические способности спортсмена, избежать возможных травм.

Изучение молекулярной структуры полиморфных участков ДНК позволяет получить информацию об уникальных особенностях каждого человека. Для самого спортсмена эта информация поможет провести своевременную профилактику риска развития профзаболевания, прогнозирование роста функциональных и физических возможностей. Для тренера – оценить генетически обоснованные скоростно-силовые качества спортсмена, выносливость, психо-функциональные особенности, а также подобрать индивидуальную программу тренировки, скорректировать объемы и интенсивность тренировочного процесса, выбрать оптимальный способ подготовки спортсмена.

Целью работы является исследование полиморфизма гена – транспортера дофамина (*SLC6A3*), в частности, однонуклеотидной замены A1343G (*rs6347*) и варьирующих по числу tandemных повторов 3'UTR-VNTR, в качестве молекулярно-генетических маркеров успешной спортивной деятельности, а также разработка методики их определения.

Объект исследования: образцы ДНК людей контрольной (взрослые люди, не имеющие регулярных физических нагрузок) и опытной групп (спортсмены, специализирующиеся в командных игровых видах спорта).

Предмет исследования: полиморфизм гена *SLC6A3*, кодирующего транспортер дофамина (DAT).

Актуальность исследования обусловлена ключевой ролью дофаминергической системы в осуществлении многих жизненно важных физиологических функций организма, таких как психомоторные, нейроэндокринные, когнитивные (познание, эмоции, положительное подкрепление).

Сегодня доказано, что дофамин является одним из химических факторов внутреннего подкрепления (ФВП) и служит важной частью «системы поощрения» мозга, поскольку вызывает чувство удовольствия (или удовлетворения), чем влияет на процессы мотивации и обучения [10; 13].

В организме человека дофамин играет роль стимулирующего нейромедиатора, способствующего повышению двигательной активности, уменьшению двигательной заторможенности, скованности, ригидности, снижению гипертонуса мышц.

Как показали многочисленные исследования, транспортер дофамина (DAT) является одним из ключевых звеньев функционирования дофаминергической системы. DAT контролирует активность дофамина за счет обратного захвата избытка нейромедиатора из синаптической щели.

Транспортер дофамина кодирует ген *SLC6A3* (solute carrier family 6 member 3), полиморфизм которого может значительно повлиять на проявление индивидуальных особенностей психологических и физиологических качеств человека [9]. Это обуславливает повышенный в настоящее время интерес многих ученых к изучению возможности использования полиморфных вариантов генов в качестве молекулярно-генетических маркеров предрасположенности к проявлению наследственных заболеваний, а также успешной спортивной деятельности.

У человека в гене – транспортере дофамина (*SLC6A3*) наиболее вероятными маркерами спортивной предрасположенности могут являться однонуклеотидная замена A1343G (*rs6347*) и варьирующие по числу tandemные повторы нетранслируемой 3'-области (3'UTR-VNTR).

Нами разработана методика определения полиморфизма гена *SLC6A3*, кодирующего транспортер дофамина (DAT), в основе которой лежит полимеразная цепная реакция (ПЦР) с последующим рестрикционным анализом [5].

Выделение ДНК для анализа проводилось из клеток букального эпителия с использованием набора для выделения ДНК «ДНК-ВК» (ИБОХ, Минск). Результаты ПЦР были подтверждены секвенированием. Отсутствие образования в результате реакции амплификации неспецифических продуктов и праймер-димеров позволяет четко дифференцировать тип синтезируемого ампликона.

Продукты амплификации подвергали обработке рестриктазой *MspI* ("Fermentas", Литва). Продукты рестрикции разделяли методом горизонтального гель-электрофореза в 2 %-м агарозном геле. Визуализацию продуктов рестрикции проводили с использованием гель-документирующей системы [11; 12].

В настоящее время исследование «случай-контроль» (case-control study), при котором идет сравнение частоты аллеля в группах спортсменов (случай) и людей, не имеющих спортивного стажа (контроль), является одним из наиболее информативных методологических подходов анализа ассоциаций полиморфизма генов-кандидатов. Именно данный подход требует разработки новых точных и воспроизводимых методик детекции аллельных вариантов и соответствующих им генотипов по полиморфизму изучаемых генов [2; 9].

В результате нами были разработаны новые высокоспецифичные методики детекции однонуклеотидной замены A1343G (*rs6347*) и варьирующих по числу tandemных повторов 3'UTR-VNTR гена – транспортера дофамина (*SLC6A3*), в основе которых лежит полимеразная цепная реакция с последующим рестрикционным (A1343G) или фрагментным анализом (3'UTR-VNTR).

С помощью разработанных методик была проведена детекция гомо- и гетерозигот в контрольной и опытной группах, а также статистическая обработка полученных данных.

Главным преимуществом и актуальностью использования молекулярнодиагностических методов детекции является высокая информативность и возможность применения на ранних стадиях развития организма до полного проявления фенотипов. Полученные данные могут использоваться в комплексном генетическом анализе в диагностических целях [1–4; 6–8].

Методы генетической диагностики позволят в дальнейшем применять дифференцированный подход к организации тренировочного процесса и корректировать уровень физических и психологических нагрузок в соответствии с наследственно детерминированными показателями спортсмена. В частности, для спортивной генетики особый интерес может представлять полиморфизм генов дофаминергической системы, ассоциированный с развитием и проявлением физических и психических качеств человека.

В результате были обнаружены статистически достоверные различия по частоте встречаемости гомозигот среди опытной (спортсмены) и контрольной группы по полиморфизму 3'UTR-VNTR гена *SLC6A3*. Среди спортсменов по сравнению с контрольной группой достоверно чаще встречается генотип A10/A10 (63,33 %), в то время как генотип A9/A10 чаще встречается в контрольной группе (53,33 %) ( $p \leq 0,05$ ). Полученные данные указывают на возможное использование генотипа A10/A10 полиморфизма 3'UTR-VNTR в качестве генетического маркера предрасположенности к занятиям спортом.

1. Молекулярная биология клетки: в 3 т. / Б. Альбертс [и др.]. – М.: Мир, 1994. – 3 т.
2. Ахметов, И. И. Методологические подходы к картированию генов, ассоциированных со спортивной деятельностью / И. И. Ахметов // Проблемы и перспективы развития российской спортивной науки: труды всероссийской научно-практической конференции, посвящ. 75-летию ВНИИФК, Москва, 15–16 дек. 2008 г. / ВНИИФК, редкол.: А. И. Бондарь [и др.]. – М.: Советский спорт, 2008. – С. 108–110.
3. Льюин, Б. Гены: пер. с англ. / Б. Льюин. – М.: Мир, 1987. – 544 с.
4. Перспективы изучения ключевых генов нейромедиаторных систем: Обзор / М. А. Тимофеева [и др.] // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 3 – С. 114–121.
5. ПЦР «в реальном времени» / Д. В. Ребриков [и др.]. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с.
6. Хекалов, Е. М. Неблагоприятные психические состояния спортсменов: их диагностика и регуляция: учеб. пособие. / Е. М. Хекалов. – М.: Советский спорт, 2003. – 64 с.
7. Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular, and Medical Aspects / ed. by G. J. Siegel [et al.] // USA: The American Society for Neurochemistry, 1999. – 1016 p.
8. Dopamine transporter gene variant affecting expression in human brain is associated with bipolar disorder / J. K. Pinsonneault [et al.] // Neuropsychopharmacology. – 2011. – Vol. 36, № 8. – P. 1644–1655.
9. Kang, A. M. Global Variation of a 40-bp VNTR in the 3'-Untranslated Region of the Dopamine Transporter Gene (*SLC6A3*) / A. M. Kang, M. A. Palmatier, K. K. Kidd // Biol. Psychiatry. – 1999. – № 46. – P. 151–160.
10. Kringelbach, M. L. The Functional Neuroanatomy of Pleasure and Happiness / M. L. Kringelbach, K. C. Berridge // Discov. Med. J. – 2010. – Vol. 9, № 49. – P. 579–587.
11. Life Technologies (Invitrogen) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.invitrogen.com>. – Дата доступа: 30.05.2014.
12. Randhawaand, J. S. Demystified ... DNA nucleotide sequencing / J. S. Randhawaand, A. J. Easton // Journal of Clinical Pathology: Mol. Pathol. – 1999. – Vol. 52, №3. – P. 117–124.
13. Wise, R. A. Dopamine, Learning and Motivation / R. A. Wise // Nature Reviews Neuroscience. – 2004. – Vol. 5. – P. 483–494.
14. Genetic influences in sport and physical performance. Sports Med / Z. Puthuchearu [et al.]. – 2011. – 41(10). – P. 845–859.