

АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ PRO/ALA-ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *PPARG*

Ильютник А.В.,

Хроменкова Е.В.,

Гилеп И.Л., канд. хим. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,

Гайдукевич И.В.,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси,

Республика Беларусь

Перспективным направлением генетики в спорте является поиск и изучение генов, полиморфизм которых ассоциирован с развитием и проявлением физических качеств человека, а также с морфофункциональными признаками и биохимическими показателями, изменяющимися под действием физических нагрузок различной направленности [1; 2]. К таким генам относятся гены семейства рецепторов, активируемых пролифераторами пероксисом (*PPAR*), и их активаторы. Они являются генами-регуляторами, координирующими работу нескольких десятков генов, вовлеченных в процессы метаболизма. Определенные аллели этих генов связаны с преобладанием углеводного или липидного обмена и, соответственно, обуславливают предрасположенность к аэробному (виды спорта на выносливость) или к анаэробному (виды спорта скоростно-силового характера) ресинтезу АТФ при мышечной деятельности. Ген *PPARG* локализован в 3-й хромосоме (3p25) и экспрессируется в скелетных мышцах, бурой жировой ткани, сердце и мозге, то есть в тех тканях, где происходит усиленный катаболизм жиров для получения большого выхода энергопродукции. Основная функция *PPARG* – регуляция обмена липидов, глюкозы и энергетического гомеостаза, а также контроль веса тела. *PPARG* – центральный регулятор адипогенеза [2].

Наиболее изученным полиморфизмом гена *PPARG* является pro12ala полиморфизм, представляющий собой замену нуклеотида С на G в 34 положении экзона В, что приводит к замещению пролина на аланин в аминокислотном положении 12 изоформы белка *PPARG2* [2]. Соответственно выделяют три полиморфных варианта гена *PPARG*: pro/pro – гомозиготный по нормальному гену, pro/ala – гетерозиготный и ala/ala – гомозиготный по мутантному гену.

Известно, что индивидуальные различия антропометрических и композиционных характеристик человека обусловлены генетически. Наследуемость морфофункциональных показателей организма человека не одинакова. Так, наибольшая генетическая детерминированность характерна для продольных размеров тела. Объемные размеры в меньшей степени зависят от наследственности. Еще меньше влияние генетических факторов на состав тела. При этом установлено, что коэффициент наследуемости наименьший для жировой ткани, а самый высокий – для костной ткани [3].

Согласно литературным данным, обнаружен гипертрофический эффект *PPARG* ala аллеля в отношении мышечных волокон [4]. Клинические данные, свидетельствующие об ассоциации ala аллеля с повышенной чувствительностью к инсулину, позволяют сделать предположение об усилении анаболического действия инсулина на мышечную ткань, а значит, носительство ala аллеля может давать преимущество в скоростно-силовых видах спорта [2; 6; 7]. Однако литературных данных, показывающих взаимосвязь pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* с морфологическими характеристиками и физической работоспособностью, недостаточно для окончательных выводов.

Цель исследования – изучение с антропометрических и композиционных характеристик высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от pro/ala-полиморфизма гена *PPARG*.

Материалы и методы исследования. Взятие биологических образцов для выделения ДНК проводили путем забора буккального эпителия со слизистой оболочки ротовой полости с помощью стерильных аппликаторов (Сорап, Италия). Для выделения ДНК использовали набор «ДНК-ВК», разработчиком которого является Институт биоорганической химии НАН Беларуси.

В исследовании были использованы образцы геномной ДНК спортсменов национальной команды Республики Беларусь и спортивного резерва, специализирующихся в конькобежном спорте. В тестировании принимали участие 25 конькобежцев (мужчины в возрасте от 18 до 23 лет, МСМК – 2 человека, МС – 15, КМС – 8). Определение полиморфизма гена *PPARG* осуществлялось методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в лаборатории молекулярной диагностики ИБОХ НАН Беларуси.

Морфологический статус конькобежцев оценивался на основании комплекса показателей: весовых, поперечных и обхватных размеров тела, толщины кожно-жировых складок (КЖС) в восьми позициях, показателей мышечной силы, данных компонентного состава массы тела [8]. Расчет величин костной, мышечной и жировой массы тела проводили по формулам Й. Матейки [9]. Силовые показатели измеряли при помощи динамометров. Был обобщен материал, полученный при исследовании особенностей телосложения конькобежцев высокой квалификации, при углубленных комплексных и этапных обследованиях в лаборатории спортивной морфологии НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь. Проанализированы данные 79 человекообследований.

Статистический анализ данных производили с помощью пакета программ «Microsoft Office Excel» и «IBM SPSS Statistics 20». Использовались: критерии Шапиро-Уилка (для проверки нормальности распределения количественных признаков) и U-критерий Манна-Уитни (для сравнения двух независимых выборок). Количественные данные представлены в виде медианы значений (Me) и интерквартильного размаха с описанием значений 25 и 75 перцентилей: Me (25 %; 75 %). Критическим значением уровня значимости считали 0,05.

Основные результаты исследования и их обсуждение. На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны среднегрупповые величины антропометрических показателей высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма гена *PPARG* (таблица). Выявлены взаимосвязи pro/ala-полиморфизма гена *PPARG* с антропометрическими и композиционными характеристиками конькобежцев, определяющими проявление скоростно-силовых качеств.

Таблица – Среднегрупповые антропометрические характеристики высококвалифицированных конькобежцев в зависимости от полиморфизма гена *PPARG*, Me (25 %; 75 %)

Показатели	Вариант полиморфизма гена <i>PPARG</i>		
	1-я группа pro/pro (n=65)	2-я группа pro/ala (n=10)	3-я группа ala/ala (n=4)
Возраст, лет	20 (18,0; 21,0)	19 (18,0; 19,8)	19 (18,5; 19,0)
Длина тела, см	180,7 (178,2; 181,5)	180,3 (178,9; 192,4)	182,5 (181,3; 186,0)
Масса тела, кг	74,4 (70,0; 76,2)* ³	73,9 (72,8; 76,8)* ³	77,1 (77,0; 77,2)* ^{1, 2}
Кистевая динамометрия л. к., кг	40 (31,3; 45,0)*^{2, 3}	54 (48,0; 54,0)*¹	52 (50,0; 55,0)*¹
Кистевая динамометрия пр. к., кг	45 (40,0; 50,0)*^{2, 3}	56 (54,0; 59,0)*¹	60 (53,0; 62,5)*¹
Становая динамометрия, кг	128 (113; 138)*³	138 (128; 146)*³	160 (144; 160)*^{1, 2}
Масса костной ткани, кг	12,5 (11,5; 13,0)	12,1 (11,9; 13,4)	12,7 (12,1; 13,0)
Масса костной ткани, %	16,2 (15,9; 16,9)	16,8 (16,3; 17,4)	16,8 (16,6; 16,9)
Масса мышечной ткани, кг	36,4 (34,3; 38,3)	35,4 (34,8; 36,0)	40,7 (34,3; 40,8)
Масса мышечной ткани, %	48,3 (43,1; 49,0)* ³	47,7 (45,4; 48,2)* ³	52,6 (48,9; 52,8)* ^{1, 2}
Масса жировой ткани, кг	11,6 (10,0; 13,8)	10,9 (10,1; 12,9)	10,0 (9,1; 10,3)
Масса жировой ткани, %	15,5 (13,9; 18,4)* ³	15,1 (14,2; 16,6)* ³	13,4 (13,1; 13,6)* ^{1, 2}

Примечание – * значимые различия между группами по U-критерию Манна-Уитни, p<0,05.

В целом конькобежцы всех трех групп характеризуются правильным, пропорциональным телосложением и высоким уровнем физического развития, обуславливающим проявление физических качеств. При этом спортсмены третьей группы (ala/ala генотип гена *PPARG*) превосходят конькобежцев с pro/pro и pro/ala генотипами по показателю массы тела (p<0,05, таблица).

Ген *PPARG* относится к генам, которые участвуют в регуляции роста костей в длину и толщину. Так, ген *PPARG* может ингибировать сигналы гормона роста, что приводит к подавлению остеогенеза и уменьшению костной массы. Продукт экспрессии *PPARG* ala аллеля обладает пониженной способностью связываться с регуляторными участками генов, которые он активизирует либо подавляет. Этот факт объясняет связь носительства ala аллеля гена *PPARG* с высоким ростом [5].

Полученные результаты согласуются с литературными данными: конькобежцы с генотипом *ala/ala* в среднем на 3,6 % выше носителей генотипа *pro/pro* и на 4,3 % выше носителей генотипа *pro/ala* (различия незначимы). При этом спортсмены второй и третьей группы (носители аллеля *ala*) массивнее по костному компоненту. Так, относительные величины костного компонента массы тела составляют 16,2 (15,9; 16,9) %, 16,8 (16,3; 17,4) % и 16,8 (16,6; 16,9) % у конькобежцев с *pro/pro*-, *pro/ala*- и *ala/ala*-генотипами соответственно (таблица).

Конькобежцы всех трех групп имеют более высокий рост по сравнению с популяционными данными (174–176 см – средний рост белорусских мужчин).

Согласно литературным данным, продукт *ala* аллеля гена *PPARG* ассоциируется с увеличенным содержанием сократительных белков в мышечных волокнах, так как мышцы носителей *ala* аллеля более чувствительны к инсулину, оказывающему анаболическое действие [2; 6; 7]. Гипертрофия мышечных волокон – одна из биохимических основ развития скоростно-силовых качеств спортсменов. В нашем исследовании у спортсменов с генотипом *ala/ala* отмечены самые высокие показатели мышечной массы, как абсолютные, так и относительные (таблица). Так, у высококвалифицированных конькобежцев третьей группы (*ala/ala*) мышечный компонент массы тела составил 52,6 (48,9; 52,8) %, что значимо выше по сравнению со спортсменами первой (*pro/pro*) и второй (*pro/ala*) групп: 48,3 (43,1; 49,0) % и 47,7 (45,4; 48,2) % соответственно ($p < 0,05$, таблица).

Отмечено, что масса жировой ткани наибольшая у носителей генотипа *pro/pro* (11,6 (10,0; 13,8) кг или 15,5 (13,9; 18,4) %), а наименьшая – у носителей генотипа *ala/ala* (10,0 (9,1; 10,3) кг или 13,4 (13,1; 13,6) %). Относительные величины жирового компонента массы тела у высококвалифицированных конькобежцев с генотипом *ala/ala* значимо ниже по сравнению со спортсменами первой и второй групп (генотипы *pro/pro* и *pro/ala*) ($p < 0,05$, таблица). При этом жировой компонент массы тела у конькобежцев первой группы (*pro/pro*) завышен, а у конькобежцев второй группы (*ala/ala*) – занижен относительно модельных характеристик по данному виду спорта, полученных в лаборатории спортивной морфологии НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь в течение многолетних наблюдений.

Таким образом, генотип *ala/ala* связан с меньшей толщиной КЖС и пониженным подкожным жиротложением у высококвалифицированных конькобежцев. Известно, что снижение активности *PPARG* у носителей *ala* аллеля приводит к подавлению липолиза в адипоцитах и снижает уровень циркулирующих свободных жирных кислот в крови [2]. Однако под действием систематических тренировок скоростно-силового характера у конькобежцев развиваются анаэробные механизмы энергообеспечения и увеличивается содержание сократительных белков мышц. Носители генотипа *ala/ala* гена *PPARG* характеризуются более выраженным гипертрофическим эффектом в отношении мышечных волокон по сравнению с представителями других генотипов того же гена. Возможно, эффект наращивания мышечной массы реализуется за счет снижения подкожного жиротложения вследствие того, что липиды не являются основными субстратами анаэробного окисления.

Так как скоростно-силовые качества спортсменов определяются выраженностью мышечного компонента массы тела, а развитие выносливости обусловлено количеством резервных липидов и активностью липолиза при выполнении физических нагрузок, то можно предположить, что генотип *ala/ala* гена *PPARG* ассоциирован с высоким уровнем проявления скоростно-силовых качеств конькобежцев, а генотип *pro/pro* – выносливости.

Показатели динамометрии у носителей генотипа *ala/ala* значимо выше, чем у спортсменов первой и второй групп ($p < 0,05$, таблица). Среднегрупповая величина становой силы у конькобежцев третьей группы составляет 160 (144; 160) кг, что значимо выше, чем у спортсменов первой и второй групп: 128 (113; 138) кг и 138 (128; 146) кг соответственно ($p < 0,05$, таблица).

Показатели кистевой динамометрии у конькобежцев второй (*pro/ala*) и третьей групп (*ala/ala*) значимо выше, чем у спортсменов первой группы (*pro/pro*) ($p < 0,05$, таблица). При этом силовые показатели высококвалифицированных конькобежцев второй и третьей групп (генотипы *pro/ala* и *ala/ala*) превосходят модельные характеристики, полученные для данного вида спорта. Следовательно, аллель *ala* гена *PPARG* ассоциируется с высокими силовыми показателями конькобежцев и благоприятна для специализации в конькобежном спринте (дистанции 500 и 1000 м).

Выводы. В данном исследовании выявлена зависимость антропометрических, композиционных и силовых показателей высококвалифицированных белорусских конькобежцев от полиморфизма гена *PPARG*, регулирующего мышечный метаболизм.

У высококвалифицированных конькобежцев с ala/ala генотипом гена *PPARG* отмечены значимо большие по сравнению с носителями генотипов rro/ala и ala/ala показатели массы тела, костного и мышечного компонентов массы тела, силовые показатели. При этом жировой компонент массы тела у спортсменов с генотипом ala/ala значимо ниже по сравнению с носителями двух других генотипов исследуемого гена.

При систематических физических нагрузках скоростно-силового характера конькобежцы с полиморфным вариантом ala/ala гена *PPARG* предрасположены к быстрому наращиванию мышечной массы и снижению подкожного жира отложения по сравнению с носителями других вариантов данного гена. Генотип ala/ala является наиболее благоприятным полиморфным вариантом гена *PPARG* для конькобежцев-спринтеров.

Генотип rro/rro благоприятен для конькобежцев-стайеров, так как ассоциирован с высоким уровнем развития выносливости за счет эффективного использования липидов в качестве энергосубстратов при мышечной деятельности.

1. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006–2007 Update / C. Bouchard [et al.] // *Med. Sci. Sports and Exercise*. – 2009. – Vol. 41. – P. 35–73.

2. Ахметов, И. И. Молекулярная генетика спорта: монография / И. И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.

3. Сологуб, Е. Б. Спортивная генетика / Е. Б. Сологуб, В. А. Таймазов. – М., 2000. – 121 с.

4. Полиморфизм гена *PPARG* и двигательная деятельность человека / И. И. Ахметов [и др.] // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2008. – Т. 146, № 11. – С. 567–569.

5. Ахметов, И. И. ДНК-полиморфизмы, ассоциированные с развитием длины тела спортсменов / И. И. Ахметов, И. А. Можайская // *Ученые записки: науч.-теорет. журнал*. – 2008. – № 4 (38) – С. 13–16.

6. *PPAR*gamma gene polymorphism is associated with exercise-mediated changes of insulin resistance in healthy men / T. Kahara [et al.] // *Metabolism*. – 2003. – Vol. 52. – P. 209–212.

7. Pro12Ala substitution in *PPAR*gamma2 associated with decreased receptor activity, lower body mass index and improved insulin sensitivity / S. S. Deeb [et al.] // *Nat. Genet.* – 1998. – Vol. 20. – P. 277–284.

8. Мартиросов, Э. Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э. Г. Мартиросов, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев. – М.: Наука, 2006. – 248 с.

9. Дорохов, Р. Н. Спортивная морфология: учеб. пособие для высш. и сред. спец. завед. физ. культуры / Р. Н. Дорохов, В. П. Губа. – М.: СпортАкадемПресс, 2002. – 236 с.

ОСОБЕННОСТИ ПАЛЬЦЕВЫХ УЗОРОВ И ЛИЧНОСТНЫХ КАЧЕСТВ КИКБОКСЕРОВ

Каспарова Е.Н.,

Институт истории НАН Беларуси,

Дунай В.И., канд. биол. наук, доцент,

Белорусский государственный университет физической культуры,

Республика Беларусь

В настоящее время развитие спорта является одним из важнейших направлений государственной социальной политики Республики Беларусь. Целью спортивной деятельности является достижение максимально возможных результатов для конкретного спортсмена, поэтому особую актуальность приобретают вопросы выявления наиболее одаренных, перспективных спортсменов, прогнозирования спортивной успешности, выделения показателей социальной адаптации к спортивной деятельности.

Адаптационные возможности людей тесно связаны с их конституциональными особенностями – комплексом врожденных свойств, определяющих реактивность организма. Конституция человека представляет собой генетически детерминированный вариант адаптивной нормы [1] и на фенотипическом уровне по-разному проявляется в различных системах организма: соматической, дерматоглифической, серологической, нейродинамической, психодинамической и других. В конституциональных исследованиях относительно самостоятельные компоненты рассматриваются не изо-