СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ

УДК 796 (075.8)
doi 1018101/1994-0866-2017-1-126-136

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АДАПТАЦИИ К ТРЕНИРОВОЧНЫМ НАГРУЗКАМ В ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА

© ***Аксенов Максим Олегович***
кандидат педагогических наук, доцент, заведующий лабораторией спортивной генетики, Бурятский государственный университет
Россия, 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
E-mail: 6730@mail.ru

Целью работы явилось научное обоснование выбора оптимальных величин тренировочной и соревновательной нагрузок в многолетнем построении подготовки спортсменов тяжелоатлетических видов спорта с учетом индивидуальных генетических возможностей. Исследованы ассоциации полиморфных систем генов *ACE, ACTN3, PPARGC1A* и *MSTN* с количественными и качественными параметрами тренировочного процесса спортсменов тяжелоатлетических видов спорта. Анализ частоты встречаемости аллелей генов *ACE, ACTN, PPARGC1A* и *MSTN* позволил расширить представления о разновидностях адаптации организма к различным величинам тренировочной нагрузки. Установлена значимость генетических влияний на темпы прироста спортивного мастерства. Выдвинуто положение о влиянии генетических факторов, определяющих эффективность индивидуальных прогнозов успешности спортсменов тяжелоатлетических видов спорта в рамках многолетнего тренировочного процесса. Разработаны и внедрены новые способы анализа и планирования параметров количества и качества тренировочной работы спортсменов. Предложены новые алгоритмы оценки мощности тренировочной и соревновательной нагрузок в тяжелоатлетических видах спорта. Научно обоснована структура тренировочного процесса спортсменов, которая позволила разработать и внедрить в практику методику тренировочного процесса, позволяющую более эффективно решать поставленные тренировочные и соревновательные задачи, связанные с повышением уровня физической подготовленности и спортивного мастерства. На основе экспериментальных данных разработана методика интегральной оценки мощности тренировочных и соревновательных нагрузок. Предлагаемый алгоритм оценки мощности предъявляемых нагрузок более удобно и наглядно отражает эффективность тренировочного процесса, позволяет сопоставлять величины тренировочных нагрузок с работоспособностью спортсменов в разных видах физической подготовки. Установлены генотипы по генам *ACE, ACTN3, PPARGC1A,* и *MSTN* у мастеров спорта и мастеров спорта международного класса в тяжелоатлетических видах спорта. Выявленные генотипы дают возможность выбора наиболее оптимальных количественных и качественных величин тренировочных нагрузок спортсменам. Полученные результаты используются в практике тренировочной деятельности спортсменов.

***Ключевые слова*:** генотип, экстенсивность, интенсивность, тренировка, тяжелоатлетические виды спорта, макроцикл, нагрузка, эффективность тренировки, тренируемость.

Ранее проведенные исследования в целом демонстрируют, что люди не выбирают для себя наиболее подходящий вид спорта. Это обусловлено отчасти тем, что каждый индивидуум приступает к тренировочным занятиям, имея определенные задатки. Некоторые особенности строения и функции организма человека не подвластны человеческому влиянию. Иными словам, люди ограничены своим генетическим потенциалом. Соотношение волокон типа I и II ограничивает возможности гипертрофии и определяет показатели скорости и выносливости. Пол определяет особенности функционирования эндокринной системы, накладывая дополнительные рамки на гипертрофию, а значит, и на увеличение силы. Возраст ограничивает имеющуюся мышечную массу и скорость протекания нервных процессов, что в целом ограничивает не только величину развиваемых усилий, но и скорость движений. Тренер не в состоянии создать программу, которая позволит спортсмену перешагнуть генетически предопределенные границы его возможностей. Вместе с тем исследование генетических возможностей спортсменов в определенных видах спорта может позволить учитывать индивидуальные генетические возможности и значительно улучшить показатели своей физической подготовленности [11, с. 113].

В профессиональном спорте высокие спортивные достижения на 80% зависят от слаженной работы нейромоторной системы и биологической энергии. То есть для достижения определенных результатов необходимо обладать врожденными качествами, которые являются залогом успеха, но эти качества нужно развивать посредством тренировок, программ, которые на сегодняшний день разработаны на научном уровне, при этом нужно постоянно находиться под наблюдением, чтобы случайно не получить травму, а также вести учет прогресса своих результатов. Поэтому все современные тренеры применяют технологии, подкрепленные педагогическими, генетическими, физиологическими и биологическими данными.

Тренеры в таких видах спорта, в которых важна величина тренировочной нагрузки, как например, тяжелая атлетика, используют специальные компьютерные программы и технические средства, измерительные системы, специальные датчики, для того чтобы лучше оценить состояние спортивной формы и эффективность тренировки спортсменов. Для оценки генетических задатков спортсменов и их соотношения с параметрами тренировочной нагрузки используются методы молекулярной диагностики совместно с педагогическими методами анализа подготовки спортсменов. Использование таких методик, зачастую подкрепленных информационным оборудованием, представляет собой не что иное, как метод области науки под названием «спортивная генетика».

В профессиональном спорте подготовка спортсменов требует больших ресурсов: финансовых, интеллектуальных, психологических, которые могут быть оправданы, когда спортсмен становится лучшим. Поэтому сегодня без науки и использования методов спортивной генетики в подготовке спортсменов не обойтись.

Состояние проблемы. Вопросы о значимости учета генетических особенностей тренируемости в построении тренировочно-соревновательной

деятельности спортсменов тяжелоатлетических видов спорта затрагивали в своих работах многие ученые.

Современные данные спортивной генетики показывают значительные индивидуальные различия тренируемости (спортивной обучаемости) в различных видах спорта. Особенности тренируемости спортсменов находятся под высоким генетическим контролем. Данные спортивной науки показывают, что лимитирующим фактором развития спортивных достижений и скорости роста спортивного мастерства являются генетические особенности организма спортсмена [17].

Становится все более очевидной важность разработки генетических основ тренируемости спортсменов, выявления генетических маркеров — информативных и современных методик для их определения, которые позволят обосновать и разработать новые подходы и технологии в тяжелоатлетических видах спорта. Приоритетный характер научного поиска определяет важность исследований в данном направлении. Таким образом, установлено, что физические качества имеют разную выраженность генетической зависимости и в различной степени обладают свойствами тренируемости при систематических занятиях физическими упражнениями.

Особую значимость в планировании тренировочного процесса и прогнозировании спортивной успешности имеют показатели, которые в наименьшей степени изменяются в ходе многолетней тренировки, то есть имеют наиболее узкую норму реакции и, следовательно, наибольшую прогностичность. Наименее тренируемыми физическими качествами являются быстрота, гибкость и скоростно-силовые возможности, наиболее тренируемыми — выносливость и ловкость, среднее положение занимает качество силы. Эти показатели, как правило, и лимитируют соревновательные результаты спортсменов, уровень физической подготовленности и физического развития. В связи с этим учет этих показателей является главным критерием для индивидуального построения тренировочного процесса как в тяжелоатлетических видах спорта, так и в некоторых других [15].

Научными исследованиями установлено, что временные параметры деятельности человека контролируются специальными темпоральными генами. Эти гены определяют индивидуальную систему отсчета времени, контролирующую скорость передачи генетической информации, длительность периодов онтогенеза, скорость развития организма и др. От этих генов зависят также скорость обучения и темпы нарастания тренированности спортсмена.

Исследования индивидуальных особенностей тренируемости спортсменов показали, что их можно разделить на быстротренируемых и медленнотренируемых, так называемый адаптивный и неадаптивный тип.

У быстротренируемых спортсменов по сравнению с обычными средними данными у других индивидов выявляется значительный прирост спортивно важных показателей. Так, например, в работе C. Bouchard (1988) показано, что в процессе аэробной тренировки величина МПК за 15-недельный тренировочный цикл в одних парах близнецов (высокотренируемых) повышалась на 60% и более, а в других парах (медленнотренируемых) — менее чем на 5%.

При исследовании эффективности освоения тренировочных заданий спортсменами в игровых видах спорта в работе отражено, что за 12 тренировочных дней около 30% всех наблюдавшихся спортсменов значительно повысили свою пропускную способность мозга, при исходном уровне С = 2 бит/с прирост составил 1,8 бит/с, а около 26% баскетболистов показали за тот же период незначительный прирост пропускной способности, С = 1,2 бит/с.

К медленной тренируемости приводит также не адекватный врожденным способностям выбор вида спорта, спортивной специализации, стиля соревновательной деятельности, а также выбор в качестве вооруженной руки или бьющей ноги не ведущей конечности.

По данным А. Р. Ширинова (1987), при неадекватном выборе стиля соревновательной деятельности у спортсменов увеличиваются сроки выполнения квалификационных нормативов: I разряд — на 1,4 года, КМС — 2,2 года, а МС — 5,2.

Методика и организация исследования. Методика планирования тренировочного процесса спортсменов тяжелоатлетических видов спорта стала разрабатываться нами в 1995 г. Технологию планирования мы начинали с определения микроструктуры и последовательно апробировали методику на практике. В 1998 г. накопленные данные мы постарались систематизировать в макроструктуру и изучить основные закономерности выполнения объемов и интенсивности тренировочной нагрузки. С 2003 г. мы разработали компьютерную программу для автоматизации отдельных функций управления параметрами тренировочной нагрузки пауэрлифтеров. Нами последовательно были разработаны электронные документы сначала на базе Microsoft Excel, затем на Delphi. Цель этих программ заключалась в избавлении тренера и спортсмена от рутинной работы расчетов нагрузки при планировании и анализе параметров общей и специальной подготовки пауэрлифтеров. Программа была запатентована в Роспатенте.

При генотипировании спортсменов и определении взаимосвязи генетических особенностей организма спортсменов с параметрами тренировочных и соревновательных нагрузок исследованная выборка была следующей: средний возраст в экспериментальной группе составил 23,0±6,5 г. Из них 178 человек вошли в экспериментальную группу, 965 — в контрольную. Были также собраны анкетные данные о спортивной и соревновательной успешности. Таким образом, представлена коллекция геномной ДНК высококвалифицированных и элитных спортсменов. Распределение спортсменов по полу составило 33 женщины и 145 мужчин. Для 178 спортсменов из экспериментальной группы были определены генотипы по четырем полиморфизмам генетических систем: *ACE* (*rs4646994*), *ACTN3* (*rs1815739*), *PPARGC1A* (*rs8192678*) и *MSTN* (*rs1805086*). Эти же полиморфизмы были определены в контрольной группе.

Общее количество исследованных спортсменов экспериментальной группы составило 178 человек. Более 88% из них имели звание «Мастер спорта России» (МС), более 7% — звание «Мастер спорта международного класса» (МСМК) и «Заслуженный мастер спорта» (ЗМС); количество кандидатов в мастера спорта (КМС) и спортсменов, имеющих разряды, составило не более 5%.

По этническому составу 98% всех обследованных спортсменов — русские. Распределение спортсменов по полу, тренировочный процесс которых был детально проанализирован специально созданной нами компьютерной программой «Спорт 3.0» и «Спорт 4.0», было следующим: 81% — мужчины и 19% — девушки.

Эксперименты по поиску полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью в тяжелоатлетических видах спорта, были направлены на определение связи между динамикой тренировочной нагрузки, величинами, соотношением нагрузок в периодах и циклах различного масштаба. В связи с данной задачей был использован метод компьютерного анализа тренировочных дневников испытуемых для создания единого банка данных о подготовке спортсменов. Разработанная нами компьютерная программа «Спорт» была применена в целях анализа, сбора, переработки и управления параметрами нагрузок спортсменов, принявших участие в эксперименте. Данные экспортировались на зарегистрированный нами домен. В ходе эксперимента тренировочный процесс делился нами на макроциклы и их периоды, мезоциклы и их периоды и микроструктуру.

Каждый макроцикл мы структурировали от трех до пяти мезоциклов, подготовительный период макроцикла составлял первые 2–3 мезоцикла подготовки, остальные 2–3 мезоцикла приходились на соревновательный период макроцикла. В конце каждого тренировочного года был выделен один месяц переходного периода макроцикла.

Мезоцикл подготовки также делился на подготовительный и соревновательный периоды. Периоды мезоцикла приравнивались нами, как правило, к четырем микроциклам.

Подготовительный и соревновательный периоды мезоциклов мы подразделяли на 4 микроцикла, длительность микроцикла в большинстве случаев приравнивалась в среднем к одной календарной неделе (4–10 моноциклов).

Результаты исследований. С учетом современных тенденций развития спортивной науки, а также на основании мнения экспертов нами было выдвинуто предположение о том, что существует взаимосвязь между генетическими полиморфизмами, ассоциированными с занятиями спортом, и параметрами выполняемых в циклах тренировок, объема и интенсивности тренировочной нагрузки спортсменов.

Поскольку данная задача имеет междисциплинарный характер, ее решение относится к области теории и методики спортивной тренировки (педагогические науки) и спортивной генетики (медико-биологические науки), то знание особенностей построения тренировочного процесса спортсменов, учет и регистрация их тренировочных и соревновательных нагрузок являются одними из основных условий решения поставленной задачи.

Наши исследования направлены на изучение вклада наследственности в физическую активность и взаимосвязь параметров тренировочного процесса с генетическими особенностями тренируемости. Результаты исследований генов *ACE, ACTN3, PPARGC1A* и *MSTN* и их ассоциация с экстенсивными показателями специфических тренировочных нагрузок в макроструктуре подготовки высококвалифицированных спортсменов позволили выявить следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Ассоциация генотипов гена ACE (I/D) с параметрами тренировочных нагрузок в макроциклах

Генотип	*DD*	*ID*	*II*
Усредненные объемы нагрузок ($\bar{X}$)	23705±237,5	10447,33±1055,4	51352,01±5135,12

Из таблицы 1 видно, что высококвалифицированные спортсмены тяжелоатлетических видов спорта экспериментальной группы, обладающие генотипом *II* гена *ACE,* выполняют в среднем $\bar{X}$=51352 подъема штанги в макроцикле. Спортсмены, обладающие генотипом *II*, отличаются большой экстенсивностью тренировочной работы. Их макроцикловые объемы нагрузки самые большие по сравнению с объемами тренировочной работы спортсменов, обладающих гетерозиготным генотипом и генотипом *DD*. Среди всех возможных генотипов гена *ACE* анализ генотипа *II* позволил нам сделать заключение, что высококвалифицированные спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, обладающие данным генотипом, предрасположены к максимальному выполнению объемов тренировочной работы в макроцикле (табл. 2).

Таблица 2

Ассоциация генотипов гена ACTN3 (R/X) с объемом тренировочных нагрузок в макроциклах

Генотип	*RR*	*RX*	*XX*
Усредненные объемы нагрузок ($\bar{X}$)	21487,95±1074,39	18199,8±909,99	59531,63±2976,58

В полученных нами данных высококвалифицированных спортсменов ЭГ с генотипом *RR* гена *ACTN3* при анализе экстенсивных параметров тренировочной нагрузки в рамках макроструктуры подготовки было установлено, что усредненный показатель нагрузки составил $\bar{X}$ =21487,95±1074,39 подъема штанги.

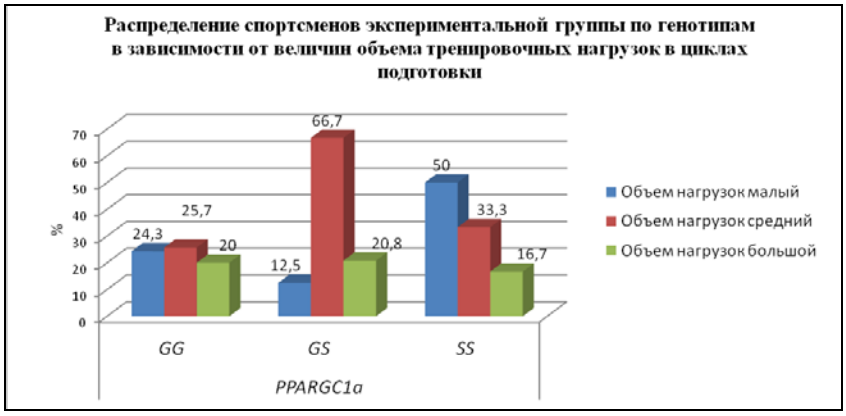
При анализе гетерозиготного генотипа *RX* гена альфа-актинина 3 (*ACTN3*) было установлено, что усредненный показатель экстенсивности в макроцикле был равен в среднем $\bar{X}$=18199,8±909,99 подъема штанги. По сравнению с монозиготными генотипами данного гена этот показатель в макроцикле является минимальным, на этом основании можно сделать вывод о том, что высококвалифицированные спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, обладающие генотипом *RX,* наиболее тренируемые с точки зрения оптимальных величин количества нагрузки при формировании кумулятивного эффекта адаптации.

Анализ монозиготы минорного аллеля *XX* гена *ACTN3* позволил установить следующие усредненные данные $\bar{X}$=59531,63±2976,58 КПШ в макро-

цикле. Выявленные величины — наиболее максимальные по сравнению с генотипами *RR* и *RX*. Из проведенных экспериментов видно, что спортсмены ЭГ с генотипом *XX* гена *ACTN3* имеют слабую реакцию на экстенсивные тренировочные воздействия в рамках макроструктуры подготовки.

Особый интерес среди всех генов, ассоциированных со спортивной деятельностью высококвалифицированных спортсменов ЭГ, вызывают полиморфизмы гена *PPARGC1A Gly482Ser* (*rs8192678G/A*). Он заключается в замене нуклеотида *G* на *A* в положении 1444 8-го экзона и приводит к замещению глицина на серин в аминокислотном положении 482 белка *PPARGC1A*. Частота *PPARGC1A 482Ser* аллеля в российской популяции составляет 34,5%. У элитных спортсменов в видах спорта с аэробным режимом нагрузки в зоне малой мощности частота *PPARGC1A 482Ser* аллеля составляет 16,7% [2].

Диаграмма 1



Из диаграммы 1 видно, что объемы тренировочных нагрузок связаны с аллелем *SS* гена *PPARGC1A, в частности, нами было установлено, что спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, имеющие генотип SS, поддерживают высокий уровень спортивных результатов при малых объемах тренировочной работы в мезо- и макроструктуре подготовки.* Однако из полученных данных также становится очевидным, что спортсмены, имеющие генотип *GS*-гетерозиготу, тренируются со средними объемами нагрузок в циклах подготовки.

Таким образом, можно сделать вывод, что несколько спортсменов сходной квалификации, выполняя одинаковую тренировочную программу с равным по величине объемом нагрузки, могут иметь различные спортивные результаты. Через некоторое время многие из них достигнут значительно более высокого уровня спортивной подготовленности, их реакция на предложенную тренировочную программу может быть квалифицирована как ярко выраженная. Из проведенных исследований можно сделать вывод о том, что к такой группе спортсменов можно отнести испытуемых с генотипом *SS* гена *PPARGC1A.*

Проведенные нами генетические исследования позволили установить наиболее часто встречающиеся генотипы спортсменов в представленных видах спорта (табл. 3).

Таблица 3

Частота встречаемости аллелей гена миостатина (MSTN)

		Частота	Процент	Валидный процент	Накопленный процент
Валидные	*KK*	250	78,1	78,1	78,1
	LL	70	21,9	21,9	100,0
	Итого	320	100,0	100,0	

Генотип *LL* (arg/arg) определяет ярко выраженную предрасположенность спортсмена к наращиванию мышечной массы. Данный генотип достаточно редкий. Генотип *KK* (*lys/lys*) указывает на отсутствие ярко выраженной предрасположенности к наращиванию мышечной массы. Генотип *KL* считается гетерозиготой и указывает на средний уровень предрасположенности спортсменов к наращиванию мышечной массы. В проводимых нами исследованиях генотип *KK* был установлен в 78,1% случаев от общего количества выборки экспериментальной группы, генотип *LL* был установлен в 21,9% случаев у спортсменов тяжелоатлетических видов спорта.

Обсуждение полученных результатов. Спортсмены экспериментальной группы, обладающие генотипом *II* гена *ACE,* выполняют в среднем в макроцикле $\bar{x}$=51352 подъема штанги. Спортсмены, обладающие генотипом *II,* имеют наименее низкий уровень тренированности в избранном виде спорта. Их макроцикловые объемы нагрузки — самые большие по сравнению с объемами тренировочной работы спортсменов, обладающих гетерозиготным генотипом и генотипом *DD*. Среди всех возможных генотипов гена *ACE* анализ генотипа *II* позволил нам сделать заключение, что высококвалифицированные спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, обладающие данным генотипом, предрасположены к максимальному выполнению объемов тренировочной работы в макроцикле. Объем специальной нагрузки оценивался нами в количестве подъемов штанги. Анализ был проведен с использованием компьютерной программы «Спорт 3.0» и «Спорт 4.0».

На основе проведенных экспериментов можно утверждать, что спортсмены тяжелоатлетических видов спорта с генотипом *II* гена *ACE* имеют тенденцию к большому тренировочному стажу и менее чувствительны к экстенсивным тренировочным воздействиям при анализе макро- и мезоструктуры. Исходя из скорости индивидуального совершенствования специфических по виду спорта способностей спортсмены могут быть подразделены на группы с выраженной, средней и слабой реакцией в зависимости от их генотипа. Очевидно, что спортсмены, имеющие аллель *D* гена *ACE,* — это люди с экстраординарной тренируемостью, и этот отличительный признак чрезвычайно важен для выявления спортивных талантов в исследуемых нами видах спорта.

В полученных нами данных высококвалифицированных спортсменов ЭГ с генотипом *RR* гена *ACTN3* при анализе экстенсивных параметров тренировочной нагрузки в рамках макроструктуры подготовки было установлено, что усредненный показатель нагрузки составил $\bar{x}$ =21487,95±1074,39 подъема штанги. При анализе гетерозиготного генотипа *RX* гена альфа-актинина 3 (*ACTN3*) было установлено, что усредненный показатель экстенсивности в макроцикле был равен в среднем $\bar{x}$ =18199,8±909,99 подъема штанги. По сравнению с монозиготными генотипами данного гена этот показатель в макроцикле является минимальным, на этом основании можно сделать вывод о том, что высококвалифицированные спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, обладающие генотипом *RX,* наиболее тренируемы с точки зрения оптимальных величин количества нагрузки при формировании кумулятивной адаптации.

Анализ монозиготы минорного аллеля *XX* гена *ACTN3* позволил нам установить следующие усредненные данные $\bar{x}$ =59531,63±2976,58 КПШ в макроцикле. Выявленные величины наиболее максимальны по сравнению с генотипами *RR* и *RX*. Из проведенных экспериментов видно, что спортсмены ЭГ с генотипом *XX* гена *ACTN3* имеют слабую реакцию на экстенсивные тренировочные воздействия в рамках макроструктуры подготовки. Спортсмены ЭГ с генотипом, имеющим аллель *R* гена *ACTN3*, более эффективно реагируют на тренировочное воздействие в макроциклах по сравнению со спортсменами ЭГ с монозиготой *XX*.

Спортсмены с гетерозиготным генотипом гена PPARGC1A GS в 66,7% случаев выполняли в мезо- и макроциклах средние величины тренировочного объема нагрузки. 20,8% спортсменов экспериментальной группы, имеющих гетерозиготу, выполняли мезо- и макроциклы с большими объемами тренировочных нагрузок, и 12,5% испытуемых работали в циклах подготовки с малыми величинами экстенсивности.

Спортсмены с редко встречающимся аллелем SS гена PPARGC1A имели обратнопропорциональную зависимость с генотипом GG гена PPARGC1A. 50% спортсменов экспериментальной группы выполняли малые объемы тренировочных нагрузок в средних и больших циклах подготовки. 33,3% высококвалифицированных спортсменов тяжелоатлетических видов спорта тренировались со средним уровнем экстенсивности в мезо- и макроциклах, и 16,7% профессиональных спортсменов выполняли большие объемы тренировочных нагрузок в исследуемых циклах подготовки.

Спортсмены тяжелоатлетических видов спорта, имеющие генотип GG гена PPARGC1A, в циклах тренировочного процесса в 50% случаев от общей выборки имеют большие объемы тренировочных нагрузок в мезо- и макроструктуре тренировочного процесса. 25,7% спортсменов экспериментальной группы тренируются со средними объемами нагрузок, и 24,3% испытуемых выполняли малые объемы тренировочной работы в мезо- и макроструктуре подготовки.

Выводы

На основании проведенных исследований мы разделили спортсменов экспериментальной группы на быстро- и медленнотренируемых.

1. К быстротренируемым спортсменам тяжелоатлетических видов спорта относятся спортсмены, имеющие следующие генотипы: по гену *ACE* — генотип *ID*; по гену *ACTN3*– генотип *RX*; по гену *PPARGC1A* — генотип *SS*; по гену *MSTN* — генотип *LL*.

2. К медленнотренируемым спортсменам в группе представленных нами видах спорта относятся спортсмены, имеющие следующие генотипы: по гену *ACE* — генотип *II*; по гену *ACTN3*– генотип *XX*; по гену *PPARGC1A* получены статистически недостоверные данные при P>0,05; по гену *MSTN*–генотип *KK*.

Литература

1. Абрамов В. Н. Влияние генетических факторов на развитие скоростно-силовых способностей футболистов (теоретико-методический аспект) // Актуальные проблемы физической культуры и спорта: сб. науч. тр., посвящ. 60-летию образования кафедры теории и методики физической культуры и спорта СГАФКСТ / под общ. ред. В. В. Ермакова, И. А. Грец. — Смоленск, 2010. — С. 29–32.

2. Аксенов М. О. Ассоциация гена ACTN3 с показателями биоимпедансного анализа высококвалифицированных спортсменов тяжелоатлетических видов спорта // Теория и практика физической культуры: тренер. — 2016. — № 2. — С. 80.

3. Аксенов М. О., Аксенова А. В. Построение тренировочного процесса спортсменов тяжелоатлетических видов спорта на основе данных биоимпедансного анализа // Теория и практика физической культуры: тренер. — 2015. — № 12. — С. 74–76.

4. Бомпа Т., Буццичелли К. Периодизация спортивной тренировки. — М.: Спорт, 2016. — 384 с.

5. Волков Н. И. Биохимия мышечной деятельности / Н. И. Волков, Э. Н. Несен, А. А. Осипенко, С. Н. Корсун. — Киев: Олимпийская литература, 2013. — С. 504.

6. ГМА. Генетически модифицированные спортсмены [видеофильм]: науч.-поп. фильм: пер. с фр. 2012 г. — URL: https://www.youtube.com/watch?v=bD0Z40oWkFQ (дата обращения: 17.02.2017).

7. Иссурин В. Б. Блоковая периодизация спортивной тренировки: монография. — М.: Советский спорт, 2010. — 288 с.

8. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник для вузов физической культуры. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Советский спорт, 2010. — 340 с.

9. Михайлов С. С. Биохимия двигательной деятельности : учебник для вузов и колледжей физической культуры. — 6-е изд., доп. — М.: Спорт, 2016. — 296 с.: ил.

10. Мышцы в спорте. Анатомия. Физиология. Тренировка. Реабилитация / под ред. Й. М. Йегера, К. Крюгера; пер. с нем.; под общ. ред. Д. Г. Калашникова. — М.: Практическая медицина, 2016. — 408 с.

11. Основы персональной тренировки / под ред. Роджера В. Эрла, Томаса Р. Бехля ; пер. с англ. И. Андреев. — Киев: Олимп. лит., 2012. — 724 с.

12. Патент № 2016610865, РФ / М. О. Аксенов. Компьютерная программа «Спорт 3.0». Опубл. 21.01.2016.

13. Платонов В. Н. Периодизация спортивной тренировки. Общая теория и ее практическое применение. — Киев: Олимп. лит., 2014. — 624 с.: ил.

14. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения : учебник [для тренеров]: в 2 кн. — Киев: Олимп. лит., 2015. — Кн. 2. — 752 с.: ил.

15. Роман Р. А. Тренировка тяжелоатлета. — 2-е изд., перераб., доп. — М. : Физкультура и спорт, 1986. — 175 с.

16. Сегиенко Л. П. Спортивный отбор: теория и практика: монография. — М. : Советский спорт, 2013. — 1048 с.: ил. (Серия «Спорт без границ»).

17. Солодков А. С., Сологуб Е. Б. Физиология человека. Общая, спортивная, возрастная. — М.: Советский спорт, 2012. — 620 с.

18. Genome-Wide Association Studies Involving Russian Endurance and Power (Strength Athletes) / I. Ahmetov [at al.] // 21th Ann. Congress ECSS (July 6–9, 2016). — Vienna, Austria : Book of Abs, 2006. — P. 363.

19. Association Analysis of ACE, ACTN3 and PPARGC1A Gene Polymorphisms in two Cohorts of European Strength and Power Athletes / M. O. Aksenov [at al.] // Biology of Sport. — 2016. — Vol. 33, № 3. — P. 199–206.

20. Genetic Studies of Body Mass Index Yield New Insights for Obesity Biology [Электронный ресурс] / C. Bouchard [et al.]. — URL: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25673413.

21. Harre D. Principles of Sports Training. — Berlin : Sportveriag. 1982. — 231 p.

22. Swen Körner, Peter Frei (Hg.) Die Möglichkeit des Sports Kontingenz im Brennpunkt sportwissenschaftlicher Analysen. DSHS-Koeln. 2012.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 3842, выполняемый в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности по заданию № 2014/312.

GENETIC FACTORS OF ADAPTATION TO TRAINING LOADS IN WEIGHTLIFTING

Maksim O. Aksenov
Cand. Sci. (Education), A/Prof., Head of Laboratory of Sports Genetics, Buryat State University, 24a Smolina St., Ulan-Ude 670000, Russia
E-mail: 6730@mail.ru

This article presents data of the research aimed at selection of optimal training and competitive loads for weightlifters based on individual genetic features. The experimental group included highly skilled athletes (n = 178). During the experiment, it was found that some weightlifters had advantage in volumes of training loads in a macrocycle. Computer analysis of the load in association with the received genotypes allowed us to classify athletes on quickly and slowly trained. The aim of this work is development and experimental validation of theoretical and methodological foundations for long-term training of weightlifters based on individual genetic features. Four polymorphisms associated with physical activity were analyzed - *ACE, ACTN3, PPARGC1A,* and *MSTN*. It was founded that athletes with SS genotype of gene *PPARGC1A* had high level of intensity despite low volume of training in meso- and macrocycles (P <0,05). The athletes with genotypes *KL* and *LL* of *MSTN* gene had an advantage in extensiveness of training process. Fitness level was assessed by using bioelectrical impedance analysis (BIA). It was found the correlation of *ACE, ACTN3, PPARGC1A* and *MSTN* genes with indicators of BIA. The method of planning the amounts and intensity of training loads for athletes within the macrostructure was worked out on the basis of genetic analysis. In collaboration with University of Sports in Cologne, Germany we had analyzed the problems of development and implementation of gene doping in elite sport, studied different approaches to classification of gene doping and ethical aspects of its application.

Keywords: genotype, extensiveness, intensity, training, weightlifting, macrocycle, load, effectiveness of training, fitness.