



О возможности применения молекулярно-генетических методов в оздоровительном фитнесе

С. Б. Дроздовская, Е. В. Андреева, О. А. Боровик

Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, Киев, Украина

Резюме. Розглянуто можливість використання молекулярно-генетичних маркерів для індивідуалізації та ефективної побудови занять в оздоровчому фітнесі. Обговорено дискусійні питання щодо наукових підходів до програмування занять з оздоровчого фітнесу. Проаналізовано сучасні вітчизняні та зарубіжні наукові джерела, що містять інформацію про застосування молекулярно-генетичних маркерів у практиці використання оздоровчих технологій. Зазначено, що корекція методики тренувань з урахуванням спадкових особливостей буде сприяти покращенню оздоровчого ефекту занять фітнесом.

Ключові слова: оздоровчий фітнес, молекулярно-генетичні методи дослідження, поліморфізми генів.

Summary. The paper deals with possibilities of using molecular-genetic markers for exercise prescription, for individualization and construction an effective training in the health fitness. Problems of modern approaches to programming fitness are discussed. The contemporary scientific sources that contain information about the application of molecular-genetic markers for fitness were analyzed. It is stated that correction methods of training including genetic characteristics will contribute to better health effect fitness.

Key words: health fitness, molecular-genetics research, genes polymorphism.

Постановка проблеми. Доступные и эффективные формы двигательной активности, специально организованной в рамках программ физкультурно-оздоровительных занятий, выполняемых самостоятельно или под руководством персонала фитнес-центров, особенно востребованы с учетом негативных тенденций в состоянии здоровья населения Украины вследствие социально-экономических и экологических проблем [4].

Оптимальный эффект от занятий физическими упражнениями достигается в случае, когда их направленность и интенсивность, а также объем физических нагрузок, кратность занятий в неделю подбираются индивидуально, с учетом уровня физического состояния занимающегося. Однако неадекватные по объему и интенсивности упражнения, превышающие функциональные возможности организма, нередко приводят

к отрицательным последствиям, в ряде случаев связанным с необратимыми изменениями. Это происходит при незнании или игнорировании основных принципов использования средств оздоровительного фитнеса.

Оздоровительное направление фитнеса представляет собой в настоящее время развернутую и сбалансированную программу физкультурной деятельности индивидуального характера, построенную с учетом наиболее значительных приоритетов физического совершенствования лиц различного пола и возраста. Комплекс специализированных упражнений избирательной направленности применяется в оздоровительном фитнесе с целью формирования красивого, пропорционального телосложения, развития важнейших двигательных качеств и повышения работоспособности.

Алгоритм разработки фитнес-программ, рекомендуемый специалистами в области оздоровительной тренировки, включает: оценку исходного уровня физического состояния, имеющихся у клиента заболеваний; выявление особенностей образа жизни, увеличивающих факторы риска заболеваний; определение признаков или симптомов, указывающих на наличие проблем со здоровьем, результатов фитнес-тестирования.

Оценка состояния здоровья используется для определения соответствующих рекомендаций относительно вида, объема и интенсивности двигательной активности, необходимой для улучшения здоровья или физической подготовленности.

В последнее время широкое распространение получило использование различных диагностических программ, созданных для контроля физического состояния и физического развития здоровых людей в процессе физической деятельности. В большинстве фитнес-центров обязательным условием участия в программе занятий является предварительное тестирование. Многие крупные фитнес-клубы Европы и Северной Америки (например, “Goodlife Fitness”, Канада) [26] с целью повышения эффективности занятий предлагают “exercise prescriptions” — индивидуальную программу, подбор упражнений в которой осуществляется с учетом состояния здоровья, целей, возможностей и интересов клиента. Предварительное тестирование является основой индивидуального подхода в разработке программ занятий, помогает избежать травм и осложнений. В оценке состояния учитываются показатели здоровья, заболеваемости, функциональные и антропометрические показатели, начиная от анаэробного порога и заканчивая композиционным составом тела. “Exercise prescriptions” включает: советы по выбору типа активности, особенности нагрузки (мощность, скорость); рекомендации, касающиеся длительности и частоты занятий, их интенсивности (пульсовые режимы, максимально возможные нагрузки), мер предосторожности, обусловленных наличием ортопедических и других проблем.

Согласно рейтингу журнала “Health magazine”, в 2009 г. наиболее успешным оздоровительным клубом в США стал “Equinox” [28]. Он удерживает свои ведущие позиции в рейтинге на протяжении последних десяти лет не только благодаря фитнес-программам, но также специальным предложениям, таким, как оценка физического состояния занимающихся (fitness assessment). Она включает измерение артериального давления и ЧСС, определение мышечно-массового индекса, кардиореспираторной

выносливости, гибкости, силы и выносливости мышц, оценку осанки [27]. Второе место в рейтинге занимает клуб “Life Time Fitness”. Его специалисты предлагают занимающимся определение общей физической подготовленности, анализ уровня здоровья, факторов риска, хронических заболеваний, оценку уровня метаболизма, определение маркеров анаэробных и аэробных возможностей, определение оптимальных пульсовых зон для занятий [29].

Недавно в научной литературе была высказана идея возможности индивидуализации подбора упражнений с учетом генетических маркеров, поскольку последние исследования свидетельствуют, что специфические аллели генов могут детерминировать оздоровительный эффект от упражнений. Критериями оздоровительной эффективности могут выступать: снижение массы тела, повышение физической работоспособности, уровня физического состояния, физической подготовленности, увеличение возможностей кардиореспираторной системы, снижение заболеваемости, изменение показателей состава тела и т. д. Нередко занимающийся сталкивается с тем, что тренировочные занятия не дают желаемого эффекта или комплекс хронических заболеваний не позволяет правильно выбрать вид двигательной активности. В этом случае может помочь генетическая информация.

Цель исследования — изучить возможность применения молекулярно-генетических методов исследования в практике оздоровительного фитнеса.

Связь исследования с научными темами и планами. Работа выполнялась согласно темы 2.4.1 “Системный анализ морфофункциональных перестроек организма человека в процессе адаптации к физическим нагрузкам” Сводного плана научно-исследовательской работы в сфере физической культуры и спорта на 2006—2010 гг.

Методы исследования — анализ и обобщение литературных данных о применении молекулярно-генетических методов в сфере оздоровительно-физкультурных технологий.

Результаты исследования и их обсуждение. Количество исследований, направленных на изучение вклада генетических факторов в повышение оздоровительной эффективности фитнес-занятий, резко возросло за последние 10 лет [7, 10, 15—17, 19, 20, 24, 25]. Главным направлением этих исследований стало то, что благодаря пониманию генетических факторов, важных для разных фенотипических ответов на влияние физической нагрузки, клиницисты и тренеры могут индивидуализировать программы (построение

тренировочных занятий). Более того, геномный анализ рассматривается как составная часть типичного медицинского обследования. Огромным прогрессом является определение специфического вклада генов.

Хотя возможность применения генетической информации для программирования занятий оздоровительными видами и оспаривается многими теоретиками и практиками, считающими физические упражнения мощным средством воздействия на все показатели физического состояния, но исследования показали, что существуют группы людей, реакция организма которых на физические нагрузки может быть как нейтральной, так и негативной.

Многие исследователи настаивают, что польза от физических упражнений главным образом зависит от того, могут или нет увеличиваться аэробные возможности, хотя у некоторых лиц такие положительные эффекты от физических упражнений, как снижение массы тела и уменьшение уровня холестерина, могут не сопровождаться улучшением аэробных возможностей. Лица с низким ответом могут не чувствовать улучшений в толерантности к упражнениям и не иметь улучшений в количестве выполненных упражнений, хотя уровни холестерина в крови и липидов могут уменьшаться — отмечает Клод Бушар, директор Пеннингтонского Биомедицинского центра. Ученый и его коллеги из 14 исследовательских институтов приняли участие в исследовании *Heritage family study*, в котором на протяжении 20 недель тренировалось 500 человек, не занимающихся спортом. Ответная реакция на упражнения была очень разнообразной, несмотря на одинаковый режим тренировок: 50 % различий объяснялись генетическими факторами [7, 16].

Авторы исследования считают, что двигательная активность, фитнес (подготовленность) и долгожительство — это единый комплекс, а генетические варианты влияют на всех его уровнях [16]. На двигательную активность воздействуют гены, определяющие поведение человека, на подготовленность — активность генома в ответ на физическую нагрузку, на долгожительство — гены, способствующие развитию сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, рака и т. д. Кроме того, на взаимодействии факторов этого комплекса сказываются индивидуальные различия, обусловленные генетическими вариациями.

На страницах журнала *“Journal of Applied Physiology”* развернулась научная дискуссия относительно перспектив использования генетиче-

ской информации в разработке программ оздоровительных занятий.

Вопрос о том, каким образом генетические факторы улучшают возможность руководить влиянием физических упражнений на организм, поднимает Стефан Рот из Университета Мериленда (США) [19]. Большинство исследователей и практиков считают, что физические упражнения являются мощным средством для улучшения широкого спектра здоровьесвязанных фенотипов, т. е. упражнения используются в качестве терапии практически во всех контекстах. Для чего тогда необходим генетический скрининг, что он может добавить к такой терапии? Такой взгляд на двигательную активность как на универсальное с минимальным побочным эффектом воздействие является основным, и для большинства индивидуумов существует небольшая видимая польза в индивидуализации тренировочного процесса, включающего генетические факторы. Такая индивидуализация является важной для определенных людей, принадлежащих к группам риска. Но индивидуальная адаптация разных фенотипов к стандартным физическим упражнениям, как показано в нескольких исследованиях, может быть позитивной, нейтральной или негативной. Три стандартных сценария могут быть предвидены для любого индивидуального способа улучшения или лечения здоровьесвязанных признаков (артериального давления, инсулиновой чувствительности и т. д.) физическими упражнениями. Например, исследование метаболизма глюкозы под влиянием аэробных упражнений показало, что все параметры этого обмена после тренировочного процесса изменились по трем сценариям. У одной части обследованных наблюдался положительный ответ на физические тренировки (повышался индекс потребления глюкозы, глюкозная толерантность и инсулиновая чувствительность), у второй — отсутствие ответа, у третьей — ответ был отрицательным [8].

Смысл использования скрининга, как утверждает Стефан Рот, существует только в группе лиц, у которых признаки изменялись по второму и третьему сценарию [19].

Вывод Джеймса Тиммонса из Великобритании о том, что генетическая информация будет важна лишь в двух вариантах сценариев развития ответной реакции на физическую нагрузку, неверен, поскольку он основывается на генетическом ассоциативном методе, который имеет много ограничений. Напротив, функционально-генетический подход учитывает влияние и генов, и среды. Измерение степени активации

генных сетей является интегральным сигналом, ассоциированным с физиологической адаптацией. Реализация индивидуального подхода очень важна для здоровых субъектов для увеличения эффективности выбора превентивной стратегии. Функциональная геномика помогает нам получить максимальную эффективность от физических упражнений. Не все параметры являются равными: аэробная работоспособность связана со смертностью только до тех пор, пока не доказана важность других факторов. Любое влияние (даже физические упражнения) является действительным для индивидуумов, а не для популяции [22].

Подтверждением того, что специфические гены могут детерминировать реальную пользу от физических упражнений, являются результаты исследования, в котором было определено, что экспрессия 29 генов может предсказывать способность улучшать аэробные возможности [23]. Было найдено 11 ДНК-маркеров, которые позволяют определить, как стать более подготовленным. Установленные гены могут объяснить только 23 % разнообразия индивидуальных способностей.

У лиц, повысивших $\dot{V}O_2\max$, не обязательно улучшались показатели давления или холестерина в крови, поскольку разные факторы риска сердечно-сосудистых заболеваний контролируются разными генами. Эти данные нужно учитывать во время тренировочного процесса. Если интенсивность ответа низкая, занимающийся должен быть более настойчив в тренировках для развития выносливости.

Исследователи, имеющие противоположную точку зрения, считают, что значительная вариабельность проявлений здоровьесвязанных признаков в ответ на физические упражнения обусловлена генетическими факторами и факторами окружающей среды, которые изучены недостаточно. Кинезиогенетические исследования имеют ряд проблем. Среди них биологическая сложность фенотипов и пути их изучения, концентрация внимания на индивидуальных генетических вариантах, неадекватные статистические инструменты, предвзятость публикаций и популяционные наслоения. Недавние исследования, проведенные в лаборатории департамента кинезиологии Университета штата Коннектикут, показали, что у мужчин с начальными стадиями гипертензии с генетическими предпосылками к сердечно-сосудистым заболеваниям артериальное давление снижалось после аэробных упражнений низкой интенсивности (40 % $\dot{V}O_2\max$), в то время как у мужчин с меньшей генетической

предрасположенностью артериальное давление снижалось после физических упражнений умеренной интенсивности (60 % $\dot{V}O_2\max$). Эти данные иллюстрируют ограниченные возможности одностороннего подхода к предписаниям упражнений. Лица с положительным ответом на одну нагрузку могут иметь нейтральный или отрицательный ответ на иную интенсивность физических упражнений [15].

Генетический анализ может помочь адекватно подобрать физические упражнения для лиц с отклонениями в уровне здоровья и различными заболеваниями. Склонность ко многим заболеваниям определяется полигенетически, т. е. комплексом генов. Например, такое заболевание, как ожирение, может обуславливаться как моногенетически, так и полигенетически. Последняя карта генов, способствующих развитию ожирения ("The Human Obesity Gene Map: The 2005 Update"), опубликованная в журнале *OBESITY*, содержит список из 11 генов, мутации в которых приводят к ожирению, 50 локусов, которые наследуются по законам Менделя. Кроме того, данная карта содержит 253 локуса, которые влияют на развитие ожирения [18].

В то же время исследования, проведенные в Норфолке (Великобритания), оценивающие вклад каждого аллеля, увеличивающего индекс массы тела, в вероятность развития ожирения, позволили получить данные, свидетельствующие о том, что даже в большой степени генетически обусловленное ожирение можно уменьшить физически активным стилем жизни. Вклад каждого патологического аллеля в степень развития ожирения можно на 40 % уменьшить двигательной активностью [12]. Исследователи определили, что каждый дополнительный аллель, повышающий индекс массы тела, увеличивает ожирение в 1,158 раза у физически неактивных лиц и в 1,116 раза — у физически активных.

Современные научные исследования показали, что регулярная двигательная активность может влиять на генетически детерминированные заболевания. Так, например, она может отдалять начало такой болезни, как рак молочной железы у женщин с мутациями в генах *BRCA1* и *BRCA2* [14].

Согласно современным представлениям молекулярной генетики двигательной активности, считается, что индивидуальные различия в степени развития тех или иных физических и психических качеств человека во многом обусловлены ДНК-полиморфизмами, которых насчитывается не менее 17 млн. ДНК-полиморфизмы — генетические варианты последовательностей нуклео-

тидов одного и того же участка ДНК у разных людей, которые встречаются в популяции с частотой не менее 1 %. Некоторые полиморфизмы способны повлиять на степень экспрессии генов, активность функциональных продуктов (белков, РНК) и структуру белков. Основу генетической вариативности составляют однонуклеотидные полиморфизмы.

К настоящему моменту известно 215 генетических маркеров человека, связанных с двигательной активностью. Из них следует выделить 140 генов, полиморфизмы которых ассоциированы с развитием и проявлением физических качеств человека, а также с морфофункциональными признаками и биохимическими показателями, изменяющимися под воздействием физических нагрузок различной направленности. Большая часть этих генов (112) аннотирована группой К. Бушара (США) в последней версии генетической карты двигательной активности ("The Human Gene Map for Performance and Health-Related Fitness Phenotypes: the 2007 update" — версия, отражающая результаты исследований, проведенных в 1991—2007 гг.) [9].

Работ по применению молекулярно-генетического анализа в практике оздоровительного фитнеса не так много.

Выявлена зависимость роста антропометрических и силовых показателей от полиморфизма генов, регулирующих мышечный метаболизм, — *PPARA* (ген β -рецептора, активирующего пролиферацию пероксисом) и *PPARD* (ген β -рецептора, активирующего пролиферацию пероксисом). Индивиды с генотипом GG по гену *PPARA*, т. е. с нормальным жировым обменом, легче сбрасывают лишний вес по сравнению с носителями генотипа GC. Этот факт можно объяснить тем, что у лиц с генотипом GG окисление жирных кислот в организме под влиянием физических нагрузок происходит более эффективно, чем у носителей генотипа GC. На основе данных о полиморфизме генов *PPARA* и *PPARD* можно не только прогнозировать рост антропометрических и силовых показателей в группах атлетической гимнастики с учетом типа телосложения, но и корректировать параметры тренировочной нагрузки, а также рекомендовать употребление некоторых фармакологических препаратов для стимуляции метаболизма атлета [2].

Результаты исследований, проведенных на основании изучения ДНК ведущих (чемпионы и призеры мира, Европы, России и США) российских и американских бодибилдеров, пауэрлифтеров, а также лиц, занимающихся бодифитнесом и фитнесом, свидетельствуют о значительном вкладе вариантов генов (аллелей) в определение

предрасположенности к данным видам двигательной деятельности [1]. Установлено, что наличие следующих аллелей генов дает преимущество в развитии силы и приросте мышечной массы: R аллель гена *ACTN3* (α -актинин 3) — высокие сократительные характеристики мышечных волокон, преобладание быстросокращающихся мышечных волокон; I аллель гена *ACE* (ангиотензинпревращающий фермент) — оптимальный сосудистый тонус, возможность увеличения силы в 7 раз, преобладание быстросокращающихся мышечных волокон; C аллель гена *AMPD1* (АМФ-дезаминаза) — быстрое восполнение запасов АТФ при выполнении физических нагрузок; L аллель гена *AR* (рецептор андрогена) — высокая концентрация эндогенного тестостерона в организме; C аллель гена *MYFG* (ген миогенного фактора 6) — высокие анаэробные возможности; Ser аллель гена *PGC1A* (альфа-коактиватор γ -рецепторов, активизирующих пролиферацию пероксисом) — высокие анаэробные возможности; Ala аллель гена *PPARG* (γ -рецептора, активизирующего пролиферацию пероксисом) — повышенная утилизация инсулина; Val аллель гена *UCP2* (разобщающий белок 2) — высокая метаболическая эффективность мышечной деятельности [1, 6, 11, 13]. Кроме того, среди спортсменов наилучшей рельефностью мышц (за счет низкого содержания подкожного жира) в соревновательном периоде обладали носители аллелей G по *PPARA* (высокая утилизация жирных кислот), Ala по *UCP2* (низкий риск развития ожирения), T по *UCP3* (высокая теплопродукция, низкий риск развития ожирения), C по *AMPD1* и S по *AR*, Gly по *PGC1A* (высокие аэробные возможности) и C по *PPARD* (высокая утилизация жирных кислот) [1, 6, 11, 13]. В работе американских ученых была обнаружена низкая частота генотипа XX по гену *ACTN3* у бодибилдеров и пауэрлифтеров по сравнению с популяционными данными. Наличие этого генотипа означает, что в мышечных волокнах не продуцируется важный для сокращения мышц белок α -актинин 3 [21].

Укороченный вариант гена *ACE* также ассоциирован с ожирением. Кроме того, установлено, что мужчины, гомозиготные по I аллелю гена *ACE*, имеют тенденцию к макросомии с повышенными функциональными показателями [5].

В группе женщин, занимающихся фитнесом и имеющих высокие значения ИМТ, частота аллелей, ассоциирующихся с риском развития ожирения (*PPARA* C, *PGC1A* Ser и *UCP2* Val), была выше, чем в контрольной группе. При достаточной двигательной активности *UCP2* Val аллель

способствует проявлению выносливости, а при малоподвижном образе жизни — аккумуляции энергии в виде жира. У женщин, имеющих лишнюю массу тела и занимающихся в фитнес-клубах, отмечается высокая частота аллелей, ассоциируемых с риском развития ожирения.

При изучении взаимосвязи между полиморфизмами исследуемых генов и физиологическими и антропометрическими характеристиками женщин, занимающихся оздоровительным фитнесом, было выявлено, что наибольшие значения ИМТ и жировой массы встречались у носительниц генотипов *PGC1A* Ser/Ser и *UCP3* CT. Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы показало, что самый высокий уровень физической работоспособности (PWC_{170}) отмечался у носителей *PPARA* GG генотипа [3]. Кроме того, у носителей *UCP3* CC генотипа были выявлены самые высокие показатели мышечной силы, которую оценивали по кистевой динамометрии.

Результаты исследования свидетельствуют о наличии ассоциации *PPARA* G, *PGC1A* Gly и *UCP2* Val аллелей с предрасположенностью к проявлению выносливости, а *PPARA* C, *PGC1A* Ser и *UCP2* Val аллелей — с риском развития ожирения. Кроме того, обнаружена взаимосвязь *UCP3*—55C/T полиморфизма с динамометрическими показателями у женщин, занимающихся оздоровительным фитнесом.

Перспективы дальнейших исследований.

Анализ научной литературы позволяет утверждать, что молекулярная генетика двигательной активности находится только в начале своего развития. Данные о всех обнаруженных молекулярно-генетических маркерах, ассоциированных с уровнем физического здоровья человека, требуют дальнейших функциональных исследований, а также апробации в сфере оздоровительной физической культуры.

Выводы. Определение генов должно лежать в основе выбора тренировочной нагрузки и направленности диеты для достижения целей фитнеса и профилактики патологических состояний и мультифакториальных заболеваний (чрезмерная гипертрофия миокарда левого желудочка, сахарный диабет II типа, атеросклероз, ожирение).

Современные методы спортивной генетики позволят избежать многих ошибок в тренировочном процессе с помощью генетических маркеров, которые отображают наследственные задатки отдельных людей.

Коррекция методики тренировочного процесса с учетом наследственных особенностей

организма может способствовать большему пластическому и оздоровительному эффекту тренировок в оздоровительном фитнесе.

Литература

1. *Ахметов И. И.* Генетические маркеры предрасположенности к занятиям бодибилдингом и фитнесом / И. И. Ахметов, Р. Р. Дондуковская, Е. К. Рябинкова и др. // Теория и практика физ. культуры. — 2008. — № 1. — С. 74—80.
2. *Ахметов И. И.* Методика и организация занятий атлетической гимнастикой с учетом типа телосложения мужчин и их генетической предрасположенности / И. И. Ахметов, И. Ю. Яновский // Теория и практика физ. культуры. — 2007. — № 1. — С. 22—25.
3. *Дондуковская Р. Р.* Физическая работоспособность, фитнес и полиморфизм генов / Р. Р. Дондуковская, И. И. Ахметов, А. А. Топанова // Сб. тр. СПбНИИФК. Итоговая науч. конф. (18—19 дек. 2006 г.). — СПб., 2006. — С. 201—205.
4. *Иващенко Л. Я.* Программирование занятий оздоровительным фитнесом / Л. Я. Иващенко, А. Л. Благий, Ю. А. Усачев. — К.: Наук. світ, 2008. — 198 с.
5. *Макаров С. В.* Полиморфизм гена ангиотензинпревращающего фермента альфа-актинина-3 и антропометрические характеристики / С. В. Макаров, М. А. Негашева, А. Б. Мильготина, И. В. Пискорская // Мед. генетика. — 2007. — Т. 6, № 1. — С. 43—47.
6. *Benton C. R.* PGC-1alpha-mediated regulation of gene expression and metabolism: implications for nutrition and exercise prescriptions / C. R. Benton, D. C. Wright, A. Bonen // Appl. Physiol. Nutr. Metab. — 2008. — 33(5). — P. 843—862.
7. *Bouchard C.* Individual differences in response to regular physical activity / C. Bouchard, T. Rankinen // Med. Sci. Sport. Exercise. — 2001. — 33. — P. 446—451.
8. *Boulé N. G.* Effects of exercise training on glucose homeostasis: the HERITAGE Family Study / N. G. Boulé, S. J. Weinsagel, T. A. Lakka et al. // Diabetes Care. — 2005. — 28, (1). — P. 108—114.
9. *Bray M. S.* The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update / M. S. Bray, J. M. Hamberg, L. Perrusse et al. // Med. Sci. Sports Exercise. — Vol. 41, N1. — P. 35—73.
10. *Brito E. C.* Perspective on the future use of genomics in exercise prescription / E. C. Brito, P. W. Franks // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104, 1248. — P. 8750—7587.
11. *Druzhevskaya A. M.* Association of MYF6 and PGC1A gene variants with power performance and muscle size in bodybuilders / A. M. Druzhevskaya, I. I. Ahmetov, E. K. Ryabinkova et al. // 12th Ann. Congress ECSS, Finland: Book of Abstracts, 2007. — P. 355—356.
12. *Li S.* Physical activity attenuates the genetic predisposition to obesity in 20,000 men and women from EPIC-Norfolk prospective population study / S. Li, J. H. Zhao, U. Ekelund et al. // PloS Med. — 2010. — 7 (8). — P. 1—9.
13. *Lucia A.* PPARGC1A genotype (Gly482Ser) predicts exceptional endurance capacity in European men / A. Lucia, R. Gomez-Gallego, I. Barroso et al. // J. Appl. Physiol. — 2005. — Vol. 99, №1. — P. 344—348.
14. *King M. C.* Breast and ovarian cancer risk due to inherited mutations in BRCA1 and BRCA2 / M. C. King,

J. H. Marks, J. B. Mandell // Science. — 2003. — Vol. 302. — P. 643—6.

15. *Pescatello L.S.* Perspective on the future use of genomics in exercise prescription / L. S. Pescatello // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1247.

16. *Rankinen T.* Genetic differences in the relationships among physical activity, fitness, and health. Physical Activity and Health / T. Rankinen, C. Bouchard. — Human Kinetics, 2007. — P. 348—354.

17. *Rankinen T.* Invited commentary: Physical activity, mortality, and genetics / T. Rankinen, C. Bouchard // Am. J. Epidemiol. — 2007. — Vol. 166. — P. 260—262.

18. *Rankinen T.* The human obesity gene map: the 2005 update / T. Rankinen, A. Zuberi, Y. C. Chagnon et al. // Obesity. — 2006. — Vol. 14. — P. 529—644.

19. *Roth S. M.* Perspective on future use of genomics in exercise prescription / S. M. Roth // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1243—1245.

20. *Roth S. M.* Last Word on Viewpoint: Perspective on future use of genomics in exercise prescription / S. M. Roth // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1254.

21. *Roth S. M.* The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite-level strength athletes / S. M. Roth, S. Walsh, D. Liu et al. // Eur. J. Hum. Genet. — 2008. — 16. — P. 391—394.

22. *Timmons J. A.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / J. A. Timmons // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1250.

23. *Timmons J. A.* Using molecular classification to predict gains in maximal aerobic capacity following endurance exercise training in humans / J. A. Timmons, S. Knudsen et al. // J. Appl. Physiol. — 2010. — Vol. 108, N 6. — P. 1487—96.

24. *Thomis M.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / M. Thomis // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1251.

25. *Wagner P. D.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / P. D. Wagner // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1246.

26. Сайт фитнес-клуба "Goodlife fitness" [электронный режим] <http://www.goodlifefitness.com/>

27. Сайт фитнес-клуба «Equinox» [электронный режим] <http://www.equinox.com/>

28. Электронный журнал «Health» [электронный режим] <http://www.health.com/health/article/0,,20411568,00.html>

29. Сайт фитнес-клуба "Lifetime fitness" [электронный режим] <http://clubs.lifetimefitness.com/>

References

1. *Ahmetov I.* Genetic markers of predisposition to bodybuilding and fitness / I. Ahmetov, R. Dondukovskaya, E. Ryabinkova, A. Topanova, S. Khalchitsriy, I. Astratenkova // Theory and Practice of Physical Culture. — N 1. — P. 74—80.

2. *Ahmetov I.* Methodology and organization of lessons of athletic gymnastics, taking into account body type men and their genetic predisposition / I. Ahmetov, I.Yu. Yanovskiy // Theory and Practice of Physical Culture. — 2007. — N 1. — P. 22—25.

3. *Dondukovskaya R.R.* Physical performance, fitness and genetic polymorphisms / R. R. Dondukovskaya, I. I. Ahmetov, A. A. Topanova // Proceedings of the Saint-Petersburg Scientific-Research Institute for Physical Culture

Final Scientific Conference. — December 18—19, 2006. — Saint-Petersburg, 2006. — P. 201—205.

4. *Ivaschenko L.Ya.* Programming training in fitness and wellness / L. Ya. Ivaschenko, A. L. Blagiy, Yu. A. Usachev. — Kyiv: Scientific word, 2008. — 198 p.

5. *Makarov S. V.* Polymorphism Angiotenzin converting enzyme gene, alpha actinin-3 gene, and anthropometric characteristics / S. V. Makarov, M. A. Negasheva, A. B. Milgotina, I. V. Piskorskaya // Medical Genetics. — 2007. — V. 6, N 1. — P. 43—47.

6. *Benton C. R.* PGC-1alpha-mediated regulation of gene expression and metabolism: implications for nutrition and exercise prescriptions / C. R. Benton, D. C. Wright, A. Bonen // Appl. Physiol. Nutr. Metab. — 2008. — 33(5). — P. 843—862.

7. *Bouchard C.* Individual differences in response to regular physical activity / C. Bouchard, T. Rankinen // Med. Sci. Sport. Exerc. — 2001. — 33. — P. 446—451.

8. *Boulé N. G.* Effects of exercise training on glucose homeostasis: the HERITAGE Family Study / N. G. Boulé, S. J. Weisnagel, T.A. Lakka et al. // Diabetes Care. — 2005. — 28, (1). — P. 108—114.

9. *Bray M. S.* The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update / M. S. Bray, J. M. Hamberg, L. Perrusse, T. Raikinen, S. M. Roth, B. Wolfarth, C. Bouchard // Medicine & Science in Sports & Exercise. — Vol. 41, N 1. — P. 35—73.

10. *Brito E. C.* Perspective on the future use of genomics in exercise prescription / E. C. Brito, P. W. Franks // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104, 1248. — P. 8750—7587.

11. *Druzhevskaya A. M.* Association of MYF6 and PGC1A gene variants with power performance and muscle size in bodybuilders / A. M. Druzhevskaya, I. I. Ahmetov, E. K. Ryabinkova, R. R. Dondukovskaya, A. A. Topanova, I. A. Mozhayskaya, I. V. Astratenkova, A. Y. Nazarenko // 12th Ann. Congress ECSS. — Finland: Book of Abstracts. — 2007. — P. 355—356.

12. *Li S.* Physical activity attenuates the genetic predisposition to obesity in 20,000 men and women from EPIC-Norfolk prospective population study / S. Li, J. H. Zhao, U. Ekelund, R. N. Luben et al. // PloS Med. — 2010. — 7 (8), P. 1—9.

13. *Lucia A.* PPARGC1A genotype (Gly482Ser) predicts exceptional endurance capacity in European men / A. Lucia, R. Gomez-Gallego, I. Barroso, et al. // J. Appl. Physiol. — 2005. — Vol. 9, N 1. — P. 344—348.

14. *King M. C.* Breast and ovarian cancer risk due to inherited mutations in BRCA1 and BRCA2 / M. C. King, J. H. Marks, J. B. Mandell // Science. — 2003. — 302. — P. 643—646.

15. *Pescatello L. S.* Perspective on the future use of genomics in exercise prescription / L. S. Pescatello // J. Appl. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1247.

16. *Rankinen T.* Genetic differences in the relationships among physical activity, fitness, and health. Physical Activity and Health / T. Rankinen, C. Bouchard. — Human Kinetics, 2007. — P. 348—354.

17. *Rankinen T.* Invited commentary: Physical activity, mortality, and genetics / T. Rankinen, C. Bouchard // Am. J. Epidemiol. — 2007. — Vol. 166. — P. 260—262.

18. *Rankinen T.* The human obesity gene map: the 2005 update / T. Rankinen, A. Zuberi, Y. C. Chagnon et al. // Obesity. — 2006. — Vol. 14. — P. 529—644.

19. *Roth S. M.* Perspective on future use of genomics in exercise prescription / S. M. Roth // J. App. Physiol. — 2008. — Vol. 104. — P. 1243—1245.

20. *Roth S. M.* Last Word on Viewpoint: Perspective on future use of genomics in exercise prescription / S. M. Roth // *J. Appl. Physiol.* — 2008. — Vol. 104. — P. 1254.
21. *Roth S. M.* The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite-level strength athletes / S. M. Roth, S. Walsh, D. Liu et al. // *Eur J Hum Genet.* — 2008. — Vol. 16. — P. 391—394.
22. *Timmons J. A.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / J. A. Timmons // *J. Appl. Physiol.* — 2008. — Vol. 104. — P. 1250.
23. *Timmons J. A.* Using molecular classification to predict gains in maximal aerobic capacity following endurance exercise training in humans / J. A. Timmons, S. Knudsen, T. Rankinen, L. G. Koch, M. Sarzynski et al. // *J. Appl. Physiol.* — 2010. — Vol. 108, N 6. — P. 1487—96.
24. *Thomis M.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / M. Thomis // *J. Appl. Physiol.* — 2008. — Vol. 104. — P. 1251.
25. *Wagner P. D.* Commentary on Viewpoint: perspective on future use of genomic in exercise prescription / P. D. Wagner // *J. Appl. Physiol.* — 2008. — Vol. 104. — P. 1246.
26. Сайт фитнес-клуба “Goodlife fitness” [электронный режим] <http://www.goodlifefitness.com/>
27. Сайт фитнес-клуба «Equinox» [электронный режим] <http://www.equinox.com/>
28. Электронный журнал «Health» [электронный режим] <http://www.health.com/health/article/0,,20411568,00.html>
29. Сайт фитнес-клуба “Lifetime fitness” [электронный режим] <http://clubs.lifetimefitness.com/>

Надійшла 03.10.2011