

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ
ГРЕБЦОВ НА БАЙДАРКАХ С УЧЕТОМ ИХ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ
ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ
В.В. Шантарович¹, Е.Г. Каллаур²**

¹Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

²Полесский государственный университет, Беларусь

Изложены современные методы оценки физической подготовленности высококвалифицированных спортсменов–гребцов на байдарках. Рассматривается участие наследственной составляю-

щей (генетических полиморфизмов ACE I/D, PPARA G/C, полиморфизм 7-го интрона (rs4253778), PPARGC1A Gly482Ser (rs8192678)), HIF1A Pro582Ser (rs11549465), в развитии аэробных качеств спортсменов.

Приводятся результаты функциональных исследований по оценке физической подготовленности спортсменов.

Ключевые слова: спортсмены высокой квалификации, генетические полиморфизмы, газоанализ.

Развитие профессионального спорта тесно связано с совершенствованием деятельности по оценке физической подготовленности спортсменов к тренировочным и соревновательным нагрузкам. Коррекция тренировочного процесса (тип нагрузок, длительность, интенсивность тренировок) и планирование восстановительного периода должны осуществляться с учетом индивидуальных особенностей спортсмена. Выявление наследственной составляющей аэробных качеств дает возможность осуществлять коррекцию педагогического компонента тренировки, использовать индивидуальный потенциал спортсмена без риска травматизма и перетренированности. Успех выступления гребцов на байдарках в соревнованиях во многом зависит от научно-обоснованного управления тренировочным процессом, в основе которого лежит надежная информация об уровне подготовленности спортсменов на всех этапах тренировочного цикла.

В выявлении генетического потенциала физических качеств спортсмена используется молекулярно-генетический анализ, с помощью которого существует возможность подбора оптимальной физической деятельности и построения индивидуального тренировочного процесса с целью достижения высоких спортивных результатов без вреда для здоровья. В целом при определении уровня тренированности должно выполняться следующее положение. Индивидуальной нормой функционального состояния спортсмена служит диапазон возможного изменения тех показателей, которые характеризуют и определяют его ведущие функциональные системы [5, 6]. В гребле на байдарках при развитии физических качеств доминируют динамические упражнения циклического характера, которые вовлекают в работу большие группы мышц. В специальной подготовке широко используются сочетания различных видов упражнений, но основным средством для развития этого качества являются специфические упражнения [4, 6]. Различная скорость прироста общей и специальной выносливости определяет направленность и содержание физических упражнений [4].

Цель настоящего исследования состояла в выявлении взаимосвязи между результатами физической подготовки и генетической предрасположенности к физическим нагрузкам различной направленности спортсменов высокой квалификации, гребцов на байдарках для планирования тренировочной программы с учетом их генетических особенностей.

Материалы и методы исследования

По адаптированной для гребцов на байдарках методике было протестировано 30 спортсменов Национальной команды Республики Беларусь по гребле на байдарках и каноэ, 9 женщин (средний возраст $21,6 \pm 1,3$ лет) и 21 мужчина (средний возраст $24,2 \pm 1,6$ лет). Уровень спортивного мастерства обследованных спортсменов: 4 заслуженных мастера спорта, 10 мастеров спорта международного класса, 16 мастеров спорта. Тестирование выполняли в базовом периоде подготовки.

Исследования аэробной продуктивности спортсменов проводились на базе НИЛ олимпийских видов спорта УО «Гомельский государственный университет». Адаптационные реакции кардиореспираторной системы спортсменов оценивали при помощи портативного эргоспирометра Cortex MetaMax 3В. Все спортсмены выполняли два вида тестов на гребном тренажере: работу стандартной мощности нагрузки и работу ступенчато-возрастающей мощности нагрузки. В тесте использовали следующий протокол проведения испытаний:

- отдых в течение 1 мин (психологическая подготовка к проведению теста);
- основная нагрузка: тестирующая работа предполагала прохождение дистанции 1000 м трижды с постепенным увеличением скорости прохождения дистанции и интервалом отдыха между отрезками 3 мин.

Перед началом испытаний проводили калибровку газоанализаторов с использованием газовой смеси со стандартными концентрациями кислорода и углекислого газа, а также осуществляли объемную калибровку волюметра используемого прибора. По окончании теста на 3й минуте восстановления определяли цифры максимальной концентрации молочной кислоты в капиллярной крови [5]. В качестве критериев достижения максимального потребления кислорода (МПК, или VO_{2max}) были приняты [5, 6]:

- наличие на кривой зависимости уровня потребления кислорода от мощности выполняемого упражнения;
- учащение пульса свыше до значений не менее 95% от расчетных максимальных (т.е. 180 – 200 уд./мин);
- достижение значений концентрации лактата крови свыше 7 ммоль/л.

Определение индивидуальных значений порога анаэробного обмена (ПАНО) проводили с использованием «перекрестного метода» по К. Wasserman et al. [6]. По данным легочной вентиляции определялся линейный участок взаимосвязи VO_{2max} с ЧСС. На графике вычерчивалась эта линия и затем проводилась вторая линия, параллельная первой, но выше на 10 л/мин легочной вентиляции. Далее фиксировался момент пересечения реальной кривой легочной вентиляции со второй параллельной линией. Этот момент принимался за оценку ПАНО по легочной вентиляции.

Генотипирование спортсменов выполнялось на базе НИЛ лонгитудинальных исследований УО «Полесский государственный университет». Для молекулярно-генетического анализа использовали образцы ядерной ДНК, полученные путём забора эпителиальных клеток ротовой полости, с применением стерильного зонда. Выделение геномной ДНК осуществляли перхлоратным методом с последующей преципитацией ДНК 96% этанолом [1]. В работе использовались высокочувствительные методы молекулярной генетики: ПЦР–полимеразная цепная реакция; ПДРФ–полиморфизм длин рестрикционных фрагментов. ПЦР проводилась по стандартным методикам на автоматических термоциклерах Biometra (Biometra, Germany). Используя метод ПЦР с последующим ПДРФ–анализом, определяли следующие полиморфизмы: I/D полиморфизм гена ACE, Gly482Ser полиморфизм гена PPARGC1A, Pro582Ser (C/T) полиморфизм гена HIF1 α и G/C полиморфизм 7–го интрона гена PPARA. Рестрикционные фрагменты после рестрикции разгоняли в 2,5% агарозном геле, содержащем 10 мкг/мл бромистого этидия. Визуализация ДНК после электрофоретического разделения продукта ПЦР и гель – документирования в проходящем ультрафиолетовом свете, проводилась при помощи трансиллюминатора, с применением цифровой компьютерной видеосъемки на приборе GDS–8000 ("UVP", США).

Обработку данных, полученных в результате исследований, проводили традиционными методами математической статистики с использованием стандартного программного обеспечения для IBM PC (пакет прикладных программ Statistica 6.0 ("StatSoft", США), Excel–2002 (США). Для оценки частот распределения аллелей в выборке спортсменов использовали подсчет средней величины и ошибки средней величины. Дисперсионным анализом было установлено различие средних количественных показателей, характеризующих состояние спортсменов в группах, в зависимости от носительства полиморфных вариантов генов. Достоверность различий устанавливали с использованием критерия t Стьюдента при 5% уровне значимости. С целью установления наличия функциональных связей между полиморфизмами генов и показателями газоанализа, был выполнен метод множественного регрессионного анализа.

1.1 Физиологические механизмы мышечной деятельности и их оценка в гребном спорте

Гребля на байдарках – один из немногих видов спорта, который задействует в работу 95% мышц, и требует от спортсмена развития комплекса физических качеств (силы, выносливости и быстроты).

В основе физической работоспособности лежат определенные физиологические механизмы, исследование которых имеет значение для контроля за подготовкой спортсменов. Аэробная производительность определяется функциональными резервами системы транспортирующей кислород (системы дыхания, сердечно–сосудистой, крови) и системы тканевого дыхания. Анаэробную производительность определяют мощность внутриклеточных анаэробных систем и запасы в мышцах энергетических веществ. Анаэробная производительность определяется максимальной величиной кислородного долга и максимальной величиной концентрации молочной кислоты в крови. Об эффективности энергообразования можно судить по уровню порога анаэробного обмена /ПАНО/.

Основным показателем аэробной производительности является максимальное потребление кислорода (МПК). Этот показатель представляет собой количество потребляемого кислорода в одну минуту при такой мощности работы, когда дальнейшее ее увеличение не сопровождается повышением потребления кислорода. Аэробная мощность может определяться как прямым, так и не прямым путем. Метод прямого измерения трудоемкий и требует газоаналитической и эргометрической аппаратуры. Аэробная продуктивность и тесно связанная с ней общая выносливость лимитируются мощностью и эффективностью окислительных процессов, а также, мощностью и стойкостью функциональных систем, обеспечивающих доставку кислорода в ткани, и субстратов

окисления [4]. Наиболее адекватным показателем аэробной мощности является максимальное потребление кислорода ($VO_2 \max$), особенно его относительная величина (в пересчете на кг массы тела) [4, 5]. Зависимость уровня аэробных способностей человека от наследственных особенностей была установлена ещё в 80-е годы прошлого века [5]. Исследованиями К. Бушара и его коллег [7] доказано, что прирост $VO_2 \max$ под влиянием физических тренировок имеет высокую генетическую зависимость. В недавних исследованиях установлено, что наследственность влияет на уровень увеличения МПК во время 20 – недельной тренировочной программы на 47% [1, 3].

Прирост работоспособности при подготовке спортсмена определяется в основном тренировочной и соревновательной деятельностью, а также восстановительными мероприятиями. Они содержат набор элементов, которые функционально связаны между собой. Результаты тестирований и контрольных испытаний используются для сравнения с показателями модели и исходным уровнем состояния гребца. Основная цель контроля – выяснение эффекта применения средств и методов тренировки на изменение функционального состояния. Определяется также, в какой степени планируемые нагрузки адекватны состоянию спортсмена. Для определения объемов нагрузок, направленных на развитие аэробных систем организма, необходимо оценить динамику таких показателей, как мощность работы на уровне аэробного и анаэробного порога. Эти показатели соотносятся с критической мощностью работы, при которой достигается предельный уровень аэробных процессов. Следует подчеркнуть, что аэробно–анаэробный переход характеризуется системными сдвигами функционирования организма спортсмена: непропорциональным увеличением минутного объема дыхания, приростом величины дыхательного коэффициента, экспоненциальным нарастанием концентрации лактата. Критерием интенсивности работы на уровне анаэробного порога служит превышение показателей, соответствующих началу накопления лактата.

При анализе факторов, ограничивающих работоспособность в гребле на байдарках, оцениваются следующие комплексные критерии:

- длительность работы на максимальном уровне функционирования каждой биоэнергетической системы, а также способность выполнять работу при усилении утомления;
- мощность и емкость функциональных систем организма в условиях напряженной физической деятельности;
- экономичность выполнения работы при физических нагрузках различной интенсивности.

1.3. Генетические предпосылки гребцов на байдарках к физическим нагрузкам

Выявление показателей эффективности функционирования при предельных физических нагрузках необходимо в практической деятельности в связи с тем, что они определяются совокупным участием генетически детерминированных параметров жизнедеятельности [5]. Согласно современным представлениям адаптационные реакции сердечно–сосудистой системы являются проявлением аэробных возможностей спортсменов и определяются комбинацией полиморфизмов генов [1, 2, 3]. Бурное развитие молекулярно–биологических методов за последние десятилетия позволяет определить полиморфизмы ядерных генов, способствующие развитию высоких аэробных возможностей. На сегодняшний день генетическая карта физической активности человека [1] насчитывает больше 214 генов, полиморфизмы которых ассоциированы с развитием и проявлением физических качеств, а также, функциональными показателями, изменяющимися под влиянием физических нагрузок различной направленности.

При анализе генетических предпосылок адаптации к физическим нагрузкам следует отметить ряд особенностей. В спортивной деятельности гребцов на байдарках определяющее значение имеет уровень развития таких качеств, как выносливость, устойчивость к экстремальным воздействиям, индивидуальная чувствительность к гипоксии [1].

В семейство ядерных рецепторов, активируемых пролифераторами пероксисом, входит ген $PPAR\alpha$. Он кодирует белок, который при участии ко–активатора $PGC-1\alpha$ (кодируется геном $PPARGC1\alpha$) имеет свойство специфически связываться с $PPAR$ –чувствительными элементами промоторов генов, влияющих на жировой и углеводный метаболизм, и регулировать их транскрипцию. Из–за этой особенности они относятся к транскрипционным факторам. $PPAR$ – RXR –комплексы активизируются при повышенных запросах в энергообеспечении (голод, интенсивные физические нагрузки, другие стрессовые ситуации) [3]. При физических нагрузках аэробного характера происходит повышение экспрессии как гена $PPAR\alpha$, так и каскада подчиненных ему генов, что в итоге улучшает окислительную способность скелетных мышц [5]. Среди изученных полиморфизмов гена альфа–рецептора, активируемого пролифераторами пероксисом (*peroxisome*

proliferator-activated receptor alpha gene – PPAR α), можно выделить G/C полиморфизм 7-го интрона (rs4253778). Носители аллеля G гена PPAR α в большей степени предрасположены к видам спорта с преимущественным проявлением выносливости, по сравнению с носителями аллеля C, поскольку имеют достаточный уровень обмена жиров и углеводов [5]. Интенсивность метаболических процессов в скелетных мышцах при длительных физических нагрузках значительно повышается за счёт увеличения числа митохондрий в клетках и усиления окисления жирных кислот.

Существенный вклад в возникновение таких метаболических изменений вносит ген PPARGC1 α , уровень экспрессии которого резко возрастает при длительной физической нагрузке. Особый интерес среди всех обнаруженных вариаций в гене PPARGC1 α представляет Gly482Ser-полиморфизм (rs8192678). Он заключается в замене нуклеотида G на A в положении 1444 8 экзона и приводит к замещению глицина на серин в аминокислотном положении 482 белка PPARGC1 α . В ходе исследования с участием высоко квалифицированных испанских спортсменов, занимающихся видами спорта на выносливость, была выявлена связь аллеля Gly гена PPARGC1 α с высокими показателями максимального потребления кислорода и, соответственно, с высокой физической работоспособностью. Частота аллеля Ser у этих спортсменов была значимо ниже (29,1% против 40,0%; P=0,01) по сравнению с контрольной группой [6]. На основании выше изложенного можно предположить, что частота аллеля Gly PPARGC1 α должна быть выше в группе стайеров, а аллеля Ser – в группе спринтеров.

Ангиотензин-конвертирующий фермент (ACE) катализирует превращение ангиотензина I в ангиотензин II, который является ключевым ферментом ренин-ангиотензиновой системы. Ген ACE регулирует работу сердечно-сосудистой системы и влияет на анаболические процессы в организме. На основе определения полиморфизма гена ACE можно выделить два альтернативных состояния (аллели) этого гена – I и D. Соответственно, индивиды могут относиться к носителям генотипа II (предрасположенность к проявлению выносливости), DD (предрасположенность к развитию быстроты и силы, высокий риск возникновения чрезмерной гипертрофии миокарда при выполнении длительных физических нагрузок) и ID (умеренная предрасположенность ко всем перечисленным признакам) [2].

Основная функциональная роль транскрипционного фактора устойчивости к гипоксии HIF 1 α – участие в адекватной адаптации организма к гипоксии. Полиморфизм гена Pro582Ser гена HIF1 α определяет способность восстановления тканей после активной физической деятельности [2].

Многочисленными исследованиями доказано, что способность организма переносить большие объемы физических нагрузок генетически закреплена в наследственном аппарате клетки. Они способны меняться под воздействием выполняемых тренировочных программ. Принадлежность к определенному генетическому типу определяется совокупностью морфологических показателей [2, 5]. Перспектива использования генетических данных для индивидуального подхода к тренировочному процессу может быть определена с помощью тестирования функционального состояния организма. Функциональное состояние – системное состояние организма, единый комплекс его физиологических и психологических функций, объединённых общей единой целью и развёртывающихся согласно фиксированной или формирующейся в процессе деятельности системы [2].

Результаты и их обсуждение. По гену ACE мы обнаружили следующее распределение по генотипам у гребцов на байдарках: генотип II встречался у 7 спортсменов (23,3% случаев), ID – у 14 спортсменов (46,7% случаев) и DD – у 8 спортсменов (30,0% случаев) (таблица 1). Таким образом, в зависимости от возможности кровенаполнения работающих органов, в первую очередь скелетных мышц и миокарда, были выделены спортсмены, предрасположенные к проявлениям выносливости и спортсмены, предрасположенные к развитию быстроты и силы.

На основе определения полиморфизма G/C 7-го интрона PPAR α , являющегося регулятором обмена веществ, можно также выделить 3 генотипа: GG (преобладание аэробного метаболизма в миокарде), GC (смешанный метаболизм в миокарде) и CC (преобладание анаэробного метаболизма в миокарде, высокий риск возникновения чрезмерной гипертрофии миокарда при выполнении длительных физических нагрузок) [1]. Генотип GG встречался у 20 спортсменов (66,7% случаев), GC – у 10 спортсменов (33,3% случаев) (таблица 1).

На основе определения полиморфизма Gly482Ser гена PPARGC1A, являющегося коактиватором многих метаболических процессов, можно также выделить 3 генотипа: 482GlyGly (преобладание аэробного метаболизма), 482GlySer (смешанный метаболизм) и 482SerSer (преобладание анаэробного метаболизма, высокий риск возникновения чрезмерной гипертрофии миокарда при выполнении длительных физических нагрузок) [1]. Генотип 482GlyGly встречался у 6 спортсме-

нов (20,0% случаев), 482GlySer – у 20 спортсменов (66,7% случаев), 482SerSer – у 4 спортсменов (13,3% случаев) (таблица 1).

В локусе Pro582Ser гена HIF1 α , являющегося фактором устойчивости к гипоксии, выделяют три генотипа: 582Pro (высокая устойчивость к гипоксии), 582 ProSer (средняя устойчивость к гипоксии), 582Ser (низкая устойчивость к гипоксии). Генотип 582Pro встречался у всех спортсменов (100,0% случаев), что свидетельствует о высоком качестве отбора (таблица 1). Так как функциональная роль транскрипционного фактора HIF 1 α – участие в адекватной адаптации организма к гипоксии, отсутствие достоверной разницы в наследовании генотипов можно объяснить тем, что с повышением уровня квалификации спортсменов, уровень их адаптации к гипоксии требует надежных механизмов обеспечения на всех уровнях защиты [2]. Учитывая, что в общей выборке гребцов отсутствовали носители мутационных генотипов гена HIF1 α (Pro582Ser), исследование ассоциативных связей системы гена HIF1 α с показателями физической работоспособности не проводилось.

Таблица 1 – Распределение частот аллелей изученных маркеров генов и их ассоциация с показателями физической работоспособности в общей выборке гребцов на байдарках высокой спортивной квалификации

Локус	Аллели	Частота	Показатели физической работоспособности по результатам газоанализа		
			VO ₂ max, Мл/кг/мин	ЧСС на уровне МПК, уд/мин	VO ₂ max /ЧСС, мл
ACE I/D	I	0,5472± 0,0483	63,5±5,7(муж) 46,6±7,2 (жен)	183,2±1,9(муж) 172,4±3,1 (жен)	29,7±1,1(муж) 19,7±0,8 (жен)
	D	0,4528± 0,0483	64,4±5,4(муж) 45,5±4,3 (жен)	184,5±2,7(муж) 176,4±1,8 (жен)	32,4±0,9(муж) 21,8±0,9 (жен)
PPAR α G/C ин- трон 7	G	0,5577± 0,0487	67,3±4,2 (муж) 54,4±5,8 (жен)	180,4±2,5 (муж) 178,2±4,4 (жен)	30,0±0,7(муж) 15,8±1,2 (жен)
	C	0,4423± 0,0487	64,5±3,2 (муж) 52,5±3,9 (жен)	179,3±2,4 (муж) 170,8±4,0 (жен)	27,9±0,8(муж) 17,4±1,1 (жен)
PPARGC 1AGly48 2Ser	482Gly	0,6132± 0,0473	68,6±4,3 (муж) 55,2±4,6 (жен)	186,4±2,8 (муж) 164,9±3,2(жен)	29,9±1,0(муж) 18,4±0,9 (жен)
	482Ser	0,3868± 0,0468	61,1±2,7 (муж) 43,6±7,4 (жен)	182,7±3,9 (муж) 178,3±4,6 (жен)	30,8±0,8(муж) 16,9±0,9 (жен)

Показатели аэробных возможностей коррелировали со спортивными результатами. В табл. 1 приведены усредненные показатели основных компонентов общей работоспособности в исследованной выборке.

К числу факторов, лимитирующих аэробную работоспособность, относится состояние кровообращения в скелетной мускулатуре и миокарде. Анализ ассоциаций генотипов исследованных полиморфных систем с показателями функционального тестирования выявила ассоциацию значений МПК за тест с полиморфизмами гена ACE. Наилучшие показатели МПК продемонстрировали мужчины, носители гомозиготного генотипа II, в то время как наиболее низкие аэробные возможности – гомозиготы DD (61,1 и 57,2 мл/кг/мин, соответственно, $p=0,019$). Анализ ассоциаций генотипов у женщин и других полиморфных систем в общей выборке спортсменов с показателями аэробной выносливости не выявил каких-либо достоверных ассоциаций со значениями МПК. Для гена ACE была обнаружена также следующая закономерность в общей выборке спортсменов: ЧСС на уровне МПК у носителей аллеля I составила в среднем 190 уд/мин, у носителей делеционного аллеля D – 184 уд/мин ($p=0,04$) (табл. 1).

Снижение значений МПК наблюдалось у носителей комбинации аллелей 482Ser гена PPARGC1A и D гена ACE (54,6 мл/мин/кг, $p=0,26$). Несмотря на отсутствие достоверных ассоциаций гена PPARGC1A в общей выборке спортсменов, были выявлены различия в частотах генотипов гена PPARGC1A в группах с низким (1) (39–46 мл/мин/кг), средним (2) (47–59 мл/мин/кг) и высоким (3) (60–68 мл/мин/кг) значением МПК.

Таблица 2 – Усредненные значения показателей аэробной работоспособности в выборке гребцов на байдарках высокой спортивной квалификации

Группы спортсменов	Показатели физической работоспособности по результатам газоанализа		
	VO2 max, мл/кг/мин	ЧСС на уровне МПК, уд/мин	VO2 max /ЧСС, мл
Спортсмены	58,0±7,1	188,2±2,7	25,1±3,4
1	42,5±3,5	192,4±1,9	24,5±2,1
2	50,4 ±2,4	188,6±2,1	26,1±2,7
3	63,7±4,3	185,7±2,4	29,2±1,8

Увеличение значения показателя МПК ассоциировано с увеличением частоты наследования генотипа 482GlyGly гена PPARGC1A. В группе спортсменов, имеющих самые низкие значения МПК (39–46 мл/мин/кг), частота наследования этого генотипа составляет 32,3%, тогда как в группе с наиболее высоким значением МПК – 69,6%. Данные результаты подтверждают предположение о генетической предрасположенности носителей генотипа 482GlyGly гена PPARGC1A к повышенному потреблению кислорода у гребцов на байдарках.

Таким образом, исследование ассоциации показателей физической работоспособности спортсменов, гребцов на байдарках с носительством полиморфных вариантов генов ACE (I/D) и PPARGC1A (Gly482Ser), позволяет сделать вывод о генетической предрасположенности к работе на выносливость у спортсменов, носителей гомозиготных генотипов II гена ACE и 482GlyGly гена PPARGC1A. Наследование полиморфизмов гена PPARα (G/C интрон 7) не было ассоциировано по результатам проведенного исследования с показателями аэробной работоспособности у гребцов на байдарках.

Выводы:

1. Современные методы оценки физической подготовленности гребцов на байдарках высокой квалификации должны включать методы газоанализа и эргоспирометрии, позволяющие определить аэробные возможности спортсменов.

2. Аэробные возможности гребцов на байдарках генетически закреплены в наследственном аппарате клетки. Носители гомозиготных генотипов II гена ACE и 482GlyGly гена PPARGC1A имеют более высокие значения показателей аэробной работоспособности.

3. Показатели наследственной составляющей возможностей энергообеспечения физической нагрузки и состояния гемодинамики в скелетных мышцах и миокарде, наряду с показателями функционального состояния спортсменов, могут быть учтены для коррекции педагогического компонента тренировки, чтобы иметь возможность использовать индивидуальный потенциал спортсмена без риска травматизма и перетренированности в процессе подготовки.

4. Управление тренировочным процессом квалифицированных гребцов на байдарках должно включать следующие компоненты:

- структура соревновательной деятельности, получаемой при анализе результатов спортивных соревнований, оценка эффективности старта и финиша, тактических вариантов, средней скорости на дистанции, выполняется в сравнении с модельными характеристиками параметров соревновательной деятельности;
- показатели тренировочной деятельности, по которым анализируется выполнение программы подготовки, обобщаются с учетом объема и направленности физических нагрузок, сравниваются показатели выполненных объемов тренировочных нагрузок с запланированными, что позволяет корректировать процесс подготовки спортсменов;
- результаты тестирования и сравнение с модельными характеристиками служит основой для оценки адаптации к тренирующим воздействиям.

Литература:

1. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: состояние и перспективы // Педагогико–психологические и медико–биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2007. – Т.4. – №5. – С.87–103.
2. Ахметов, И.И. Молекулярно–генетические маркеры физических качеств человека. Дис. на соискание уч. ст.д.м.н. – Москва, 2010. – 344 с.

3. Павлов, С.Е. Гипотеза о функциональности генома в свете внедрения генетических исследований в практику спорта // II Всероссийская (с международным участием) научно–практическая конференции «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011». – Сочи, 16–18 июня 2011 г. – С.61–63.

4. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения. Киев: Олимпийская литература. 2004. – 808 с.

5. Серебровская, Т.В., Филиппов М.М. К исследованию генотипической обусловленности показателей газового состава и кислотно–основного состояния крови при различных воздействиях на организм // Физиологический журнал. – 1983. – Т.ХХІХ. – №1. – С.48–52.

6. Шинкарук, О.А. Обґрунтування використання фізіологічних показників як критеріїв відбору спортсменів у циклічних видах спорту // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту. – 2004. – №3. – С.52–55.

7. Bouchard, C., Sarzynski, M.A., Rice, T.K., Kraus, W.E., Church, T.S., Sung, Y.J., Rao, D.C., Rankinen, T. Genomic Predictors of Maximal oxygen Uptake response to standardized exercise training programs // J.Appl. Physiol. – 2010.