

УДК 572.51 : 796. 015. 82

С.Б. МЕЛЬНОВ, доктор биол. наук, профессор
профессор кафедры анатомии¹



Г.М. БРОНОВИЦКАЯ, канд. мед. наук, доцент,
профессор кафедры анатомии¹



Е.Б. КОМАР, канд. биол. наук, доцент,
заведующая кафедрой анатомии¹



Н.В. БАНЕЦКАЯ, кан. биол. наук, доцент,
доцент кафедры анатомии¹



И.М. СУВорова

старший преподаватель кафедры анатомии¹

¹Белорусский государственный университет физической культуры,
г. Минск, Республика Беларусь



Статья поступила 5 декабря 2022 г.

**АНАЛИЗ АНТРОПОГЕНЕТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ
РАННЕГО СПОРТИВНОГО ОТБОРА**

В статье проанализированы данные литературы, а также результаты собственных исследований морфогенетических особенностей организма с целью использования их в спортивном отборе, спортивной ориентации и для оценки перспективности спортсмена.

Согласно плану научных исследований Белорусского государственного университета физической культуры, сотрудниками кафедры анатомии проводится исследование антропометрического статуса начинающих и опытных спортсменов различных видов спорта для уточнения антропометрических стандартов и модельных характеристик с целью повышения эффективности отбора на ранних стадиях тренировочного процесса.

Представленные в статье данные носят промежуточный характер и отражают перспективы развития этого направления в университете. Результаты проведенного исследования позволяют констатировать, что самым перспективным для отбора начинающих спортсменов является комплексный подход, основанный на данных антропометрии и антропогенетики. Обязательным условием улучшения ситуации является широкое внедрение в практику тренерской работы современных методов антропологии и антропогенетики.

Ключевые слова: морфогенетические особенности организма, ранний спортивный отбор, антропогенетика.

MELNOV S.B., Doctor of Biol. Sc., Professor
Professor of the Department of Anatomy¹

BRONOVITSKAYA G.M., PhD in Med. Sc., Associate Professor
Professor of the Department of Anatomy¹

KOMAR E.B., PhD in Biol. Sc., Associate Professor
Head of the Department of Anatomy¹

BANETSKAYA N.V., PhD in Biol. Sc., Associate Professor
Associate Professor of the Department of Anatomy¹

SUVOROVA I.M., Senior Lecturer of the Department of Anatomy¹
¹Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Republic of Belarus

ANALYSIS OF ANTHROPOGENETIC ASPECTS EARLY SPORT SELECTION

The article analyzes the data from the literature, as well as the results of our own studies of morphogenetic features of the body in order to use them in sports selection, sports orientation and to assess the prospects of the athlete.

According to the research plan of the Belarusian State University of Physical Culture, the anthropometric status of novice and experienced athletes of different sports is studied by the staff of the Anatomy Department to clarify anthropometric standards and model characteristics in order to improve the selection efficiency at the early stages of the training process.

The data presented in the article are of intermediate character and reflect the prospects of development of this direction in the university. The results of this study allow us to state that the most promising for the selection of novice athletes is a comprehensive approach based on anthropometry and anthropogenetics data. An obligatory condition for improving the situation is the wide introduction of modern methods of anthropology and anthropogenetics into the practice of coaching.

Keywords: morphogenetic features of the organism, early sports selection, anthropogenetics.

Введение. Принимая во внимание многообразие и разветвленность различных сфер изучения человека, нами для исследования была выбрана спортивная антропология.

Основная задача спортивной антропологии состоит в изучении спортсменов различных специализаций и квалификаций с целью выработки критериев отбора в спорте, достижения оптимальных спортивных резуль-

татов, а также возможностей длительного сохранения спортивной формы [3,6]. Подобного рода исследования сегодня весьма актуальны: так как классические педагогические приемы практически полностью себя исчерпали.

Современное возрождение спортивной антропологии связано, в первую очередь, с внедрением в нее генетических подходов. Это

событие можно условно разделить на два главных периода: феноменологический (выявление генов-маркеров спортивной успешности) и аналитический (попытка оценки и прогнозирования комплексного формирования того или иного признака фенотипа).

На сегодняшний день спортивная антропология совершила значительный рывок за счет более глубокой интеграции в свою структуру достижений современной науки, таких как антропогенетика, антропоэкология и достижений современной биомедицинской науки, особенно в области скрининговых исследований.

Обзор литературы. Современная спортивная антропология решает четыре важные задачи:

1. Начальный отбор и профилирование начинающих спортсменов.

2. Генетическое прогнозирование процесса формирования определенного «профильного» телосложения, определяемого сложным генетическим статусом у представителей различных спортивных специализаций.

3. Индивидуализация тренировочного процесса и питания спортсмена с учетом наследственно преддетерминированных особенностей его организма.

4. Ориентация жителей различных экологических зон в выборе спортивной специализации и индивидуализация подготовки к высоким достижениям в различных условиях среды (антропоэкология).

Особое значение при решении этих задач в настоящее время приобретает именно антропогенетика, как стандартизированный

инструмент, который должен широко использоваться при отборе и профилировании. Однако, на сегодняшний день он мало изучен и еще менее известен в нашей стране практикующим тренерам.

Сегодня современная спортивная антропология рассматривается как научное направление, которое синтезирует опыт, знания и методы таких пограничных дисциплин как анатомия, физиология, генетика, спортивная морфология и др.

Результаты собственных исследований. Методическую базу современной антропологии составляют как классические, так и инновационные методы: антропоскопия, антропометрия, краниология, остеология, одонтология, дерматоглифика, палмоскопия, плантография, пластическая реконструкция, исследования крови, микроанатомия, генетика, антропоэкология и др.

В проведенном анализе изученной литературы, соответственно тематике первого этапа научно-исследовательской работы, основной упор был сделан на спортивную антропометрию, как на наиболее доступный метод, потенциальные возможности которого используются весьма незначительно. Нами в стандартном подходе предполагается определять до 40 параметров, включая продольные, поперечные и обхватные размеры тела испытуемых, а также кожно-жировые складки в общепринятых зонах.

На предварительном этапе по антропометрическим показателям было обследовано 128 юношей и 112 девушек различных спортивных специализаций (табл.1).

Таблица 1. – Количество обследованных спортсменов

Вид спорта	Юноши	Девушки
Баскетбол	29	39
Волейбол	27	37
Гребля на байдарках	14	4
Футбол	21	–
Хоккей	19	–
Современное пятиборье	10	11
Легкая атлетика	–	9
Теннис	–	7
Таэквондо	8	5
Всего	128	112
	240	

Своеобразием внешней выраженности генетической конституции

являются фенотипические маркеры, – устойчивые признаки организма, тесно связанные с его генотипом. Одни маркеры являются абсолютными (дерматоглифика, одонтоглифика, группа крови, доминантность полушария головного мозга), другие – условные (темперамент, характер и др.).

Об эффективности такого подхода могут служить данные дерматоглифического анализа спортсменов различных видов спорта (табл. 2).

Для стран с небольшим населением потеря хотя бы нескольких спортивных талантов может существенно сказаться на результа-

тивности соревновательного процесса, что подчеркивает особую важность правильного раннего отбора.

В связи с отмеченным, морфогенетические особенности спортсменов изучаются во всех передовых в спортивном отношении странах мира,

что позволяет оценивать перспективность «соискателей». Однако несмотря на то, что актуальность изучения этих вопросов очевидна, прогресс и темпы их разработки недостаточны. Наследственное влияние на различные физические качества не однотипны (табл. 3).

Таблица 2. – Особенности пальцевой дерматоглифики спортсменов

Вид спорта	Типы пальцевых узоров		
	A*%	L*%	W*%
Плавание	15,7	62	22,3
Легкая атлетика	12,5	65,4	22,1
Спортивная акробатика	13,2	67,8	21,0
Лыжные гонки	10,0	70,4	19,6
Фигурное катание	17,1	55,7	27,1
Волейбол	9,4	71,1	19,4
Спортивные танцы	10,0	59,5	30,5
Спортивная гимнастика	10,7	54,3	35,0
Художественная гимнастика	5,9	63,2	30,9
Гандбол	5,0	62,1	32,9
Спортивная аэробика	7,19	57,8	35,0
Борьба	5,0	61,8	33,2
Тэквондо	3,2	53,2	43,6
Фехтование	1,7	50,0	48,3

Примечание – Основные характеристики пальцевой дерматоглифики: A – частота встречаемости дуг, %; L – частота встречаемости петель, %; W – частота встречаемости завитков, %

Таблица 3. – Коэффициент наследуемости (H) некоторых морфофункциональных признаков организма человека

Морфофункциональный признак	Коэффициент наследуемости, %
Состав мышечных волокон	90
Максимальное потребление кислорода	80
Динамометрические показатели силы руки	60
Масса тела	65
Общая выносливость	65
Взрывная сила	68
Кожно-жировая складка	88
Длина тела	80

Для различных элементарных проявлений качества быстроты (времени простых и сложных двигательных реакций, максимального темпа движения, скорости одиночных двигательных актов – ударов, прыжков, метаний) получены высокие показатели наследуемости. С помощью близнецового генеалогического метода подтверждена высокая зависимость от врожденных

качеств ($H=0,70-0,90$) показателей скоростного бега на короткие дистанции, теппинг-теста, кратковременного педалирования на велоэргометре в максимальном темпе, прыжков в длину с места и других скоростных и скоростно-силовых упражнений. Высокая генетическая обусловленность получена также для качества гибкости. Меньше генетические влияния выражены для показателей абсолютной мышечной силы. Так, коэффициенты наследуемости для динамометрических показателей силы правой руки составляют $H \approx 0,61$; для левой руки – $H \approx 0,59$; становой силы – $H \approx 0,64$; но для показателей времени простой двигательной реакции $H \approx 0,84$; сложной двигательной реакции – $H \approx 0,80$. В наименьшей степени наследуемость обнаруживается для показателей выносливости к длительной циклической работе и качеству ловкости (координационных

возможностей и способности формировать новые двигательные акты в необычных условиях).

Другими словами, наиболее тренируемыми физическими качествами являются ловкость, общая выносливость и некоторые другие, а наименее тренируемыми – быстрота и гибкость. Среднее положение занимают показатели силы.

В этом плане обращает на себя внимание классическая подготовка элитных спортсменов (рис.1).

Представленная пирамида отражает ситуацию отбора – поэтапное совершенствование качеств спортсменов сопряжено с уменьшением их количества, иными словами, с утратой потенциально значимых спортсменов на протяжении 8-10 и более лет. Эта закономерность не имеет особого значения для крупных стран с большим населением. Однако, для стран с небольшим населением, как Республика Беларусь, такая потеря может иметь критическое значение – количество их и без этого ограничено. Использование генов-маркеров, однозначно предопределяющих перспективность потенциального соискателя к определенному виду спорта, может сразу маркировать потенциал будущего спортсмена в самом начале его карьеры.

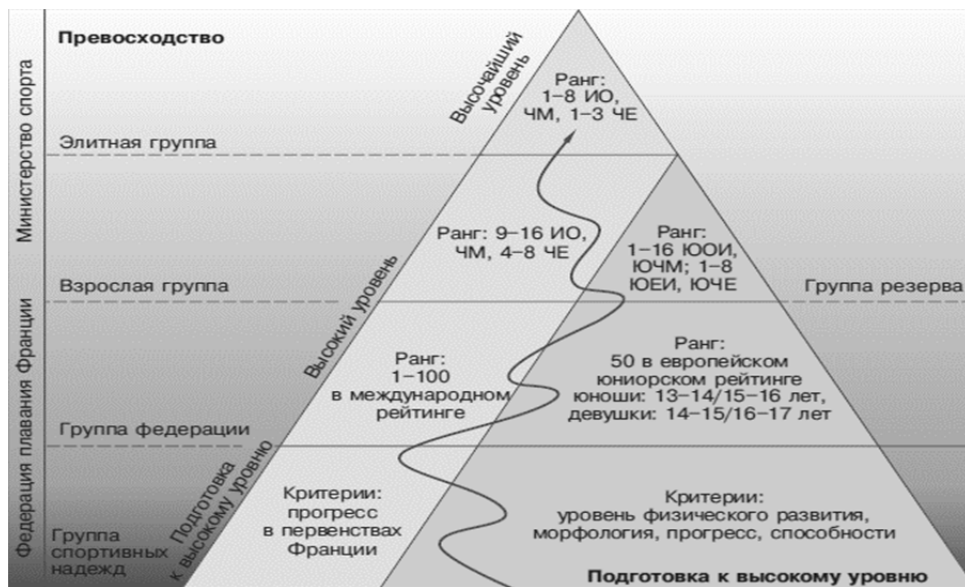


Рисунок 1. – Группы спортсменов Федерации плавания Франции [1]

Примечание – ИО – игры Олимпийские; ЧМ – чемпионат мира; ЧЕ – чемпионат Европы; ЮЧМ – юниорский чемпионат мира; ЮОИ – Юношеские Олимпийские игры; ЮОЕИ – Юношеские Европейские игры; ЮЧЕ – юниорский чемпионат Европы.

Данные о наследовании спортивного таланта в рамках генеалогического анализа были представлены на основании изучения 163 семей спортсменов высокого класса. Показано, что чаще всего (66,26%) высокие достижения отмечались в смежных поколениях (родители-дети), при этом пропусков поколений не было. Из этого следовал вывод о доминантном типе наследования [5].

Генеалогическим анализом 125051 атлетов со всего мира, участвовавших в Олимпийских играх с 1896 по 2012 годы, было установлено, что родственники олимпийских медалистов имеют большую вероятность выиграть медаль на соревнованиях высокого уровня, чем участники без родственных связей. Чем ближе генетическая связь с бывшим призером и чем короче временной разрыв между их участием в Олимпийских играх, тем выше вероятность выиграть медаль, особенно если они занимаются одним и тем же видом спорта. Преимущества наличия медалиста в родстве постоянно наблюдается на протяжении более чем столетней истории Олимпийских игр. На основании проведенного анализа было констатировано, что генетический вклад в наследуемость олимпийской медали среди олимпийских спортсменов оценивается в 20,5% [8].

С целью проверки этой гипотезы нами начат сбор информации с помощью соответствующей анкеты. В настоящий момент собрано более 240 анкет, сбор материала продолжается (табл. 4).

Нами также начаты исследования аналогичного плана по оценке генетической предопределенности длиннотных параметров тела спортсменов. Рост потомства можно

предсказать с высокой точностью по данным родителей.

В сравнительном исследовании нами были проанализированы модели прогнозирования длиннотных размеров тела спортсменов. В большинстве случаев для определения роста мальчика наиболее эффективными оказались формула Каркуса и формула доктора Дж. Хокера. В свою очередь для девочек наиболее объективной и достоверной оказалась формула «Волшебный коэффициент». Вероятность этого предсказания вытекает непосредственно из количественной генетики и зависит только от наблюдаемой фенотипической корреляции между родителями и потомством. Точность прогноза определяется как пропорция разницы в росте потомства, что объясняется индексом преддетерминации (среднее родительское значение), т.е. квадратом коэффициента корреляции между прогнозируемыми параметрами и фактическими наблюдениями [2].

В настоящее время при решении проблем спортивного отбора особое значение приобретает относительно новое направление – молекулярная антропогенетика, этот стандарт еще мало изучен.

Причин возникновения такой ситуации несколько. С одной стороны, это отсутствие необходимых знаний не только у тренеров, но и у большинства спортивных врачей. Так, например, в БГУФК курс антропологии читается только магистрантам. Ранее преподаваемый на кафедре анатомии курс спортивной морфологии, включающий антропометрию и функциональную анатомию, в настоящее время утрачен. Эта картина типична и для других университетов, занимающихся подготовкой тренеров.

Таблица 4. – Влияние степени родства на спортивную квалификацию

Параметры квалификации	Пол	I степень родства, %	II степень родства, %	Отсутствие родства, %
МС+ КМС	♂	8,5±1,4	1,7±2,1	23,7±3,5
	♀	17,8±3,5	8,9±1,9	20±3,9
1 разряд+ 2 разряд	♂	11,9±1,9	13,6±2,1	40,7±5,3
	♀	20±3,9	6,7±1,4	26,7±5,1
Возраст присвоения, лет	♂	15,3	16,2	16,6
	♀	15,4	16,2	16,5
p		1-3 <0,05	2-3 <0,05	

Узкие специалисты-генетики не обладают достаточной тренерской подготовкой и, следовательно, не в состоянии грамотно определить ни спектр необходимых генов, ни интерпретировать результат в понятной для тренеров форме. Единственное исключение в Беларуси – это ПолесГУ, где уже много лет функционирует лаборатория «Лонгитудинальные исследования», в которой совместно работают специалисты-генетики, врачи и квалифицированный тренерско-педагогический коллектив. Научные разработки ПолесГУ в области спортивной генетики и антропометрии уже на протяжении 5 лет внедряются в практику Брестским областным диспансером спортивной медицины. Выявленные в результате отбора юниоры показывают высокие результаты на международном уровне в составе Национальных команд по плаванию, легкой атлетике, гребле.

С другой стороны, хорошо известно, что в настоящее время выявлено более 240 генов-маркеров, влияющих на формирование спортивных задатков. Это количество маркеров, конечно, не охватывает весь необходимый диапазон генов-маркеров, что в целом ставит под сомнение эффективность так называемой «паспортизации» спортсменов. В этом плане необходимо расширение аппаратных возможностей исследований, что обеспечит одновременный анализ большого количества генов. В частности, с помощью имеющегося в ПолесГУ секвенатора Ion Torrent Personal Genome Machine (PGM тм) можно провести анализ до 50 Гб данных в день (260 млн. про-

чтений). На сегодня это самый высокопроизводительный секвенатор. Цикл за циклом прибор детектирует и документирует изменения, напрямую оцифровывая биологическую модель ДНК, что позволяет за короткое время получить большой поток информации. Эта технология отличается от технологий секвенирования тем, что не использует модифицированные нуклеотиды и оптические датчики. Комбинация полупроводниковых микрочипов и природной биохимии позволяет напрямую переводить биологическую информацию в цифровой вид. Использование только одного такого прибора могло бы полностью решить проблему генетической паспортизации для всей страны. При этом количество генов для каждого вида спорта могло составить от 100 до 150 маркеров.

В настоящее время нами начат сбор биологического материала для антропогенетического анализа (табл. 5).

Кроме этого, для современной антропогенетики необходим переход от простого суммирования генетических баллов к методам, позволяющим учитывать взаимодействие генов, и такие методы существуют. В рамках подобного подхода осуществляется поиск генетических особенностей, ассоциированных с фенотипическим признаком [7, 9].

Все это позволит давать реальный и обоснованный прогноз спортивной успешности и выявлять спортивный талант на ранних этапах тренировочного процесса, что может стать реальной опорой для квалифицированного тренера.

Таблица 5. – Данные сбора биологического материала у спортсменов различных специализаций

Вид спорта	Юноши	Девушки
Баскетбол	14	24
Волейбол	10	4
Гребля на байдарках	3	–
Футбол	1	–
Хоккей	2	–
Современное пятиборье	2	1
Легкая атлетика	–	2
Теннис	–	1
Всего	32	32
	64	

В настоящее время коллективом профессорско-преподавательского состава кафедры анатомии Белорусского государственного университета физической культуры начата отработка этих программ (MDR-анализ, APSampler и др.) с целью анализа антропометрических и антропогенетических показателей спортсменов различных специализаций и квалификаций.

Заключение. Таким образом, поводя итоги вышеизложенного, следует отметить, что наиболее информативным подходом для раннего отбора перспективных спортсменов является использование не только классических данных антропометрии, но и молекулярных методов антропогенетики.

Исследование общего генетического балла молекулярной антропогенетики представляется существенным шагом вперед и может быть использовано в качестве базового направления для предскрининга и профилирования начинающих спортсменов, однако не является панацеей, – скорейшее внедрение новых математических моделей может существенно повысить точность анализа.

Обязательным условием является обеспечение материально-технической базы, которая позволит внедрять новые методы исследования с обязательным персональным анализом и интерпретацией полученных результатов.

Не менее обязательным является широкое внедрение в подготовку и переподготовку тренерского коллектива знаний современных методов антропологии и антропогенетики.

Список литературы

1. Павленко, Ю. Международный опыт финансирования национальных федераций по результатам их деятельности / Ю. Павленко. – Журнал «Наука в олимпийском спорте» – 08.12.2017 г.
2. Пономаренко, И. В. Использование метода Multi-factor Dimensionality Reduction (MDR) и его модификаций для анализа ген-генных и генно-средовых взаимодействий при генетико-эпидемиологических исследованиях (обзор) / И. В. Пономаренко // Научные результаты биомедицинских исследований. – 2019. – Т.5. – №1. – С. 4–21.
3. Самохина, Н. Н. Социально-культурная американская антропология (в рамках дисциплины «Философия») : учеб. пособие / Н. Н. Самохина. – Нижневартовск: Изд-во НВГУ, 2016. – 102 с.
4. Сергиенко, Л. П. Основы спортивной генетики: учебное пособие / Л. П. Сергиенко. – М. : Изд-во «Советский спорт», 2004. – 130 с.
5. Сологуб, Е. Б. Спортивная генетика: учебное пособие для вузов физич. культуры / Е. Б. Сологуб, В. А. Таймазов. – М. : Терра-спорт, 2000. – 125 с.
6. Хасанова, Г. Б. Антропология : учеб. пособие / Г. Б. Хасанова. – 6-е изд. – Москва : КНОРУС, 2017. – 232 с.
7. A Markov Chain Monte Carlo Technique for Identification of Combinations of Allelic Variants Underlying Complex Diseases in Humans / A. V. Favorov [et al.] // Genetics. – 2005. – Vol. 171(4). – pp. 2113 – 2121.
8. Antero, J. A medal in the Olympics runs in the family: a cohort study of performance heritability in the games history / J. Antero [et al.] // Frontiers in physiology. – Switzerland, 2018. – pp. 144 – 154.
9. Lvovs, D. Polygenic Approach to the Study of Polygenic Diseases / D. Lvovs, O. O. Favorova, A. V. Favorov // Acta naturae. – 2012. – Vol. 4(3(14)). – pp. 59 – 71.

References

1. Pavlenko Yu. Mezhdunarodny`j opyt finansirovaniya naczional`ny`kh federaczij po rezul`tatam ikh deyatel`nosti [International experience in financing national federations based on the results of their activities]. *Zhurnal «Nauka v olimpijskom sporte»*. 08.12.2017. (In Russian)
2. Ponomarenko I. V. Ispol`zovanie metoda Multi-factor Dimensionality Reduction (MDR) i ego modifikaczij dlya analiza genny`kh i genno-sredovy`kh vzaimodejstvij pri genetiko-e`pidemiologicheskikh issledovaniyakh (obzor) [The use of the Multi-factor Dimensionality Reduction (MDR) method and its modifications for the analysis of gene-gene and gene-environment interactions in genetic and epidemiological studies (review)]. *Nauchny`e rezul`taty` biomediczijskikh issledovanij*. 2019. Vol.5, no. 1, pp. 4–21. (In Russian)
3. Samokhina N. N. *Soczial`no-kul`turnaya amerikanskaya antropologiya (v ramkakh disczipliny` «Filosofiya»)* [Socio-cultural American anthropology (within the discipline "Philosophy")] Nizhnevartovsk: Izd-vo NVGU, 2016,102 p. (In Russian)

4. Sergienko L. P. *Osnovy` sportivnoj genetiki: uchebnoe posobie* [Fundamentals of Sports Genetics: Study Guide]. M. : Izd-vo «Sovetskij sport», 2004, 130 p. (In Russian)
5. Sologub E. B V., Tajmazov A. *Sportivnaya genetika: uchebnoe posobie dlya vuzov fizich. kul'tury`* [Sports genetics: textbook for universities of physical culture]. M. : Terra-sport, 2000, p. 125. (In Russian)
6. Khasanova G. B. *Antropologiya : ucheb. posobie* [Anthropology: textbook]. 6-e izd. Moskva : KNORUS, 2017, 232 p. (In Russian)
7. Favorov A. V. et al. A Markov Chain Monte Carlo Technique for Identification of Combinations of Allelic Variants Underlying Complex Diseases in Humans J. Genetics. 2005. Vol. 171(4),pp. 2113 – 2121.
8. Antero J. et al. A medal in the Olympics runs in the family: a cohort study of performance heritability in the games history. Frontiers in physiology. Switzerland, 2018., pp. 144 – 154.
9. Lvovs D., Favorova O.O., Favorov A.V. Polygenic Approach to the Study of Polygenic Diseases. Acta naturae. 2012. Vol. 4(3(14)), pp. 59 – 71.

Received 5 December 2022