

АССОЦИАТИВНЫЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ТРОФОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА У СПОРТСМЕНОВ С АЭРОБНОЙ И АНАЭРОБНОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

А.И. Кузин¹, А.Ю. Хребтова², О.В. Камерер¹, Е.В. Быков²

¹Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия,

²Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск, Россия

Цель исследования. Разработать критерии оценки эффективности тренировочного процесса с аэробной и анаэробной направленностью на основании комплексного анализа трофологического статуса спортсменов. **Методика и организация исследования.** Обучающимся спортсменам (n = 41) однократно в утренние часы натощак было проведено исследование показателей антропометрии, компонентного состава тела, углеводного и жирового обмена. С целью поиска метаболических детерминант обеспечения тренировочного процесса различной направленности, спортсмены были поделены на две группы: с преимущественно аэробной направленностью (n = 23) и преимущественно анаэробной направленностью (n = 18). **Результаты исследования и их обсуждение.** Оценка трофологического статуса спортсменов выявила достоверные ассоциации показателей компонентного состава тела и уровня развития аэробных возможностей. Показатели компонентного состава позволяют делать прогноз ранга спортивного мастерства в видах спорта с преимущественно аэробной направленностью. Динамика показателей общего холестерина и глюкозы крови отражают характер метаболических изменений в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам аэробной и анаэробной направленности. **Заключение.** Ранг спортивного мастерства в группе с аэробной направленностью тренировочного процесса зависит от показателей антропологического и трофологического статуса. Коэффициент отношения глюкозы крови к общему холестерину может выступать в качестве универсального маркера развития аэробных и анаэробных возможностей в процессе многолетней спортивной подготовки.

Ключевые слова: маркеры аэробного метаболизма, маркеры анаэробного метаболизма, прогноз спортивного потенциала.

Введение. Профессиональные занятия спортом, несомненно, требуют регулярной оценки эффективности тренировочного процесса доступными и высокоинформативными методами. На современном этапе доминируют традиционные подходы, базирующиеся на спортивно-педагогических приемах измерения динамики развития физических качеств. В основу этих подходов заложен анализ результатов тестирования как общих, так и специальных физических качеств, как в лабораторных, так и в «полевых» условиях. Речь идет об измерении функциональных показателей без учета резервных и компенсаторных возможностей организма [6, 20, 21].

Наиболее популярным методом оценки уровня функциональных возможностей спортсменов является динамическое измерение параметров кардиореспираторной производительности в лабораторных условиях на базе

эргометрических тестов с дозируемой физической нагрузкой [9].

Вместе с тем применение функционального тестирования кардиореспираторной производительности в видах спорта с ациклической анаэробной/аэробной направленностью тренировочного процесса имеет существенное различие, так как характер соревновательной деятельности в этих видах спорта принципиально отличается от двигательных действий, реализуемых в данных тестах [11].

Принципиально, что вышеназванные методы не позволяют достоверно и точно определить метаболический статус спортсмена и динамику его изменений под воздействием целенаправленных физических упражнений как одного из фундаментальных оснований реализации спортивных задатков. Исследования молекулярной биологии свидетельствует о наличии единого сценария обмена веществ,

обуславливающего как нутритивный статус спортсмена, так и перестройку внутриклеточной биоэнергетики мышечных волокон под воздействием целенаправленных регулярных спортивных тренировок. Для реализации метаболических стратегий адаптации к спортивным тренировкам и усвоения, утилизации нутриентов и выведения конечных продуктов обмена веществ, организм спортсмена использует одни и те же регуляторно-сигнальные пути [14, 24].

На базе данных генно-молекулярных исследований стало очевидным, что целенаправленная физическая активность обеспечивается различными «метаболическими тропами» и требует дифференцированного подхода в оценке биоэнергетического эффекта тех или иных видов тренировочных нагрузок [19, 22].

В частности, аэробные и анаэробные физические нагрузки обеспечиваются принципиально различными, генетически обусловленными, морфологическими, трофологическими и метаболическими составляющими [3, 7, 18, 23, 25–27].

В связи с этим поиск трофологических маркеров эффективности тренировочного процесса в видах спорта с преимущественной аэробной и анаэробной направленностью представляется высокоактуальным и практически значимым.

Цель исследования. Разработать критерии оценки эффективности тренировочного процесса с аэробной и анаэробной направленностью на основании комплексного анализа трофологического статуса спортсменов.

Материалы и методы исследования. Исследование было проведено на здоровых добровольцах обоих полов, обучающихся в Уральском государственном университете физической культуры в зимне-весенний период 2019 г. Был обследован 41 человек: 24 мужчины и 17 женщин. Методом анкетирования у каждого спортсмена определялся общий стаж спортивной деятельности и квалификация. Большая часть обучающихся имела стаж спортивной деятельности более 8 лет. По рангу спортивного мастерства выборка характеризовалась следующим образом: 4 мастера спорта (МС), 18 кандидатов в мастера спорта (КМС), 16 спортсменов-перворазрядников и 3 человека имели второй взрослый разряд.

Все спортсмены однократно прошли обследование в «Центре здоровья по формиро-

ванию здорового образа жизни» на базе МУЗ ГКБ № 2 г. Челябинска в течение одного дня в утренние часы натощак. Была проведена оценка антропометрических показателей, компонентного состава тела, а также биохимический анализ крови.

Определялись антропометрические показатели – масса и длина тела, объем талии (ОТ), индекс массы тела (ИМТ).

На базе программно-аппаратного комплекса «КМ-АР-01 Диамант» (v10.03) методом интегральной двухчастотной импедансометрии оценивался компонентный состав тела. Измерялись параметры: величина основного обмена (ВООБ), жировая масса (ЖМ), общая жидкость (ОЖ), общая вода (ОВ), внеклеточная жидкость (ВНЕКЖ), внутриклеточная жидкость (ВНУТРКЖ), безжировая масса тела (БЖИ) и активная клеточная масса (АКМ), процент активной клеточной массы (АКМ %).

Оценка углеводного и жирового обмена производилась на базе аппаратно-программного комплекса «Здоровье-экспресс» при помощи модуля «Экспресс-анализ крови», реализующего скрининговый метод экспресс-оценки состава крови по уровню общего холестерина (ОХ) и глюкозы плазмы крови (ГК).

Спортсмены, проходящие обследование, были поделены на две группы: с преимущественно аэробной (Аэ) направленностью – ТП1 и преимущественно анаэробной (АнЭ) направленностью – ТП2. Для разделения спортсменов на группы был применен подход, базирующийся на представлениях о типе энергообеспечения тренировочных нагрузок. В одну группу объединялись те виды спорта, где метаболические закономерности используемых упражнений одинаковы [5].

В состав первой группы с преимущественно АэН ТП ($n = 23$, из них 13 женщин, 10 мужчин) были включены спортсмены, специализирующиеся на развитии общей (преимущественно аэробной) выносливости. Эта группа состояла из восьми спортсменов конькобежцев (специализация: скоростной бег на коньках 5–10 км), шести лыжников-гонщиков (специализация: лыжные гонки 15–30 км), восьми легкоатлетов (специализация: спортивная ходьба, марафон, бег 5–10 км), одного спортсмена, специализирующегося на пулевой стрельбе.

В состав второй группы ($n = 18$, из них 4 женщины и 14 мужчин) с преимущественно АнЭ направленностью ТП вошли спортсмены,

специализирующиеся в развитии скоростной выносливости, быстроты, силы, ловкости и гибкости. Данная группа состояла из трех спортсменов тхэквондистов; семи спортсменов, специализирующихся в восточных единоборствах; двух боксеров; трех хоккеистов; одного спортсмена, занимающегося горнолыжным спортом; одного спортсмена, занимающегося акробатикой и одного футболиста.

Статистическая обработка данных выполнена на базе программы IBM SPSS Statistics 19. Для анализа различий изучаемых показателей в группах ТП1 и ТП2 был применен многомерный метод исследования с использованием критериев параметрического и

непараметрического анализа. Для оценки статистической значимости принималось условие $p \leq 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. Характеристика спортсменов, включенных в исследование, представлена в табл. 1.

Достоверные различия касались следующих показателей: количества женщин (в ТП1 больше, чем в ТП2), роста спортсменов (спортсмены второй группы выше, чем в первой), ОТ (в группе ТП2 этот показатель больше, чем в ТП1). У спортсменов не наблюдалось межгрупповых различий по возрасту, весу, ИМТ и рангу спортивного мастерства.

Таблица 1
Table 1

Характеристика обследуемого контингента спортсменов
с учетом направленности тренировочного процесса (ТП) ($M \pm m$) ($n = 41$)
Athletes data with respect to training orientation (T) ($M \pm m$) ($n = 41$)

Показатель Indicator		Спортсмены с преимущ. аэроб. направленностью ТП1 ($n = 23$) Athletes with a predominantly aerobic orientation T1	Спортсмены с преимущ. анаэроб. направленностью ТП2 ($n = 18$) Athletes with a predominantly anaerobic orientation T2	Достоверность различий (p_{1-2}) Significance of differences
Пол Gender	мужчины males	10 (43,5 %)	14 (77,8 %)	0,524
	женщины females	13 (56,5 %)	4 (22,2 %)	0,027
Возраст, лет Age, years		19,57 ± 0,23	19,28 ± 0,16	0,529
Антропометрические показатели Anthropometric data	Длина тела (см) Body length (cm)	170,74 ± 1,61	176,22 ± 2,37	0,034
	Масса тела (кг) Body mass (kg)	65,52 ± 2,21	75,22 ± 4,49	0,072
Объем талии, см Waist circumference, cm	мужчины males	76,40 ± 1,83	83,79 ± 2,61	0,039
	женщины females	68,77 ± 1,43	61,25 ± 0,63	0,008
Индекс массы тела Body mass index		22,41 ± 0,606	24,01 ± 1,208	0,511
Уровень спортивного мастерства Sportsmanship	МС master of sports	1	3	
	КМС candidate master of sports	10	8	
	1 взрослый разряд 1 adult category	9	7	
	2 взрослый разряд 2 adult category.	3	0	
Ранг спортивного мастерства Rank of sportsmanship		2,35 ± 0,17	2,78 ± 0,17	0,138

Показатели композиционного состава тела, жирового и углеводного обмена спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса
Body composition, fat and carbohydrate metabolism in athletes with respect to training orientation

Критерий Criterion	Направленность ТП1 (23 чел.) T1 orientation (n = 23)	Направленность ТП2 (18 чел.) T2 orientation (n = 18)	Достоверность различий Significance of differences
Величина основного обмена веществ, ккал Basal metabolism, kcal	1621,14 ± 34,8	1650 ± 29,42	0,525
Жировая масса, кг Fat mass, kg	13,77 ± 1,010	15,29 ± 1,916	0,834
Общая жидкость, л Total fluid, l	32,46 ± 0,964	35,64 ± 1,553	0,031
Общая вода, л Body water, l	37,88 ± 1,445	43,87 ± 2,328	0,024
Внеклеточная жидкость, л Extracellular fluid, l	11,18 ± 0,395	12,12 ± 0,587	0,138
Внутриклеточная жидкость, л Intracellular fluid, l	21,27 ± 0,606	23,46 ± 0,983	0,021
Безжировая масса, кг Fat-free mass, kg	51,75 ± 1,974	59,93 ± 3,181	0,024
Активная клеточная масса, кг Active cell mass, kg	33,39 ± 1,239	38,88 ± 2,001	0,017
% активной клеточной массы % active cell mass	50,95 ± 0,725	52,13 ± 1,039	0,446
Холестерин Cholesterol	4,64 ± 0,25	3,9 ± 0,09	0,015
Глюкоза Glucose	5,17 ± 0,11	5,53 ± 0,14	0,025

Данные результатов оценки трофологического статуса у спортсменов с аэробной и анаэробной направленностью тренировочного процесса представлены в табл. 2.

Достоверные межгрупповые различия обнаружены по следующим параметрам: количество ОЖ, ОВ, ВНУТРКЖ, БЖМ, АКМ тела и уровень ГК достоверно выше в организме спортсменов с преимущественно АнЭ направленностью ТП. Вместе с тем показатель ОХ достоверно выше в группе с Аэ направленностью ТП.

Проведенный анализ показателей антропометрического и метаболического статуса спортсменов с учетом направленности ТП и пола выявил ряд достоверных различий (табл. 3). Спортсменки группы ТП1 имеют достоверно более высокий рост, больший вес, ОТ, объем ОЖ и воды, большую ЖМ, БЖМ, ВООВ и количество ОХ в крови. Вместе с тем уровень глюкозы у спортсменок с аэробной направленностью ТП достоверно ниже.

По показателям трофологического статус

са спортсмены группы ТП1 достоверно отличались от спортсменов группы ТП2. Они имели меньший вес, ОТ, ЖМ и БЖМ, ОВ, более высокие значения ОХ и более низкие значения ГК. Значение показателя % АКМ у спортсменов группы ТП1 был достоверно ниже, а у спортсменов этой же группы недостоверно, но выше, по сравнению с группой ТП2. Таким образом, прослеживается динамика метаболических показателей, независимых от пола, а именно: при аэробной направленности ТП показатели ОХ выше, а показатели ГК ниже по сравнению со значениями в группе с преимущественно АнЭ направленностью ТП.

В связи с этим была проведена каноническая корреляция зависимости направленности ТП от уровня холестерина и глюкозы. Получена умеренная ($r = 0,474$) высокодостоверная ($p = 0,008$) корреляция, которая выражается уравнением

$$f = 0,845 \cdot ХС - 1,207 \cdot ГК + 2,793.$$

Уравнение правильно классифицирует направленность ТП с вероятностью 73,2 %.

Таблица 3
Table 3

Показатели антропометрического статуса, жирового и углеводного обмена спортсменов с учетом направленности ТП и гендерных различий
Athletes' anthropometric data, fat and carbohydrate metabolism with respect to training orientation and gender differences

Показатели Indicator	Пол спортсменов / Gender			
	Мужчины / Males		Женщины / Females	
	ТП 1 (10 чел.) T1 orientation (n = 10)	ТП 2 (14 чел.) T2 orientation (n = 14)	ТП 1 (13 чел.) T1 orientation (n = 13)	ТП 2 (4 чел.) T2 orientation (n = 4)
Возраст, лет Age, years	19,70 ± 0,42	19,29 ± 0,19	19,46 ± 0,24	19,25 ± 0,25
Длина тела, см Body length, cm	176,7 ± 1,85	180,93 ± 1,3	166,15 ± 1,54	159,75 ± 1,03
Масса тела, кг Body mass, kg	73,10 ± 2,05	82,79 ± 3,74	59,69 ± 2,62	48,75 ± 0,75
Объем талии, см Waist circumference, cm	76,40 ± 1,83	83,79 ± 2,61	68,77 ± 1,43	61,25 ± 0,63
Индекс массы тела Body mass index	23,49 ± 0,83	25,41 ± 1,33	21,58 ± 0,83	19,10 ± 0,27
Жировая масса, кг Fat mass, kg	13,02 ± 1,52	16,43 ± 2,39	14,80 ± 1,43	11,32 ± 0,24
Общая жидкость, л Total fluid, l	36,19 ± 0,77	38,84 ± 0,71	29,59 ± 1,04	24,46 ± 0,57
Общая вода, л Body water, l	43,98 ± 1,33	48,57 ± 1,19	33,19 ± 1,24	27,41 ± 0,6
Внеклеточная жидкость, л Extracellular fluid, l	12,37 ± 0,40	13,27 ± 0,35	10,27 ± 0,50	8,13 ± 0,32
Внутриклеточная жидкость, л Intracellular liquid, l	23,82 ± 0,41	25,49 ± 0,43	19,32 ± 0,60	16,34 ± 0,25
Безжировая масса, кг Fat-free mass, kg	60,08 ± 1,81	66,36 ± 1,63	45,34 ± 1,70	37,44 ± 0,82
Активная клеточная масса, кг Active cell mass, kg	38,92 ± 1,01	42,95 ± 0,99	29,15 ± 0,97	24,61 ± 0,36
% активной клеточной массы % active cell mass	53,35 ± 1,01	52,59 ± 1,32	49,10 ± 0,69	50,49 ± 0,22
Величина основного обмена веществ, ккал Basal metabolism, kcal	1802,20 ± 42,51	1977,21 ± 49,70	1440,08 ± 27,09	1324,50 ± 9,13
Холестерин / Cholesterol	4,34 ± 0,19	3,92 ± 0,10	4,87 ± 0,41	3,83 ± 0,18
Глюкоза / Glucose	5,12 ± 0,11	5,48 ± 0,17	5,22 ± 0,17	5,73 ± 0,13

Среднее значение канонической функции в 1-й группе составило 0,465, во 2-й (-)0,594. При значении функции больше 0,0645 можно предполагать принадлежность к 1-й группе (аэробная направленность ТП), меньше – ко 2-й (анаэробная направленность ТП).

Изучение показателей антропометрического и трофологического статусов спортсменов с учетом РСМ свидетельствует о достоверности различий между мастерами спорта и спортсменами первого и второго разрядов

(табл. 4). Спортсмены первой группы (РСМ1) имеют достоверно меньшие значения веса, ОТ, ИМТ, ЖМ, в то время как уровни ГК и ОХ у спортсменов первой группы имеют недостоверную тенденцию к более высокому уровню по сравнению со спортсменами второй и третьей групп. Важно отметить, что спортсмены первой группы также продемонстрировали достоверно меньшие значения показателей ИМТ и ЖМ по сравнению со спортсменами-КМС.

Показатели антропометрического и трофологического статуса спортсменов с учетом ранга спортивного мастерства
Athletes' anthropometric and trophological statuses with respect to the rank of sportsmanship

Показатели / Indicator	Ранг спортивного мастерства / Rank of sportsmanship		
	Ранг спортивного мастерства 1 (МС) 1 st rank (master of sports) (n = 4)	Ранг спортивного мастерства 2 (КМС) 2 nd rank (candidate master of sports) (n = 18)	Ранг спортивного мастерства 3 (1, 2 взрослый) 3 rd rank (1 st -2 nd adult category) (n = 19)
Возраст, лет Age, years	19,75 ± 0,48	19,33 ± 0,18	19,47 ± 0,25
Длина тела, см Body length, cm	173,75 ± 6,21	171,56 ± 6,21	174,53 ± 2,11
Масса тела, кг Body mass, kg	63,75 ± 7,20	68,50 ± 4,01	72,26 ± 3,31
Объем талии, см Waist circumference, cm	69,00 ± 4,06	73,94 ± 2,64	77,32 ± 2,18
Индекс массы тела Body mass index	20,88 ± 1,15	23,00 ± 0,94	23,69 ± 1,01
Жировая масса, кг Fat mass, kg	10,04 ± 1,26	15,31 ± 1,46	14,87 ± 1,66
Общая жидкость, л Total fluid, l	32,81 ± 3,73	33,08 ± 1,45	34,81 ± 1,17
Общая вода, л Body water, l	39,32 ± 5,72	39,19 ± 2,24	42,01 ± 1,77
Внеклеточная жидкость, л Extracellular fluid, l	11,49 ± 1,42	11,43 ± 0,56	11,78 ± 0,46
Внутриклеточная жидкость, л Intracellular liquid, l	21,32 ± 2,30	21,60 ± 0,92	23,01 ± 0,73
Безжировая масса, кг Fat-free mass, kg	53,71 ± 7,82	53,54 ± 3,05	57,39 ± 2,42
Активная клеточная масса, кг Active cell mass, kg	34,35 ± 4,82	34,48 ± 1,95	37,36 ± 1,51
% активной клеточной массы % active cell mass	53,37 ± 1,83	50,51 ± 0,82	51,97 ± 0,98
Величина основного обмена веществ, ккал Basal metabolism, kcal	1626,25 ± 157,78	1648,83 ± 75,13	1765,16 ± 58,61
Холестерин / Cholesterol	5,15 ± 1,06	4,35 ± 0,23	4,11 ± 0,13
Глюкоза / Glucose	5,63 ± 0,25	5,31 ± 0,17	5,29 ± 0,09

Дополнительно для оценки силы статистической связи между РСМ и показателями трофологического статуса в генеральной совокупности спортсменов, а также в группах с различной направленностью ТП был применен корреляционный анализ (табл. 5). В генеральной совокупности обследуемых, а также в группе ТП2, не обнаружены достоверные связи между РСМ и показателями трофологического статуса. В то время как в группе ТП1 наблюдается умеренная статистически досто-

верная отрицательная связь между РСМ и некоторыми трофологическими показателями компонентного состава тела. Из табл. 5 видно, что в группе ТП1 у спортсменов РСМ отрицательно коррелирует со значениями ВНУЖК, ОТ, количеством АКМ, БЖМ, ОВ и ОЖ, весом тела. Корреляционная связь между переменными имеет среднюю силу.

Результаты оценки антропометрического статуса спортсменов в различных группах с учетом гендерных различий позволяют уви-

Таблица 5
Table 5

Корреляционная связь между показателями компонентного состава тела и РСМ
в генеральной совокупности и группах с различной направленностью тренировочного процесса
Correlation between body composition and sportsmanship in the general population
and groups with different training orientation

Группы Groups		ВНУЖК, л Intracellular liquid, l	ОТ Waist circum- ference	АКМ, кг Active cell mass, kg	ОЖ, л Total fluid, l	ОВ, л Body water, l	БЖМ, кг Fat-free mass, kg	Вес Weight
Интегральная выборка Integral sample (n = 41)	КК Спирмена Spearman's coefficient	-,135	-,259	-,132	-,117	-,102	-,102	-,172
	p	,402	,103	,412	,467	,527	,527	,283
Группа ТП 2 T2 orientation (n = 18)	КК Спирмена Spearman's coefficient	,011	-,270	-,006	,069	,111	,111	-,109
	p	,965	,278	,982	,785	,662	,662	,666
Группа ТП 1 T1 orientation (n = 23)	КК Спирмена Spearman's coefficient	-,482*	-,477*	-,463*	-,432*	-,429*	-,429*	-,411
	p	,020	,021	,026	,040	,041	,041	,052

деть ряд закономерностей. У мужчин с преимущественно аэробной направленностью наблюдаются достоверно более низкие значения антропометрических показателей по сравнению со спортсменами в группе с анаэробной направленностью ТП. Это может свидетельствовать о наличии естественного отбора спортсменов, имеющих меньшие значения веса и объема талии в видах спорта с преимущественно Аэ направленностью ТП [4].

У женщин этой группы, наоборот, эти показатели достоверно выше по сравнению со спортсменками с анаэробной направленностью ТП. Эта закономерность у женщин демонстрирует противоположную по сравнению с мужчинами метаболическую стратегию адаптации к регулярным физическим нагрузкам, направленным на развитие аэробной выносливости.

По данным литературы известно наличие преимущества в соревновательной деятельности у спортсменов с более высоким ростом в таких видах спорта как: хоккей с шайбой, борьба, дзюдо, тхэквондо, бобслей, пулевая стрельба. Направленность ТП в этих видах спорта носит переменный характер, с преимущественно анаэробным компонентом энергообеспечения соревновательной деятельности [2, 13].

В более ранних исследованиях (Хорожев А.Г., 1993 г.) было показано положительное влияние двигательной активности скоростно-силового характера на уровень физического развития, что подтверждается больши-

ми величинами роста и веса тела у спортсменов второй группы [17].

Таким образом, полученные данные подтверждают целесообразность использования антропометрических показателей с учетом гендерных различий как предиктора отбора в виды спорта с преимущественно аэробной или анаэробной направленностью ТП.

Значимость оценки антропометрического статуса спортсменов для долгосрочного прогноза результативности соревновательной деятельности с учетом гендерных различий в видах спорта с преимущественно аэробной и анаэробной направленностью ТП требует дальнейших исследований.

Значение показателей распределения жидкости в организме, количества безжировой и активной клеточной массы у спортсменов с аэробной направленностью тренировочного процесса достоверно отличается от значений популяционной нормы с учетом возраста и роста обследуемого контингента в сторону их существенного уменьшения [7, 16].

Данная динамика компонентного состава тела отражает стратегию метаболической адаптации направленную на увеличение осмолярности жидких сред организма и как следствие повышение концентрации метаболически активных молекул и их доступности для диффузии. Изменение водно-электролитного баланса, а именно повышение концентрации метаболически активных сред за счет снижения количества воды в организме в целом,

является отражением стратегии долговременной адаптации к физическим нагрузкам аэробного характера [12].

Важно подчеркнуть, что динамика показателей ИМТ, ЖМ и ВООВ в группах спортсменов с учетом РСМ имеет ту же направленность по мере роста квалификации спортсменов, самые меньшие значения наблюдаются у МС. Возможно, аэробная направленность тренировочного процесса сопряжена со стратегией экономизации на уровне основного обмена, количества АКМ и ЖМ, а также показателей гидратации организма в целом [8].

Вместе с тем значения аналогичных показателей с учетом возраста и роста спортсменов в группе с анаэробной направленностью ТП находятся в границах популяционной нормы. В данном исследовании показатели компонентного состава тела спортсменов в группе ТП2 не отражают динамику метаболических изменений биоэнергетики мышечной деятельности по воздействию тренировок анаэробной преимущественно скоростно-силовой направленности.

Результаты оценки трофологического статуса спортсменов с учетом направленности тренировочного процесса позволяют предположить наличие достоверных ассоциаций между показателями компонентного состава тела и уровнем развития аэробных механизмов энергообеспечения в процессе многолетних занятий спортом.

Корреляционный анализ значений компонентного состава тела и РСМ в генеральной совокупности и группах с различной направленностью выявил высокую чувствительность ($p \leq 0,05$) этих показателей в отношении прогноза РСМ у спортсменов с аэробной направленностью ТП. Аналогичные критерии прогноза эффективности тренировочного процесса в группе с преимущественно анаэробной направленностью ТП не удалось выявить.

Единственным универсальным показателем оценки эффективности ТП в обеих группах оказался уровень значений ОХ и ГК. Динамика этих показателей была различной, не зависела от пола спортсменов и имела достоверно противоположную направленность в изучаемых группах. Межгрупповые различия по показателям ОХ и ГК как с учетом пола, РСМ, так и с учетом направленности ТП, демонстрируют достаточно высокую прогностическую ценность этих параметров. Такая динамика изменений показателей в крови

спортсменов может отражать результирующую доступность ГК и ОХ в качестве источников энергии в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам различной направленности. Полученные результаты хорошо согласуются с общепринятыми представлениями о характере метаболических процессов, притекающих в мышечных клетках в аэробных и анаэробных условиях энергообеспечения [1, 10, 15].

С целью поиска доступного и высокоинформативного показателя прогноза эффективности тренировочного процесса с учетом его направленности нами был рассчитан коэффициент отношения ГК/ОХ. Значение коэффициента имело достоверные существенные различия между спортсменами с аэробной и анаэробной направленностью ТП. Важно отметить, что данный показатель продемонстрировал статистически значимую динамику уменьшения значения в группах по мере роста ранга спортивного мастерства.

Таким образом, полученные результаты позволяют предположить ассоциацию аэробных процессов с показателями трофологического статуса: ВНУЖК, ОТ, количеством АКМ, БЖМ, ОВ и ОЖ, весом тела. Значения данных показателей уменьшаются по мере роста ранга спортивного мастерства у спортсменов с преимущественно аэробной направленностью ТП.

Динамика показателей ОХ и ГК отражают характер метаболических изменений в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам аэробной и анаэробной направленности. Коэффициент отношения ГК/ОХ может рассматриваться в качестве маркера, определяющего результативность спортивной деятельности с учетом направленности тренировочного процесса.

Выводы

1. Трофологическими маркерами эффективного аэробного метаболизма являются показатели антропометрии, компонентного состава тела, углеводного и жирового обмена – вес тела, объем талии, ОВ, ЖМ, БЖМ, ВООВ, ОХ, ГК, ГК/ОХ.

2. Трофологическими маркерами эффективного анаэробного метаболизма являются значения уровня ОХ и ГК, коэффициент отношения ГК/ОХ.

3. Ранг спортивного мастерства не зависит от показателей трофологического статуса в группе с анаэробной направленностью ТП.

4. Ранг спортивного мастерства в группе с аэробной направленностью ТП зависит от показателей антропологического и трофологического статуса.

5. Ограниченный размер выборки не позволяет с уверенностью предложить установленные маркеры для оценки динамики эффективности ТП, но обосновывает необходимость проведения расширенного исследования в данном направлении.

Литература

1. Анализ изменений метаболических процессов спортсменов под действием интенсивной физической нагрузки / О.В. Фролова, Ю.А. Кондакова, О.Л. Ковязина, И.В. Фишер // Экологич. мониторинг и биоразнообразие. – 2016. – № 2 (12). – С. 108–111.

2. Антропометрические параметры и компонентный состав тела спортсменов неигровых видов спорта / Р.М. Раджаббадиев, К.В. Выборная, А.Н. Мартинчик, А.Н. Тимохин // Спортивная медицина: наука и практика. – 2019. – Т. 9, № 2. – С. 46–54. DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46

3. Ассоциация полиморфизмов генов-регуляторов с аэробной и анаэробной работоспособностью спортсменов / И.И. Ахметов, Д.В. Попов, И.А. Можайская, С.С. Мисина // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2007. – Т. 93. – № 8 – С. 837–843.

4. Ахметов, И.И. ДНК-полиморфизмы, ассоциированные с развитием длины тела спортсменов / И.И. Ахметов, И.А. Можайская // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 4. – С. 13–16. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2008.04.38.p13-16

5. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: моногр. / И.И. Ахметов. – М.: Совет. спорт, 2009. – 268 с.

6. Балберова, О.В. Динамика показателей физической работоспособности у спортсменов с разной спецификой тренировочного процесса / О.В. Балберова, Е.В. Быков, А.В. Чипышев // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. – 2018. – № 3. – С. 49–56.

7. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. – М.: Наука, 2009. – 392 с.

8. Биоимпедансное исследование и оценка показателей состава тела спортсменов высокой квалификации зимних видов спорта / Т.Н. Солнцева, М.М. Коростелева, С.П. Чер-

ных, Р.М. Раджаббадиев // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – 145 с.

9. Взаимосвязь данных функционального тестирования и результатов соревновательной деятельности спортсменов с различной направленностью физических нагрузок / Е.В. Быков, О.В. Балберова, О.И. Коломиец, А.В. Чипышев // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 8 (162). – С. 32–38.

10. Волков, Н.И. Биоэнергетика спорта / Н.И. Волков, В.И. Олейников. – М.: Совет. спорт, 2011. – 160 с.

11. Ландырь, А.П. Мониторинг частоты сердечных сокращений в управлении тренировочным процессом в физической культуре и спорте / А.П. Ландырь, Е.Е. Ачкасов. – М.: Спорт, 2018. – 241 с.

12. Рыбина, И.Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 3. – С. 28–33.

13. Самсонова, А.В. Показатели возраста и физического развития высококвалифицированных хоккеистов различного амплуа / А.В. Самсонова, Л.В. Михно // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта, 2013. – № 8. – С. 152–157.

14. Стратегии формирования адаптационных реакций у спортсменов. Основы теории адаптации и закономерности ее формирования в спорте высоких и высших достижений / А.П. Исаев, В.В. Рыбаков, В.В. Эрлих и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». – 2012. – № 21 (280). – С. 46–56.

15. Таймазов, В.А. Биоэнергетика спорта / В.А. Таймазов, А.Т. Марьянович. – СПб.: Шатон, 2002. – 122 с.

16. Характеристика изменчивости жировой массы тела юных спортсменов по данным биоимпедансного анализа / Д.В. Николаев, И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков, А.М. Соболев // Вопросы питания. – 2014. – Т. 18, № S3. – 141 с.

17. Хоружев, А.Г. Критерии нормы и патологии функционального состояния и физической подготовленности человека в постнатальном онтогенезе от 3 до 65 лет / А.Г. Хоружев. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. мед. ун-та, 1994. – 284 с.

18. Association of Elite Sports Status with

Gene Variants of Peroxisome Proliferator Activated Receptors and Their Transcriptional Coactivator / M. Petr, A. Maciejewska-Skrendo, A. Zajak et al. // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Т. 21 (1). – P. 162–176. DOI: 10.3390/ijms21010162

19. Barh, D. *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics Current Status and Future Directions* / D. Barh, I.I. Ahmetov. – London: Academic Press, 2019. – 608 p. DOI: 10.1016/C2017-0-04237-4

20. Cook, G. *Athletic Body in Balance* / G. Cook. – 1st Edition. – Human Kinetics Publ., 2003. – 232 p.

21. Cook, G. *Movement. Functional Movement Systems – Screening, Assessment, Corrective Strategies* / G. Cook. – On Target Publ., 2011. – 408 p.

22. De Caterina, R. *Principles of Nutrigenetics and Nutrigenomics 1st Edition Fundamentals of Individualized Nutrition* / R. de Caterina, J.A. Martínez, M. Kohlmeier. – London, Academic Press, 2020. – 586 p. DOI: 10.1016/C2015-0-01839-1

23. *Fructose consumption in the develop-*

ment of obesity and the effects of different protocols of physical exercise on the hepatic metabolism / R.M. Pereira, J.D. Botezelli, K.C. Rodrigues et al. // *Nutrients.* – 2017. – Vol. 9 (4). – 405 p. DOI: 10.3390/nu9040405

24. Hardie, D.G. *Sensing of energy and nutrients by AMP-activated protein kinase* / D.G. Hardie // *Am J Clin Nutr.* – 2011. – Vol. 93. – P. 891–896.

25. *New strategies in sport nutrition to increase exercise performance* / G.L. Close, L. Hamilton, A. Philp et al. // *Free Radical Biology and Medicine.* – 2016. – Vol. 98. – P. 144–158. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016

26. *Physical activity may modulate effects of ApoE genotype on lipid profile* / M.S. Bernstein, M.S. Bernstein, M.C. Costanza et al. // *Arterioscl Thromb Vasc Biol.* – 2002. – Vol. 22. – P. 133–140. DOI: 10.1161/hq0102.101819

27. Weigl, L.G. *Lost in translation: regulation of skeletal muscle protein synthesis* / L.G. Weigl // *Curr Opin Pharmacol.* – 2012. – Vol. 12. – P. 377–382. DOI: 10.1016/j.coph.2012.02.017

Кузин Анатолий Иванович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой терапии, клинической фармакологии с курсом эндокринологии и диетологии Института дополнительного профессионального образования, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64. E-mail: aikq74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0962-8980.

Хребтова Анастасия Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: khrebtova.anastasia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0013-6317.

Камерер Ольга Викторовна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры терапии, клинической фармакологии с курсом эндокринологии и диетологии Института дополнительного профессионального образования, Южно-Уральский государственный медицинский университет. 454092, г. Челябинск, ул. Воровского, 64. E-mail: okamerer@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5243-3399.

Быков Евгений Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации, проректор по научно-исследовательской работе, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

Поступила в редакцию 22 июня 2020 г.

ASSOCIATIVE DETERMINANTS OF THE TROPHOLOGICAL STATUS IN ATHLETES FROM AEROBIC AND ANAEROBIC SPORTS

A.I. Kuzin¹, aikq74@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0962-8980,
A.Yu. Khrebtova², khrebtova.anastasia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0013-6317,
O.V. Camerer¹, okamerer@mail.ru, ORCID: 0000-0002-5243-3399,
E.V. Bykov², bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793

¹South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation,

²Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to elaborate effectiveness criteria for aerobic and anaerobic training based on a comprehensive analysis of the athletes' trophological status. **Materials and methods.** Anthropometric data, body composition, carbohydrate and fat metabolism indicators were collected for trained athletes (n = 41) once per day (in the morning) on an empty stomach. To find metabolic determinants for the training process of various orientations, athletes were divided into two groups, namely, a group with a predominantly aerobic orientation (n = 23) and those with a predominantly anaerobic one (n = 18). **Results.** The assessment of the athletes' trophological status showed reliable correlations between body composition and aerobic capacities. Body composition indicators allow forecasting physical performance in predominantly aerobic sports. Total cholesterol and blood glucose dynamics reflect the nature of metabolic changes during long-term adaptation to aerobic and anaerobic exercises. **Conclusion.** In the group with aerobic training, sportsmanship depends on the anthropological and trophological statuses. The ratio of blood glucose to total cholesterol can act as a universal marker of aerobic and anaerobic capacities during long-term sports training.

Keywords: markers of aerobic metabolism, markers of anaerobic metabolism, performance forecast.

References

1. Frolova O. V., Kondakova Yu.A., Kovyazina O.L., Fisher I.V. [Objective and Subjective Approaches to the Evaluation of Socioeconomic Aspects of Quality of Life of the Population of the Town of Ishim]. *Ekologicheskij monitoring i bioraznoobraziye* [Environmental Monitoring and Biodiversity], 2016, no. 2 (12), pp. 108–111. (in Russ.)
2. Radzhabkadiyev R.M., Vybornaya K.V., Martinchik A.N., Timonin A.N. [Anthropometric Parameters and Component Body Composition of Athletes in Non-Game Sports]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2019, vol. 9, no. 2, pp. 46–54. (in Russ.) DOI: 10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.46
3. Ahmetov I.I., Popov D.V., Mozhayskaya I.A. et al. [Association of Regulatory Gene Polymorphisms with Aerobic and Anaerobic Performance of Athletes]. *Rossiyskiy fiziologicheskij zhurnal imeni I.M. Sechenova* [Russian Physiological Journal Named After I.M. Sechenov], 2007, vol. 93, no. 8, pp. 837–843. (in Russ.)
4. Ahmetov I.I., Mozhayskaya I.A. [Dna-Polymorphisms Associated with Development of Athletes Body Length]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2008, no. 4, pp. 13–16. (in Russ.)
5. Ahmetov I.I. *Molekulyarnaya genetika sporta* [Molecular Genetics of sports]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2009. 268 p.
6. Balberova O.V., Bykov E.V., Chipyshev A.V. [Dynamics of Physical Performance Indicators in Athletes with Different Specificities of the Training Process]. *Nauchno-sportivnyy vestnik Urala i Sibiri* [Scientific and Sports Bulletin of the Urals and Siberia], 2018, no. 3, pp. 49–56. (in Russ.)

7. Solnceva T.N., Korosteleva M.M., Chernyh S.P., Radzhabkadiev R.M. [Bioimpedance Research and Evaluation of Body Composition Indicators of Highly Qualified Winter Sports Athletes]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 2014, vol. 83, no. S3, 145 p. (in Russ.)
8. Bykov E.V., Balberova O.V., Kolomiets O.I., Chipyshev A.V. [The Relationship of These Functional Tests and Results of Competitive Activities of Athletes with Different Orientation of Physical Stress]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University], 2018, no. 8 (162), pp. 32–38. (in Russ.)
9. Volkov N.I. *Bioenergetika sporta* [Bioenergetics of Sports]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2011. 160 p.
10. Landyr' A.P. *Monitoring chastoty serdechnykh sokrashcheniy v upravlenii trenirovochnym protsessom v fizicheskoy kul'ture i sporte* [Heart Rate Monitoring in the Management of the Training Process in Physical Culture and Sports]. Moscow, Sport, Human Publ., 2018. 241 p.
11. Nikolaev D.V. *Bioimpedansnyy analiz sostava tela cheloveka* [Bioelectric Impedance Analysis of Human Body Composition]. Moscow, Science Publ., 2009. 392 p.
12. Rybina I.L., Shirkovets E.A. [Peculiarities of Biochemical Adaptation to Different Load Types in Elite Biathlon Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2015, no. 3, pp. 28–33. (in Russ.)
13. Samsonova A.V. [Indicators of Age and Physical Development of Highly Qualified Hockey Players of Various Roles]. *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Scientific Notes of University Named After P.F. Lesgaft], 2013, no. 8, pp. 152–157. (in Russ.)
14. Isaev A.P., Rybakov V.V., Ehrlich V.V. et al. [Strategy of Adaptable Reactions Formation at Athletes, Theory of Adaptation Fundamentals and Its Formation Regularity in Sports of High and Highest Achievements]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State University. Series. Education, Health, Physical Education], 2012, no. 21 (280), pp. 46–56. (in Russ.)
15. Taymazov V.A. *Bioenergetika sporta* [Bioenergetics of Sports]. St. Petersburg, Shaton Publ., 2002. 122 p.
16. Nikolaev D.V., Korneeva I.T., Polyakov S.D., Sobolev A.M. [Characteristics of Young Athletes' Body Fat Mass Variability According to Bioimpedance Analysis]. *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues], 2014, vol. 14, no. S3, 141 p. (in Russ.)
17. Horuzhev A.G. *Kriterii normy i patologii funktsional'nogo sostoyaniya i fizicheskoy podgotovlennosti cheloveka v postnatal'nom ontogeneze ot 3 do 65 let* [Criteria for a Person's in Postnatal Ontogenesis from 3 to 65 Years Norm and Pathology of the Functional State and Physical Fitness]. Chelyabinsk, South Ural State Medical University Publ., 1994. 284 p.
18. Miroslav Petr, Agnieszka Maciejewska-Skrendo, Adam Zajac et al. Association of Elite Sports Status with Gene Variants of Peroxisome Proliferator Activated Receptors and Their Transcriptional Coactivator. *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21(1), pp. 162–176. DOI: 10.3390/ijms21010162
19. Barh D., Ahmetov I.I. *Sports, Exercise, and Nutritional Genomics Current Status and Future Directions*. London. Academic Press, 2019. 608 p. DOI: 10.1016/C2017-0-04237-4
20. Cook G. *Athletic Body in Balance* 1st Edition. Human Kinetics Publ. 1 edition, 2003. 232 p.
21. Cook G. *Movement. Functional Movement Systems – Screening, Assessment, Corrective Strategies*. On Target Publ. 2011. 408 p.
22. De Caterina R., Martínez J.A., Kohlmeier M. *Principles of Nutrigenetics and Nutrigenomics 1st Edition Fundamentals of Individualized Nutrition*. London, Academic Press, 2020. 586 p. DOI: 10.1016/C2015-0-01839-1
23. Pereira R.M., Botezelli J.D., Rodrigues K.C. et al. Fructose Consumption in the Development of Obesity and the Effects of Different Protocols of Physical Exercise on the Hepatic Metabolism. *Nutrients*, 2017, vol. 9(4), 405 p. DOI: 10.3390/nu9040405
24. Hardie D.G. Sensing of Energy and Nutrients by AMP-Activated Protein Kinase. *Am J Clin Nutr*, 2011, vol. 93, pp. 891–896.
25. Close G.L., Hamilton L., Philp A. et al. New Strategies in Sport Nutrition to Increase Exercise Performance. *Free Radical Biology and Medicine*, 2016, vol. 98, pp. 144–158. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.016

26. Bernstein M.S., Bernstein M.S., Costanza M.C., James R.W., Morris M.A., Cambien F., Raoux S. Physical activity may modulate effects of ApoE genotype on lipid profile. *Arterioscl Thromb Vasc Biol.*, 2002, vol. 22, pp. 133–140. DOI: 10.1161/hq0102.101819

27. Weigl L.G. Lost in Translation: Regulation of Skeletal Muscle Protein Synthesis. *Curr Opin Pharmacol*, 2012, vol. 12, pp. 377–382. DOI: 10.1016/j.coph.2012.02.017

Received 22 June 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Ассоциативные детерминанты трофологического статуса у спортсменов с аэробной и анаэробной направленностью тренировочного процесса / А.И. Кузин, А.Ю. Хребтова, О.В. Камерер, Е.В. Быков // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 51–63. DOI: 10.14529/hsm200306

FOR CITATION

Kuzin A.I., Khrebtova A.Yu., Camerer O.V., Bykov E.V. Associative Determinants of the Trophological Status in Athletes from Aerobic and Anaerobic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 3, pp. 51–63. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm200306