

## ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ПЕРСНИФИЦИРОВАННЫХ ПРОГРАММ ПИТАНИЯ ДЛЯ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ ГРУППЫ РЕЗЕРВА В ЗИМНИХ ВИДАХ СПОРТА

© *Виталий Владимирович Маринич, Анастасия Владимировна Кардаш, Наталья Васильевна Шепелевич*

Полесский государственный университет. 225710, Республика Беларусь, Брестская область, Пинск, ул. Днепровской флотилии, 23

**Контактная информация:** Виталий Владимирович Маринич — доцент кафедры общей и клинической медицины факультета организации здорового образа жизни, кандидат медицинских наук, доцент. E-mail: vital4714@yandex.ru.

**Резюме.** Предлагается создание персонифицированных программ питания на основании оценки генетической предрасположенности, отражающей метаболический и ферментативный статус спортсмена высокой квалификации. Программа питания способствует формированию у атлетов высокого уровня адаптационного потенциала, создает оптимальные условия для долговременного поддержания спортивной формы.

**Ключевые слова:** спорт, программы питания, зимние виды спорта, генетическая предрасположенность.

## PERSONALIZED NUTRITION PROGRAMS FOR QUALIFIED ATHLETES GROUP RESERVE IN WINTER SPORTS

© *Vitalij V. Marinich, Anastasiya V. Kardash, Natal'ya V. Shepelevich*

Polesky State University. 225710, Republic of Belarus, Brest region, Pinsk, ul. Dnieper Flotilla, 23

Contact Information: Vitalij V. Marinich — associate Professor of the Department of General and clinical medicine of the faculty of healthy lifestyle, candidate of medical Sciences, associate Professor. E-mail: vital4714@yandex.ru

**Summary.** It is proposed to create personalized nutrition programs based on the assessment of genetic predisposition, reflecting the metabolic and enzymatic status of the athlete of high qualification. The nutrition program contributes to the formation of a high level of adaptive capacity of athletes, creates optimal conditions for long-term maintenance of fitness.

**Keywords:** sport, nutrition programs, winter sports, genetic predisposition.

В современном профессиональном спорте необходим индивидуальный подход, обеспечивающий формирование высокого адаптационного потенциала, поддержания оптимальной спортивной формы, персонифицированных подходов, направленных на достижение спортивных результатов, сохранение и улучшение уровня здоровья атлетов.

Необходимо учитывать уровень индивидуального основного обмена и персональных энергозатрат при конкретной спортивной деятельности, поскольку эти показатели, даже в пределах одной группы спортсменов (возрастно-половой группы,

уровня спортивных достижений и квалификации) индивидуально варьируют. Необходимо проводить доступный анализ генетических особенностей спортсмена, поскольку информация, полученная методами спортивной генетики не только свидетельствует о генетической предрасположенности к данной специализации (генотипический вклад в спортивный успех достигает 75%), но и позволяет проводить оптимизацию тренировочного процесса спортсмена (нагрузки, время тренировки, время восстановления), проводить профилактику ряда заболеваний (нарушения сердечной проводимости, травмы, некоторые алиментарно

зависимые заболевания), судить об индивидуальных особенностях биотрансформации, о скорости выведения продуктов катаболизма.

Оптимизация спортивной формы должна включать в себя и анализ метаболограммы (набор метаболитов организма), обеспеченности его витаминами макро- и микроэлементами. Особое значение в медико-биологическом обеспечении спорта высших достижений занимает изучение биомаркеров метаболических нарушений опорно-двигательных структур (кости, скелетные мышцы, суставы), поскольку опорно-двигательный аппарат является наиболее уязвимым при интенсивной спортивной деятельности. Следует учитывать, что спортсмены данного уровня «метаболический коридор», в пределах которых их функции оптимальны, узок, он уменьшается (суживается) по мере роста спортивного мастерства и уровня квалификации, количество перенесенных нагрузок, что естественно отражается на состоянии их адаптационного потенциала.

Анализ данных метаболического и ферментативного статусов позволяют принять своевременные адекватные меры (коррекция рациона питания, и др.). При обследовании спортсменов высокого уровня спортивной подготовки необходим комплексный анализ на подверженность их к действию различных пищевых аллергенов, что позволяет элиминировать данные продукты из рациона. Если питание спортсменов, не находящихся в сфере спорта высших достижений, должно, в принципе соответствовать законам оптимального питания и ограничиваться типовыми рационами, учитывающими особенности физической нагрузки, групповых (принятых для данного вида спорта) энергозатрат, то спортсмены высокой квалификации находятся в ином положении. Каждый из них нуждается в персонализированном рационе питания.

*Целью работы* является создание персонализированных программ питания на основании оценки генетической предрасположенности, отражающей метаболический и ферментативный статус спортсмена высокой квалификации, для направленного формирования у атлетов высокого уровня адаптационного потенциала, создания оптимальных условий для долговременного поддержания спортивной формы.

#### ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:

1. Провести сравнительный анализ рационов спортивного питания спортсменов группы резерва в комплексе научно-методического

и медико-биологического сопровождения по приоритетным зимним видам спорта (биатлон, лыжные гонки, фигурное катание, конькобежный спорт, хоккей).

2. Проанализировать однонуклеотидные генетические полиморфизмы генов, ответственных за энергообеспечение движения и метаболизм жирных кислот, обмен ксенобиотиков (GSTM1, GSTT1, CYP1A2, EPHX1, NAT2, PPARG, PPARGC1A, PPARGC1B, PPARG2) в группах атлетов по видам спорта.
3. Выделить критерии оценки рациона спортивного питания на основе изучения фактического питания, предрасположенности к особенностям обмена ксенобиотиков и жирных кислот, биохимических маркеров ферментативного и метаболического статуса организма.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В исследовании применялись следующие методы:

1. Исследования программ эффективности по персонализированному питанию;
2. Биохимический контроль состояния спортсменов с использованием биохимических маркеров и метаболитов;
3. Молекулярно-биологические методы определения однонуклеотидных генетических полиморфизмов.

Создана база биологического материала из 40 проб спортсменов юниорского и молодежного составов сборных команд Республики Беларусь по биатлону и лыжной гонке (табл. 1).

В качестве проб биологического материала для генетического тестирования использовался буккальный эпителий, забор которого осуществлялся с помощью специальных одноразовых стерильных зондов путем соскоба клеток с внутренней стороны щеки. До транспортировки в ПЦР-лабораторию отобранный

Таблица 1

Структура когорты исследования

№	Вид спорта	Состав группы, количество спортсменов
1	Биатлон	Молодежная сборная команда, резерв, учащиеся училища олимпийского резерва 20 спортсменов
2	Лыжная гонка	Молодежная сборная команда, резерв, учащиеся училища олимпийского резерва 20 спортсменов

материал хранили при температуре 2–4 °С, не более 48 ч. Транспортировка образцов осуществлялась в термоконтейнерах с холодильными элементами.

Диагностика биохимических маркеров производилась из венозной крови, собранной натощак до нагрузки.

Обследование проводилось после получения письменного информированного согласия, одобренного комиссией по биоэтике Полесского государственного университета.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты генотипирования и установленные частоты генотипов и аллелей представлены в таблице 2.

В настоящем исследовании были выявлены наиболее высокие значения встречаемости аллелей С гена PPARG2 (100%), Т гена PPARD (78,84%), А гена EPHX1 (84,61%), G гена NAT2 G590A (75,00%), С гена PGC1B (100%), А гена PGC1A (57,70%), G гена PPARA (86,53%). Также выявлена высокая частота встречаемости полиморфных генов глутатион-S-трансферазы с «нормальным» генотипом GSTT1 (73,07%) и GSTM1 (100%).

Проведены исследования биохимических маркеров в значимые периоды спортивной деятельности (базовый, предсоревновательный, восстановительный период). Результаты представлены в таблицах 3,4.

При выполнении данного этапа предложены диагностически информативные клинико-лабораторные показатели — биохимические маркеры ферментативного и метаболического статуса организма. Показана возможность применения результатов клинико-лабораторного тестирования в системе прогнозирования соревновательной деятельности. Результаты исследования способствуют расширению представления о характере метаболической адаптации к напряженной мышечной деятельности у юных спортсменов циклических видов спорта.

Установлен оптимальный набор клинико-лабораторных критериев эффективного управления тренировочным процессом в циклических зимних видах спорта, которые могут применяться для оценки переносимости тренировочных нагрузок на различных этапах подготовки.

Определены эффективные клинико-лабораторные тесты для решения различных задач медико-биологического мониторинга тренировочного процесса. Показана возможность использования данных биохимического контроля в оценке

Таблица 2  
Распределение частот генотипов и аллелей генов в исследуемой группе

Гены, SNP	Варианты	n	%	
PPARA	Генотипы	GG	20	76,92
		GC	5	19,24
		CC	1	3,84
	Аллели	G	45	86,53
C		7	13,47	
PGC1A	Генотипы	AG	20	76,92
		GG	1	3,84
		AA	5	19,24
	Аллели	G	22	42,30
A		30	57,70	
PGC1B	Генотипы	CC	26	100
		AC	–	–
		AA	–	–
	Аллели	C	52	100
A		–	–	
NAT2 G590A	Генотипы	GG	16	61,54
		AG	7	26,92
		AA	3	11,54
	Аллели	G	39	75,00
A		13	25,00	
NAT2 C481T	Генотипы	CT	12	46,16
		TT	8	30,76
		CC	6	23,08
	Аллели	C	22	46,15
T		28	53,85	
EPHX1	Генотипы	AA	18	69,24
		AG	8	30,76
		–	–	–
	Аллели	A	44	84,61
G		8	15,39	
GSTT1	Генотипы	+	19	73,07
		00	7	26,93
GSTM1	Генотипы	+	26	100
		–	–	–
PPARD	Генотипы	CC	2	7,69
		TT	17	65,38
		CT	7	26,93
	Аллели	C	11	21,16
T		41	78,84	
PPARG2	Генотипы	CC	26	100
		–	–	–
		–	–	–
	Аллели	C	26	100
–		–	–	

Таблица 3

Биохимические показатели и их изменение у спортсменов-биатлонистов в различные периоды годового цикла подготовки ( $X \pm SD$ )

Исследуемые параметры	Периоды годового цикла подготовки		
	базовый период, $X \pm SD$	предсоревновательный период, $X \pm SD$	восстановительный период, $X \pm SD$
n=25			
Гемоглобин, г/л	142,3±8,2	148,4±6,3	138±4,2
Холестерин (общий), ммоль/л	3,17±0,23	4,05±0,12	4,15±0,34
АСТ (аспарагиновая трансминаза), ЕД/л	30,12±2,14	25,65±12,7	23,56±8,4
АЛТ (аланиновая трансминаза), ЕД/л	19,12±11,45	27,16±11,12	32,48±14,87
КФК (креатинфосфокиназа), ЕД/л	178,5±56,75	140,34±34,89	123,78±43,78
Мочевина, ммоль/л	4,17±0,19	5,09±1,16	2,29±0,91
Триглицериды, ммоль/л	0,65±0,09	0,71±0,12	0,65±0,15

Таблица 4

Биохимические показатели и их изменение у спортсменов в лыжных гонках в различные периоды годового цикла подготовки ( $X \pm SD$ )

Исследуемые параметры	Периоды годового цикла подготовки		
	базовый период, $X \pm SD$	предсоревновательный период, $X \pm SD$	восстановительный период, $X \pm SD$
n=15			
Гемоглобин, г/л	136,3±5,2	144,4±2,3	139±6,7
Холестерин (общий), ммоль/л	3,96±0,19	4,34±0,72	4,85±0,84
АСТ (аспарагиновая трансминаза), ЕД/л	31,82±8,65	35,15±9,62	21,16±12,65
АЛТ (аланиновая трансминаза), ЕД/л	26,89±12,4	37,56±6,78	31,98±12,6
КФК (креатинфосфокиназа), ЕД/л	138,5±41,7	240,34±54,29	173,32±24,46
Мочевина, ммоль/л	4,67±0,89	5,12±0,97	3,89±1,01
Триглицериды, ммоль/л	0,62±0,14	0,67±0,16	0,76±0,25

перспективности высокого уровня функционального состояния в соревновательном периоде.

Определение особенностей энергозатрат в различных видах спорта (биатлоне, лыжных гонках, фигурном катании, конькобежном спорте, бобслее, хоккее)

Схема персонализированного питания состоит из 2 частей:

1. Расчет потребности спортсмена в энергии и всех пищевых веществах. Эта часть содержит следующие блоки:

А) база данных по видам спорта;

Б) база данных по особенностям энергопотребления для дифференцированных видов спорта в разные периоды подготовки;

В) база данных по особенностям потребления пищевых компонентов.

Производится последовательный расчет потребности спортсмена в энергии и пищевых

веществах по вышеприведенной методике. Исходными данными для этого служат антропометрические данные, данные о виде и объеме физических нагрузок, индивидуальные данные. Используя эти данные рассчитывается величина энергообмена для конкретного спортсмена, затем согласно формуле сбалансированного питания для данного вида спорта рассчитываются потребности в макронутриентах. Затем определяются потребности в витаминах, минеральных веществах, биологически активных веществах и воде, в количестве адекватно отражающем особенности метаболизма данного спортсмена.

Вторая часть содержит следующие блоки:

А) база данных норм потребления энергии и всех пищевых веществ;

Б) база данных по традиционным пищевым продуктам и блюдам;

В) база данных по специализированным продуктам питания спортсменов;

Г) база данных рационов питания.

Во второй части производится расчет и подбор рациона, отвечающего требованиям к рациону, которые были определены в первой части. Рацион составляется согласно традиционной системы питания. Состоит из традиционных блюд и продуктов с точно рассчитанным химическим составом, а также специализированных продуктов. Для подбора рациона питания применялась комплексная программа обследования спортсменов «Нутрикор-спорт».

Определение особенностей энергозатрат в различных видах спорта

Особенности питания спортсменов циклических видов спорта: конькобежный спорт, биатлон, лыжные гонки.

Во время занятий циклическими видами спорта расходуется большое количество энергии, а сама работа выполняется с высокой интенсивностью. Эти виды спорта требуют поддержки метаболизма, специализированного питания, особенно на длинных дистанциях, когда происходит переключение энергетических источников с углеводных (гликогена, глюкозы) на жировые. Высокий результат в этих видах спорта в первую очередь зависит от функциональных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем, устойчивости организма к гипоксическим сдвигам, волевой способности спортсмена противостоять утомлению.

Циклические виды спорта требуют преимущественного проявления выносливости. В них сочетается скоростная выносливость с хорошей координацией движений. Главной функциональной системой являются кардио-распираторная (сердечно-сосудистая и дыхательная системы), обеспечивающей — нервно-мышечный аппарат.

При занятиях циклическими видами спорта суммарные затраты энергии для развития выносливости значительно больше, чем в других видах спорта. Основной рацион должен быть углеводной направленности, т.е. углеводы должны составлять до 67–70% от общей калорийности. Калорийность пищи должна быть достаточной, чтобы обеспечить приток энергии в течение длительных периодов активности. По данным некоторых источников, дневной рацион спортсмена при длительной нагрузке должен включать в себя 5500–6500 ккал для мужчин и 5000–6000 ккал для женщин. Рекомендуется все же вести расчет более индивидуально, с учетом затрат энергии для конкретного вида деятельности. Для спортсменов,

специализирующихся на спринтерских дистанциях потребность в энергии составляет 68–78 ккал/кг массы, при соотношении макронутриентов Б: Ж: У=1:0,75:4, в то время как для спортсменов, специализирующихся на стайерских дистанциях потребность в энергии выше и составляет 73–85 ккал/кг массы при соотношении Б: Ж: У=1:1:5.

Для спортсменов, специализирующихся в циклических видах спорта, очень важно, чтобы содержание углеводов в рационе спортсменов высокого класса, испытывающих большие нагрузки, повышалось преимущественно за счет уменьшения доли жиров.

Характер работы мышц при беге на разные дистанции существенно различен. Если для дистанций до 200 метров имеет место скоростно-силовая нагрузка с максимальным выделением мощности, то на дистанциях более 1000 метров организм переходит в практически полностью аэробный режим. Даже в пределах одного класса (спринтерского — до 200 м; стайерского — 400 м и более) подготовка может различаться настолько сильно, что спортсмен способен с максимальной эффективностью работать только на своей дистанции.

Огромное количество стартов (до нескольких сотен за год) и большой объем тренировок предъявляет достаточно жесткие требования к физическим характеристикам и энергообеспечению спортсменов.

При сравнительно небольшом и постоянном весе стайерам требуется значительная выносливость, то есть большие запасы гликогена. Для спринтеров на короткие дистанции необходимо обеспечение субмаксимальной мощности в течение относительно короткого промежутка времени. Следовательно, в этой группе нагрузки имеют скоростно-силовой характер, и достаточно важно адекватное потребление белка. Для спринтеров оно должно составлять 2,6–2,8, а для стайеров 2,2–2,5 г/кг. Источники белка должны обеспечивать необходимое количество незаменимых аминокислот.

Очень длительные периоды повышенных нагрузок вызывают огромный расход энергии. В данном случае большое значение приобретают жир и углеводы, поскольку нагрузки имеют почти чисто аэробный характер.

Спортсменам циклических видов спорта необходимо большое количество углеводов, как легкоусваиваемых, так и «медленных», с низким гликемическим индексом. Потребление углеводов рекомендуется держать на уровне примерно 10,3–12 г/кг для спринтерских и 11,0–13,0 для стайерских нагрузок. При этом

следует разумно балансировать содержание в пище усвояемых и неусвояемых углеводов. Слишком волокнистая пища обычно тяжела для желудка, но тем не менее содержание в рационе пищевых волокон (овощи, недробленные крупы и хлеб с отрубями) и пектина (фрукты, например яблоки) необходимо.

Не следует слишком жестко ограничивать потребление жиров, особенно ненасыщенных. Они используются как источник энергии при длительных нагрузках и обеспечивают адекватную работу суставов, что весьма важно, поскольку в любом циклическом виде суставы подвергаются сильному износу. А для спортсменов, специализирующихся на стайерских дистанциях жир служит эффективным источником энергии. Рекомендуемое потребление 2,0–2,2 г/кг массы для спринтеров и 2,2–2,7 г/кг массы в день для стайеров. Количество насыщенных жиров должно составлять не более трети общего количества, поскольку они наиболее тяжелы для желудка и содержат избыточное количество холестерина.

Кроме того, при длительной нагрузке происходит значительное обезвоживание организма с вымыванием из него минеральных солей. Следовательно, запасы воды и микроэлементов должны постоянно пополняться в адекватных количествах.

Особенности питания спортсменов игровых видов спорта: хоккей

Отличительная черта спортивных игр — большой объем аэробной деятельности, т.е. перемещений с различной, часто меняющейся скоростью, и периодические силовые действия (удар по шайбе). Физическая активность игроков может меняться в широких пределах — от покоя до стремительного перемещения по игровой площадке. Периоды нагрузки высокой интенсивности часто имеют достаточную длительность и требуют больших энергетических затрат. Характер нагрузок для каждого игрока весьма разнообразный, поэтому планирование пищевого рациона затруднено. Наряду с физической нагрузкой спортсмены в игровых видах спорта испытывают большие нервно-психологические нагрузки, сопряженные с сильным эмоциональным возбуждением.

В ходе матча задействованы различные механизмы энергообеспечения мышечной деятельности, при которых основными энергетическими субстратами служат и углеводы, и жиры. В ходе наиболее интенсивных моментов игры энергетические запросы организма удовлетворяют наличие креатинфосфата и утилизация мышечного гликогена, хотя может исполь-

зоваться и глюкоза крови. Вследствие переменного характера физической активности частичное восстановление гликогена и креатинфосфата происходит уже по ходу матча, в течение периодов отдыха или периодов нагрузки с низкой интенсивностью.

В связи с наиболее заметной ролью мышечного гликогена в ходе физической активности в игровых видах спорта спортсменам следует рекомендовать высокоуглеводные рационы не только перед матчем, но и ежедневно, поскольку в ходе тренировок расходуется значительное количество углеводных запасов. На практике же важность потребления углеводов с пищей не всегда достаточно правильно оценивается спортсменами. Обычно рационы характеризуются избытком жиров, хотя весьма желательно, чтобы их количество не превышало 25% от общей калорийности. Минимум 60% поступающей энергии должно обеспечиваться углеводами. Несмотря на повышенное внимание к количеству белка в рационе спортсменов, особенно в хоккее, где важна мышечная сила, нет необходимости в дополнительном использовании специальных белковых препаратов даже во время интенсивных силовых тренировок.

Дополнительный прием витаминных и минеральных добавок спортсменами, занимающимися игровыми видами спорта, также может быть полезен — использование витамина С и препаратов витаминов группы В, увеличение доз витамина Е при высокоинтенсивных тренировках.

Следует также отметить важную роль железа для спортсменов. Рекомендуемая норма железа для хоккеистов составляет 20 мг, причем лучше их получать с пищей, чем в виде специальных добавок, поскольку железо из твердой пищи более эффективно всасывается из кишечника в кровь.

Калорийность в межсезонье должна обеспечить возможность прироста массы; в период соревнований она равна поддерживающей плюс расход на интенсивные физические нагрузки. Ориентировочная калорийность для игровых видов спорта 63–72 ккал/кг массы спортсмена.

Оптимальным соотношением макронутриентов, по данным литературы, является Б: Ж: У=1:0,9:5. При этом 60–65% калорийности должно покрываться за счет углеводов, 20–25% за счет жиров, 10–15% за счет белков. Однако эти цифры не абсолютны, поскольку многое зависит от особенностей организма спортсмена и конкретного вида игр.

Достаточно высокое содержание углеводов (60–65% от суточной калорийности или 9–11,5 г/кг массы в день) уже обеспечивает нормальную производительность. Однако для наилучшего результата может потребоваться больше, до 10–13 г/кг массы в день. Следует учитывать, что увеличение содержания в пище углеводов, влечет увеличение ее объема, следовательно, проблемы с ее усвоением.

Для поддержания силы мышц игрокам требуется много белка (10–15% от суточной калорийности или 1,6–2,2 г/кг массы в день), поскольку длительная активность с переменными нагрузками истощает ресурсы тела. Рациональным является потребление белка в количестве не менее 1,6 в период соревнований и до 2,2 г/кг в межсезонье для набора мышечной массы.

Сравнительно низкое содержание жира (не более 20–25% от суточной калорийности или 1,5–1,9 г/кг массы в день) позволяет избежать проблем с чрезмерным истощением в ходе длительных тренировок и соревнований. Ограничение потребления жиров не должно быть излишне жестким, поскольку жировая масса необходима для повышения устойчивости к резким перепадам температуры и как «резервный запас топлива». Также необходимо следить за адекватным поступлением полиненасыщенных жирных кислот в организм спортсмена, так как они являются эссенциальными компонентами питания.

Потребление воды должно восполнять потерю жидкости с мочой и потом. Как правило, следует пить не менее 2 литров в день. В это количество не входят кофеинсодержащие напитки, которые скорее относятся к стимулирующим добавкам. Следует пить достаточно часто и небольшими порциями, по 200–300 мл.

При интенсивных нагрузках следует следить за солевым балансом. Поскольку с потом уходит значительное количество солей, полезно заменять обычную воду минеральной или употреблять изотонические напитки. В качестве пищевых добавок рекомендуются поливитамины и минеральные соли, минеральную воду, природные кофеинсодержащие напитки, природные эргогенные средства (женьшень, лимонник).

### **ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ СЛОЖНОКООРДИНАЦИОННЫХ ВИДОВ СПОРТА: ФИГУРНОЕ КАТАНИЕ**

Отличительная черта — поддержание постоянной (сравнительно небольшой) массы

тела при низком содержании жира. Необходим относительно малый объем мускулатуры в сочетании с пластичностью и высокой функциональностью, а также улучшенная координация движений. Следовательно, при сравнительно низкокалорийном рационе требуется обеспечить организм всеми необходимыми пищевыми веществами.

Большое значение имеет повышение психической устойчивости с помощью растительных препаратов успокаивающего действия, использование ноотропных препаратов, витаминных комплексов, продуктов, содержащих большое количество энергетических субстратов (печень, яичный желток, морепродукты, продукты пчеловодства, сливочное и растительные масла и т.д.).

При тренировках фигуристами используются в основном анаэробные механизмы энергообеспечения мышечной деятельности — гликогенолиз и гликолиз. В фигурном катании требуются быстрые резкие усилия мышечных волокон, у которых ограничены возможности сжигания жира при отсутствии кислорода. Для этого спортсмены должны поддерживать оптимальный уровень запасов мышечного гликогена и мышечного креатина для своей двигательной активности.

Фигуристы имеют особенности в потреблении жиров. Потребность в них составляет 15–20% от суточной калорийности, это связано с тем, что спортсменам необходима небольшая подкожная жировая прослойка, для того чтобы избежать переохлаждения.

Углеводы являются основным источником энергии в фигурном катании. Чтобы восстановить оптимальные запасы гликогена в мышцах, содержание углеводов в пищевом рационе должно быть около 60–70% от общего потребления энергии (8,5–11,5 г/кг массы спортсмена). При этом рекомендуется основную массу углеводов (65–70% от общего количества) употреблять с пищей в виде полисахаридов, 25–30% должно приходиться на простые и легкоусвояемые углеводы (сахара, глюкоза, фруктоза) и 5% — пищевые волокна. Достаточное поступление с пищей пищевых волокон (20–30 г в день), необходимо для нормальной работы кишечника спортсмена. Особое внимание следует уделять на соотношение в пище углеводов с различным гликемическим индексом. Во время выполнения соревновательных нагрузок большого объема, приводящих к развитию утомления в связи со снижением углеводных запасов организма, необходимо через каждый час с момента начала соревнований

Таблица 5

Таблица потребностей в энергии и пищевых веществах зимних видов спорта

Вид спорта	Калорийность, ккал/кг/сутки	Белки, г/кг/сутки	Жиры, г/кг/сутки	Углеводы, г/кг/сутки
Конькобежный спорт	70–80	2,2–2,5	2,2–2,6	10,8–12,5
Хоккей	63–72	1,8–2,2	1,6–1,9	10–11,5
Бобслей	65–70	2,1–2,3	1,9–2,1	9,3–9,5
Биатлон	70–80	2,2–2,5	2,2–2,6	10,8–12,5
Фигурное катание	59–66	2,1–2,4	1,7–1,9	8,6–9,8
Лыжные гонки	70–80	2,2–2,5	2,2–2,6	10,8–12,5
стайеры спринтеры	60–70	2,3–2,5	1,8–2,0	9,0–10,0

потреблять приблизительно 30–60 грамм углеводов с высоким гликемическим индексом.

Не менее важным является поддержание соответствующего равновесия между потреблением энергии и белка. Для удовлетворения суточной потребности необходимо включение в рацион разнообразных маложирных источников белка (мясо, рыба, молочные продукты) в количествах 2,0–2,4 г/кг массы тела спортсмена, что составляет 12–15% от суточной калорийности рациона.

В связи с достаточно высокой травматичностью данной группы видов спорта (переломы, вывихи и др.), следует уделять особое внимание вопросу адекватного потребления кальция и биологически активных веществ с хондропротекторными свойствами.

Кроме того заметная роль в создании сбалансированных рационов фигуристов отводится витаминам (группы В, А, С, Е) минеральным веществам (особенно кальций, железо), антиоксидантам, пищевым волокнам и другим биологически активным компонентам. Следует иметь в виду, что реальные потребности могут быть выше, а наличие «скрытого» дефицита того или иного микронутриента резко снижает работоспособность. В рацион необходимо включать повышенные дозы витаминов С (160–120 мг) и В<sub>1</sub> (3,0–3,5 мг).

Потребление жидкости должно регулироваться таким образом, чтобы избежать обезвоживания и в то же время не допустить избыточного вымывания минеральных веществ с потом. Ориентировочные значения 2–2,5 литра в день, с учетом пищи. Наличие жажды, как правило, свидетельствует об уже имеющемся дефиците воды.

Самым серьезным и для многих спортсменов непреодолимым препятствием в поддержании нужной массы тела является чувство голода. Объем принимаемой пищи следует сохранять на должном уровне, что достигается включением в рацион овощей и фруктов с низким гликемиче-

ским индексом, которые являются не только своеобразным балластом, но и содержат минеральные соли, нормализующие процессы водно-солевого обмена, поддерживают постоянное осмотическое давление, регулируют движение воды между тканями и кровью и др.

### ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА: БОБСЛЕЙ

Бобслей не отличается физическими перегрузками, однако у спортсменов, занимающихся этим видом спорта, нервное напряжение находится на грани возможностей, поэтому, в первую очередь, здесь необходимо повышение психической устойчивости и прием ноотропов (нейрометаболических стимуляторов) — средства, оказывающие прямое активирующее влияние на обучение, улучшающие память и умственную деятельность, а также повышающие устойчивость мозга к агрессивным воздействиям.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева М.С. Коррекция пищевой непереносимости при профилактике и лечении железодефицитной анемии беременных. Автореф. дис. ... кан. мед. наук. Волгоград; 2005.
2. Астратенкова И.В., Чайковский В.С. Метаболизм аспаратаминотрансферазы при физических нагрузках. Украинский биохимический журнал. 1990; Т. 62: 98–101.
3. Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. М.: Наука; 1972.
4. Зезеров А.Е., Ивонова С.М., Ушаков Л.С. Перекисное окисление липидов в тканях крыс при антиортостатической гипокинезии, действию физической нагрузки и иммобилизационного стресса. Косм. биол. авиакосм. мед., 1987; Т. 21: 39–43.
5. Меерсон Ф.З., Пшеничкова М.Г. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина; 1988: 46–49.

6. Пшендин А.И. Рациональное питание спортсменов. Для любителей и профессионалов. СПб.: Олимп; 2003.
7. Чаговец Н.Р. Биохимический анализ компенсаторных процессов в скелетных мышцах после функциональной деятельности. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Л.; 1974.
8. Шаляпина И.В., Чайковский В.С., Рогозкин В.А. Метаболизм тропомиозина в мышцах и его содержание в крови при физических нагрузках. Украинский биохимический журнал. 1987; № 4: 14–18.
9. Шенкман Б.С., Подлубная З.А., Вишняков И.М. и соавт. Сократительные характеристики и белки саркомерного цитоскелета волокон *m. soleus* человека в условиях гравитационной разгрузки. Биофизика. 2004; Т. 49: 881–890.
10. Яковлев Н.Н. Биохимия спорта. М.: ФиС; 1974.
11. Alessio H.M., Goldfarb A.H. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adoptive response to training. *J. Appl. Physiol.*, 1988; 64: 1333–1336.
12. Allen D.L., Linderman J.K., Roy R.R. et al Apoptosis: a mechanism contributing to remodelling of skeletal muscle in response to hindlimb unweighting. *J. Physiol. Cell. Physiol.*, 1997; 273: 579–587.
13. Ashmaig M.E., Starkey B.J., Ziad A.M. et al. Changes in serum concentrations of markers of myocardial injury following treadmill exercise testing in patients with suspected ischaemic heart disease. *Med. Sci. Monit.* 2001; 7: 54–57.
14. Bar-Shai M., Carmeli E., Coleman R. et al. The effect of hindlimb immobilization on acid phosphatase, metalloproteinases and nuclear factor-kappa B in muscles of young and old rats. *Mech. Ageing Dev.*, 2005; 126: 289–297.
15. Bemben M.G. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med.* 2005; 35: 107–125.
16. Berg, A., Haralambie G., Bemben M.G., Lemont H.S. Changes in serum creatine kinase and hexose phosphate isomerase activity with exercise duration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1978; 39: 191–201.
17. Beuerle J.R., Azzazy H.M., Styba G. et al. Characteristics of myoglobin, carbonic anhydrase III and the myoglobin/carbonic anhydrase ratio in trauma, exercise, and myocardial infarction patients. *Clin. Chim. Acta.* 2000; 294: 115–128.
18. Bloomer R.J., Goldfarb A.H., Wideman L. et al. Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *J. Strength Cond. Res.* 2005; 19: 276–285.
19. Bolli R., Shinmura K., Tang X.L. et al. Discovery of a new function of cyclooxygenase (COX)-2: COX-2 is a cardioprotective protein that alleviates ischemia/reperfusion injury and mediates the late phase of preconditioning. *Cardiovasc. Res.* 2002; 55: 506–519.
20. Carmeli E., Moas M., Lennon S., Powers S.K. High intensity exercise increases expression of matrix metalloproteinase in fast skeletal muscle fibres. *Exp. Physiol.* 2005; 90: 613–619.
21. Chen J.C., Goldhammer D.J. Skeletal muscle stem cells. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2003; 1: 101.
22. Constable S.N., Favier R.J., McLane J.A. et al. Energy metabolism in contracting rat skeletal muscle: adaptation to exercise training. *Am.J. Physiol.* 1987; 253: 316–322.
23. Coudreuse, J.M., Dupont P., Nicol C. Delayed post effort muscle soreness. *Ann. Readapt. Med. Phys.* 2004; 47: 290–298.
24. Dahlack L.O., Rais O. Morphological changes in striated muscle following ischemia: immediate postischemic phase. *Acta Chir. Scand.* 1966; 131: 430–440.
25. Davies M.J. Direct detection of radical production in the ischemic and reperfused myocardium. Current status. *Free Rad. Res. Commun.* 1989; 7: 275–284.
26. Di Prampero P.E., Narici M.V. Muscles in microgravity: from fibers to human emotion. *J. Biomech.* 2003; 36: 403–412.
27. Dudley G.A., Hather B.M., Buchanan P. Skeletal muscle responses to unloading with special reference to man. *J. Fla. Med. Assoc.* 1992; 79: 525–529.
28. Evans W.J., Cannon J.G. The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 1991; 19: 99–125.
29. Farid M., Reid M.B., Li Y.P. et al Effects of dietary curcumin or N-acetylcysteine on NF-kappaB activity and contractile performance in ambulatory and unloaded murine soleus. *Nutr. Metab. (Lond.)*. 2005; 2: 20.
30. Faulkner J.A., Brooks S.V., Opiteck J.A. Injury to skeletal muscle fibers during contraction: conditions of occurrence and prevention. *Phys. Ther.* 1993; 73: 911–921.
31. Fitts R.H., Riley D.R., Widrick J.J. Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J. Exp. Biol.* 2001; 204: 3201–3208.
32. Friden J., Lieber R.L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992; 24: 521–530.
33. Friden J., Lieber R.L. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol. Scand.* 2001; 171: 321–326.
34. Glatz J.F., Van der Vusse G.J., Maessen J.G. et al. Fatty acid-binding protein as marker of muscle injury: experimental findings and clinical application. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1997; 111(Suppl.): 292–294.
35. Granger D.N., Korthuis R.J. Physiologic mechanisms of postischemic tissue injury. *Ann. Rev. Physiol.* 1995; 57: 311–332.
36. Heer M., De Santo N.G., Cirillo M., Drummer C. Body mass changes, energy, and protein metabolism in space. *Am.J. Kidney Dis.* 2001; 38: 691–695.
37. Henriksson J. Effect of training and nutrition on the development of skeletal muscle. *J. Sports Sci.* 1995; 13: S25–S30.
38. Hilder T.L., Baer L.A., Fuller C.A., Fuller C.A., Grindeland R.E., Wade C.E., Graves L.M. Insulin-

- independent pathways mediating glucose uptake in hind-limb suspended skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 2005; 99: 2181–2188.
39. Hoppeler H., Desplanches D. Muscle structural modifications in hypoxia. *Int. J. Sports Med.* 1992; 13(sup 1.1): 166–168.
  40. Iiboshi A., Tokuda T., Nishimura S. Otsuji Biphasic changes of blood myoglobin level in weight training. *J. Sports Med.* 1982; 22: 284–294.
  41. Jones D.A., Jackson M.J., Edwards R.E.T. Release of intracellular enzymes from an isolated mammalian skeletal muscle preparation. *Clin. Sci.* 1983; 65: 193–201.
  42. Kanter M.M., Kaminsky L.A., La Ham-Saeger J. et al. Serum enzymes and lipid peroxidation in ultramarathon runners. *Ann. Sports Med.* 1986; 3: 39–41.
  43. Kanter M.M., Lesmes G.R., Kaminsky L.A. et al. Serum creatine kinase and lactate dehydrogenase changes following an eighty kilometer race. Relationship to lipid peroxidation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1988; 57: 60–63.
  44. Karman R.L., Goheen B., Patton R., Raven P. The effects of near maximum exercise on serum enzymes: The exercise profile versus the cardiac profile. *Clin. Chim. Acta.* 1977; 81: 145–152.
  45. King S.W., Statland B.E. and Savory J. The effect of short burst of exercise on activity values of enzymes in sera of healthy young men. *Clin. Chim. Acta.* 1976; 72: 211–218.
  46. Korthuis R.J., Smith J.K., Carden D.L. Hypoxic reperfusion attenuates posts ischemic microvascular injury. *Am. J. Physiol.* 1989; 256: H315–H319.
  47. Kuipers H., Drukker J., Frederik P.M., Geurten P., van Kranenburg G. Muscle degeneration after exercise in rats. *Int J Sports Med.* 1983; 4: 45–51.
  48. Lieber R.L., Thornell L.E., Friden J.J. Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction. *Appl. Physiol.* 1996; 80: 278–284.
  49. MacAllister R.M. Skeletal muscle fiber types and their vascular support. J.F. Amann, M.H. Laughlin. *J Reconstr. Microsurg.* 1993; 9: 313–317.
  50. Mauro A. Satellite cell of skeletal muscle fibre. *J. Biophys. Biochem. Cytol.* 1961; 9: 493–495.
  51. McLoon L., Nguyen L. et al Time course of the regenerative responses in bupivacaine injured orbicularis oculi muscle. *Wirtschaftler J Cell Tissue Res.* 1998; 294: 439–447.
  52. Morozov V.I., Usenko T.N., Rogozkin V.A. Neutrophil antiserum response to decrease in proteolytic activity in loaded rat muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001; 84: 195–200.
  53. Renault V., Piron-Hamelin G., Forestier C. et al. Skeletal muscle regeneration and mitotic clock. *Exp. Gerontol.* 2000; 35: 711–719.
  54. Roti S., Iori E., Guiducci V. et al. Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactate dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 1981; 21: 113–118.
  55. Roy R.R., Talmadge R.J., Hodgson J.A. et al Training effects on soleus of cats spinal cord transected (T12-T13) as adults. *Muscle Nerve.* 1998; 21: 63–71.
  56. Sabourin L.A., Rudnicki M.A. The molecular regulation of myogenesis. *Clin. Genet.* 2000; 57: 16–25.
  57. Saxena K.K., Gupta B., Srivastava V.K. et al Creatine kinase and aspartate aminotransferase in an experimental model to predict size of cardiac infarct. *Indian J. Exp. Biol.* 1988; 26: 235–236.
  58. Shave R.E., Dawson E., Whyte P.G. et al. Cardiac troponin T in female athletes during a two-day mountain marathon. *Scott Med. J.* 2003; 48: 41–42.
  59. Schultz E. Satellite cell behavior during skeletal muscle growth and regeneration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1989; 21: S181–S186.
  60. Schultz E. and McCormick K.M. Skeletal muscle satellite cells. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 1994; 123: 213–257.
  61. Shvets V.N., Portugalov V.V. Space flight effects on the hemopoietic function of bone marrow of the rat. *Aviat. Space Environ. Med.* 1976; 47: 746–749.
  62. Tchaikovski V.S., Astratenkova I.V., Basharina O.B. The effect of exercises on the content and reception of the steroid hormones in rat skeletal muscles. *J. Steroid Biochem.* 1986; 24: 251–253.
  63. Tsintzas K., C. Williams. Human muscle glycogen metabolism during exercise. Effect of carbohydrate supplementation. *Sports Med.* 1998; 25: 7–23.
  64. Tsivits S.K., McLoughlin T.J., Peterson J.M. et al. Downhill running in rats: influence on neutrophils, macrophages, and MyoD+ cells in skeletal muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003; 90: 633–638.
  65. Weiss S.J. Tissue destruction by neutrophils. *N. Engl. J. Med.* 1989; 320: 365–376.
  66. Wright J.G., Fox D., Kerr J.C. et al. Rate of reperfusion blood flow modulates reperfusion injury in skeletal muscle. *J. Surg. Res.* 1988; 44: 754–763.

## REFERENCES

1. Alieva M.S. Korrekciya pishchevoj neperenosimosti pri profilaktike i lechenii zhelezodeficitnoj anemii beremennyh. [Correction of food intolerance in the prevention and treatment of iron deficiency anemia in pregnant women]. *Avtoref. dis. ... kan. med. nauk. Volgograd;* 2005. (in Russian).
2. Astratenkova I.V., CHajkovskij B.C. Metabolizm aspartataminotferazy pri fizicheskikh nagruzkah. [Metabolism of aspartate aminotransferase under physical exertion]. *Ukrainskij biohimicheskij zhurnal.* 1990; T. 62: 98–101. (in Russian).
3. Vladimirov YU.A., Archakov A.I. Perekisnoe okislenie lipidov v biologicheskikh membranah. [Lipid peroxidation in biological membranes]. M.: Nauka; 1972. (in Russian).
4. Zezerov A.E., Ivonova S.M., Ushakov L.S. Perekisnoe okislenie lipidov v tkanyah krysa pri antiortostaticheskoj gipokinezii, dejstvii fizicheskoy nagruзки i immobilizatsionnogo stressa. [Lipid Peroxidation in tissues of rats

- under antiorthostatic hypokinesia, effects of exercise and immobilization stress]. *Kosm. biol. aviakosm. med.*, 1987; T. 21: 39–43. (in Russian).
5. Meerson F.Z., Pshennikova M.G. Adaptaciya k stressovym situacijam i fizicheskim nagruzkam. [Adaptation to stressful situations and physical loads]. M.: Medicina; 1988: 46–49. (in Russian).
  6. Pshendin A.I. Racional'noe pitanie sportsmenov. Dlya lyubitel'ej i professionalov. [Rational nutrition of athletes. For Amateurs and professionals]. SPb.: Olimp; 2003. (in Russian).
  7. CHagovec N.R. Biohimicheskiy analiz kompensatornyh processov v skeletnyh myshchah posle funkcional'noj deyatel'nosti. [Biochemical analysis of compensatory processes in skeletal muscles after functional activity]. Avtoref. diss. ... dokt. biol. nauk. L.; 1974. (in Russian).
  8. SHalyapina I.V., CHajkovskij V.S., Rogozkin V.A. Metabolizm tropomiozina v myshchah i ego sodержanie v krovi pri fizicheskikh nagruzkah. [Metabolism of tropomyosin in muscle and blood during exercise]. *Ukrainskiy biohimicheskiy zhurnal*. 1987; № 4: 14–18. (in Russian).
  9. SHenkman B.S., Podlubnaya Z.A., Vihlyancev I.M. i soavt. Sokratitel'nye harakteristiki i belki sarkomernogo citoskeleta volokon m. soleus cheloveka v usloviyah gravitacionnoj razgruzki. [Contractile characteristics and sarcomere proteins of cytoskeleton fibers m. soleus of the person in conditions of gravitational unloading]. *Biofizika*. 2004; T. 49: 881–890. (in Russian).
  10. YAKovlev N.N. Biohimiya sporta. [Sport biochemistry]. M.: FiS; 1974. (in Russian).
  11. Alessio H.M., Goldfarb A.H. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adoptive response to training. *J. Appl. Physiol.*, 1988; 64: 1333–1336.
  12. Allen D.L., Linderman J.K., Roy R.R. et al Apoptosis: a mechanism contributing to remodelling of skeletal muscle in response to hindlimb unweighting. *J. Physiol. Cell. Physiol.*, 1997; 273: 579–587.
  13. Ashmaig M.E., Starkey B.J., Ziad A.M. et al. Changes in serum concentrations of markers of myocardial injury following treadmill exercise testing in patients with suspected ischaemic heart disease. *Med. Sci. Monit.* 2001; 7: 54–57.
  14. Bar-Shai M., Carmeli E., Coleman R. et al. The effect of hindlimb immobilization on acid phosphatase, metalloproteinases and nuclear factor-kappa B in muscles of young and old rats. *Mech. Ageing Dev.*, 2005; 126: 289–297.
  15. Bemben M.G. Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sports Med.* 2005; 35: 107–125.
  16. Berg, A., Haralambie G., Bemben M.G., Lemont H.S. Changes in serum creatine kinase and hexose phosphate isomerase activity with exercise duration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1978; 39: 191–201.
  17. Beuerle J.R., Azzazy H.M., Styba G. et al. Characteristics of myoglobin, carbonic anhydrase III and the myoglobin/carbonic anhydrase ratio in trauma, exercise, and myocardial infarction patients. *Clin. Chim. Acta.* 2000; 294: 115–128.
  18. Bloomer R.J., Goldfarb A.H., Wideman L. et al. Effects of acute aerobic and anaerobic exercise on blood markers of oxidative stress. *J. Strength Cond. Res.* 2005; 19: 276–285.
  19. Bolli R., Shimura K., Tang X.L. et al. Discovery of a new function of cyclooxygenase (COX)-2: COX-2 is a cardioprotective protein that alleviates ischemia/reperfusion injury and mediates the late phase of preconditioning. *Cardiovasc. Res.* 2002; 55: 506–519.
  20. Carmeli E., Moas M., Lennon S., Powers S.K. High intensity exercise increases expression of matrix metalloproteinase in fast skeletal muscle fibres. *Exp. Physiol.* 2005; 90: 613–619.
  21. Chen J.C., Goldhammer D.J. Skeletal muscle stem cells. *Reprod. Biol. Endocrinol.* 2003; 1: 101.
  22. Constable S.N., Favier R.J., McLane J.A. et al. Energy metabolism in contracting rat skeletal muscle: adaptation to exercise training. *Am.J. Physiol.* 1987; 253: 316–322.
  23. Coudreuse, J.M., Dupont P., Nicol C. Delayed post effort muscle soreness. *Ann. Readapt. Med. Phys.* 2004; 47: 290–298.
  24. Dahlack L.O., Rais O. Morphological changes in striated muscle following ischemia: immediate postischemic phase. *Acta Chir. Scand.* 1966; 131: 430–440.
  25. Davies M.J. Direct detection of radical production in the ischemic and reperfused myocardium. Current status. *Free Rad. Res. Commun.* 1989; 7: 275–284.
  26. Di Prampero P.E., Narici M.V. Muscles in microgravity: from fibers to human emotion. *J. Biomech.* 2003; 36: 403–412.
  27. Dudley G.A., Hather B.M., Buchanan P. Skeletal muscle responses to unloading with special reference to man. *J. Fla. Med. Assoc.* 1992; 79: 525–529.
  28. Evans W.J., Cannon J.G. The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exerc. Sports Sci. Rev.* 1991; 19: 99–125.
  29. Farid M., Reid M.B., Li Y.P. et al Effects of dietary curcumin or N-acetylcysteine on NF-kappaB activity and contractile performance in ambulatory and unloaded murine soleus. *Nutr. Metab. (Lond.)*. 2005; 2: 20.
  30. Faulkner J.A., Brooks S.V., Opitck J.A. Injury to skeletal muscle fibers during contraction: conditions of occurrence and prevention. *Phys. Ther.* 1993; 73: 911–921.
  31. Fitts R.H., Riley D.R., Widrick J.J. Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J. Exp. Biol.* 2001; 204: 3201–3208.
  32. Friden J., Lieber R.L. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992; 24: 521–530.
  33. Friden J., Lieber R.L. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol. Scand.* 2001; 171: 321–326.

34. Glatz J.F., Van der Vusse G.J., Maessen J.G. et al. Fatty acid-binding protein as marker of muscle injury: experimental findings and clinical application. *Acta Anaesthesiol. Scand.* 1997; 111(Suppl.): 292–294.
35. Granger D.N., Korthuis R.J. Physiologic mechanisms of postischemic tissue injury. *Ann. Rev. Physiol.* 1995; 57: 311–332.
36. Heer M., De Santo N.G., Cirillo M., Drummer C. Body mass changes, energy, and protein metabolism in space. *Am.J. Kidney Dis.* 2001; 38: 691–695.
37. Henriksson J. Effect of training and nutrition on the development of skeletal muscle. *J. Sports Sci.* 1995; 13: S25–S30.
38. Hilder T.L., Baer L.A., Fuller C.A., Fuller C.A., Grindeland R.E., Wade C.E., Graves L.M. Insulin-independent pathways mediating glucose uptake in hindlimb suspended skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 2005; 99: 2181–2188.
39. Hoppeler H., Desplanches D. Muscle structural modifications in hypoxia. *Int. J. Sports Med.* 1992; 13(sup 1.1): 166–168.
40. Iiboshi A., Tokuda T., Nishimura S. Otsuji Biphasic changes of blood myoglobin level in weight training. *J. Sports Med.* 1982; 22: 284–294.
41. Jones D.A., Jackson M.J., Edwards R.E.T. Release of intracellular enzymes from an isolated mammalian skeletal muscle preparation. *Clin. Sci.* 1983; 65: 193–201.
42. Kanter M.M., Kaminsky L.A., La Ham-Saeger J. et al. Serum enzymes and lipid peroxidation in ultramarathon runners. *Ann. Sports Med.* 1986; 3: 39–41.
43. Kanter M.M., Lesmes G.R., Kaminsky L.A. et al. Serum creatine kinase and lactate dehydrogenase changes following an eighty kilometer race. Relationship to lipid peroxidation. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1988; 57: 60–63.
44. Karman R.L., Goheen B., Patton R., Raven P. The effects of near maximum exercise on serum enzymes: The exercise profile versus the cardiac profile. *Clin. Chim. Acta.* 1977; 81: 145–152.
45. King S.W., Statland B.E. and Savory J. The effect of short burst of exercise on activity values of enzymes in sera of healthy young men. *Clin. Chem. Acta.* 1976; 72: 211–218.
46. Korthuis R.J., Smith J.K., Carden D.L. Hypoxic reperfusion attenuates postischemic microvascular injury. *Am.J. Physiol.* 1989; 256: H315–H319.
47. Kuipers H., Drukker J., Frederik P.M., Geurten P., van Kranenburg G. Muscle degeneration after exercise in rats. *Int J Sports Med.* 1983; 4: 45–51.
48. Lieber R.L., Thornell L.E., Friden J.J. Muscle cytoskeletal disruption occurs within the first 15 min of cyclic eccentric contraction. *Appl. Physiol.* 1996; 80: 278–284.
49. MacAllister R.M. Skeletal muscle fiber types and their vascular support. J.F. Amann, M.H. Laughlin. *J Reconstr. Microsurg.* 1993; 9: 313–317.
50. Mauro A. Satellite cell of skeletal muscle fibre. *J. Biochem. Biochem. Cytol.* 1961; 9: 493–495.
51. McLoon L., Nguyen L. et al Time course of the regenerative responses in bupivacaine injured orbicularis oculi muscle. *Wirtschafter J Cell Tissue Res.* 1998; 294: 439–447.
52. Morozov V.I., Usenko T.N., Rogozkin V.A. Neutrophil antiserum response to decrease in proteolytic activity in loaded rat muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001; 84: 195–200.
53. Renault V., Piron-Hamelin G., Forestier C. et al. Skeletal muscle regeneration and mitotic clock. *Exp. Gerontol.* 2000; 35: 711–719.
54. Roti S., Iori E., Guiducci V. et al. Serum concentrations of myoglobin, creatine phosphokinase and lactate dehydrogenase after exercise in trained and untrained athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 1981; 21: 113–118.
55. Roy R.R., Talmadge R.J., Hodgson J.A. et al Training effects on soleus of cats spinal cord transected (T12-T13) as adults. *Muscle Nerve.* 1998; 21: 63–71.
56. Sabourin L.A., Rudnicki M.A. The molecular regulation of myogenesis. *Clin. Genet.* 2000; 57: 16–25.
57. Saxena K.K., Gupta B., Srivastava V.K. et al Creatine kinase and aspartate aminotransferase in an experimental model to predict size of cardiac infarct. *Indian J. Exp. Biol.* 1988; 26: 235–236.
58. Shave R.E., Dawson E., Whyte P.G. et al. Cardiac troponin T in female athletes during a two-day mountain marathon. *Scott Med. J.* 2003; 48: 41–42.
59. Schultz E. Satellite cell behavior during skeletal muscle growth and regeneration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1989; 21: S181–S186.
60. Schultz E. and McCormick K.M. Skeletal muscle satellite cells. *Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol.* 1994; 123: 213–257.
61. Shvets V.N., Portugalov V.V. Space flight effects on the hemopoietic function of bone marrow of the rat. *Aviat. Space Environ. Med.* 1976; 47: 746–749.
62. Tchaikovski V.S., Astratenkova I.V., Basharina O.B. The effect of exercises on the content and reception of the steroid hormones in rat skeletal muscles. *J. Steroid Biochem.* 1986; 24: 251–253.
63. Tsintzas K., C. Williams. Human muscle glycogen metabolism during exercise. Effect of carbohydrate supplementation. *Sports Med.* 1998; 25: 7–23.
64. Tsvitse S.K., McLoughlin T.J., Peterson J.M. et al. Downhill running in rats: influence on neutrophils, macrophages, and MyoD+ cells in skeletal muscle. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003; 90: 633–638.
65. Weiss S.J. Tissue destruction by neutrophils. *N. Engl. J. Med.* 1989; 320: 365–376.
66. Wright J.G., Fox D., Kerr J.C. et al. Rate of reperfusion blood flow modulates reperfusion injury in skeletal muscle. *J. Surg. Res.* 1988; 44: 754–763.