

© РАХМАНОВ Р. С., БЛИНОВА Т. В., СТРАХОВА Л. А., КОЛЕСОВ С. А., ПОТАПОВА И. А., ОРЛОВ А. Л., ЧУМАКОВ Н. В.

УДК 664:613.2:797.1

DOI: 10.20333/2500136-2017-6-77-85

КОРРЕКЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА СПОРТСМЕНОВ СПЕЦИАЛЬНЫМ ПРОДУКТОМ ПИТАНИЯ, ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ

Р. С. Рахманов, Т. В. Блинова, Л. А. Страхова, С. А. Колесов, И. А. Потапова, А. Л. Орлов, Н. В. Чумаков

Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии, Нижний Новгород 603950, Российская Федерация

Цель исследования. Обосновать способ разработки специальных продуктов для питания спортсменов, оценить эффективность натурального концентрированного пищевого продукта, произведенного по криогенной технологии, в рационе лиц, занимающихся циклическими видами спорта.

Материал и методы. Для обоснования способа, позволяющего разрабатывать специальные продукты питания, в рацион спортсменов-гребцов ввели пищевые продукты, произведенные по криогенной технологии. Оценили исходную, после приема в течение 15 дней и еще через 30 дней обеспеченность организма рядом витаминов и минералов. Определили содержание этих нутриентов в использованных продуктах. С помощью оригинальной методики разбиения диапазона доз указанных веществ на зоны с разным числом измеренных значений в каждой формировали таблицу средних частот эффектов, данные которой представлены графически на плоскости «доза – эффект». Массив точек аппроксимировали по методу наименьших квадратов. Это позволило определить потребность витаминов и минералов на 1 кг массы тела. Разработали многокомпонентный продукт спортивного питания, ввели в рацион питания пловцов, который принимали от 20 до 27 гр. ежедневно 15 дней.

Результаты. На фоне значительных нагрузок показаны достоверные различия по сравнению с группой контроля по влиянию на сердечно-сосудистую систему, белковый, липидный обмены, эритропоэз, ферментные системы, витаминно-минеральную насыщенность, динамику масса тела и мышечной силы, спортивные результаты: время заплыва кролем, которое затрачено на преодоление дистанции 100 м у спортсменов основной группы снизилось на 0,442 сек, контрольной - на 0,168 сек; через 30 и 40 дней после его приема - на 0,952-0,506 сек и 1,459-0,786 сек соответственно.

Заключение. Использованный подход применим для разработки специальных продуктов питания для спортсменов различных видов спорта. Они влияют на метаболические процессы организма и способствуют повышению спортивных результатов.

Ключевые слова: способ разработки продуктов питания для спортсменов, криогенная технология переработки, значительные физические нагрузки, циклические виды спорта, витаминно-минеральная насыщенность, метаболические реакции организма, спортивная результативность.

Для цитирования: Рахманов РС, Блинова ТВ, Страхова ЛА, Колесов СА, Потапова ИА, Орлов АЛ, Чумаков НВ. Коррекция метаболического статуса спортсменов специальным продуктом питания, оценка его эффективности. *Сибирское медицинское обозрение.* 2017;(6): 77-85.

DOI: 10.20333/2500136-2017-6-77-85

CORRECTION OF THE ATHLETES METABOLIC STATUS BY SPECIAL FOODSTUFF, EVALUATION OF ITS EFFECTIVENESS

R. S. Rakhmanov, T. V. Blinova, L. A. Strakhova, S. A. Kolesov, I. A. Potapova, A. L. Orlov, N. V. Chumakov

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, Nizhny Novgorod 603950, Russian Federation

The aim of the research. To substantiate the way of developing special products for the nutrition of athletes, to evaluate the effectiveness of a natural concentrated food product, produced by cryogenic technology in the diet of athletes, involved in cyclic sport.

Material and methods. To substantiate the way that allows the development of special food products, in the ration of athletes-rowers were added food products produced by cryogenic technology. Were evaluated the baseline, after taking 15 days and after another 30 days, providing the body with a number of vitamins and minerals. The content of these nutrients in the used products was determined. Using the original technique of dividing the range of doses of these substances into zones with different number of measured values, a table of the average frequency of the effects was formed, the data was presented graphically on the “dose-effect” plane. The array of points was approximated by the method of least squares. It allowed to determine the need for vitamins and minerals per 1 kg of body weight. It was developed a multi-component product of sports nutrition, introduced into the diet of swimmers, took from 20 to 27 grams daily during 15 days.

Results. On the background of significant activity, there are reliable differences in comparison with the control group for effects on the cardiovascular system, protein, lipid metabolism, erythropoiesis, enzyme systems, vitamin-mineral saturation, dynamics of body weight and muscle strength, sport results: spent to overcome the distance of 100 m in athletes of the main group decreased by 0.442 seconds, control - by 0.168 seconds; in 30 and 40 days - by 0.952-0.506 seconds and 1.459-0.786 seconds, respectively.

The conclusion. The used approach is applicable for the development of special food products for athletes of various sports. It influences to the metabolic processes of the body and contribute to improving sports results.

Key words: method of developing food products for athletes, cryogenic processing technology, considerable physical activity, cyclic sports, vitamin-mineral saturation, metabolic reactions of the organism, athletic results.

Citation: Rakhmanov RS, Blinova TV, Strakhova LA, Kolesov SA, Potapova IA, Orlov AL, Chumakov NV. Correction of the athletes metabolic status by special foodstuff, evaluation of its effectiveness. *Siberian Medical Review.* 2017;(6): 77-85. DOI: 10.20333/2500136-2017-6-77-85

Введение

Рацион питания человека должен быть не только сбалансированным по количеству пищевых веществ, но и иметь количественную характеристику в зависимости от возраста, пола, физической активности, физического состояния, условий проживания и труда [1, 2].

Среди факторов риска здоровью населения большое значение имеет недостаточная витаминно-минеральная насыщенность организма, следствием которой являются серьезные нарушения в обмене веществ. Потребность в витаминах возрастает при систематических физических нагрузках. По наблюдениям ряда авторов, на каждую дополнительную тысячу килокалорий потребность в витаминах увеличивается на 33 %. Причем у спортсменов при длительных тренировках в аэробном режиме заметно растет потребность в витаминах С и В₁. При интенсивной тренировке, связанной с накоплением мышечной массы, организму требуется больше витамина В₆ [3]. При выраженном нервно-эмоциональном напряжении и специфических гормональных сдвигах у спортсменов значительно повышается потребность в минеральных веществах [4]. Поэтому, как во время тренировок и соревнований, так и в периоде отдыха спортсменов, необходимо проводить коррекцию компонентов, входящих в рацион. Имеющиеся данные о влиянии питания на физическую форму спортсменов свидетельствуют о том, что при нормальной обеспеченности организма микронутриентами достигается максимальный уровень работоспособности и выносливости атлетов. Недостаточная обеспеченность витаминами организма спортсмена может снизить физическую работоспособность и препятствовать достижению высоких результатов. Компенсировать недостаток витаминов и минералов с помощью традиционного рациона питания, в котором нередко отмечается недостаток микронутриентов, очень трудно, поскольку увеличение объема потребляемой пищи для спортсменов часто не является полезным. В связи с выше изложенным, рекомендуется дополнительно применять различные продукты для спортивного питания с учетом вида спортивной деятельности, тренированности спортсменов, степени их физической нагрузки [5].

Одним из основных факторов, определяющих повышенную потребность организма спортсменов в ряде витаминов и минеральных веществах, является их участие в ферментных системах, обуславливающих процессы энергообеспечения при мышечной деятельности, в поддержании структурной и функциональной целостности клеточных и субклеточных мембран. Витаминно-минеральные вещества (ВМВ) способствуют уменьшению повреждения клеток мышечной ткани продуктами окислительного стресса, улучшают восстановление мышц после нагрузок [4, 6].

Прием витаминов с антиоксидантными свойствами уменьшает экспрессию генов HSPA1A и HSPB1 в лейкоцитах, и таким образом снижает уровень психоэмоционального и физиологического стресса у спортсменов в предсоревновательный и соревновательный периоды [7]. Недостаточная обеспеченность ВМВ организма спортсмена может снизить физическую работоспособность, влиять на его функциональное состояние [8, 9, 10, 11, 12]. Напротив, высокие дозы витаминов и антиоксидантов оказывают отрицательные эффекты на процессы адаптации организма спортсмена при физической нагрузке [13].

Методические рекомендации «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ (МР 2.3.1.2432-08)» регламентируют для взрослого населения в зависимости от возраста, физической активности, пола, физического состояния только количество потребляемых белков, жиров и углеводов. Нормы витаминов, минеральных веществ, минорных компонентов пищи и других биологически активных веществ не дифференцированы. Отмечено, что для лиц, работающих в условиях Крайнего Севера, энергозатраты увеличиваются на 15 % и пропорционально возрастает потребность в белках, жирах и углеводах [1]. Дифференциация потребности ВМВ в зависимости от физической активности не установлена.

Для спортсменов, занимающимися различными видами спорта, в настоящее время не существует рекомендаций, обоснованных в соответствии с последними достижениями науки о питании, в отношении потребности организма в витаминах и минеральных веществах [3]. Имеется лишь ряд рекомендаций по назначению тех или иных витаминов. Так, в 1985г. в Институте питания РАМН были разработаны и обоснованы величины суточной потребности в витаминах в зависимости от вида спорта. Ряд авторов предлагает расчет потребности в витаминах производить исходя из энергетической ценности суточного рациона и энергетического баланса белков в рационе с использованием соответствующей формулы [14].

Цель исследования – обоснование способа разработки специальных продуктов для питания спортсменов, оценить эффективность натурального концентрированного пищевого продукта, произведенного по криогенной технологии, в рационе лиц, занимающихся циклическими видами спорта.

Материал и методы

Объектом наблюдения были спортсмены, занимающиеся циклическими видами спорта: академическая гребля и плавание. Все лица принимали участие в исследованиях на основе информированного добровольного согласия. Первый этап работы был проведен

среди лиц мужского пола $16,1 \pm 0,4$ лет, занимающихся академической греблей ($n=27$).

Учитывая повышенную потребность в период значительных физических нагрузок организма в белках, витаминах и минеральных веществах к их организованному рациону питания гребцов добавили натуральные концентрированные пищевые продукты из растительного (НКПП РС) и белково-растительного сырья (НКПП БРС). Их производили по криогенной технологии. Рецептuru НКПП РС - красный виноград, топинамбур, свекла, зелень петрушки. Рецептuru НКПП БРС - мясо кролика, сельдерей, лук, тыква, шиповник. Дополнительные пищевые продукты принимались под наблюдением медицинского работника 15 дней во время обеда по 10,0 гр.

В НКПП РС и НКПП БРС нами было определено содержание витаминов А, Е, В₂ и минеральных веществ - цинка, меди, железа, марганца, хрома, определены пищевая и энергетическая ценность.

Первый этап работы завершался определением выбора доз микронутриентов для восполнения потребности организма в витаминах и минеральных веществах, исходя из массы тела человека. Он осуществлен на примере витаминов А, Е, В₂ и минералов - цинка, меди, железа. Для этого исходно и после курса профилактического приема НКПП определяли насыщенность организма витаминами и минеральными веществами.

Результаты данного этапа работы легли в основу создания рецептуры многокомпонентного натурального продукта, предназначенного для коррекции индивидуального витаминно-минерального баланса организма спортсменов. Продукт также готовили по криогенной технологии.

На втором этапе работы участие в исследовании принимали спортсмены-пловцы ($n=30$, возраст $21,3 \pm 0,8$ лет). Лица наблюдаемой группы в течение учебного года дважды принимали участие в межвузовских и внутривузовских соревнованиях.

Произведенный продукт для спортсменов циклического вида спорта запатентован [15]. НКПП назначали с учетом массы тела человека. Он принимался лицами основной группы под контролем медицинского работника однократно в день 15 суток. Контрольная группа пловцов данный продукт, либо другие продукты, содержащие витаминно-минеральные комплексы, в это время не принимали.

Исходные регулярные физические нагрузки пловцов состояли из трех тренировок в бассейне и одного занятия в тренажерном зале каждую неделю. В период приема НКПП интенсивность физических нагрузок была увеличена: добавилось одно занятие в бассейне и два занятия в «сухом зале»: гимнастическом и тре-

нажерном. После курса приема НКПП объем и интенсивность физических нагрузок были снижены до исходных величин.

В ходе исследования у спортсменов была проведена оценка массы тела (МТ), мышечной силы ведущей кисти, параметров сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД) в покое, при выполнении нагрузки и после периода отдыха.

Критерием эффективности спортивных результатов стало время заплывов на дистанцию 100 м кролем. Оно определялось до приема НКПП, через 15 суток приема НКПП (на 16 день от начала наблюдения) и через 30 суток после приема НКПП (на 46 день от начала наблюдения) и через 40 суток после приема НКПП (на 56 день от начала наблюдения).

Перечень клинико-лабораторных исследований спортсменов включал: общий анализ крови, показатели белкового, жирового и углеводного обменов, показатели функции печени. [16]. Санитарно - химические исследования включали определение микроэлементов и витаминов А, Е в сыворотки крови, В₂ - в цельной крови. Все исследования проведены с использованием стандартных методов диагностики на сертифицированном оборудовании. Определение витаминов в исходных НКПП РС и НКПП БРС, НКПП, а также в крови проводили на анализаторе биожидкостей «Флюорат 02-АБЛФ-Т» (Госреестр № 15696-07) по методикам и Методическим рекомендациям, разработанным и утвержденным НПФ «Люмэкс» (СПб) [17, 18], микроэлементов - на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2А» [19]. Содержание микроэлементов в сыворотке крови проводили по МУК 4.1.777-99 [20].

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программы статистической обработки данных StatEX-2004.2. Достоверность различий определялась для зависимых парных выборок по критерию Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

Как оказалось, с концентрированными пищевыми продуктами из растительного и белково-растительного сырья ежедневно спортсмены дополнительно принимали биологически активные вещества и основные нутриенты в дозах, указанных в таблице 1.

Однако спортсмены имели различную массу тела - от 65,0 до 93,0 кг, то есть на её единицу приходились различные дозы и витаминов и минеральных веществ; различными были дозы потребленных белков, жиров, углеводов, общая калорийность дополнительного питания. Отсюда можно было полагать, что и насыщенность организма, в частности витаминами и минеральными веществами (ВМВ), после приема НКПП

Таблица 1

Пищевая, энергетическая ценность, содержание некоторых витаминов и минеральных веществ, получаемых дополнительно с концентрированными пищевыми продуктами

№ п/п	Содержание в суточной дозе	
	Витамины, мг	
1	А	0,2
2	Е	0,5
3	В ₂	0,03
Минералы, мг:		
4	Медь	0,09
5	Цинк	0,7
6	Железо	6,8
Основные нутриенты, г:		
7	Белки	3,47
8	Жиры	1,41
9	Углеводы	12,86
Энергетическая ценность, ккал		
10		77,93

РС и НКПП БРС каждого спортсмена была различной: спортсмен с меньшей массой тела получил большее количество микронутриентов, чем спортсмен с большей МТ. При этом эффект (ответная реакция) - показатели витаминно-минеральной насыщенности организма у каждого спортсмена, вероятно, были различными и характеризовались как положительное, отрицательное или нулевое значение эффекта. То есть ожидаемый эффект (ответная реакция) зависел от массы тела каждого спортсмена.

С помощью оригинальной методики разбивки диапазона доз ВМВ на зоны с разным числом измеренных значений были рассчитаны средние частоты эффектов и определены оптимальные дозы нутриентов, необходимых для каждого спортсмена на 1 кг его массы тела: для витамина А - 0,009 мг/кг, Е - 0,0064 мг/кг, цинка - 0,015 мг/кг, железа - 0,17 мг/кг, меди - 0,002 мг/кг.

Была проведена оценка содержания ВМВ в значительном количестве монопродуктов, произведенных по криогенной технологии. Это позволило создать многокомпонентную рецептуру белково-растительного продукта, включение которого в рацион питания позволило бы компенсировать индивидуальную витаминно-минеральную потребность спортсмена (табл. 2). Состав продукта был запатентован под названием «Продукт спортивного питания» [15].

В зависимости от исходной массы тела пловца «Продукт спортивного питания» назначили в дозах от 20,0 до 27,0 гр, соответственно дозы ВМВ были различными. Однако на 1 кг массы тела человека они были равными (табл. 3).

Таблица 2

Рецептура функционального продукта спортивного питания

№ п/п	Продукт	Содержание нутриентов, мг					
		Cu	Fe	Zn	A	E	B ₂
1	Арбузное семечко	0,32	3,16	0,9424	0,608	0,512	0,024
2	Шиповник	0,0429	1,846	0,884	0,0546	0,988	0,208
3	Овес	0,031	0,77	0,34	2,73	5,02	0,007
4	Шпинат	0,0901	4,826	0,445	0,153	0,629	0,102
6	Яичный белок	0,0093	0,045	-	0,0044	0,051	0,192
8	Морская капуста	0,19	44,931	0,3876	1,292	1,088	0,051
Итого		0,6833	55,578	2,999	4,842	8,288	0,584

Для оценки эффективности НКПП было проведено сравнение объема выполненных физических нагрузок у пловцов до и после приема НКПП. Было отмечено, что до приема НКПП дистанция заплывов за две недели тренировок достигала 15 км, в период приема НКПП - дистанция заплыва увеличилась до 22 км и в два раза увеличилось количество тренировок в спортивном зале.

Несмотря на повышенные физические нагрузки, к концу приема НКПП у лиц основной группы было отмечено увеличение активной МТ: с 78,61±1,69 кг до 78,93±1,70 кг, p=0,0006; силы ведущей кисти (с 55,0±1,37 кг до 56,0±1,40 кг, p=0,0009), в контрольной группе позитивной динамики данных показателей не наблюдалось. В состоянии покоя у спортсменов

Таблица 3

Показатели содержания нутриентов в НКПП из расчета на 1 кг массы тела спортсменов

№ п/п	Биологически активное вещество	абс. вел., мг	% от рекомендуемой нормы*
1	Медь	0,09-0,12	9,0-12,15
2	Цинк	0,7-0,95	5,83-7,92
3	Железо	10,51-14,19	105,1-141,9
4	Витамин А	1,24-1,67	123,6-167,0
5	Витамин Е (альфа - токоферол)	1,98-2,67	13,2-17,8
6	Витамин В ₂	0,13-0,18	7,4-10,0

Примечание: * - нормы согласно Методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432 -08.

основной группы урежалась частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление сохранялось в нормальных пределах, в контрольной группе - отмечена тенденция к учащению ЧСС и возрастанию САД. Диастолическое давление в динамике наблюдения у лиц обеих групп не изменялось. В основной группе в восстановительный период отмечено снижение коэффициента экономичности кровообращения (КЭК), что свидетельствовало о меньшем минутном объеме крови, необходимого для процесса восстановления организма после выполнения нагрузки ($2840,80 \pm 72,7$ - до приема НКПП, $2779,20 \pm 67,69$ ($p=0,0515$) - через 15 суток приема НКПП и $2761,60 \pm 61,56$ ($p=0,0366$) - через 30 суток после приема НКПП). В контрольной группе КЭК не изменялся.

В пределах референсных границ у спортсменов основной группы снижалась активность аланинаминотрансферазы (АЛАТ) у $60,0$ %, аспартаминотрансферазы (АСАТ) и гамма-глутамилтранспептидзы (ГГТ) у $66,7$ %. В контрольной группе было отмечено увеличение уровней АЛАТ и АСАТ у $60,0$ % обследованных лиц. К концу усиленных тренировок у лиц контрольной группы достоверно снизился уровень общего холестерина (ОХ) - с $4,33 \pm 0,15$ до $4,01 \pm 0,12$ ммоль/л ($p=0,005$), в основной группе содержание ОХ не изменялось. Уровень триглицеридов у лиц основной группы возрос с $0,72 \pm 0,08$ до $0,83 \pm 0,07$ ($p=0,0296$) - $0,87 \pm 0,07$ ($p=0,0267$) ммоль/л; в контрольной группе имел тенденцию к снижению: с $0,91 \pm 0,26$ до $0,80 \pm 0,06$ ($p=0,116$) - $0,76 \pm 0,06$ ($p=0,32$) ммоль/л. Достоверных различий уровней липопротеидов высокой и низкой плотности на различных этапах наблюдения в группах сравнения не было установлено.

До приема НКПП уровни общего белка в сыворотке крови лиц обеих групп не отличались, однако к концу периода усиленных тренировок (через 15 суток приема НКПП) у лиц основной группы его уровень оставался прежним, а у лиц контрольной группы был достоверно ниже, чем в основной группе ($68,20 \pm 0,6$ против $71,80 \pm 1,38$ г/л, $p=0,05$).

Уровень лактатдегидрогеназы у лиц основной группы не изменился, в контрольной группе - достоверно снизился на $11,9$ %.

У лиц основной группы было отмечено достоверное увеличение количества эритроцитов в крови (на $5,7$ %), в контрольной - их количество не изменялось. У лиц группы контроля уровень гемоглобина достоверно снижался на $5,6$ %, в основной группе оставался без изменений и был достоверно выше, чем у лиц контрольной группы на $6,7$ %.

При изучении динамики витаминно-минеральной насыщенности организма были получены следующие

результаты. Уровень витамина Е при значительных физических нагрузках снизился в обеих группах: в основной - на $24,8$ %, в контрольной - на $49,6$ %. При снижении интенсивности физических нагрузок уровень витамина Е в крови повышался в обеих группах, но у лиц основной группы он был достоверно выше, чем в контрольной на $24,7$ %. Уровень витамина В₂ у лиц основной группы по этапам наблюдения достоверно не отличался, в контрольной группе при увеличении объема нагрузок его уровень был на $25,9$ % ниже, чем в исходном состоянии. В основной группе в период дополнительных физических нагрузок насыщенность организма витамином А не изменилась, в контроле - достоверно снизилась, как относительно исходной величины (на $23,3$ %), так и относительно величины (на $15,6$ %) в группе сравнения. В контрольной группе было отмечено достоверное снижение насыщенностью медью на $23,8$ %. В период интенсивных физических нагрузок у лиц обеих групп достоверно снижался уровень селена, соответственно на $25,2$ % и $26,8$ %. При снижении физических нагрузок уровень селена у лиц основной группы восстанавливался, в контроле - не изменялся (был на $30,0$ % ниже исходной величины и на $52,2$ % - ниже, чем у лиц основной группы).

Сравнительные результаты по спортивной результативности в основной и контрольной группах представлены в таблице 4.

Время, затраченное на заплыв дистанции 100 м кролем, после приема НКПП (16 - ый день) в основной группе снизилось на $0,442$ сек, в контрольной - на $0,168$ сек. Через 45 суток (46-ой день) после приема НКПП время заплывов снизилось в основной и контрольной группах на $0,952$ - $0,506$ сек и $1,459$ - $0,786$ сек соответственно.

Таблица 4
Сравнительные показатели результативности заплывов при участии в спортивных соревнованиях, М±m

Периоды наблюдения	Время заплыва (сек)	
	Основная группа	Контрольная группа
До приема НКПП	$68,619 \pm 1,08$	$70,161 \pm 0,55$
Через 15 суток приема НКПП (16-ый день)	$68,177 \pm 1,05$ $p=0,000327$	$69,993 \pm 0,552$ $p=0,00918$
Через 30 суток после приема НКПП (46-ой день)	$67,667 \pm 1,05$ $p=0,000135$	$69,655 \pm 0,57$ $p=0,00918$
Через 40 суток после приема НКПП Соревнование (56-ой день)	$67,16 \pm 1,05$ $p=0,000402$	$69,375 \pm 0,55$ $p=0,00449$

Заключение

Проведенные исследования показали, что прием НКПП дополнительно к основному рациону питания спортсменов оказывает положительное влияние на физическую выносливость и работоспособность спортсменов циклического вида спорта, повышая устойчивость организма к физическому напряжению. Об этом свидетельствуют данные об улучшении показателей результативности заплывов у спортсменов основной группы, сбалансированности у них некоторых функциональных показателей состояния ССС, минутного объема крови, увеличение активной МТ и силы ведущей кисти. Анализ биохимических показателей выявил достоверные различия в их количественной характеристике у спортсменов основной и контрольной групп. Так в основной группе пловцов, несмотря на увеличение физической нагрузки содержание белка, общего холестерина, ТГ в сыворотке крови было выше их количества в контрольной группе. То есть, расход энергетических субстратов и пластического материала является более экономным и сбалансированным, а, следовательно, процессы адаптации к физическим нагрузкам и восстановительные процессы после интенсивных физических нагрузок более эффективны относительно лиц контрольной группы. Белок необходим работающим мышцам, его постоянный синтез поддерживает адекватный распад белка до необходимых аминокислот. Если синтез белка нарушен, а снижение общего белка и увеличение активности АЛАТ и АСАТ наблюдались у спортсменов контрольной группы, то восстановление тканей замедляется [21]. Это может привести к перенапряжению и утомлению при физических нагрузках, ухудшению физических показателей. Это подтверждается уменьшением активности лактатдегидрогеназы, то есть свидетельствовало о недостаточности процессов энергообеспечения [22]. Известно, что холестерин, являющийся важным компонентом биомембран, может использоваться в качестве пластического материала работающими мышцами. При интенсивной физической нагрузке содержание общего холестерина в сыворотке может увеличиться за счет его свободной фракции, что указывает на усиление синтетических процессов в организме при физических нагрузках. Триглицериды и свободные жирные кислоты выполняют, прежде всего, энергетическую функцию, обеспечивая работу мышечных волокон. В период отдыха они являются главным субстратом аэробного окисления и способствуют быстрому восстановлению организма [23, 24, 25, 26].

Увеличение количества эритроцитов и сохранение уровня гемоглобина свидетельствовало о более адекватном обеспечении кислородом клеток и тканей организма лиц основной группы.

Необходимо отметить, что все позитивные изменения в организме лиц основной группы происходили на фоне приема продукта, обуславливающего насыщение организма витаминами и минералами. Краткосрочная адаптация к усилению физических нагрузок у спортсменов основной группы была более выражена относительно лиц контрольной группы, в которой витаминно-минеральная насыщенность была менее выражена. Следует отметить важность индивидуального подхода к назначению НКПП дополнительно к основному рациону питания спортсмена. Данный подход дает возможность максимального насыщения организма спортсмена необходимыми биологически активными веществами.

Таким образом, показана возможность создания натуральных продуктов питания по криогенной технологии для включения в рацион питания спортсменов. Предложенный нами продукт спортивного питания положительно влияет на метаболические процессы организма и позволяет повысить спортивную результативность. Наше мнение созвучно с другими авторами: «для решения проблемы оптимального сбалансированного питания спортсменов необходимы разработки и внедрение в производство отечественных специализированных продуктов заданного состава, которые должны способствовать повышению работоспособности, выносливости, быстрейшему восстановлению организма спортсменов после физической нагрузки и, в конечном итоге, - улучшению спортивных достижений [3].

Выводы:

1. Индивидуальный подход к приему витаминов и минералов у спортсменов циклического вида спорта, основанный на ответной реакции «доза-эффект», дает возможность обеспечения необходимой насыщенности организма различных когорт спортсменов данными микронутриентами.

2. Разработанный продукт спортивного питания, полученный по криогенной технологии, оказывает положительное воздействие на физиологические, функциональные и биохимические показатели у спортсменов циклического вида спорта и может быть применен для коррекции метаболического статуса спортсменов в качестве добавки к основному рациону питания.

Литература

1. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации МР 2.3.1.2432 -08.
2. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 16 февраля 2009 г. № 46н «Об утверждении перечня произ-

водств, профессий и должностей, работа в которых дает право на бесплатное получение лечебно-профилактического питания в связи с особо вредными условиями труда, рационов лечебно-профилактического питания, норм бесплатной выдачи витаминных препаратов и правил бесплатной выдачи лечебно-профилактического питания».

3. Воробьева ВМ, Шатнюк ЛН, Воробьева ИС, Михеева ГА, Муравьева НН, Зорина ЕЕ, Никитюк ДБ. Роль факторов питания при интенсивных физических нагрузках спортсменов. *Вопросы питания*. 2011;80 (1):70-8.

4. Скальный АВ. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: «ОНИКС 21 век»: Мир; 2004. 216 с.

5. Азизбекян ГА, Никитюк ДБ, Поздняков АЛ, Зилова ИС, Выборная КВ. Принципы оптимального питания спортсменов различных специализаций. *Вопросы питания*. 2010;79 (4):67-71.

6. Спиричев ВБ. Научное обоснование применения витаминов в профилактических и лечебных целях. Сообщение 1. Недостаток витаминов в рационе современного человека: причины, последствия и пути коррекции. *Вопросы питания*. 2010;79 (5):4-15.

7. Zychowska M, Jastrzębski Z, Chruściński G, Michałowska-Sawczyn M, Nowak-Zaleska A. Vitamin C, A and E supplementation decreases the expression of HSPA1A and HSPB1 genes in the leukocytes of young polish figure skaters during a 10-day training camp. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;(12):9.

8. Manore MM. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin and vitamin B₆ requirements. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000;72,(2):598-606.

9. Закревский ВВ, Гончарова ТА, Макарова ГГ. Питание спортсменов, подвергающихся преимущественно аэробным физическим нагрузкам. Питание и здоровье: материалы IX Всерос. конгр. диетологов и нутрициологов. М.; 2007:38.

10. Коденцова ВМ, Вржесинская ОА, Никитюк ДБ. Обеспеченность витаминами спортсменов. *Лечебная физкультура и спортивная медицина*. 2010;3(75):36-43.

11. Рахманов РС, Блинова ТВ, Страхова ЛА, Кузнецова ЛВ, Царяпкин ВЕ. Экологозависимая витаминно-минеральная недостаточность организма спортсменов. *Гигиена и санитария*. 2014;(2):70-3.

12. Филиппова ОН, Рахманов РС. Оценка связи между работоспособностью спортсменов и витаминно-минеральной насыщенностью организма. *Современные проблемы науки и образования*. 2014;6 [Интернет]. URL: <http://www.science-education.ru/120-15888>.

13. Коденцова ВМ, Вржесинская ОА, Мазо ВК. Ви-

тамины и окислительный стресс. *Вопросы питания*. 2013;82 (3):11-18.

14. Богдан АС, Еньшина АН, Ивко НА. Подходы к разработке дифференцированных норм потребления витаминов спортсменами. *Вопросы питания*. 2007;76(4):49- 53.

15. Рахманов РС, Белоусько НИ, Грездева АЕ. Состав продукта спортивного питания. *Изобретения. Полезные модели*. М.: ФИПС. 20.11.2014;32 [Интернет]. URL: http://www1.fips.ru/Archive/PAT/2014FULL/2014.11.20/Index_ru.htm. № 2533002.

16. Карпищенко АИ. Медицинские лабораторные технологии. Справочник. СПб.: Интермедика. 2002;2. 354 с.

17. Методические указания по измерению массовой концентрации витамина А в сыворотке крови на анализаторе биожидкости «Флюорат-02-АБЛФ». Методика М 07-02-2001. СПб.; 2001.

18. Методические указания по измерению массовой концентрации витамина Е в сыворотке крови на анализаторе биожидкости «Флюорат-02-АБЛФ». Методика М 07-02-2001. СПб.; 2001.

19. Руководством Р 4.1.1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище».

20. Определение химических соединений в биологических средах. Сборник методических указаний. МУК 4.1.777-99. М.: Минздрав России.2000:128-135.

21. Горохов НМ, Тимошенко ЛВ. Изменение активности отдельных ферментов сыворотки крови у спортсменов разных специализаций при выполнении кратковременной физической нагрузки. *Теория и практика физической культуры*. 2007;10:26-8.

22. Каунина ДВ, Викулов АД. Физическая работоспособность и липидный обмен спортсменов-пловцов высокой квалификации. *Ярославский педагогический вестник*. 2012;(4,3):141-144.

23. Горчакова НА, Гудивок ЯС, Гунина ЛМ, Олейник СА, Гунина ЛМ, Сейфулла РД. Фармакология спорта. К.: Олимп. Л-ра; 2010. 640 с.

24. Мельников АА, Викулов АД. Возрастной состав эритроцитов и реологические свойства крови у спортсменов. *Физиология человека*. 2002;28(2):83-9.

25. Климов АН, Никульчева НГ. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения: руководство для врачей. СПб.: ПитерКом; 1999. 512 с.

26. Тютюнников БН, Бухштаб ЗИ, Гладкий ФФ. Химия жиров. М.: Колос; 1992.448 с.

References

1. Standards of physiological needs in energy and nutrients for different groups of population in Russian Federation. Methodical Recommendations MR 2.3.1.2432 -08. (in Russian)

2. Order of Minzdravsotsrazvitiya RF dd. 16 February 2009. № 46n «On approval of list of productions, occupations and positions, in which workers have right on gratuitous medicinal-preventive nutrition due to extreme hazardous working conditions, medicinal-preventive food allowances, standards of gratuitous vitamin administration and rules on gratuitous medicinal-preventive nutrition». (in Russian)
3. Vorob'eva VM, Shatnyuk LN, Vorob'eva IS, Mikheeva GA, Murav'eva NN, Zorina EE, Nikityuk DB. The role of nutritional factors in intensive physical activities of sportsmen. *Problems of Nutrition*. 2011;80(1):70-8. (in Russian)
4. Skal'nyy AV. Chemical elements in human physiology and ecology. Moscow: «ONIKS 21 vek»: Mir;2004.216 p. (in Russian)
5. Azizbekyan GA, Nikityuk DB, Pozdnyakov AL, Zilova IS, Vybornaya KV. Principles of optimal nutrition of sportsmen in various kinds of sport. *Problems of Nutrition*. 2010;79(4):67-71. (in Russian)
6. Spirichev VB. Scientific rationale for the use of vitamins in the prophylactic and therapeutic purposes. Report 1. Lack of vitamins in the diet of modern human: reasons, consequences and correction. *Problems of Nutrition*. 2010;79(5):4-15. (in Russian)
7. Zychowska M, Jastrzębski Z, Chruściński G, Michałowska-Sawczyn M, Nowak-Zaleska A. Vitamin C, A and E supplementation decreases the expression of HSPA1A and HSPB1 genes in the leukocytes of young polish figure skaters during a 10-day training camp. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;(12):9.
8. Manore MM. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin and vitamin B₆ requirements. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000;72,(2):598-606.
9. Zakrevskiy VV, Goncharova TA, Makarova GG. Nutrition of sportsmen mainly exposed to aerobic physical activity. Nutrition and Health: materials of IX All-Russian Congress of Dietitians and Nutritionists. M.; 2007. 38p. (in Russian)
10. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Nikityuk DB. Provision of sportsmen with vitamins. *Lechebnaya phiskultura I sportivnaya meditsina*. 2010;3(75):36-43. (in Russian)
11. Rakhmanov RS, Blinova TV, Strakhova LA, Kuznetsova LV, Tsaryapkin VE. Ecologically-dependent vitamin - minerals insufficiency in the sportsmen's organism. *Hygiene and Sanitation* 2014;(2):70-3. (in Russian)
12. Filippova ON, Rakhmanov RS. Evaluation of connection between exercise performance of sportsmen and vitamin-mineral deficiency in human organism. *Modern Problems of Science and Education*. 2014;6 [Internet]. URL: <http://www.science-education.ru/120-15888>. (in Russian)
13. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Mazo VK. Vitamins and oxidative stress. *Problems of Nutrition*. 2013;82(3):11-18. (in Russian)
14. Bogdan AS, En'shina AN, Ivko NA. Approach to of the development of differentiated norms of vitamins consumption by athletes. *Problems of Nutrition*. 2007;76(4):49-53. (in Russian)
15. Rakhmanov RS, Belous'ko NI, Grezdeva AE. Composition of sport nutrition product. *Invention. Useful Models*. M.: FIPS. 20.11.2014;32 [Internet]. URL: http://www1.fips.ru/Archive/PAT/2014FULL/2014.11.20/Index_ru.htm. № 2533002. (in Russian)
16. Karpishchenko AI. Medical laboratory technologies. Manual. SPb.: Intermedika. 2002;2. 354 p. (in Russian)
17. Methodical instructions on measurement of mass concentration of vitamin A in blood serum with the use of biological fluid analyzer «Flyuorat-02-ABLF». Method M 07-02-2001. SPb.; 2001. (in Russian)
18. Methodical instructions on measurement of mass concentration of vitamin E in blood serum with the use of biological fluid analyzer «Flyuorat-02-ABLF». «Flyuorat-02-ABLF». Method M 07-02-2001. SPb.; 2001. (in Russian)
19. Manual R 4.1.1672-03 «Manual on methods for control of quality and security of biological active food supplements» (in Russian)
20. Detection of chemicals in biological environment. Collection of Methodical Instructions. MUK 4.1.777-99. M.: Minzdrav Rossii. 2000:128-135. (in Russian)
21. Gorokhov NM, Timoshchenko LV. Activity changes of single enzymes of blood serum in athletes of various specialization at short-term physical activity. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2007;(10):26-8. (in Russian)
22. Kaunina DV, Vikulov AD. The Physical Working Capacity and Blood Lipids Composition of Highly Qualified Swimmers' Blood Plasma. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2012;4,3:141-44. (in Russian)
23. Gorchakova NA, Gudivok YaS, Gunina LM, Oleynik SA, Gunina LM, Seyfulla RD. Pharmacology of Sport. K.: Olimp. L-ra; 2010. 640p. (in Russian)
24. Mel'nikov AA, Vikulov AD. Age of erythrocytes and rheological peculiarities of blood at sportsman. *Human Physiology*. 2002; 28(2):83-9.
25. Klimov AN, Nikul'cheva NG. Metabolism of lipids and lipoproteins and its disorders: manual for physicians. SPb.: PiterKom; 1999. 512p.
26. Tyutyunnikov BN, Bukhshtab ZI, Gladkiy FF. Chemistry of fats. M.: Kolos; 1992. 448p.

Сведения об авторах

Рахманов Рафаиль Сальхович, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: recept@nniigr.ru

Блинова Татьяна Владимировна, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: recept@nniigr.ru

Страхова Лариса Анатольевна, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Колесова Сергей Алексеевич, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Потапова Ирина Александровна, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Орлов Андрей Львович, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 419-61-94; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Чумаков Никита Викторович, Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии; адрес: Российская Федерация, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Семашко, д. 20; тел.: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Larisa A. Strakhova, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7 (831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Sergey A. Kolesov, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7 (831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Irina A. Potapova, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Andrey L. Orlov, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Nikita V. Chumakov, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Author information

Rofail' S. Rakhmanov, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology; Address: 20, Semashko Str., Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603950; Phone: +7(831) 4196194; e-mail: receipt@nniigrp.ru

Tat'yana V. Blinova, Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology;

Поступила 25.05.2017 г.

Принята к печати 10.10.2017 г.

© АНТОНОВА Л. В., КРИВКИНА Е. О., СЕВОСТЬЯНОВА В. В., ВЕЛИКАНОВА Е. А., МАТВЕЕВА В. Г., МИРОНОВ А. В., БУРАГО А. Ю., БАРБАРАШ Л. С.

УДК: 616.13-77:615.461:577.11]-092.9

DOI: 10.20333/2500136-2017-6-85-93

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОАКТИВНЫХ МОЛЕКУЛ В СОЗДАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ СОСУДИСТЫХ ГРАФТОВ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Л. В. Антонова, Е. О. Кривкина, В. В. Севостьянова, Е. А. Великанова, В. Г. Матвеева, А. В. Миронов, А. Ю. Бураго, Л. С. Барбараш
Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний, Кемерово 650002, Российская Федерация

Цель исследования. Провести сравнительную оценку ремоделирования *in vivo* сосудистой ткани на основе графтов малого диаметра, изготовленных из полигидроксibuтирата/валерата и поликапролактона, немодифицированных и модифицированных комплексом ростовых факторов и хемоаттрактантных молекул – сосудистым эндотелиальным фактором роста, основным фактором роста фибробластов и стромальным фактором SDF-1 α (GFmix).

Материал и методы. Биodeградируемые графты изготавливали методом электроспиннинга. Комплекс ростовых факторов и хемоаттрактантных молекул инкорпорировали в состав графтов в процессе двухфазного электроспиннинга. Графты имплантировали в брюшную часть аорты крыс на 1, 3, 6 и 12 месяцев. После эксплантации исследование образцов проводили гистологическим, иммуногистохимическим и иммунофлуоресцентным методами

Результаты. Сосудистые графты с GFmix были полностью проходимы как через 1 месяц, так и 12 месяцев имплантации, что в 2 раза превышало проходимость немодифицированных образцов. На внутренней поверхности графтов с GFmix через 1 месяц имплантации образовывалась тонкая неоптимальная выстилка, покрытая монослоем эндотелиальных клеток, состоявшем из зрелых (CD31+/CD34-) и прогениторных (CD31+/CD34+) эндотелиальных клеток, синтезировавших фактор фон Виллебранда (vWF+). Эндотелиальный монослой в графтах сохранялся до конца эксперимента. Количество фибробластоподобных и гладкомышечных клеток в толще стенок и коллагена IV на внутренней поверхности сосудистых графтов с GFmix превышали данные показатели немодифицированных графтов на всех этапах эксперимента.

Заключение. Послойное инкорпорирование биологически активных молекул в биodeградируемые сосудистые графты способствовало не только ускорению образования на месте графтов ткани *de novo*, но и стимулировало формирование структурных элементов, схожих по строению с нативным сосудом.

Ключевые слова: поликапролактон, полигидроксibuтират/валерат, электроспиннинг, сосудистый графт, сосудистый эндотелиальный фактор роста, основной фактор роста фибробластов, стромальный фактор 1 альфа.

Для цитирования: Антонова ЛВ, Кривкина ЕО, Севостьянова ВВ, Великанова ЕА, Матвеева ВГ, Миронов АВ, Бураго АЮ, Барбараш ЛС. Эффективность использования биоактивных молекул в создании функциональных биodeградируемых сосудистых графтов малого диаметра. *Сибирское медицинское обозрение*. 2017;(6): 85-93. DOI: 10.20333/2500136-2017-6-85-93

EFFICIENCY OF USING BIOACTIVE MOLECULES IN CREATION OF FUNCTIONAL BIODEGRADATED VASCULAR GRAFTS OF SMALL DIAMETER

L. V. Antonova, E. O. Krivkina, V. V. Sevostyanova, E. A. Velikanova, V. G. Matveeva, A. V. Mironov, A. Yu. Burago, L. S. Barbarash
Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo 650002, Russian Federation

The aim of the research. To conduct a comparative evaluation of vascular tissue remodeling *in vivo* based on small-diameter grafts made from