

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

## ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА

И.П. Зайцева<sup>1</sup>, А.Р. Грабеклис<sup>1\*</sup>, В.Ю. Детков<sup>2</sup>, А.Д. Фесюн<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

<sup>2</sup> ГБУЗ «ДГБ № 19 им. К.А. Раухфуса», Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Военно-медицинское управление внутренних войск МВД России, Москва

**РЕЗЮМЕ.** У военнослужащих срочной службы (внутренние войска МВД РФ, 36 человек, пол мужской) проведена оценка элементного статуса и его взаимосвязи с физическим и функциональным состоянием организма. Показано наличие корреляционных связей между физиологическими показателями и элементным статусом. Наибольшее количество корреляций отмечено для макроэлементов, прежде всего кальция, магния и фосфора. При этом более высокие функциональные характеристики организма соответствуют относительно более низкому содержанию макроэлементов в волосах. Выявлена связь показателей, характеризующих адаптационные резервы, с уровнем цинка и калия. Отмечена отрицательная зависимость весоростовых и адаптационных показателей от уровня токсичных микроэлементов кадмия, ртути, никеля, мышьяка, а также положительная – от уровня селена.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** элементный статус, макроэлементы, микроэлементы, волосы, сыворотка крови, функциональное состояние организма.

### ВВЕДЕНИЕ

Макро- и микроэлементы играют важнейшую роль в функционировании человеческого организма, прямо или косвенно участвуя во всех процессах жизнедеятельности. Их дисбаланс может крайне негативно отражаться на жизнеспособности клеток и функциональном состоянии организма в целом. Это особенно актуально в ситуациях, связанных со значительными физическими и психическими нагрузками, в особенности носящих систематический характер в силу особенностей профессиональной деятельности – у военнослужащих, спортсменов, рабочих промышленных предприятий и т.д.

В последние годы начинают приобретать распространение медицинские технологии повышения функциональных возможностей организма путем оптимизации минерального обмена с использованием препаратов, содержащих необходимые макро- и микроэлементы, витамины и другие биологически активные вещества (Разумов, Бобровницкий, 2003; Ушаков, 2005). Обладая сопоставимой с традиционными лекарственными средствами эффективностью, они имеют целый ряд преимуществ, включая отсутствие побочных эффектов, более адекватную и на-

правленную коррекцию метаболизма, иммунной системы и их регуляции (Быков, 2009; Дубовой, 2009). Это открывает возможность целенаправленного воздействия на функциональное состояние организма человека, однако требует понимания соответствующих взаимозависимостей.

Цель работы – оценка взаимосвязи между элементным статусом и функциональным состоянием организма военнослужащих срочной службы внутренних войск, находящихся в условиях повышенных физических и психоэмоциональных нагрузок.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимала участие группа военнослужащих внутренних войск МВД России в количестве 36 человек. Проведенное исследование включало телесные осмотры, измерение антропометрических данных, измерение функциональных параметров организма и контроль элементного статуса.

Были измерены следующие показатели физического развития и функционального состояния организма: рост, вес тела, индекс весоростовой (ИВР), индекс массы тела, или индекс Кеттле (ИМТ), индекс Пинье (ИП), жизненная ёмкость

\* Адрес для переписки:

Грабеклис Андрей Робертович

E-mail: andrewgrabeklis@gmail.com

лёгких (ЖЕЛ), должная жизненная ёмкость лёгких (ДЖЕЛ), индекс жизненный (ИЖ), окружность грудной клетки (ОГК), экскурсия грудной клетки (ЭГК), индекс Эрисмана (ИЭ), индекс силы кисти (ИСК), частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое давление (СД), диастолическое давление (ДД), пульсовое давление (ПД), проба Штанге (задержка дыхания на вдохе), уровень функционального состояния (УФС), адаптационный потенциал (АП), коэффициент выносливости (КВ), индекс Кердо, индекс Руффье (ИР), индекс Скибински (ИС) (Ланда, 2008).

Анализ содержания химических элементов в волосах и сыворотке крови выполняли в Испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) методами атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (МС-ИСП) на приборах Optima 2000 DV и Elan 9000 («Perkin Elmer», США) по стандартной методике (Иванов и др., 2003).

Подготовку первичных данных к математической обработке и последующий статистический анализ производили с применением пакета программных приложений Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., USA) и интегрированного пакета статистических программ STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., USA). При математической обработке результатов исследования использовали методы непараметрической статистики. Взаимосвязи между параметрами оценивали при помощи метода ранговых корреляций Спирмена.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С целью установления зависимостей были изучены корреляционные связи между показателями элементного статуса и функционального состояния организма (таблица).

Установлено, что основные антропометрические показатели (вес тела, ИВР, ИМТ, ИП) связаны с уровнем макроэлементов в волосах и сыворотке крови. Так, содержание Са в волосах отрицательно коррелирует с весом тела и ИВР ( $r = -0,62$ ;  $p < 0,02$  и  $r = -0,57$ ;  $p < 0,05$  соответственно) и положительно – с ИП ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,02$ ); содержание Mg в волосах отрицательно коррелирует с весом тела, ИВР и ИМТ ( $r = -0,65$ ;  $p < 0,01$ ;  $r = -0,59$ ;  $p < 0,02$  и  $r = -0,55$ ;  $p < 0,05$  соответственно) и положительно – с ИП ( $r = 0,67$ ;  $p < 0,01$ ); содержание P в волосах отрицательно коррелирует с весом тела ( $r = -0,60$ ;  $p < 0,02$ ) и положительно – с ИП ( $r = 0,52$ ;  $p < 0,05$ ); содержание K в сыворотке крови отрицательно коррелирует с ИВР ( $r = -0,43$ ;  $p < 0,05$ ). То есть относительно более высокое содержание

макроэлементов в биосубстратах наблюдается у обследованных с более низким весом и более слабым телосложением. Подобная зависимость наблюдается также для Mn: содержание этого микроэлемента в волосах также отрицательно коррелирует с ИМТ ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$ ) и положительно – с ИП ( $r = 0,52$ ;  $p < 0,05$ ).

Полученные данные можно рассматривать как подтверждение того факта, что обмен макроэлементов играет, по-видимому, ключевую роль в формировании телосложения. Связь уровня макроэлементов с массой тела и особенностями телосложения у военнослужащих отмечалась ранее в работах, проведенных на других когортах (Фесюн и др., 2010а,б; Фесюн, 2011). В частности, в исследовании с участием военнослужащих-контрактников более старшей возрастной группы было также показано, что содержание кальция в волосах ниже в группе обследуемых с более высокой массой тела и индексом Кеттле.

Интересно отметить, что ИВР и ИП также коррелируют с содержанием As в сыворотке крови:  $r = -0,43$ ;  $p < 0,05$  и  $r = 0,43$ ;  $p < 0,05$  соответственно, то есть более низкое содержание мышьяка соответствует более крепкому телосложению. Показательно, что при этом ИП также отрицательно коррелирует и с содержанием в сыворотке крови антагониста As – Se ( $r = -0,48$ ;  $p < 0,02$ ).

При этом значимых достоверных корреляций уровня химических элементов с ростом тела не выявлено.

Индекс Эрисмана, характеризующий развитие грудной клетки, также отрицательно коррелирует с уровнем Са, Mg, Mn в волосах ( $r = -0,59$ ;  $p < 0,05$ ;  $r = -0,57$ ;  $p < 0,05$  и  $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$  соответственно) и положительно – с содержанием Se в сыворотке крови ( $r = 0,49$ ;  $p < 0,02$ ).

Еще более выраженные зависимости наблюдаются для линейных показателей объема грудной клетки. Окружность грудной клетки в покое отрицательно коррелирует с уровнем в волосах Са ( $r = -0,68$ ;  $p < 0,01$ ), Mg ( $r = -0,71$ ;  $p < 0,01$ ), P ( $r = -0,55$ ;  $p < 0,05$ ), с содержанием в сыворотке крови As ( $r = -0,41$ ;  $p < 0,05$ ) и положительно – с содержанием в сыворотке крови Se ( $r = 0,47$ ;  $p < 0,02$ ). Аналогичные корреляционные связи показывает ОГК на вдохе и особенно выражено на выдохе: для Са в волосах это, соответственно,  $r = -0,60$ ;  $p < 0,02$  и  $r = -0,73$ ;  $p < 0,01$ ; для Mg в волосах –  $r = -0,65$ ;  $p < 0,01$  и  $r = -0,75$ ;  $p < 0,01$ ; для P в волосах –  $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$  и  $r = -0,62$ ;  $p < 0,02$ ; для As в сыворотке крови –  $r = -0,44$ ;  $p < 0,05$  и  $r = -0,45$ ;  $p < 0,02$  и для Se в сыворотке крови –  $r = 0,44$ ;  $p < 0,05$  и  $r = 0,48$ ;  $p < 0,02$ .

*Таблица. Наличие корреляционных связей между уровнем химических элементов в биопробах военнослужащих и показателями функционального состояния организма*

Показатель	Волосы		Сыворотка крови	
	$r+$	$r-$	$r+$	$r-$
Масса тела	–	Ca, Mg, P	–	–
Индекс весоростовой	–	Ca, Mg	–	K, As
Индекс Кеттле	–	Mg, Mn	–	–
Индекс Пинье	Ca, Mg, P, Mn	–	As	Se
Должная жизненная ёмкость лёгких	–	Ca, P	–	–
Индекс жизненный	K, Na, Al	Zn	–	Ca
Окружность грудной клетки	–	Ca, Mg, P	Se	As
Экскурсия грудной клетки	–	Ni	Ca	Ni
Индекс Эрисмана	–	Ca, Mg, Mn	Se	–
Индекс силы кисти	–	Ca, Mg, K, Na, P, Be	–	K
ЧСС в покое	Ca, Co, Se, Hg	–	–	–
ЧСС после задержки дыхания	Zn	–	–	–
ЧСС после 1 минуты отдыха	–	–	–	K
Уровень функционального состояния	Al	–	–	Cd, Co
Адаптационный потенциал	–	Fe	Ca, Se	–

П р и м е ч а н и е : показаны только значимые достоверные корреляции ( $r > 0,3$ ;  $p < 0,05$ ).

При этом следует отметить, что для показателей, характеризующих непосредственно функциональное состояние дыхательной системы (ЭГК, ЖЕЛ, ДЖЕЛ, ИЖ), вышеупомянутые взаимосвязи не наблюдаются. Только для ДЖЕЛ отмечены отрицательные корреляции с уровнем Ca и P в волосах с коэффициентами  $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$  и  $r = -0,57$ ;  $p < 0,05$  соответственно. Экскурсия грудной клетки положительно коррелирует с содержанием Ca в сыворотке крови ( $r = 0,44$ ;  $p < 0,05$ ), а также отрицательно – с содержанием Ni в сыворотке ( $r = -0,40$ ;  $p < 0,05$ ) и волосах ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$ ). Характеризующий мощность аппарата внешнего дыхания ИЖ, показывает отрицательную корреляцию с содержанием Ca в сыворотке ( $r = -0,42$ ;  $p < 0,05$ ) и Zn в волосах ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,05$ ), а также положительную корреляцию с уровнем в волосах K, Na ( $r = 0,66$ ;  $p < 0,01$  и  $r = 0,59$ ;  $p < 0,02$ ) и Al ( $r = 0,57$ ;  $p < 0,05$ ). Для ЖЕЛ достоверных корреляций с содержанием химических элементов в биосубстратах не выявлено.

Сила кисти тем выше, чем ниже уровень в волосах Ca ( $r = -0,59$ ;  $p < 0,05$ ), Mg ( $r = -0,54$ ;  $p < 0,05$ ), K ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,05$ ), Na ( $r = -0,58$ ;  $p < 0,05$ ), P ( $r = -0,60$ ;  $p < 0,02$ ), Be ( $r = -0,63$ ;  $p < 0,02$ ), а также чем ниже концентрация K в сыворотке крови ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,01$ ), что, в целом, согласуется с закономерностями, полученными для телосложения.

Частота сердечных сокращений положительно коррелирует с содержанием Ca, Co, Se в волосах ( $r = 0,52$ ;  $p < 0,01$ ;  $r = 0,40$ ;  $p < 0,05$  и  $r = 0,40$ ;  $p < 0,05$  соответственно). Также ЧСС повышена при более высоком содержании Hg в волосах ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,05$ ). Выявлено, что ЧСС после задержки дыхания выше у индивидуумов с более высоким содержанием в волосах Zn ( $r = 0,55$ ;  $p < 0,05$ ), а ЧСС после минуты отдыха – у лиц с более низким содержанием K в сыворотке ( $r = -0,40$ ;  $p < 0,05$ ). То есть, восстановление ЧСС после нагрузки происходит более эффективно у лиц с более высоким содержанием K в крови.

Из интегральных показателей функционального состояния организма значимые корреляционные связи с содержанием химических элементов в биосубстратах были отмечены для индексов УФС и АП. Уровень функционального состояния оказался выше при более высоком уровне А1 в волосах ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,05$ ), а также при более низкой концентрации в сыворотке крови Cd и Co ( $r = -0,41$  при  $p < 0,05$  в обоих случаях). Адаптационный потенциал показал отрицательную корреляцию с уровнем Fe в волосах ( $r = -0,56$ ;  $p < 0,05$ ) и положительную с содержанием Ca и Se в сыворотке ( $r = 0,41$ ;  $p < 0,05$  и  $r = 0,45$ ;  $p < 0,02$  соответственно).

Взаимосвязь показателей физического и функционального состояния организма с уровнем селена в сыворотке крови, выявляемая нами по целому ряду индексов, по-видимому, вполне закономерна и объясняется более высокой активностью антиоксидантных систем у физически более подготовленных индивидуумов. Подобные результаты были получены ранее в исследованиях с участием спортсменов (Alshammari et al., 2010).

Каких-либо взаимосвязей между показателями элементного статуса организма обследованных военнослужащих с индексами Кердо, КВ, ИР и ИС обнаружить не удалось.

### ВЫВОДЫ

1. Исследование показало наличие корреляционных связей между показателями функционального состояния военнослужащих и их элементным статусом. Наибольшее количество корреляций отмечено для макроэлементов кальция, магния и фосфора, что подтверждает их основную роль в формировании и функционировании основных жизненных систем организма. При этом более высокие функциональные характеристики организма соответствуют относительно более низкому содержанию макроэлементов в волосах.
2. Выявлена связь показателей, характеризующих адаптационные резервы, с уровнем цинка и калия.
3. Отмечена отрицательная зависимость весоростовых и адаптационных показателей от уровня токсичных микроэлементов кадмия, ртути, никеля и особенно мышьяка, а также положительную – от уровня селена.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа выполнена при поддержке проекта № 544 в рамках госзадания вузу 2014/258 Минобрнауки России.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Быков А.Т. Восстановительная медицина и экология человека. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2009. 688 с.

(Bykov A.T. [Restorative medicine and human ecology]. Moscow: GEOTAR-Media, 2009 [in Russ]).

Дубовой Р.М. Элементный статус при действии неблагоприятных факторов производственной деятельности и его алиментарная восстановительная коррекция. Автореф. дисс. докт. мед. наук. М., 2009. 47 с.

(Dubovoy R.M. [Elemental status under influence of unfavorable occupational factors and its restorative alimentary correction]. MD Thesis Abstract. Moscow, 2009 [in Russ]).

Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦГСЭН МЗ РФ. 2003. 56 с.

(Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutelian V.A., Skalny A.V., Demidov V.A., Skalnaya M.G., Serebryansky E.P., Grabeklis A.R., Kuznetsov V.V. [Determination of chemical elements in biological fluids and drugs by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma mass spectrometry: Methodical guidelines (MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03)]. Moscow, 2003 [in Russ].)

Ланда Б.Х. Методика комплексной оценки физического развития и физической подготовленности: учеб. пособие. М.: Вентана-Граф, 2008. 244 с.

(Landa B.H. [Methodology of comprehensive evaluation of physical development and physical preparedness: workbook]. Moscow: Ventana-Graf, 2008 [in Russ]).

Разумов А.Н., Бобровницкий И.П. Восстановительная медицина: роль и место в науке и практике здравоохранения. Актуальные вопросы восстановительной медицины. 2003. № 1. С. 5–11.

(Razumov A.N., Bobrovnitckiy I.P. [Restorative medicine: role and place in the science and public health practice]. Aktual'nye voprosy vosstanovitel'noy meditsiny. 2003, 1: 5–11 [in Russ]).

Ушаков И.Б. Качество жизни и здоровье человека. М. – Воронеж: Истоки. 2005. 130 с.

(Ushakov I.B. [Quality of life and human health]. Moscow – Voronezh: Istoki, 2005 [in Russ]).

Фесюн А.Д., Белевитин А.Б., Панкова Н.Б., Карганов М.Ю., Грабеклис А.Р., Скальный А.В. Взаимосвязь элементного статуса и функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у практически здоровых людей (на примере военнослужащих внутренних войск МВД России – жителей г. Москвы). Медицинский вестник МВД. 2010. № 5. С.18–21.

(Fesyun A.D., Belevitin A.B., Pankova N.B., Karganov M.Yu., Grabeklis A.R., Skalny A.V. [The relationship of element status and functional parameters of the cardiovascular system in practically healthy people (on the example of servicemen of interior forces of Russia – Moscow residents)]. Meditsinskiy vestnik MVD. 2010, 5: 18–21 [in Russ]).

Фесюн А.Д., Белевитин А.Б., Панкова Н.Б., Карганов М.Ю., Грабеклис А.Р., Скальный А.В. Взаимосвязь элементного статуса и функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у практически здоровых людей (на примере военнослужащих внутренних войск МВД России –

жителей г. Москвы) (Окончание). Медицинский вестник МВД. 2010. № 6. С.13–15.

(Fesyun A.D., Belevitin A.B., Pankova N.B., Karganov M.Yu., Grabeklis A.R., Skalny A.V. [The relationship of element status and functional parameters of the cardiovascular system in practically healthy people (on the example of servicemen of interior forces of Russia – Moscow residents) (Ending). *Meditsinskiy vestnik MVD*. 2010, 6: 13–15 [in Russ]).

Фесюн А.Д. Восстановительная фармаконутрицевтическая коррекция функционального состояния и элементно-

го статуса у военнослужащих: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. М. 2011. 48 с.

(Fesyun A.D. [Restorative pharmaco-nutraceutical and functional correction of the element status in servicemen]. MD Thesis Abstract. Moscow, 2011 [in Russ]).

Alshammari E., Shafi S., Nurmi-Lawton J., Taylor A., Lanham-New S., Ferns G. Altered antioxidant and trace-element status in adolescent female gymnasts. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010, 20(4): 291–298.

## DEPENDENCE OF PHYSICAL DEVELOPMENT AND FUNCTIONAL RESERVES ON BODY ELEMENT STATUS

*I.P. Zaitseva<sup>1</sup>, A.R. Grabeklis<sup>1\*</sup>, V.Yu. Detkov<sup>2</sup>, A.D. Fesyun<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Demidov Yaroslavl State University, Sovetskaya str. 14, Yaroslavl, 150000, Russia  
E-mail: andrewgrabeklis@gmail.com

<sup>2</sup> Rauchfuss Municipal Children's Hospital № 19, Ligovsky ave. 8, St. Petersburg, 193036, Russia

<sup>3</sup> Military Medical Department of Interior Ministry Troops of Russia, Krasnokazarmennaya str. 9a, Moscow, 111250, Russia.

**ABSTRACT.** Body element status and its relationship to the physical and functional condition of the body were estimated in army conscripts (Internal Troops, 36 males). The presence of correlations between physiological parameters and element status was demonstrated. The greatest number of correlations was observed for macro elements, primarily calcium, magnesium and phosphorus, with higher functional characteristics of the body corresponding to relatively low content of macro elements in hair. An association of indices, characterizing the adaptation reserves, to zinc and potassium levels was found. There was also found a negative dependence of height-weight indices and adaptation indicators on the levels of toxic trace elements cadmium, mercury, nickel, arsenic, as well as a positive one – on selenium level.

**KEYWORDS:** element status, macro elements, trace elements, hair, blood serum, body functional state.