

**ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ
В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

В результате исследований показана возможность использования рентгено-флуоресцентный анализ как метод контроля микроэлементного баланса организма студентов в условиях занятия борьбой и волейболом, для оптимизации тренировочной и соревновательной деятельности. В условиях интенсивной физической и психоэмоциональной нагрузок, выявленные нарушения содержания микро-, макроэлементов (кальций, калий, цинк, медь, селен, железо) в организме спортсменов, позволят провести индивидуальную коррекцию питания и тренировочной нагрузки.

Ключевые слова: *рентгенофлуоресцентный анализ, греко-римская борьба, волейбол, микроэлементный статус.*

Постановка проблемы и ее связь с важными научными заданиями. Анализ последних исследований и публикаций. В условиях современных тренировочных и соревновательных нагрузок, предъявляющих предельные требования к важнейшим функциональным системам организма спортсмена и приводящих к глубокому истощению функциональных ресурсов, резко возросла роль различных средств, способных обеспечить высокую работоспособность, эффективное протекание восстановительных и адаптационных процессов. В случае если эти средства являются дополнением к рационально построенной системе подготовки и естественно включаются в нее, способствуя более быстрому и эффективному решению тренировочных и соревновательных задач, то они стимулируют рост спортивного мастерства [11, 5]. Известно, что в организме человека, необходимо поддерживать суточный баланс витаминов, макро- и микроэлементов. Микро- и макроэлементы участвуют в процессах регуляции обменных процессов и играют значительную роль в адаптации организма в норме и при патологии. Поэтому в последнее время все больший интерес наряду с исследованиями крови, плазмы крови, мочи представляет исследование волос для выявления состояния обмена микро- и макроэлементов в организме. Имеющиеся данные определенно показывают, что содержание элементов в волосах отражает элементный статус организма в целом и пробы волос являются интегральным показателем минерального обмена. Правомерность и эффективность использования волос в анализе эколого-токсикологических корреляций доказана результатами нескольких международных координированных программ, выполненных под эгидой Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Во многих отношениях волосы являются благоприятным материалом для такого рода исследований и имеют ряд преимуществ: проба может быть получена без травмирования спортсмена, для хранения материала не требуется специального оборудования, волосы не портятся и сохраняются без ограничения во времени, информация может быть получена в течение 30 – 40 мин.

Таким образом, сложившаяся ситуация в спортивном мире диктует необходимость использования новейших диагностических неинвазивных методик в процессе целенаправленной и научно-обоснованной подготовки спортсменов [6, 2].

В связи с вышеизложенным рентгенофлуоресцентный анализ волос на содержание массовой доли химических элементов, можно рассматривать как перспективный метод контроля состояния спортсменов на всех этапах подготовки.

Работа связана с темой кафедры теории и методики физической культуры факультета физической культуры УО "Гродненский государственный университет имени Янки Купалы": "Совершенствование методик физического воспитания и спортивной тренировки с различным контингентом занимающихся" № гос. регистрации 20121182 от 30.03.2012 г.

Цель исследования – изучить обеспеченность организма студентов микро, макроэлементами в условиях занятия спортом, для оптимизации тренировочного процесса и питания.

Основной материал исследования. Исследование осуществлялось на базе УО "Гродненский государственный университет им. Я. Купалы". Для достижения цели и задач исследования были задействованы студенты-спортсмены, занимающиеся борьбой греко-римской, члены молодежной и национальной сборных команд Республики Беларусь и Гродненской области. Всего 17 спортсменов, из них 5 мастеров спорта международного класса, 10 мастеров спорта, 2 – 1 разряда. В исследовании также приняли участие волейболистки команды "Неман-ГрГУ", чемпионы и обладатели Кубка Республики Беларусь 2013 года.

Для оценки микроэлементного баланса использовался рентгено-флуоресцентный анализ, который не требует сложной пробоподготовки, не расходования вещества пробы, не изменяя ее химический состав, что дает возможность анализировать один и тот же образец необходимое число раз и избежать потерь и, что очень важно, быстроту получения информации об исследуемом объекте без существенных затрат. За основу взята методика по определению химических элементов в биопробах (волосах) методом РФА на приборе СЕР-01 – МВИ.МН 3730-2011.

Используемый в приборе метод рентгенофлуоресцентного анализа основан на измерении интенсивности рентгеновского излучения атомов химического элемента при возбуждении их рентгеновским излучением с помощью миниатюрной рентгеновской трубки. Получаемый спектр состоит из набора аналитических линий в диапазоне от 1 кэВ до 40 кэВ. Регистрация аналитических интенсивностей осуществляется при помощи многоканального спектрометра с энергодисперсионным полупроводниковым детектором (Si-p-i-n диод) с термоэлектронным охлаждением.

Специализированное программное обеспечение дает возможность построить наиболее вероятную модель спектра, обнаружить аналитические линии спектра в присутствии большого количества элементов в пробе (от 15 до 30 элементов), определить массовую концентрацию элемента, точный вес объекта, и, следовательно, определить концентрацию элементов в пробе. Для обработки спектров на компьютере используется программа обработки рентгенофлуоресцентных спектров МК_RE_06. Она предназначена для обработки рентгеновских спектров почвенных, растительных, биологических проб волос, формирования унифицированных отчетов об элементном составе и концентрационных характеристиках. Для изучения элементного статуса организма спортсменов в качестве биосубстратов использовались образцы волос.

Волосы, являясь производными эпидермиса, эволюционно сформировались как один из вспомогательных экскреторных органов. Они являются второй по порядку метаболической тканью организма, уступая первое место только костному мозгу, и отражают метаболизм клеток, как любая другая ткань. Они представляют собой информативный биосубстрат, вовлеченный в процесс депонирования и аккумуляции минеральных веществ, в определенной мере отражающий как средний (нормальный) уровень содержания отдельных биоэлементов в организме, так и изменения этого уровня в сторону избыточного или недостаточного их содержания. Но, кроме того, волосы и сами по себе могут участвовать в избавлении организма от токсических элементов, или от избыточного количества эссенциальных элементов, или отражать избыточные потери организмом того или иного элемента (кальция, калия, магния) под влиянием неблагоприятных влияний или патологических процессов. В тоже время волосы характеризуются определенной динамикой роста (от 0,2 мм до 0,5 мм в день), поэтому содержат "запись" не только того, что происходит с обменом веществ в ближайшем прошлом, но и информацию о его состоянии в более отдаленные периоды.

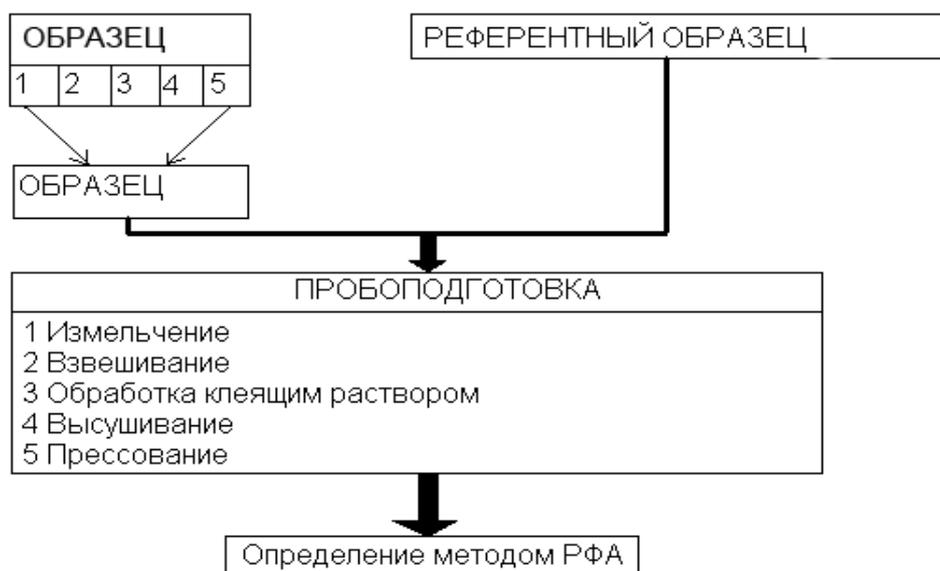


Рис. 1. Этапы пробоподготовки образцов для РФА.

Как показано на рисунке 1, анализ образцов проводили методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе СЕР-01, ElvaX (Украина). В качестве ориентировочных значений физиологических возрастных норм содержания в волосах макро-и микроэлементов были использованы условные биологически допустимые уровни (значения 25 – 75 центильных интервалов), предложенные А.В. Скальным [5].

В таблицах 1 и 2 представлено количественное содержание биоэлементов у девушек-волейболисток и борцов греко-римского стиля.

Таблица 1

**Количественное содержание биоэлементов у студенток,
занимающихся волейболом (мкг/г)**

ФИО	кальций	калий	цинк	медь	железо	хлор	сера	свинец	селен
Бакун Н.	3355	93	186	17	17	83	29284	3	0,72
Бернатович Е.	1718	67	350	9	20	42	24792	3	0
Борисевич А.	1092	104	123	13	20	154	23974	3	0
Васильева В.	407	41	154	40	18	180	30217	1	1
Дорошевич Е.	1854	90	1522	17	42	114	30095	9	0
Найденко А.	1124	102	143	20	14	72	34331	0	0
Паценко Ю.	989	125	150	11	26	106	28496	1	0
Рахман О.	1573	117	152	51	20	98	41008	2	1
Якимович Ю.	1808	119	239	32	16	133	28486	0	0
Референтные значения, max/min	1700-550	170-70	200-120	30-9	25-10	560-60	49000-21000	5-0	1,2-0,3

Таблица 2

**Количественное содержание биоэлементов
в организме студентов-спортсменов,
занимающихся греко-римской борьбой (мкг/г)**

ФИО	кальций	калий	цинк	медь	железо	хлор	сера	свинец	селен
Бричак Д.	185,8	191	87,7	4,6	7,5	231	16487	4,1	0,44
Веселов А.	1043	258,8	124,6	15,	7,3	133	23628	4,5	0,36
Волхонович Е.	627,4	49,4	110,6	7,9	13,5	165,5	23267	3,3	0,40
Генувейно А.	347,6	127	84	7,1	14,7	107,2	11923	5,5	0,83
Давидов А.	227,2	142,2	126,7	8,4	15,3	234,7	22567	5,5	0,92
Дмитриченко А.	265	185,5	91,3	7,7	6,9	190,4	23947	3,4	0,50
Елак А.	251	181,6	109,7	7,9	21,4	165	17742	3,65	0,21
Жуков В.	467,4	143,8	118,4	8,7	10,7	275,3	42742	4,0	0,40
Пашков М.	847,7	496,4	139,9	7,7	34,8	483,6	39695	5,5	1,3
Лях П.	491	118	104	8,8	12	212	17478	1,3	1,2
Кардаш Я.	381,7	123,9	144,9	15,7	96,4	122,6	28558	6,9	0,30
Михайловский А.	672,8	215,9	93,8	10,7	33,2	169,0	20963	3,5	0,84
Поленский В.	502,8	119,8	103	5,5	20,4	266,4	19046	4,5	0,52
Ромейко А.	465	131,9	101	6,8	9,7	199,0	13767	2,6	0,64
Сечко И.	604	168	108	8,5	17,4	243,0	30849	0,14	0,34
Шубицкий А.	467	82,7	107,7	10,6	11,7	299,5	16718	2,5	1,1
Гузов И.	234,4	71,5	141	10,2	9,5	164,7	24317	2,3	0,57
Референтные значения, max/min	800 - 400	170-70	200-120	30 -9	30 - 15	560-60	49000-21000	5 - 0	1,2-0,3

В таблице 3 представлены средние значения содержания биоэлементов у спортсменов, в таблицах 4 и 5 – показатели рангового коэффициента корреляции Спирмена. В таблице 6 отражена достоверность отличий биоэлементов в группах греко-римской борьбы и волейбола.

Таблиця 3

Средние значения содержания биоэлементов у спортсменов в группах (борьба, волейбол) рассчитанные с использованием F-критерия Фишера

Элемент	Среднее греко-римская борьба	Среднее волейб.	t-value	df	p	Std.Dev. борьба	Std.Dev. волейб	F-ratio
кальций	475,32	1546,67	-5,06	24	0,00	232,37	825,99	12,64
калий	165,15	95,33	2,03	24	0,05	100,28	26,97	13,83
цинк	111,55	335,44	-2,09	24	0,05	18,64	450,40	583,75
медь	8,35	23,33	-4,24	24	0,00	2,41	14,47	36,12
железо	20,14	21,44	-0,18	24	0,86	21,30	8,41	6,41
хлор	302,83	109,11	1,60	24	0,12	358,19	42,32	71,62
сера	23158,48	30075,89	-2,25	24	0,03	8409,74	5104,42	2,71
свинец	3,72	2,44	1,48	24	0,15	1,67	2,74	2,71
селен	0,64	0,30	2,15	24	0,04	0,34	0,46	1,86

Таблиця 4

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена в группе студентов-женщин по волейболу

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet3.sta) MD pair wise deleted Marked correlations are significant at p<0,05									
	кальций	калий	цинк	медь	железо	хлор	сера	свинец	селен
кальций	1,00	-0,08	0,67	-0,06	-0,07	-0,40	-0,07	0,43	-0,12
калий	-0,08	1,00	-0,43	0,03	0,02	0,05	-0,12	-0,42	-0,27
цинк	0,67	-0,43	1,00	-0,06	0,20	-0,13	-0,07	0,38	-0,03
медь	-0,06	0,03	-0,06	1,00	-0,43	0,33	0,73	-0,44	0,67
железо	-0,07	0,02	0,20	-0,43	1,00	0,14	-0,17	0,65	-0,14
хлор	-0,40	0,05	-0,13	0,33	0,14	1,00	-0,13	-0,08	0,16
сера	-0,07	-0,12	-0,07	0,73	-0,17	-0,13	1,00	-0,26	0,60
свинец	0,43	-0,42	0,38	-0,44	0,65	-0,08	-0,26	1,00	-0,01
селен	-0,12	-0,27	-0,03	0,67	-0,14	0,16	0,60	-0,01	1,00

Таблиця 5

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена в группе студентов-мужчин, занимающихся борьбой по греко-римскому типу

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet3.sta) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p<0,05									
	кальций	калий	цинк	медь	железо	хлор	сера	свинец	селен
кальций	1,00	0,19	0,13	0,38	0,26	0,02	0,30	-0,08	0,09
калий	0,19	1,00	-0,12	0,01	0,03	0,20	0,21	0,34	-0,09
цинк	0,13	-0,12	1,00	0,27	0,27	0,05	0,69	0,19	-0,18
медь	0,38	0,01	0,27	1,00	-0,17	-0,02	0,23	-0,43	0,16
железо	0,26	0,03	0,27	-0,17	1,00	0,22	0,16	0,36	0,03
хлор	0,02	0,20	0,05	-0,02	0,22	1,00	0,09	-0,13	0,13
сера	0,30	0,21	0,69	0,23	0,16	0,09	1,00	0,08	-0,29
свинец	-0,08	0,34	0,19	-0,43	0,36	-0,13	0,08	1,00	-0,05
селен	0,09	-0,09	-0,18	0,16	0,03	0,13	-0,29	-0,05	1,00

Как видно из полученных данных по критерию Фишера, статистически различаются по группам греко-римской борьбы и волейбола следующие показатели: кальций, цинк, медь, сера, селен. Данные теста Уитни-Манна показали достоверные различия в группах греко-римской борьбы и волейбола по всем элементам, кроме железа с уровнем значимости $p < 0,05$.

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена показал в группе, занимающихся борьбой, достоверную для $p < 0,05$, сильную связь между серой и цинком, а в группе, занимающихся волейболом между цинком и кальцием, медью и серой, медью и селеном.

Полученные результаты в ходе наблюдений за тренировочным процессом и анализом биоматериала (волос) позволят конкретизировать питание по наиболее значимым элементам в данных видах спорта.

Таблиця 6

Содержание биоэлементов у спортсменов в группах (борьба, волейбол),
Mann-WhitneyU Test.

Элемент	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level	Z	p-level	Valid N	Valid N	2*1sided
кальций	164,00	187,00	11,00	-3,53	0,00	-3,53	0,00	17	9	0,00
калий	280,00	71,00	26,00	2,72	0,01	2,72	0,01	17	9	0,01
цинк	159,00	192,00	6,00	-3,80	0,00	-3,80	0,00	17	9	0,00
медь	159,00	192,00	6,00	-3,80	0,00	-3,80	0,00	17	9	0,00
железо	197,00	154,00	44,00	-1,75	0,08	-1,75	0,08	17	9	0,08
хлор	293,5	57,50	12,50	3,45	0,00	3,45	0,00	17	9	0,00
сера	182,00	169,00	29,00	-2,56	0,01	-2,56	0,01	17	9	0,01
свинец	270,00	81,00	36,00	2,18	0,03	2,19	0,03	17	9	0,03
селен	267,00	84,00	39,00	2,02	0,04	2,03	0,04	17	9	0,04

Выводы. Полученные экспериментальные данные по оценке содержания биоэлементов в организме спортсменов в условиях занятия борьбой по греко-римскому типу и волейболу позволяют в дальнейшем оперативно проводить коррекционные мероприятия для оптимизации тренировочного процесса и адаптации к физическим нагрузкам различной интенсивности.

Перспективы дальнейших разработок. Результаты исследования дают возможность в перспективе использовать неинвазивную диагностику полидисмикроэлементозов методом рентгенофлуоресцентного анализа волос, как компонента биохимического контроля микроэлементного баланса организма студентов-спортсменов на различных этапах подготовки в разных видах спорта для оптимизации тренировочного процесса и питания спортсменов.

Использованные источники

1. Баевский, Р.М. Валеология и проблема самоконтроля здоровья в экологии человека / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, А.Л. Максимов. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. – 55 с.
2. Баевский, Р.М. Оценка и квалификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестник АМН СССР. – 1989. - № 8. – С. 73-78.
3. Коваленко, Т.Г. Медико-биологические основы физической культуры: учебно-методическое пособие / Т.Г. Коваленко, О.А. Моисеева, Е.И. Кузнецова. – Волгоград: Изд-во Волгоградского гос. ун-та, 1999. – 84 с.
4. Скальный, А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС// Микроэлементы в медицине. – 2003. – т.4. – вып. 1. – С. 7 – 11.

MaksimovichV., Gorodilin S., Strok A.

FEATURES OF THE MICROELEMENT STATUS OF AN ORGANISM OF SPORTSMEN IN CONDITION OF THE INCREASED PHYSICAL ACTIVITY

The research results showed the possibility of using X-ray fluorescence analysis as a method of controlling the microelement balance of the body of students in wrestling and volleyball, to optimize training and competitive activity. Under the conditions of intensive physical exercises and psychoemotional loadings, the revealed violations of the contents micro- and macro elements (calcium, potassium, zinc, copper, selenium, iron) in an organism of athletes, allows to carry out individual correction of food and a training load. In article X-ray fluorescence hair on the content of chemical elements is regarded as a promising method of monitoring the status of athletes at all stages of preparation. The situation in the sports world necessitates the use of the latest diagnostic and non-invasive methods in the process focused and evidence-based training of athletes. The results obtained during the training process observation and analysis of biomaterial (hair) will specify the food on the most significant elements in these sports. The obtained experimental data on the evaluation of the content item in the body of the athletes in the midst of classes Greek-Roman wrestling and volleyball allow in the future to perform prompt corrective actions to optimize training and adaptation to the physical exercises of varying intensity. The results of the study provide an opportunity in the long term to use non-invasive diagnostics of polydismicroelementozov to method of X-ray fluorescence of hair, as a component of the biochemical control of microelement balance student-athletes at various stages of preparation in various sports to optimize training and nutrition for athletes.

Key words: X-ray fluorescence analysis, Greco-Roman wrestling, volleyball, microelement status.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2015 р.