

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕЛЬНОЙ КРОВИ И СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ДЕВУШЕК, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ

УДК 612

¹Агаджанян Н.А., ²Зайцева И.П., ²Скальный А.В.¹«Российский университет дружбы народов», г. Москва, Россия²ФГБУ ВПО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова», Ярославль, Россия

DEPENDENCE OF THE BLOOD ELEMENTAL CONTENT IN YOUNG WOMEN FROM DIFFERENT LEVELS OF PROFESSIONAL PHYSICAL ACTIVITY

Agadzhanyan N.A., Zaitseva I.P., Skalny A.V.

¹«Peoples' Friendship University of Russia», Moscow, Russia²«P.G. Demidov Yaroslavl State University», Yaroslavl, Russia

Введение

Для оценки элементного статуса в клинической лабораторной диагностике наиболее часто используют анализ сыворотки и плазмы крови. Определение в сыворотке или в плазме крови отражает текущее состояние обмена конкретного элемента [1]. Помимо этого, в сыворотке и плазме крови элементы находятся в составе продуктов метаболических и катаболических процессов. Информация, полученная с помощью анализа сыворотки и плазмы крови, отражает обменные взаимосвязи между различными органами или метаболически активными компартаментами организма [2].

При интерпретации результатов анализа нужно помнить, что определяется только общая концентрация элемента, характерная для момента забора пробы. Дефицит его в сыворотке и плазме крови появляется после наступления заболевания, то есть вследствие обеднения организма, связанного с усиленным его выведением. Поэтому специфические изменения концентрации отдельных металлопротеинов зачастую не могут быть распознаны своевременно и их колебания находятся в пределах колебаний ошибки метода анализа и зависят от их связанности с белком [1].

Алиджановой И.Э. и др. [3] показано в эксперименте, что содержание отдельных химических элементов в крови ассоциируется с содержанием этих же элементов в костной ткани, печени и теле в целом. По мнению И.А. Иорданской с соавт. [4] минеральный состав крови отражает функциональное состояние организма спортсменов, поэтому его следует рассматривать как диагностический субстрат, позволяющий судить об интенсивности минерального и энергетического обменов.

Данное исследование проведено в рамках целой серии работ по изучению влияния физической нагрузки различного уровня на обменные процессы в организме молодых людей обоих полов: дисбаланс

макро- и микроэлементов в разных субстратах, витаминов, аминокислот в крови. Так, проведен анализ аминокислотного и витаминного профилей крови девушек, занимающихся спортом [5], а также было показано влияние физической нагрузки (различные виды фитнеса) на содержание химических элементов в цельной крови (12 элементов) и сыворотке (11 элементов) студенток со средней физической нагрузкой [6]. Было показано повышение концентрации цинка и кобальта, снижение – меди, селена и никеля под влиянием физической нагрузки. В работе была отмечена однонаправленность изменений концентраций цинка, селена, кобальта и калия как в цельной крови, так и в сыворотке. Полученные данные подтвердили предположение, что интенсивные занятия спортом оказывают существенное влияние на концентрации макро- и микроэлементов в цельной крови и сыворотке.

Целью настоящего исследования было провести анализ содержания спектра макро- и микроэлементов в крови и сыворотке у девушек, занимающихся различными видами спорта, с различной степенью физической нагрузки, а также провести сравнительный анализ полученных результатов по двум биосубстратам для поиска общих для физических нагрузок любого характера изменений в минеральном обмене.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 43 студентки ВУЗа в возрасте 18–22 года, из них 19 студенток-спортсменок с высокой физической активностью (группа 1), занимающихся различными видами спорта (волейбол, полиатлон, легкая атлетика) 4 и более раз в неделю, 10 студенток со средней физической активностью (группа 2), занимающихся фитнесом 2–3 раза в неделю. Контролем служили 14 студенток с низкой физической активностью (группа 3).

Забор крови производился в процедурном кабинете. Кровь (венозную) из локтевой вены брали утром натощак (3–5 мл). Забор крови производился в пробирки-контейнеры («S-Monovette»), специально предназначенные для получения цельной крови. В качестве антикоагулянта использовался гепарин из расчета 0,01 мл на 5 мл крови. После взятия крови пробирку мягко переворачивали не менее 5 раз для предотвращения образования микросгустков. Кровь хранилась в обычном холодильнике до 3–5 суток (от 0 до +4°C).

Для исследования использовали не менее 1,5 мл сыворотки крови. Забор крови производился в пробирки-контейнеры («S-Monovette»), специально предназначенные для получения сыворотки крови, с активатором свертывания в виде геля или гранул без антикоагулянта. После взятия крови в пробирку-контейнер мягко переворачивали не менее 5 раз для обеспечения быстрого и полного контакта крови с активатором. Пробирку оставляли в вертикальном положении на 20–30 мин., для уверенного образования сгустка. Анализ проводили в день взятия крови или на следующий день.

Все биологические образцы подвергались пробоподготовке согласно МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс – спектрометрии с индуктивно связанной плазмой», разработанным в АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) и утвержденным МЗ РФ в 2003 г. Анализ цельной крови и сыворотки на содержание макро- и микроэлементов проводился по медицинской технологии «Выявление и коррекция нарушений минерального обмена организма человека» (Регистрационное удостоверение № ФС-2007/128 от 09 июля 2007 года) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой (ИСП-МС) на приборе Nexion 300D+NWR213 (Perkin Elmer, США)

В работе лаборатории использованы серии стандартных образцов производства ФРГ (ClinChek Plasma Control lot 129, Recipe, Germany), которые позволяли осуществить эффективный контроль качества проведенного анализа при исследовании элементного состава биосубстратов (табл. 1). На каждый субстрат представлено два уровня стандарта: повышенный, соответствующий избыточному содержанию элементов в биосубстрате, и пониженный, соответствующий сниженным концентрациям.

Это необходимо для контроля правильности определения в обоих диапазонах.

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программных пакетов Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., США) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Ввиду того, что распределение значений изучаемых признаков в выборке оказалось отличным от нормального, в работе в качестве описательных характеристик помимо средних значений использовали медианы. Парное сравнение групп проводили с использованием U-критерия Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение

При анализе цельной крови на содержание 15 макро- и микроэлементов у девушек, занимающихся различными видами спорта, с различной физической активностью выявлено различие между группами только по двум элементам – тяжелым металлам (табл. 2). А именно, установлено достоверно более низкое содержание Cd в группе спортсменок по сравнению с группой низкой активности. Вторым элементом является Pb, содержание которого оказалось достоверно наиболее низким в группе со средней физической активностью по сравнению как с группой высокой активности, так и с группой низкой активности.

Изучение элементного профиля сыворотки крови студентов выявило больше различий между группами (табл. 3). Так, установлено незначительное, но достоверное ($p=0,037$) снижение содержания макроэлемента Ca в группе девушек со средней физической активностью по сравнению с высокой. В группе студентов с высокой активностью содержание Co значительно выше (более чем в 2 раза) по сравнению с двумя другими группами.

Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что элементный состав сыворотки крови более чувствителен к воздействию физических нагрузок у девушек по сравнению с цельной кровью. Если в сыворотке крови при занятиях спортом достоверно возрастает концентрация Ca, Co, отмечается тенденция к дефициту K, Se, то в цельной крови нами отмечено только достоверное повышение концентрации Pb (по отношению к группе со средней активностью) и тенденции к снижению Ca и повышению Co.

Из полученных данных также можно сделать вывод, что обмен Ca наиболее чувствителен к физической нагрузке, которая нарушает гомеостатическую регуляцию уровня этого макроэлемента в крови. При этом имеет место перераспределение Ca между фор-

Таблица 1. Стандартные образцы сыворотки крови (ClinChek Plasma Control lot 129 (Recipe, Germany))

Элемент	Стандарт	От	До	SD	M
Cu	0,871	0,699	1,045	0,049	0,869
Mg	16,9	15,2	18,6	0,85	16,92
Mn	0,00672	0,00538	0,00806	0,0011	0,0081
Se	0,08	0,064	0,096	0,0045	0,0826
Zn	0,925	0,74	1,11	0,066	0,931

Таблица 2. Содержание макро- и микроэлементов в цельной крови девушек с различной физической активностью, Me (q25–q75)*, мкг/мл

ХЭ	Группа 1 (высокая активность)	Группа 2 (средняя активность)	Группа 3 (низкая активность)	р, группа 3/2	р, группа 1/2	р, группа 1/3
Cu	0,0002 (0,0001–0,0003)	0,0002 (0,0001–0,0003)	0,0003 (0,0002–0,0009)	0,317	0,946	0,025
Mg	0,0117 (0,007–0,0136)	0,0117 (0,007–0,0136)	0,0101 (0,0068–0,0136)	0,045	0,039	0,785
Mn	0,0041 (0,0038–0,0048)	0,0041 (0,0038–0,0048)	0,0047 (0,0041–0,005)	0,775	0,443	0,238
Se	52,3 (50,1–65,4)	52,3 (50,1–65,4)	60,8 (56,3–63)	0,116	1,000	0,101
Zn	1692 (1615–1852)	1692 (1615–1852)	1646 (1458–1721)	0,199	0,594	0,333
Mg	33,6 (30,8–35,1)	33,6 (30,8–35,1)	32,7 (30,6–34,4)	0,668	0,386	0,607
Mn	438 (424–456)	438 (424–456)	404 (379–439)	0,886	0,594	0,226
Se	0,0014 (0,0011–0,0014)	0,0014 (0,0011–0,0014)	0,0012 (0,0008–0,002)	0,253	0,103	0,693
Zn	0,845 (0,802–0,904)	0,845 (0,802–0,904)	0,79 (0,771–0,949)	0,775	0,947	0,717
Mg	420,0 (401,72–441,46)	420,0 (401,72–441,46)	451,4 (417,12–462,36)	0,063	0,463	0,226
Mn	0,0133 (0,0112–0,0176)	0,0133 (0,0112–0,0176)	0,0158 (0,0141–0,0227)	0,668	0,463	0,250
Se	0,139 (0,123–0,163)	0,139 (0,123–0,163)	0,148 (0,136–0,162)	1,000	0,505	0,809
Zn	6,59 (6,12–6,81)	6,59 (6,12–6,81)	6,42 (6,12–6,87)	0,775	0,594	0,486

Примечание: *Me – медиана, q25 – нижний квартиль, q75 – верхний квартиль.

менными элементами и сывороткой крови в пользу последней. Косвенным свидетельством нарушения обменных процессов, связанных с кальцием, может служить и изменение концентрации его антагониста – Pb в цельной крови, которая является лучшим из биосубстратов при диагностике накопления Pb в организме – сатурнизме [7,8].

Вторым по чувствительности к физическим нагрузкам химическим элементом является Co, входящий в состав витамина B12. Однако в случае с этим микроэлементом наблюдается однонаправленность изменения в составе как цельной крови, так и сыворотки, а именно повышение. Этот факт может быть свидетельством мобилизации Co из депо, усиленного синтеза витамина B12, а также отражать прием популярных у спортсменов витаминных комплексов.

Важно отметить выявленную нами тенденцию к развитию дефицитов K и Se при интенсивной физической нагрузке (риск развития гипокалиемии и гипоселеноза), что согласуется с многочисленными данными литературы [9] и отражает риск развития нарушений со стороны сердечно-сосудистой и иммунной систем.

Выводы

Полученные результаты показывают, что элементный состав сыворотки крови более чувствителен к воздействию физических нагрузок у девушек по сравнению с цельной кровью. Таким образом, содержание Ca, Co, K и Se в сыворотке крови можно рассматривать в качестве биомаркеров повышенной физической нагрузки и предикторов повышенного риска травматизма и нарушений функционирования сердечно-сосудистой и иммунной систем. Определение элементного состава сыворотки крови целесообразно широко внедрять в практику оценки состояния здоровья профессиональных спортсменов и лиц, регулярно и интенсивно занимающихся физкультурой.

Результаты нашего исследования указывают на справедливость данных литературы [4 и др.] о том, что своевременное выявление нарушений макро- и микроэлементов крови позволит своевременно осуществлять коррекцию минерального состава и микроэлементов и тем самым прогностически является важнейшим средством профилактики травматизма и нарушений в работе сердца у спортсменов в условиях использования напряженных тренировочных и соревновательных нагрузок.

Таблица 3. Содержание макро- и микроэлементов в сыворотке крови девушек с различной физической активностью, Me (q25–q75)*, мкг/мл

ХЭ	Группа 1 (высокая активность)	Группа 2 (средняя активность)	Группа 3 (низкая активность)	р, группа 3/2	р, группа 1/2	р, группа 1/3
Ni	0,0052 (0,0043–0,0073)	0,0055 (0,0046–0,0063)	0,0056 (0,0039–0,0078)	0,725	0,982	0,861
Ca	98,9 (94,5–106)	93,4 (91,3–95,9)	97,4 (95,1–103,7)	0,053	0,037	0,753
K	162 (154–167)	170 (139–211)	170 (163–203)	0,953	0,391	0,102
Mg	19,4 (18,8–20,4)	20 (18,6–21,6)	19,2 (18,6–19,9)	0,349	0,676	0,255
Co	0,0017 (0,0013–0,002)	0,0008 (0,0006–0,0015)	0,0007 (0,0006–0,0017)	0,907	0,009	0,011
Cu	0,902 (0,805–0,964)	0,917 (0,859–1,027)	0,888 (0,798–1,278)	0,907	0,281	0,506
Fe	1,3 (0,86–2,05)	1,47 (1,19–1,75)	1,14 (0,94–2,16)	0,619	0,495	0,793
Zn	1,08 (1,04–1,19)	0,96 (0,89–1,14)	1,07 (0,81–1,13)	0,725	0,078	0,207
Mn	0,0035 (0,0027–0,0069)	0,003 (0,0025–0,0034)	0,0039 (0,0026–0,0053)	0,178	0,202	0,944
Se	0,104 (0,082–0,121)	0,12 (0,094–0,129)	0,111 (0,094–0,137)	0,861	0,244	0,105

Примечание: *Me – медиана, q25 – нижний квартиль, q75 – верхний квартиль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- Braetter P. Auswahl und Zugänglichkeit von Probenmaterial zur Bestimmung von Spurenelemente // Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe. Praevention und Therapie mit Mikronaehrstoffen./ Hrsbg. Biesalski H.K., Koehrl J., Schuemann K. – Stuttgart: Thieme, 2002. – S. 682–687.
- Скальный А.В. Физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в спорте. ИПК ГОУ ОГУ – Оренбург. – 2005. – 210 с.
- Алиджанова, И.Э. Особенности элементного статуса лабораторных животных при воздействии различных внешних факторов / И.Э. Алиджанова, С.В. Нотова, Е.В. Кияева // Технологии живых систем. – 2009. – Т. 6, № 6. – С. 59–62.
- Иорданская Ф.А., Щепкова Н.К., Кражева С.В. Диагностическое и прогностическое значение микроэлементов крови в мониторинге функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов. Научно-методическое пособие. – М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 112 с.
- Зайцева И.П., Серебрянский Е.П., Скальная М.Г., Капустин Д.В. Аминокислотный и витаминный профили сыворотки крови студенток вуза, занимающихся спортом // Вестник восстановительной медицины, 2014. – N 2. – С. 62–65.
- Зайцева И.П., Лобанова Ю.Н., Скальный А.В., Березкина Е.С. Влияние повышенной физической нагрузки на содержание макро- и микроэлементов в крови спортсменок – студенток ВУЗа // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2013. – №12. С. 1–5.
- Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 4 ed. Ed. Burtis C.A., Ashwood E.R., Bruns D.E. Elsevier. New Delhi. 2006. 2412 p.
- Токсикологическая химия. Аналитическая токсикология: учебник / Еремин С.А. [и др.], под ред. Р.У.Хабриева, Н.И. Калетиной. – М.: ГЭО-ТАР-Медиа, 2010. – 752 с.
- Голубкина Н.А., Скальный А.В., Соколов Я.А., Щелкунов Л.Ф. Селен в медицине и экологии. М.: КМК, 2002. – 134 с.

REFERENCES:

- Braetter P. Auswahl und Zugänglichkeit von Probenmaterial zur Bestimmung von Spurenelemente // Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe. Praevention und Therapie mit Mikronaehrstoffen./ Hrsbg. Biesalski H.K., Koehrl J., Schuemann K. – Stuttgart: Thieme, 2002. – S. 682–687.
- Skalny A.V. [Physiological aspects of macro- and trace elements in the sport]. ИПК ГОУ ОГУ – Оренбург. – 2005 – 210 p. (in Russian)
- Alidzhanova I.E., Notova S.V., Kiyaeva E.V. [Features element status of laboratory animals under the action a variety of external factors] // Tehnologii zhivyyh sistem. – 2009. – Т. 6, № 6. – P. 59–62. (in Russian)
- Iordanskaya F.A., Tsepikova N.K., Kryazheva S.V. [Diagnostic and prognostic value of trace elements in blood monitoring functional training of elite athletes. Scientific-methodical manual]. М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 112 p. (in Russian)
- Zayceva I.P., Serebryansky E.P., Skalnaya M.G., Kapustin D.V. [Amino acid and vitamin serum profiles of high school students practicing sports] // Vestnik vosstanovitelnoy mediciny, 2014. – N 2. – S. 62–65. (in Russian)
- Zayceva I.P., Lobanova Ju.N., Skalnyy A.V., Bereskina E.S. [Effect of increased physical activity on the content of macro and trace elements in the blood of female athletes – students] // Voprosy biologicheskoy, medicinskoy i farmaceuticheskoy himii. 2013. – №12. S. 1–5. (in Russian)
- Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. 4 ed. Ed. Burtis C.A., Ashwood E.R., Bruns D.E. Elsevier. New Delhi. 2006. 2412 p.
- [Toxicological Chemistry. Analytical toxicology: the textbook] / Eremin S.A. [et al.], Ed. R.U. Habriev, N.I. Kaletina. – М.: GJEOTAR-Media, 2010. – 752 p. (in Russian)
- Golubkina N.A., Skalny A.V., Sokolov Ya.A., Shchelkunov L.F. [Selenium in medicine and ecology]. М.: КМК, 2002. – 134 p. (in Russian).

РЕЗЮМЕ

Целью исследования было проведение оценки влияния уровня физической активности на элементный состав крови девушек-студенток. Обследовано 43 студентки Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова в возрасте 18–22 года. Элементный анализ цельной крови и сыворотки проводился методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-МС) на приборе Nexion 300D+NWR213 (Perkin Elmer, США). Проведено сравнение полученных результатов по двум биосубстратам с целью поиска общих для физических нагрузок любого характера изменений в минеральном обмене. Элементный состав сыворотки крови более чувствителен к воздействию физических нагрузок у девушек по сравнению с цельной кровью. Содержание некоторых элементов (кальция, кобальт, калий, селен) в сыворотке крови можно рассматривать в качестве биомаркеров повышенной физической нагрузки. Дисбаланс данных макро- и микроэлементов может быть фактором повышенного риска травматизма и нарушений функционирования сердечно-сосудистой и иммунной систем. Определение элементного состава сыворотки крови целесообразно внедрять в практику оценки состояния здоровья профессиональных спортсменов и лиц, регулярно и интенсивно занимающихся физкультурой.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, цельная кровь, сыворотка, спорт, девушки, уровень физической нагрузки

ABSTRACT

The primary aim of the current study is to estimate the effect of different physical activity levels on blood macro and trace element content in female students. According to the level of the physical activity all students were divided into three groups: high; medium and low level. The study involved 43 students of P. G. Demidov Yaroslavl State University at the age of 18–22 years. Macro and trace element content in whole blood and serum samples was assessed by inductively coupled plasma mass spectrometry using NexION 300D+NWR213 (Perkin-Elmer, USA). Obtained results of two biological substrates are compared in order to find common changes in mineral metabolism for any kind of physical exertion. The elemental composition of the blood serum is more sensitive to the effects of physical activity in girls compared with whole blood. The content of certain elements (calcium, cobalt, potassium, selenium) in the blood serum can be regarded as biomarkers of increased physical load. Imbalance of these macro- and trace elements may be a factor of the increased risk of injuries and disorders of cardiovascular and immune systems. Determination of the elemental composition of blood serum is reasonable put into practice health assessment of professional athletes and people who regularly and actively engaged in physical culture.

Keywords: macro and trace elements, whole blood, serum, sport, female athletes, level of physical activity.

Контакты:

Зайцева И. E-mail: irisha-zip@yandex.ru

Работа выполнена в рамках проекта №544 в рамках базовой части государственного задания на НИР Ярославского государственного университета им. П.Г. Демидова.