

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА В ОПРЕДЕЛЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА БИОСУБСТРАТОВ

Юрмазова Т.А., Шахова Н.Б., Рязанова Т.А.

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30). E-mail: tay@tpu.ru

В статье приведены результаты исследования химического состава биосубстратов, доступными физико-химическими методами анализа. В качестве биосубстратов были выбраны мочевые камни, как патогенное биообразование, и волосы, как интегральный показатель минерального обмена в организме человека. Экспериментально установлено, что содержание микроэлементов в волосах у испытуемых различно, а также показан различный состав мочевых камней. Проанализированы факторы, влияющие на образование патогенных биоминералов в организме человека. Полученные экспериментальные данные позволяют в дальнейшем разрабатывать методологию ранней диагностики нарушения уровня функциональных резервов организма, а также разработать систему реабилитационных мероприятий. Показано, что по микроэлементному составу волос и мочевых камней можно оценивать не только состояние здоровья, но экологическую обстановку среды обитания человека.

Ключевые слова: биосубстрат, микроэлемент, мочевые камни, интегральный показатель

USE OF PHYSICOCHEMICAL METHODS OF ANALYSIS IN THE DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF BIOLOGICAL SUBSTRATES

Yurmazova T.A., Shakhova N.B., Ryazanova T.A.

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, 30, Lenin Avenue, 30), E-mail: tay@tpu.ru

The article provides the investigation results of the chemical composition of biosubstrates carried out by the available physicochemical methods of analysis. Urinary stones, as pathogenic biominerals, and hair, as integral indicator of mineral metabolism in the human body were selected as biosubstrates. The content of microelements in hair and the composition of urinary stones is established to be different. Factors affecting the process of pathogenic biominerals formation in the human body were analyzed. The experimental data allow us to develop the methodology for early diagnostics of disturbances of the functional reserves in a human body, and enable a system of rehabilitation actions to be developed. It has been shown that according to the trace element composition of hair and urinary stones, not only health, but also the environmental conditions of the human habitat can be evaluated.

Keywords: biosubstrate, microelement, urinary stones, integral indicator

Микроэлементная коррекция – это современный метод системной диагностики, лечения и профилактики заболеваний, основанный на анализе макро- и микроэлементного состава биологических субстратов человека. Исследование микроэлементного состава организма дает возможность каждому улучшить состояние здоровья, предупредить развитие осложнений или рецидивов имеющихся болезней. В настоящее время выявлено, что многие заболевания, синдромы и патологические состояния вызваны дефицитом, избытком или дисбалансом микроэлементов в организме [7, 8].

Получая микроэлементы из внешней среды, человек находится в постоянной зависимости от химического состава воды, пищи, воздуха. Микроэлементы, в свою очередь, играют значительную роль в адаптации, то есть приспособлении организма к окружающей среде.

Некоторые биосубстраты человека, выбранные как тест-объекты для определения элементного состава и оценки минерального баланса (кровь, моча, волосы и др.), могут быть использованы также для оценки профессионального воздействия, влияния промышленных атмосферных выбросов, химического загрязнения почвы и вод, уровня урбанизации, решения задач санитарно-гигиенического нормирования природных сред, контроля за качеством питьевой воды и пищевых продуктов и биомониторинга окружающей среды [3, 8].

В настоящее время, для того чтобы определить количество макро- и микро элементов в организме человека, пользуются различными методами количественного анализа этих элементов в биосубстратах человека: в моче, крови, волосах, слюне, костной ткани, мочевых камнях. Диагностика элементов путем выявления их в крови и моче уже давно практикуется многими специалистами для тестирования токсичных тяжелых металлов (например, свинца) в организме человека. А методика определения присутствия микроэлементов в волосах, ногтях, костной ткани, мочевых и почечных камнях только сейчас входит во врачебную практику [8].

В данной работе рассмотрен химический состав таких биосубстратов как волосы и мочевые камни. Данные биообъекты были выбраны не случайно. Волосы служат интегральным показателем минерального обмена в организме человека, следовательно изучение микроэлементного статуса по волосам следует рассматривать как один из дополнительных методов диагностики внутренней среды организма и экологической обстановки среды его обитания [3, 4, 8]. В то время, как мочевые камни являются патогенными образованиями, причины образования которых широко изучаются, однако до сих пор не существует экспериментально обоснованной теории, объясняющей образование биоминералов в организме человека [2]. В развитии мочекаменной болезни большое значение имеют как внешние факторы (экзогенные) - климатические условия, питьевой и пищевой режим, малоподвижный образ жизни, так и внутренние (эндогенные), зависящие от состояния организма - расстройства обмена веществ, физический и психический статус, нарушение витаминного баланса, особенности анатомического строения мочевыводящих путей и.т.д. [1, 5, 6, 10].

Целью данной работы являлось определение содержания микроэлементов (цинка, меди, кадмия, свинца) в волосах и химического состава мочевых камней. Цинк и медь выбраны нами потому, что они играют большую роль в жизнедеятельности человека, а свинец и кадмий, могут служить показателем экологической обстановки. Нехватка и избыток всего лишь одного элемента может привести к серьезным нарушениям в организме. Определение химического состава мочевых камней представляет интерес с нескольких точек зрения. Во-первых, для правильного выбора метода медикаментозного лечения мочекаменной болезни,

а также рекомендаций по диетотерапии и санаторно-курортному лечению. Во-вторых для растворения камней.

В настоящее время для определения химического состава биосубстратов используют несколько методов анализа: ИК- спектроскопию, рентгеноструктурный анализ, спектральный анализ, микроскопический. Однако сложность и высокая стоимость аппаратуры делают эти методы сравнительно малодоступными и оставляют актуальным поиск более простых методик, которые могли быть использованы в любой клинической лаборатории, в которой обязательно есть бюретка для титрования и фотоколориметр.

Методика эксперимента

Определение микроэлементов (цинка, свинца, кадмия и меди) в волосах проводилось с использованием метода инверсионной вольтамперометрии (ИВ) на приборе СТА [4, 9]. Измерение проводились на двух электродной системе, в качестве рабочего использовали ртутно-пленочный электрод, а в качестве электрода сравнения хлорид серебряный.

Для анализа состригали немного волос 3-4 см (100-200 мг), а затем волосы обезжиривали ацетоном, промывали дистиллированной водой, высушивали и взвешивали. Пробоподготовка волос проводилась методом мокрого озоления [9].

Определение химического состава мочевых камней проводили следующим образом. После растворения мочевых камней в соляной кислоте, катионы кальция и магния определяли методом титрования трилоном-Б. Оксалат ионы определяли методом титрования перманганатом калия. Обнаружение оксалат-иона основано на его восстанавливающем действии на перманганат-ион в кислом растворе. Определение фосфат-ионов проводили фотоколориметрически с молибдатом аммония, который в присутствии аскорбиновой кислоты дает синюю окраску. Мочевую кислоту определяли фотоколориметрически с фосфорновольфрамовой кислотой и карбонатом натрия, при этом также образуется синяя окраска, измерение оптической плотности проводили при 640 нм.

Результаты исследований

В качестве объектов исследования были взяты волосы 15 испытуемых разного возраста, проживающих в разных микрорайонах г.Томска. По вышеописанной методике, была проведена пробоподготовка волос для анализа и проведен анализ. Экспериментальные данные представлены в таблице 1, для сравнения приведены значения нормального содержания элементов в волосах.

Содержание микроэлементов в волосах

№ паци- ента	цинк, мг/кг	Норма цинка, мг/кг	медь, мг/кг	Норма меди, мг/кг	свинец, мг/кг	Норма свинца, мг/кг	кадмий , мг/кг	Норма кадмия, мг/кг
1	230	100–250	8,3	7,5 – 80	0,37	0,1 – 5,0	0,05	0,05– 0,25
2	95,0		8,7		0,79		0,19	
3	210		15,0		1,4		0,16	
4	92,0		5,4		1,8		0,11	
5	67,0		7,9		1,4		0,12	
6	140		7,8		1,2		0,18	
7	140		7,1		5,5		0,32	
8	270		9,1		2,7		0,27	
9	120		5,9		0,9		< 0,01	
10	150		11		0,97		0,28	
11	180		18,0		6,2		0,05	
12	118		7,1		1,4		0,03	
13	180		12,0		2,0		0,11	
14	128		14,1		1,8		0,08	
15	150		7,7		5,3		0,18	

Как видно из таблицы содержание элементов у испытуемых различно. Это различие в микроэлементном составе волос наверняка зависит от продуктов питания, от расположения места, в котором они учатся, работают и живут. Так превышение содержания свинца и кадмия наблюдается у испытуемых № 7 , 8, 11, 15. Это связано с тем, что возможно этот человек живет в промышленном районе и/или работает с такими веществами и материалами как краски, керамика, производство аккумуляторов, кабелей, цветная металлургия, возможно что их место жительства находится рядом с магистралью и автомобили вместе с выхлопными газами выбрасывают в атмосферу большое количество свинца, добавляемого в топливо. Повышенное содержание кадмия, может свидетельствовать о том, что этот человек курит, или находится в среде курящих.

У испытуемых № 2, 4, 5 низкое содержание цинка и могут быть проблемы с кожным покровом и со зрением. Низкое содержание меди наблюдаются у испытуемых № 4, 7, 9, 12. По микроэлементному составу волос можно субъективно оценивать экологическую обстановку среды.

Определение химического состава мочевых камней проводили на мочевых камнях, предоставленных урологическим отделением медсанчасти №2 г. Томска. Мочевые камни в большинстве своем являются смешанными и состоят из ряда органических и неорганических

веществ. Органическая матрица мочевых камней составляет от 1 до 30% от их общей массы. Согласно установившемуся представлению, выделяются три основные группы мочевых камней: оксалатные, сложенные солями щавелевой кислоты; фосфатные, в строении которых принимают участие преимущественно соли ортофосфорной кислоты и уратные, состоящие главным образом из мочевой кислоты и ее солей. Поскольку основную роль в образовании конкремента играют такие соли, как фосфаты, оксалаты и ураты, то и анализ его состава должен строиться на обнаружении этих трех ионов.

Экспериментальные данные представлены в табл 2. и рис. 1.

Таблица 2

Химический состав мочевых камней

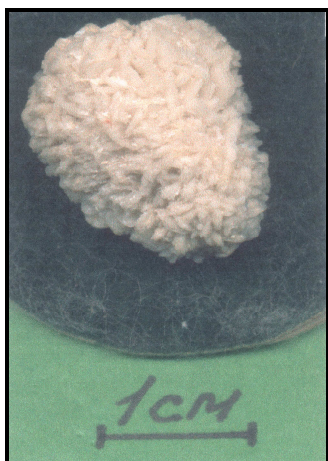
№ камня	вес, г	Ca^{2+} , %	Mg^{2+} , %	PO_4^{3-} , %	ΣFe , %	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, %	$\text{C}_5\text{H}_2\text{O}_3\text{N}_4^{2-}$, %
В-1	2,02	25,0	н/о	27,3	0,12	19,1	18,6
В-2	12,8	20,0	2,1	34,7	0,10	1,6	33,7
В-3	1,0	17,4	10,2	34,4	н/о	2,7	35,5
В-4	0,31	12,8	3,7	43,0	0,15	4,2	29,8
В-5	1,76	н/о	0,1	0,1	н/о	н/о	95,8
В-6	0,047	23,2	2,8	2,5	0,21	58,0	6,3
А-2	0,67	11,8	1,5	10,1	н/о	1,55	66,5
А-3	0,34	34,0	0,8	13,5	0,10	2,6	39,5
А-5	23,07	17,0	0,5	54,0	0,20	1,6	17,0
П-3	0,47	23,0	1,8	7,0	0,08	0,46	53,0
А-1	0,26	19,0	11,58	24,8	0,19	1,04	46,0
М-1	0,63	20,9	н/о	н/о	н/о	77,8	-



А-5 – фосфатный камень



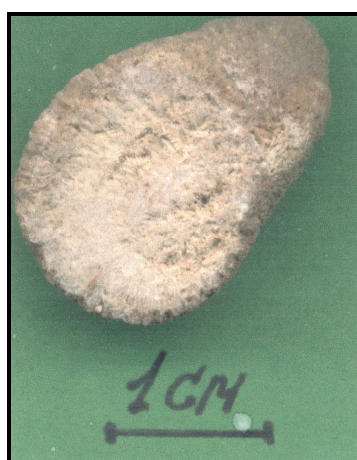
В-4 – фосфатный камень



В-6 – оксалатный камень



М-1 – оксалатный камень



В-5 – уратный камень

Рис. 1. Фотографии исследуемых мочевых камней

Как видно из табл. 2 и рис. 1, состав камней различен: А-5, В-4 - фосфатные, В-6, М-1- оксалатный, В-5- уратный.

Анализ статистических и литературных данных показывает [5, 6], что химический состав питьевой воды возможно является фактором, который способствует образованию в организме человека патогенных биоминералов - мочевых камней. Исследования томских ученых показывают, что мочекаменная болезнь (уролитиаз) стала очень распространенной в г. Томске в последние годы. Врачи связывают этот факт с переходом жителей г. Томска на подземное водоснабжение. Среднее значение общей жесткости воды коммунального водопровода увеличилось в 1.3 раза по сравнению со смешанным водоснабжением (1974 г.) и в 2.3 раза по сравнению с речным водоснабжением (до 1972 г.).

Таблица 3

Общая жесткость воды коммунального водопровода г. Томска

1972г. речное водоснабжение	1974г. смешанное водоснабжение	1990 – 2014гг. подземное водоснабжение
2.8 ммоль/л	5.0 ммоль/л	6.4 ммоль/л

Выводы

Полученные экспериментальные данные позволяют в дальнейшем разрабатывать методологию ранней диагностики нарушения уровня функциональных резервов организма, а также разработать систему реабилитационных мероприятий. Из этого следует, что научные исследования переносятся в процесс профессиональной деятельности, т.е. помогают медицинскому контролю здоровья. По экспериментальным данным можно получить представление о количестве элементов в организме, разумное сочетание препаратов и диетических продуктов – оптимальный вариант коррекции микроэлементов статуса организма. По микроэлементному составу волос и мочевых камней можно оценивать не только состояние здоровья, но экологическую обстановку среды обитания человека.

Список литературы

1. Голованова О.А. Влияние химического состава питьевой воды на микроэлементный состав почечных камней // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2002. №2. С.136-139.
2. Голованова О.А. Патогенное минераллообразование в организме человека // Известия Томского политехнического университета. 2009. Т.315. №3. С. 51-56.
3. Грабеклис А.Р., Нечипоренко С.П., Лакарова Е.В., Скальный А.В. Изменения в элементном составе волос при производственном контакте с токсичными металлами // Актуальные проблемы транспортной медицины. №4 (22). 2010. С. 124-131
4. Захарова Э.А., Пикула Н.П., Мордвинова Н.М., Слепченко Г.Б. Инверсионная вольтамперометрия. Методические указания и практическое руководство по физической химии для студентов химических специальностей – Томск, 2004 – 68с.
5. Исаев М.Х., Мирошников В.М. Региональные особенности микроэлементного состава, типов мочевых камней и их связь с водными источниками Чеченской республики // Фундаментальные исследования. №9. 2011. С. 82-86.
6. Исаев М.Х., Мирошников В.М. Распространенность мочекаменной болезни в Чеченской республике и ее связь с местными водными источниками // Астраханский медицинский журнал. 2011. Т. 6. № 1. С. 65-70.

7. Кудрин А.В., Скальный А.В. Иммунофармакология микроэлементов. М.:КМК,2000. 537с.
8. Скальный А.В. Микроэлементы для вашего здоровья – М.: Оникс 21 век, 2003 – 232с.
9. Слепченко Г.Б., Пикула Н.П., Захарова Э.А., и др. Применение вольтамперометрических методов для контроля биологических объектов на содержание микроэлементов // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319. № 3. С. 69-74.
10. Тиктинский О.Л., Александров В.П. Мочекаменная болезнь. – СПб.: Медицина, 2000. – 384 с.

Рецензенты:

Бакибаев А.А., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой физической и аналитической химии Института природных ресурсов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.

Коробочкин В.В., д.т.н., профессор кафедры общей химической технологии Института природных ресурсов, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск.