

Г.Н. Окунева, А.М. Караськов, А.М. Чернявский, И.Ю. Логинова, В.А. Трунова*, В.В. Зверева*

Распределение химических элементов таблицы Менделеева в сердечно-сосудистой системе кардиохирургических больных

ФГУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздравсоцразвития России, 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, 15, crpsc@ngisr.ru
* Научно-исследовательский институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Лаврентьева, 3

Анализировалось распределение химических элементов (ХЭ) таблицы Менделеева в сердечно-сосудистой системе у 18 пациентов с транспозицией магистральных артерий (ТМА), у 29 пациентов с ишемической болезнью сердца (ИБС) и 24 пациентов с дилатационной кардиомиопатией (ДКМП). Методом рентгеновского флуоресцентного анализа с использованием синхронного излучения (РФА СИ) в ИЯФ СО РАН исследовалось содержание следующих ХЭ: S, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Rb, Sr, V, Co. Распределение ХЭ в IV периоде таблицы Менделеева выявило два варианта патологических изменений в миокарде: 1) повышенное содержание основных ХЭ, особенно Ca, на фоне сниженного содержания K и Se у больных ИБС, 2) пониженное содержание основных ХЭ у пациентов с ТМС и ДКМП. Такие же закономерности установлены для сосудистой системы. Ключевые слова: химические элементы; таблица Менделеева; сердечно-сосудистая система; кардиохирургические пациенты.

УДК 616.12-089:616-091.8
ВАК 14.01.05

Поступила в редакцию
30 июня 2010 г.

© Г.Н. Окунева,
А.М. Караськов,
А.М. Чернявский,
И.Ю. Логинова,
В.А. Трунова,
В.В. Зверева, 2010

В современном варианте таблицы Д.И. Менделеева представлены сведения всех химических элементов в двумерных таблицах, распределение ХЭ по группам в столбцах отражает основные физико-химические свойства, а распределение в строках по горизонтали представляет собой периоды, подобные друг другу [1, 2]. Известно, что почти все ХЭ входят в состав белков, гормонов, ферментов и таким образом определяют структуру и функцию всей сердечно-сосудистой системы. Поэтому нарушение структуры и функции сердечно-сосудистой системы у кардиохирургических пациентов, очевидно, обусловлено и связано с изменением количества и качества ХЭ. Роль и значение в развитии сердечно-сосудистых заболеваний различных ХЭ не однозначна. Можно предположить, что с помощью таблицы Менделеева можно выявить закономерности развития патологических изменений ХЭ и нарушение химических связей ХЭ в миокарде и сосудистой системе у кардиохирургических больных. Это явилось целью настоящего сообщения.

В соответствии с таблицей Менделеева все ХЭ в зависимости от атомного веса располагаются по периодам. Основные ХЭ биологических систем находятся в IV периоде от K до Ni и от Cu до Br, т.е. 17 ХЭ. Кроме того,

сюда входят ХЭ из III периода: Na, Mg, P, S, Cl и Rb, Sr, Mo из V периода. В наших исследованиях определялось содержание следующих ХЭ: K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Br, Rb, Sr, Mo, S, P, Cl, т.е. 18 ХЭ. Особенно следует обратить внимание на ХЭ, имеющие сходные физико-химические свойства: K – Rb, Ca – Sr, Cr – Mo, S – Se, Cl – Br, P – As. Известно, что потенциал ионизации для этих пар является сходным, что соответствует их химическим свойствам: для K, Rb (4,3–4,2), для Mn, Mo (7,4–7,2), для Fe, Ni, Co (7,8–7,6–7,8), для S, Se, P (10,3–9,7–10,9), для Cl, Br (10,5–11, 8). Также сходна подвижность ионов в водных растворах: K – Rb (7,62–7,92), Ca – Cu (6,17–5,60), Cl – Br (7,91–8,13).

Перед нами была поставлена следующая задача: используя таблицу Менделеева, распределить ХЭ в IV периоде соответственно атомному весу в процентах от нормы по результатам измерения ХЭ в миокарде и сосудистой системе у кардиохирургических больных (ТМС, ИБС, ДКМП).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

У детей с ТМС в возрасте от 1,0 до 4,5 мес. (средний возраст $3,0 \pm 0,7$ мес.; масса сердца $54,0 \pm 5,0$ г; масса тела $4,2 \pm 3,0$ кг,

рост $54,0 \pm 5,0$ см), умерших в ближайшие сроки после радикальной коррекции порока, производился забор 40 проб миокарда. Для контроля были взяты аутопсии миокарда у 18 детей раннего возраста от 1,0 до 5,0 мес. (средний возраст $2,0 \pm 0,2$ мес.), умерших от причин, не связанных с патологией сердца.

У 29 пациентов ИБС с трехсосудистым поражением коронарного русла, умерших от острой сердечной недостаточности (средний возраст 51 ± 9 лет), производился забор 110 проб миокарда из 6 участков сердца. Для контроля исследовались аналогичные участки сердца в 15 пробах у лиц без сердечно-сосудистой патологии, погибших в результате дорожно-транспортных аварий. У 24 пациентов с ДКМП (средний возраст $42,5 \pm 2,3$ лет) исследовались 60 проб миокарда, удаленного для трансплантации сердца, и у 9 пациентов после ортотопической трансплантации сердца (ОТС).

Определение концентрации ХЭ проводилось методом рентгено-флуоресцентного анализа с использованием синхронного излучения (РФА СИ) в ИЯФ СО РАН. Исследовали содержание 17 ХЭ: P, S, Cl, K, Ca, Cr, As, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Se, Br, Rb, Sr, Co.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы Microsoft Excel 2000. Достоверность различий средних величин и корреляционных взаимоотношений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Достоверными считали различия при $p < 0,005$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ процентного содержания ХЭ в 180 пробах по сравнению с контролем в соответствии с таблицей Менделеева позволил выявить следующие закономерности. Было выделено три равные группы ХЭ: 1) ХЭ, которые превышали группу сравнения более чем в 50% случаев, и составили 33%. Сюда были включены Ca, Zn, Cl и в 45% случаев Sr; 2) ХЭ, которые были снижены по сравнению с контролем в 45–50% случаев: K, Fe, Cr, Ni, Sr, они составили 32%; 3) ХЭ, которые составили 35% и соответствовали группе контроля, т.е. не изменялись: Mn, Cu, Br, S. Равномерно по трем группам распределялись Rb и Se. На основании этих результатов можно заключить, что первые две группы ХЭ находятся в противофазах, т.е. повышение концентрации ХЭ первой группы сочетается со снижением концентрации ХЭ во второй группе. Особенно наглядно эта закономерность проявляется для Ca и K, на фоне низкого содержания K, как правило, резко было значительно повышено содержание Ca [3, 8, 10]. Третью группу ХЭ, мало зависимую от выраженности патологического процесса, можно назвать константной, так как она в большинстве случаев сохраняется на уровне нормы. В эту группу входят два переходных элемента: Mn и Cu – и два аниона: Br и S. Очевидно, что этих ХЭ значительно больше, но не все мы могли определить. Можно предположить, что эти ХЭ входят в состав

структурных клеточных образований, и поэтому их содержание поддерживается на постоянном уровне [6, 7].

Как следует из рис. 1, 50% ХЭ было ниже нормы, особенно Rb и Cl. Умеренно снижены K, Sr, Ni, Vn, Cr. Значительно повышено содержание Cu, Se и умеренно Zn. Очевидно, эти ХЭ выполняют компенсаторную роль при наличии патологии. 30% ХЭ соответствуют норме и необходимы для поддержания клеточной структуры и функции: Ca, Mn, Fe, S.

Другой вариант распределения ХЭ таблицы Менделеева представлен для ЛЖ больных ИБС. В этом случае превышают норму в 4 раза Ca и в 1,5–2,0 раза Fe, Ni, S, Sr, Cl на фоне сниженного содержания K и Se. Остальные ХЭ соответствовали норме: Rb, Cr, Mn, Cu, Zn, Br. Полученные результаты можно объяснить повышенной метаболической и функциональной активностью миокарда ЛЖ. Следует обратить особое внимание на противоположное изменение K и Ca, что характерно для этой патологии. В этом случае повышенными оказались щелочные металлы Ca, Sr, переходные элементы Fe, Ni и анионы S, Cl. Химические элементы, соответствующие норме, относились к переходным элементам (Cr, Mn, Cu, Zn) и аниону (Br). Особенно интенсивный метаболизм происходит в зоне инфаркта у больных ИБС (рис. 2). В этом случае 72% ХЭ значительно выше нормы: Ca, Fe, Sr, Rb, Cr, Mn, Ni, Cl, Br, Rb. Снижено содержание только K, а соответствовали норме Cu, Zn, Se. Таким образом доказывается активное участие почти всех ХЭ в интенсивном метаболическом процессе миокарда ЛЖ больных ИБС. Только Cu, Zn, Se поддерживались в норме.

Противоположные результаты были получены при анализе распределения ХЭ таблицы Менделеева у пациентов с ДКМП (рис. 3). Оказалось, что содержание 10 ХЭ из 13, т.е. 77%, было снижено по сравнению с нормой: K, Ca, Sr, Mn, Fe, Ni, Se, Cu, Br и повышено содержание только Rb [4]. В норме были S, Cl, Zn. Следовательно, выраженная ДКМП со значительным снижением фракции выброса ЛЖ от 40 до 13% характеризовалась сниженным содержанием основных ХЭ и только S, Zn, Cl оставались в норме [12, 16, 20].

Анализ распределения ХЭ таблицы Менделеева для сосудистой системы у кардиохирургических больных позволил получить следующие результаты. В стенке вены по сравнению со стенкой артерии повышено содержание большинства ХЭ: Ca, Sr, Cr, Mn, Ni, V, Zn и снижено содержание As, K, Rb, Fe. Соответствовали норме S, Se, Cl, Br, т.е. все анионы. Повышены в стенке вены щелочные металлы и переходные элементы.

По-другому распределяются ХЭ таблицы Менделеева в аневризме аорты по сравнению с неизменной стенкой аорты у пациентов ИБС. Содержание большинства ХЭ в аневризме снижено: K, Cr, Ca, Sr, V, Co, Fe, Ni, Mn, Zn. Значительно повышено процентное содержание K, Rb, Cl и умеренно повышено содержание

Рис. 1.
Содержание микроэлементов в миокарде ЛЖ детей с ТМС по сравнению с нормой для детей.

I	H																		He
II	Li	Be																	Ne
III	Na	Mg																	Ar
IV	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
V	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
VI	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
VII	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hg	Mt										

Рис. 2.
Содержание микроэлементов в зоне инфаркта миокарда ЛЖ по сравнению с ЛЖ в норме.

I	H																		He
II	Li	Be																	Ne
III	Na	Mg																	Ar
IV	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
V	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
VI	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
VII	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hg	Mt										

Рис. 3.
Содержание микроэлементов в миокарде ЛЖ при ДКМП по сравнению с ЛЖ в норме.

I	H																		He
II	Li	Be																	Ne
III	Na	Mg																	Ar
IV	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
V	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
VI	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
VII	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hg	Mt										

Рис. 4.
Содержание микроэлементов при расслоении аорты по сравнению с аортой при ИБС.

I	H																		He
II	Li	Be																	Ne
III	Na	Mg																	Ar
IV	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
V	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
VI	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
VII	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Ns	Hg	Mt										

-200% и менее	-150%	-100%	-50%	-25 – +25%	+50%	+100%	+150%	+200% и более	не известна концентрация
---------------	-------	-------	------	------------	------	-------	-------	---------------	--------------------------

As, Se. Соответствовали норме Cu, S, Br. Таким образом, при расслоении аорты снижается содержание всех переходных элементов на фоне резкого повышения щелочных металлов K, Rb и анионов As, Se (рис. 4).

Сходным образом изменяется распределение ХЭ таблицы Менделеева для сосудистых бляшек, полученных из коронарных артерий, по сравнению с аортой больных ИБС. Содержание большинства ХЭ снижено: V, Cr, Mn, Ni, Rb, Fe, Cu. Повышено содержание Ca, Cl, As, и не отличались от нормы S, Se, Br. Следовательно, в бляшке были снижены все переходные элементы, повышено содержание Ca и анионов As, Cl. Не изменялось содержание анионов: S, Se, Br.

Приведенные результаты убедительно показывают, как распределяются ХЭ таблицы Менделеева в миокарде и сосудистой системе у кардиохирургических больных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно существующей биологической классификации ХЭ к макроэлементам относятся изучаемые нами: Ca, P, K, S, Cl, к микроэлементам: Fe, Zn, Mo, Cu, Br, Mn, Rb, к ультрамикроэлементам: Se, Co, V, Cr, As, Ni. К жизненно необходимым относятся: Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Se, а к условно-эссенциальным: As, Br [5, 9, 11].

Было установлено, что у пациентов с гипертрофией миокарда и сниженной фракцией выброса (ТМС, ДКПМ), согласно таблице Менделеева, снижено до 50–70% содержание переходных элементов, которые относятся к эссенциальным на фоне повышенного содержания отдельных элементов Cu, Se у пациентов с ТМС и Rb у ДКМП [4, 16, 20].

Противоположные изменения были установлены для миокарда больных с ИБС. Повышенное содержание (до 50–70%) переходных элементов со значительным увеличением Ca на фоне дефицита K, особенно в зоне инфаркта [3, 10, 13, 14]. Такие же варианты распределения ХЭ, согласно таблице Менделеева, были выявлены для сосудистой системы. Повышено содержание одних переходных элементов на фоне сниженного содержания щелочных металлов (вена). В другом варианте было повышено содержание щелочных металлов и снижено содержание переходных элементов (аневризма аорты, бляшка). Таким образом, в зависимости от патологических изменений в сердечно-сосудистой системе кардиохирургических больных происходит перераспределение ХЭ в виде повышения содержания одних и снижения содержания других [5, 15, 18, 19]. Анализ 180 ХЭ таблицы Менделеева позволил выделить доминирующую роль отдельных ХЭ у кардиохирургических пациентов. Было выделено три варианта участия ХЭ в патологических процессах: 1) повышенное содержание по сравнению с нормой: Ca, Sr, Zn, Cl; 2) сниженное содержание: K, Cr, Fe, Ni, Sr; 3) соответствие норме: Mn, Cu, Se, Br, S. Первые два варианта, как

правило, находятся в противофазах, повышение одной группы ХЭ сочетается со снижением другой группы, ХЭ третьей группы свидетельствуют о необходимости поддержания на постоянном уровне независимо от выраженности патологического процесса [17, 19]. Мы назвали эти ХЭ константными, необходимыми для сохранения структуры и функции миокарда и сосудистой стенки.

Распределение ХЭ таблицы Менделеева дает возможность оценить роль каждого элемента в формировании и развитии сердечно-сосудистой патологии кардиохирургических больных.

Распределение ХЭ в миокарде по таблице Менделеева выявило два вида патологических изменений:

1) повышенное содержание основных ХЭ IV периода, особенно Ca, а также Fe, Ni, S, Sr, Cl в миокарде на фоне сниженного содержания K, Se у пациентов ИБС, особенно в зоне инфаркта миокарда и 2) значительное снижение по сравнению с нормой основных ХЭ IV периода таблицы Менделеева, особенно K, Ca, Sr, Mn, Fe, Ni, а также Cr, Cu, Br на фоне повышенного содержания Rb у больных с ДКМП и Cu, Zn у больных с ТМС.

Распределение ХЭ по сосудистой системе также выделило два варианта: 1) повышенное содержание ХЭ IV периода таблицы Менделеева в периферической вене по сравнению с артерией Sr, Cr, Mn, Ni, V, Zn, Ca на фоне сниженного содержания As, K, Rb, Fe; 2) сниженное содержание основных ХЭ IV периода таблицы Менделеева при аневризме аорты и ее расслоении: Ca, Sr, V, Cr, Fe, Ni, Mn, Zn на фоне повышенного содержания K, Rb, As, Cl, Se. Выделена группа ХЭ, которые в большинстве случаев не меняются и соответствуют норме: S, Zn, Cu, Br, Mn. Мы назвали эти ХЭ константными, необходимыми для поддержания структуры и функции клеток сердечно-сосудистой системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафшин И.П. Периодический закон и периодическая система Менделеева. М.: Просвещение, 1973.
2. Браун Т., Лемей Г.Ю. Химия в центре науки. М., 1983. Ч. 1.
3. Долгих В.Т. // Бюл. СО РАМН. 2005. Т. 3 (117). С. 7–13.
4. Караськов А.М., Окунева Г.Н., Чернявский А.М. и др. // Вестн. трансплантологии и искусственных органов. 2008. № 6. С. 28–33.
5. Кудрин А.В., Скальный А.В., Жаворонков А.А. и др. Иммунофармакология микроэлементов. М.: Изд-во КМК, 2000.
6. Маслов Л.Н., Рябов В.В., Сазонова С.И. // Успехи физиолог. наук. 2004. Т. 35 (3). С. 50–60.
7. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н. К. и др. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. М.: Слово, 2006.
8. Ноздрюхина Л.Р. Микроэлементы и атеросклероз. М.: Наука, 1985.
9. Панченко Л.Ф., Маев И.В., Гуревич К.Г. Клиническая биохимия. М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2004.
10. Сарис Н.-Е.Л., Карафоли Э. // Биохимия. 2005. Т. 70. С. 231–239.
11. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Мир, 2004.

12. Шумаков В.И. Трансплантация сердца. М., 2006.
13. Beltrami A. P., Urbanek K., Kajstura J. et al. // Engl. J. Med. 2001. V. 344 (23). P. 1750–1757.
14. Frustaci A., Magnavita N., Chimenti C. et al. // J. Am. Coll. Cardiol. 1999. V. 33. P. 1578–1583.
15. Guerra S., Leri A., Wang X. et al. // Circ. Res. 1999. V. 12. P. 495–503.
16. Kirklin J.K., Young J.B., McGiffin D.S. Heart transplantation. New York: Churchill Livingstone, 2002.
17. Kosar F., Sahin T., Taskapan C. et al. // Anadolu Kardiol. Derg. 2006. V. 6. P. 216–220.
18. Orlic D. // Int. J. Hematol. 2002. V. 76 (Suppl. 1). P. 144–145.
19. Oster O., Dahm M., Oelert H. // Eur. Heart. 1993. V. 14. P. 770–774.
20. Quaini F., Urbanek K., Belltrami A.P. et al. // N. Engl. J. Med. 2002. V. 346. P. 5–15.

Окунева Галина Николаевна – доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории клинической физиологии ФГУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздравсоцразвития России (Новосибирск).

Караськов Александр Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАМН,

Заслуженный деятель науки РФ, директор ФГУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздравсоцразвития России (Новосибирск).

Чернявский Александр Михайлович – доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, руководитель центра хирургии аорты, коронарных и периферических артерий, заместитель директора по научной работе ФГУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздравсоцразвития России (Новосибирск).

Логинова Ирина Юрьевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории клинической физиологии ФГУ «ННИИПК им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздравсоцразвития России (Новосибирск).

Трунова Валентина Александровна – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института неорганической химии СО РАН им. А.В. Николаева (Новосибирск).

Зверева Валентина Викторовна – кандидат химических наук, научный сотрудник Научно-исследовательского института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН (Новосибирск).