

УДК 611-018.54

*Е.А. Лейтес, Н.В. Тимошкина*

### **Спектрофотометрическое определение калия, натрия и кальция в сыворотке крови**

*E.A. Leytes, N.V. Timoshkina*

### **Spectrophotometric Determination of Potassium, Sodium and Calcium in Blood Serum**

Цели работы – определение содержания калия, натрия и кальция в сыворотке крови жителей Барнаула и анализ полученных данных. Установлены сезонные колебания количества этих веществ, а также различия в их содержании в зависимости от пола и возраста.

*Ключевые слова:* колориметрический метод, спектрофотометрия, образование окрашенных комплексов.

Калий, натрий и кальций, относящиеся к макроэлементам, поскольку их содержание больше, чем 0,01% от массы тела, выполняют важные функции в организме. Так, натрий и калий участвуют в проведении нервного импульса, в поддержании осмотического давления и буферности биологических жидкостей, а также коллоидных свойств тканей. Кальций наряду с магнием и фосфором выполняет пластическую функцию, участвует в минеральном обмене веществ, является важным фактором свертывания крови, воздействует на секрецию гормонов и образование ферментов и биологически активных веществ.

Поступают данные вещества с пищей, водой, лекарственными препаратами, выделяются главным образом в виде солей и ионов. Изменение содержания этих элементов в организме может привести к различным нарушениям.

Целями данной работы являются определение содержания калия, натрия и кальция в сыворотке крови жителей Барнаула и анализ полученных данных.

Для нахождения концентрации калия и натрия в настоящее время применяют две основные группы методов: способы пламенной фотометрии и ионометрическое (потенциометрическое) определение. При проведении отдельных исследований также используются способ атомно-абсорбционной спектрофотометрии, методы рентгеновской спектроскопии и нейтронно-активационного анализа [1, с. 205].

Химические методы исследования содержания ионизированного и общего кальция в сыворотке (плазме) крови можно разделить на две большие группы: прямые и непрямые, состоящие в предварительном осаждении кальция в виде труднорастворимых в воде

The work has a purpose to determine contents of potassium, sodium and calcium in blood serum of Barnaul townspeople and analyze the findings.

Seasonal fluctuations in contents of these substances and difference in their contents depending on sex and age are established.

*Key words:* colorimetric method, spectrophotometry, formation of coloured complexes.

соединений. Методы последней группы отличаются плохой воспроизводимостью результатов, большой трудоемкостью, многочисленными источниками ошибок, обусловленными необходимостью многократного промывания осадка, его высушивания, прокаливания, растворения в минеральных кислотах и т.д. В связи с этим несравненно больший интерес представляют прямые методы определения уровня общего кальция: колориметрические, флюориметрические, пламенно-фотометрические, титриметрические (комплексометрические), а также способ атомно-абсорбционной спектроскопии [2, с. 13; 3, с. 106; 4, с. 12; 5, с. 2386; 6, с. 82].

Для нахождения содержания калия, натрия и кальция в крови в клинико-лабораторной практике применяется колориметрический метод. Используются методики определения микроэлементов по ГОСТу.

Суть определения содержания калия состоит в том, что его ионы, введенные в реакционную смесь, образуют стабильную суспензию (стандартный раствор калия, тетрафенилборат и NaOH). Мутность пропорциональна концентрации ионов калия. Все реагенты полностью готовы к употреблению и стабильны в течение 12 мес. при комнатной температуре в плотно закрытой посуде в темноте. Перед фотометрированием пробы взбалтывают и измеряют оптическую плотность опытной и калибровочной проб против контрольной пробы в кюветках с толщиной поглощающего слоя 1 см (5 мм) при длине волны 578 нм (ФЭК 590 нм).

Натрий, содержащийся в образце, осаждается уранилацетатом магния. Уранил-ионы, оставшиеся в растворе, образуют окрашенный комплекс с тиогликолятом. Концентрация натрия пропорциональна разности между контрольной и опытной пробами (уранилацетат,

Таблица 1

Результаты исследования образцов крови на содержание в ней калия, натрия и кальция у жителей Центрального и Железнодорожного районов Барнаула (данные за 2006 г.)

Месяц	Количество, чел.	Мужчины			Количество, чел.	Женщины		
		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>2+</sup> , ср. знач., ммоль/л		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>2+</sup> , ср. знач., ммоль/л
Январь	18	4,05	141	2,34	23	3,87	142	2,31
Февраль	21	4,03	141	2,28	26	3,86	142	2,12
Март	17	3,93	141	2,23	29	3,84	142	2,08
Апрель	15	3,90	140	2,27	31	3,79	141	2,17
Май	19	3,96	141	2,34	27	3,91	142	2,30
Июнь	18	4,08	142	2,53	30	3,95	142	2,49
Июль	20	4,11	144	2,67	31	3,97	145	2,61
Август	21	4,14	145	2,76	29	4,01	145	2,72
Сентябрь	25	4,18	145	2,85	33	4,03	146	2,64
Октябрь	24	4,13	144	2,59	30	3,96	145	2,50
Ноябрь	22	4,09	142	2,43	27	3,93	144	2,43
Декабрь	20	4,07	142	2,39	26	3,89	143	2,38
Сумма	240				342			

ацетат магния, тиогликолят аммония, стандартный раствор натрия). Все реагенты полностью готовы к употреблению и стабильны в течение 12 мес. при комнатной температуре в плотно закрытой посуде в темноте. После окончания инкубации измеряют оптическую плотность опытной и калибровочной проб против контрольной пробы в кюветках с толщиной поглощающего слоя 10 мм (5 мм) при длине волны 365 или 405 нм.

Кальций в щелочной среде образует окрашенный комплекс с о-крезолфталеин комплексом. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации кальция в пробе (буферный раствор (pH 10,7, боратный буфер и глицин), хромоген (о-крезолфталеин комплексон, 8-гидроксихинолин), стандартный раствор кальция). Все реагенты полностью готовы к употреблению и стабильны в течение 6 мес. при комнатной

Таблица 2

Результаты исследования образцов крови на содержание в ней калия, натрия и кальция у жителей Центрального и Железнодорожного районов Барнаула (данные за 2007 г.)

Месяц	Количество, чел.	Мужчины			Количество, чел.	Женщины		
		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>2+</sup> , ср. знач., ммоль/л		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>2+</sup> , ср. знач., ммоль/л
Январь	18	4,03	141	2,29	21	3,84	142	2,23
Февраль	19	3,91	141	2,25	22	3,86	142	2,09
Март	15	3,89	140	2,22	25	3,81	142	2,05
Апрель	17	3,79	138	2,29	27	3,72	140	2,15
Май	21	3,96	141	2,36	29	3,88	142	2,26
Июнь	18	4,08	143	2,42	23	3,91	143	2,38
Июль	15	4,09	144	2,57	26	3,98	145	2,55
Август	16	4,15	144	2,82	27	3,98	145	2,64
Сентябрь	21	4,17	145	2,76	25	3,99	146	2,58
Октябрь	23	4,11	143	2,52	27	3,92	144	2,46
Ноябрь	20	4,06	142	2,38	26	3,85	144	2,36
Декабрь	18	4,03	142	2,32	29	3,83	143	2,29
Сумма	221				307			

Результаты исследования образцов крови на содержание в ней калия, натрия и кальция у жителей Центрального и Железнодорожного районов Барнаула (данные за 2008 г.)

Месяц	Количество, чел.	Мужчины			Количество, чел.	Женщины		
		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>+2</sup> , ср. знач., ммоль/л		K <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Na <sup>+</sup> , ср. знач., ммоль/л	Ca <sup>+2</sup> , ср. знач., ммоль/л
Январь	20	4,02	141	2,27	24	3,81	142	2,21
Февраль	21	3,91	141	2,23	26	3,80	142	2,07
Март	23	3,83	141	2,20	29	3,79	142	2,03
Апрель	20	3,79	138	2,27	30	3,70	140	2,13
Май	19	3,92	141	2,34	30	3,86	143	2,24
Июнь	22	4,05	144	2,40	27	3,89	144	2,36
Июль	24	4,07	144	2,55	29	3,96	145	2,53
Август	24	4,12	144	2,80	31	3,97	145	2,62
Сентябрь	26	4,15	145	2,74	32	3,98	146	2,56
Октябрь	23	4,10	143	2,50	32	3,90	144	2,44
Ноябрь	21	4,05	142	2,36	30	3,83	144	2,34
Декабрь	21	4,01	142	2,30	27	3,82	143	2,26
Сумма	264				347			

температуре. Измеряют оптическую плотность опытной и калибровочной проб против контрольной пробы в кюветках с толщиной поглощающего слоя 5 мм (1 см) при длине волны 570 нм (ФЭК 540–590 нм).

С использованием этих методик исследованы образцы крови на содержание в ней калия, натрия и кальция у жителей Центрального и Железнодорожного районов Барнаула в 2008 г. (табл. 3). Отмечены некоторые изменения в сезонных уровнях натрия, калия и кальция, различия в содержании макроэлементов у мужчин и женщин и по возрастным категориям. С целью выяснения, имеют ли место определенные особенности и в другие годы, проанализирован массив данных за 2006 и 2007 гг. (табл. 1, 2). Подобная статистическая обработка данных ранее не проводилась, поэтому представляла интерес.

Анализ данных показывает, что концентрация калия и натрия в сыворотке крови минимальна в апреле и достигает максимума к августу–сентябрю. Наименьшее содержание кальция в сыворотке крови в марте, а наибольшее – в августе–сентябре. Уровень всех определяемых веществ снижается к весне и минимален в феврале–апреле, а максимален – в августе–сентябре. Эти колебания в содержании веществ могут быть связаны, во-первых, с потреблением пищи, которая к весне бедна витаминами и минеральными веществами, во-вторых, с водно-электролитическим балансом.

Еще Гиппократ и Гельвеций подметили взаимосвязь функций организма человека и сезонов года. Древневосточная медицина также обращала внимание на особенности сезонного проявления функций

некоторых органов у людей. В настоящее время в результате многочисленных исследований установлено, что уровень основного обмена веществ достигает максимума в конце весны и в начале лета.

Во время пика летней жары показатели обменных процессов снижаются, осенью несколько возрастают, а зимой достигают минимального уровня. Известно, что общее содержание воды в организме человека составляет 60–65% от массы тела, т.е. приблизительно 40–45 л (если масса тела 70 кг); 2/3 общего количества воды приходится на внутриклеточную жидкость, 1/3 – на внеклеточную. Часть внеклеточной воды находится в сосудистом русле (5% от массы тела), большая часть – вне сосудистого русла – это межклеточная (интерстициальная), или тканевая, жидкость (15% от массы тела).

Кроме того, различают «свободную воду», составляющую основу внутри- и внеклеточной жидкости, и воду, связанную с различными соединениями («связанная вода»).

Примерно недельную цикличность обнаруживают в нашем организме кровяное давление, мышечная сила, концентрация в крови лейкоцитов и эритроцитов. К мысли о существовании биоритмов в живой природе Земли люди, бесспорно, пришли, наблюдая за поведением Луны – вечной спутницы нашей планеты. Влияя на гравитационное и магнитное поле Земли, Луна в своем движении по орбите изменяет соотношение между свободной и связанной формами воды в организме человека. На базе изучения влияния Луны на живую природу Земли возникло новое направление в биологии – селенобиология. Важный

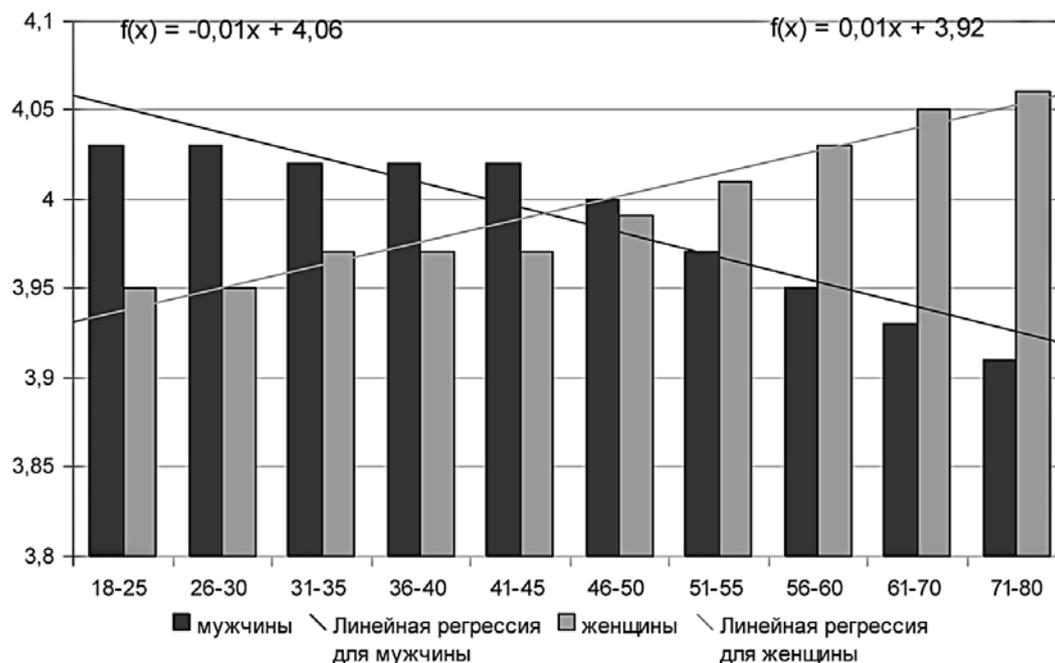


Рис. 1. Диаграмма содержания калия в сыворотке крови по возрасту

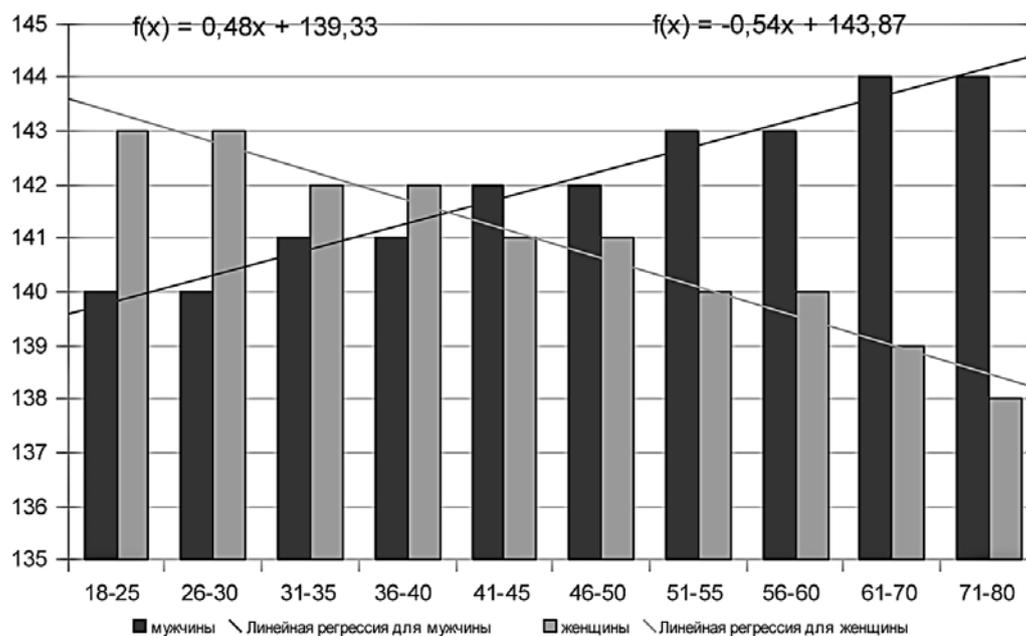


Рис. 2. Диаграмма содержания натрия в сыворотке крови по возрасту

вклад в ее становление внес С. Аррениус, автор теории электролитической диссоциации. На основании анализа накопленных данных С. Аррениус установил месячную периодичность во вспышках бронхита и бронхиальной астмы, эпилепсии, периодичность рождений и смертей в различных частях земного шара. Список заболеваний, которые носят циклический характер, весьма обширен. Среди органов, которые поражаются циклическими заболеваниями, нужно назвать лимфатические узлы, костный мозг, суставы, желудок и двенадцатиперстную кишку, почки, глаза,

кожу. Циклический характер носят также отеки, мигрень, нервные расстройства.

Кроме сезонных колебаний в содержании калия, натрия и кальция, можно отметить также различие в нем по половому признаку. Уровень калия и кальция в сыворотке крови выше у мужчин, а натрия – у женщин. Общее содержание калия в организме зависит в основном от мышечной массы: у женщин оно меньше, чем у мужчин.

Из полученных данных также следует, что содержание калия и натрия меняется с возрастом. После

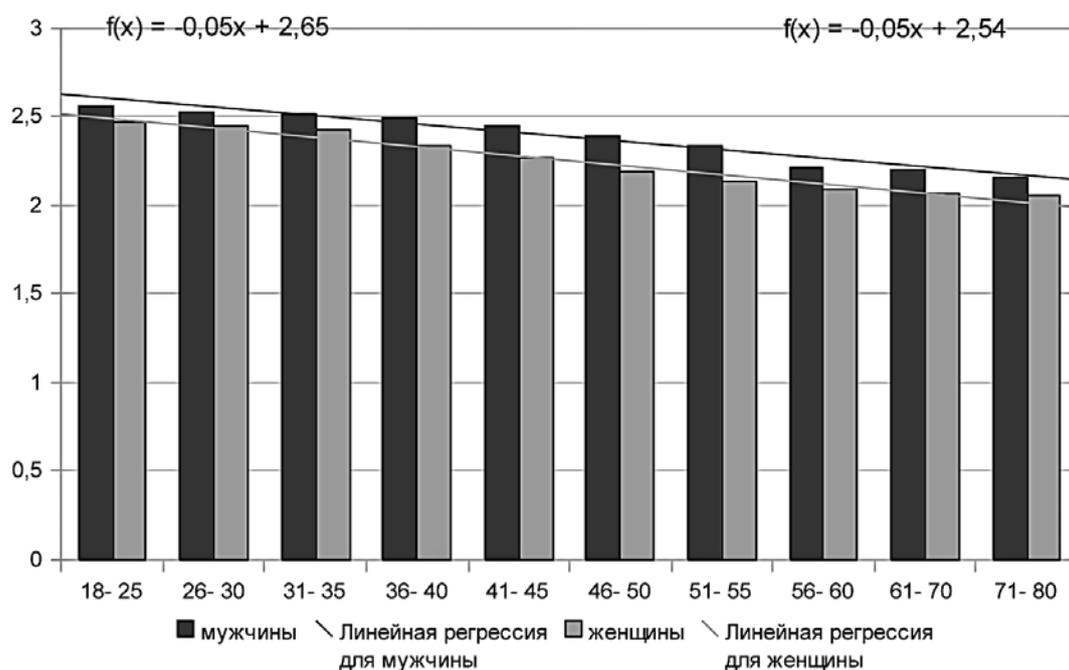


Рис. 3. Диаграмма содержания кальция в сыворотке крови по возрасту

50 лет у мужчин снижается содержание калия (рис. 1), а концентрация натрия, наоборот, возрастает, что заметно на диаграмме (рис. 2). У женщин после 45 лет видна обратная зависимость – увеличение содержания калия (рис. 1) и снижение уровня натрия (рис. 2). Это может быть связано с физиологическим старением организма (изменением гормонального фона). Взаимосвязь этих макроэлементов прослеживается в том, что снижение концентрации калия приводит к повышению уровня натрия в организме и наоборот.

Содержание кальция в крови уменьшается с возрастом, что видно на диаграмме (рис. 3). У женщин с 40–45 лет начинаются изменения гормонального фона, что и приводит к снижению кальция в крови и в организме в целом. Кальций находится в прямой зависимости от выработки гормонов. У мужчин этот процесс проходит позднее, чем у женщин, – с 50–55 лет. Полученные данные содержания калия, натрия и кальция в сыворотке крови жителей Железнодорожного и Центрального районов Барнаула сравнили с нормальными показателями этих макроэлементов (табл. 4).

Из таблицы 4 видно, что среднее значение полученных данных содержания калия, натрия и кальция

в сыворотке крови жителей Железнодорожного и Центрального районов Барнаула входит в нормальный интервал среднестатистических значений по России. В отдельных случаях отмечено, что при снижении концентраций калия и натрия отмечается обострение таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, инфаркт, нарушения мозгового кровообращения, неврозы, шизофрения и многих других. Снижение кальция в крови приводит к развитию остеопороза, артритов и артрозов, ломкости костей и др.

Таким образом, проведенные определения содержания калия, натрия и кальция в сыворотке крови жителей Центрального и Железнодорожного районов Барнаула колориметрическим методом показали следующее:

1. Сезонную зависимость содержания калия, натрия и кальция в сыворотке крови на основании статистических данных за 2006–2008 гг. Минимальная концентрация калия, натрия и кальция в сыворотке крови приходится на март–апрель, а максимальная – на август–сентябрь, что связано с водно-электролитическим балансом и особенностями питания в течение года.

Таблица 4

Сравнительные данные показателей крови жителей Железнодорожного и Центрального районов Барнаула

Макроэлемент	Нормальные показатели	Среднее значение	
		мужчины	женщины
Калий, ммоль/л	3,6–5,5	4,02	3,88
Натрий, ммоль/л	135–150	142	143
Кальций, ммоль/л	2,02–2,6	2,43	2,34

2. Различие в содержании калия, натрия и кальция в сыворотке крови по половому признаку. Уровень калия и кальция выше у мужчин, а натрия – у женщин.

3. Подтверждено возрастное уменьшение содержания кальция в сыворотке крови, что объясняется снижением интенсивности выработки гормонов. На основании данных по Центральному и Железнодорожному районам Барнаула выявлено, что у женщин этот процесс начинается с 40–45 лет, а у

мужчин – с 50–55 лет. Установлено также возрастное изменение в содержании калия и натрия в сыворотке крови жителей исследуемых районов. После 50 лет у мужчин снижается содержание калия, а уровень натрия возрастает. У женщин после 45 лет имеется обратная тенденция: увеличение содержания калия и уменьшение концентрации натрия, что может быть связано с физиологическим старением организма человека.

### Библиографический список

1. Фролов Ю.П. Современные методы биохимии. – Самара, 2003.

2. Браунштейн А.Е. На стыке химии и биологии. – М., 1987.

3. Современные методы в биохимии / под общ. ред. В.Н. Ореховича. – М., 1994. – Т. 1.

4. Газарян Н.Г., Тарантул В.З. Биотехнологии за рубежом. – М., 1990.

5. Lawrence A.H., Macnel J.P. Contemporary methods of biochemistry // *Analyt. Chem.* – 1982. – Vol. 54, n. 13.

6. Бунева В.Н. Биохимия : учеб. пособие. – Новосибирск, 2005.