

Особенности содержания магния, селена и стронция в компонентах крови новорожденных и матерей при угрозе прерывания текущей беременности

В.В. Софронов¹, А.В. Волошин², Г.Ш. Скворцова², Б.И. Гареев², Г.А. Баталин²

¹ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань, Россия;

²ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет Министерства образования России, Казань, Россия

Features of the content of magnesium, selenium, and strontium in the blood components of newborns and mothers at a risk of miscarriage

V.V. Sofronov¹, A.V. Voloshin², G.Sh. Skvortsova², B.I. Gareev², G.A. Batalin²

¹Kazan State Medical University, Kazan, Russia;

²Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Цель исследования. Изучить изменения концентрации элементов (магний, селен, стронций) в плазме и эритроцитах периферической крови у рожениц и их новорожденных при наличии угрозы прерывания беременности в анамнезе, а также определить различие индексов проницаемости клеточной мембраны для каждого элемента.

Характеристика детей и методы исследования. Под наблюдением находились 97 пар доношенных новорожденных и их матерей. Основную (1-ю) группу составили 57 пар с угрозой прерывания в текущей беременности, контрольную (2-ю) группу — 40 условно здоровых пар мать—ребенок. Концентрации химических элементов в плазме и эритроцитах крови определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Статистическая обработка полученных данных состояла из двух этапов. Вначале определяли параметры с достоверным изменением концентрации элементов при наличии угрозы прерывания беременности. Затем рассчитывали величины связей между всеми параметрами для каждого элемента.

Результаты. В организме рожениц, перенесших угрозу прерывания беременности, наблюдается увеличение концентраций магния и селена по сравнению с таковой у здоровых рожениц. При этом концентрация стронция не меняется. У новорожденных 1-й группы концентрация магния также возрастает, а стронция уменьшается. Концентрация селена у новорожденного не изменяется.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют, что угроза прерывания текущей беременности сопровождается изменением элементного статуса у матерей и их новорожденных.

Ключевые слова: новорожденный, угроза прерывания беременности, роженица, элементы.

Для цитирования: Софронов В.В., Волошин А.В., Скворцова Г.Ш., Гареев Б.И., Баталин Г.А. Особенности содержания магния, селена и стронция в компонентах крови новорожденных и матерей при угрозе прерывания текущей беременности. Рос вестн перинатол и педиатр 2022; 67:(2): 51–55. DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-2-51-55

Purpose. This study analyzes changes in the concentration of elements — magnesium, selenium, strontium — in plasma and RBCs of peripheral blood in parturient women with a history of threatened miscarriage and their newborns. In addition, the difference in cell-membrane permeability indices for each element was determined.

Characteristics of children and research methods. 97 pairs of full-term newborns and their mothers were under observation. The main cohort (Group 1) consisted of 57 mother—child pairs under a threat of miscarriage. The control group (Group 2) consisted of 40 conditionally healthy pairs. Concentrations of chemical elements were determined in plasma and RBCs using mass spectrometry with inductively coupled plasma. Statistical processing consisted of two stages. Initially, the authors determined parameters with a significant change in the concentration of elements, in the presence of a threat of abortion. Then the values of the relationships between all parameters for each element were calculated.

Results. There is an increase in the concentrations of magnesium and selenium in the body of parturient women with a history of threatened miscarriage in comparison with healthy women in labor. The concentration of strontium does not change. In newborns, the concentration of magnesium also increases, and strontium decreases. The concentration of selenium in newborns does not change.

Conclusion. The study findings indicate that the threat of termination of the current pregnancy is accompanied by a change in the elemental status of mothers and their newborns.

Key words: Newborn, threatened miscarriage, parturient woman, microelements.

For citation: Sofronov V.V., Voloshin A.V., Skvortsova G.Sh., Gareev B.I., Batalin G.A. Features of the content of magnesium, selenium, and strontium in the blood components of newborns and mothers at a risk of miscarriage. Ros Vestn Perinatol i Pediatr 2022; 67:(2): 51–55 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2022-67-2-51-55

© Коллектив авторов, 2022

Адрес для корреспонденции: Софронов Валерий Викторович — д.м.н., проф. кафедры пропедевтики детских болезней и факультетской педиатрии с курсом детских болезней лечебного факультета Казанского государственного медицинского университета, ORCID: 0000-0002-1773-4794
e-mail: vvsofronov@mail.ru

420009 Казань, ул. Бутлерова, д. 49

Волошин Александр Викторович — к.физ.-мат.н., доц. кафедры общей физики Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета, ORCID: 0000-0002-7044-2782

Скворцова Галия Шакировна — к.физ.-мат.н., доц. кафедры математическо-

го анализа Института математики и механики Казанского (Приволжского) федерального университета, ORCID: 0000-0002-1581-3843
420008 Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Гареев Булат Ирекович — инженер-исследователь Научно-исследовательского центра Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, ORCID: 0000-0002-7346-3722
Баталин Георгий Александрович — инженер-исследователь Научно-исследовательского центра Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета, ORCID: 0000-0001-7763-238

420008 Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Проблема биологической роли элементов — составная часть основанного трудами академика В.И. Вернадского учения о биосфере, рассматривающего взаимосвязь между геохимической средой и совокупностью живых организмов («живое вещество») как двуединый процесс. С одной стороны, «живое вещество» участвует в концентрировании атомов химических элементов, а с другой — атомы, включаясь в обмен в процессе дыхания и питания организмов, оказывают мощное влияние на течение биохимических процессов, составляющих материальную основу физиологических отклонений [1].

Медицинская элементология располагает значительным фактическим материалом о болезнях и синдромах, патохимическую основу которых составляет дисбаланс определенных элементов [2, 3]. Магний — важный элемент для нормальной функции многих ферментов, участвующих в углеводном обмене, таких как гексокиназа и оксидаза пировиноградной кислоты в мозговой ткани, для фосфорилирования и других процессов, где в качестве ко-фактора выступает тиамин пирогликофосфат. Дефицит магния в организме беременной женщины может провоцировать развитие множества различных осложнений, приводящих как к отягощенному течению, так и к прерыванию беременности [4]. Селен входит в состав активного центра глутатионпероксидазы, в результате чего дает отчетливый антиоксидантный эффект. Избыточный окислительный стресс оказывает существенное влияние на формирование патологий беременности: ускоряет гибель клеток различных тканей организма беременной и плода [5]. Кроме того, селен является синергистом йода. Стронций содержится во всех органах и тканях, оказывает влияние на процессы костеобразования, активность ферментов каталазы, карбоангидразы и щелочной фосфатазы. При избытке стронция его ионы могут включаться вместо кальция в структуру кости, постепенно нарушая нормальную кальцификацию скелета [2]. Однако низкий уровень стронция рассматривается как фактор, который вносит вклад в нарушение качества кости [6].

Цель исследования: изучение содержания элементов магния (Mg), селена (Se) и стронция (Sr) в сыворотке и эритроцитах периферической крови, а также соответствующих индексов проницаемости клеточной мембраны у рожениц и их новорожденных при угрозе прерывания беременности в анамнезе.

Характеристика детей и методы исследования

Под наблюдением находились 97 пар доношенных новорожденных и их матерей. Основную (1-ю) группу составили 57 пар, в которых матери перенесли угрозу прерывания во время текущей беременности. Контрольную (2-ю) группу составили 40 условно

здоровых пар мать—ребенок. Указано максимальное число наблюдений для каждой группы, но ввиду выпадения данных для некоторых параметров число в группах варьирует.

Образцы крови брали при поступлении в отделение патологии новорожденных или в роддоме в первые 3 дня жизни с письменного согласия родителей. Анамнестические данные собирали из выписных эпикризов из родильного дома. Диагноз угрозы прерывания беременности устанавливали при наличии в анамнезе вагинального кровотечения или наличия схваткообразных болей внизу живота. При этом, независимо от этиологии угрозы прерывания беременности при различных сроках гестации, одними из основных препаратов терапии служат соединения магния [7]. При выборе группы испытуемых не учитывали соматическое здоровье женщин, течение их беременности, за исключением угрозы прерывания. Кроме того, информация о приеме ими лекарственных препаратов, поливитаминов и микроэлементов отсутствовала.

Концентрацию химических элементов определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой на оборудовании центра коллективного пользования Казанского федерального университета [8]. Используя полученные количественные значения концентрации элементов в плазме и эритроцитах периферической крови, вычисляли индекс проницаемости клеточной мембраны (ИПКМ) эритроцита как отношение концентрации элемента в эритроцитах к концентрации элемента в плазме.

Статистическую обработку полученных данных проводили в институте математики и механики Казанского федерального университета, в программной среде Excel. Проведено сравнение групповых средних количественных признаков для двух указанных групп по элементам: магний, селен и стронций, а также соответствующих индексов проницаемости клеточной мембраны. Для выбора критериев сравнения выполнена проверка всех массивов данных на нормальность распределения. По полученным результатам сделан вывод об отсутствии нормальности распределения для большинства групп элементов. Поэтому для доказательства однородности выборок был использован непараметрический метод — критерий Колмогорова—Смирнова. В качестве характеристики средних величин приводятся значения медиан. Этот статистический критерий подтверждает гипотезу о равенстве распределений, если достигнутые уровни значимости (p) более 5%, т.е. $p > 0,05$. В противном случае гипотеза отвергается.

Полученные результаты дают информацию об общем изменении концентрации элементов при угрозе прерывания беременности, кроме того, рассмотрение связей для каждого эле-

мента в отдельности дает подробную информацию о происходящих при этом процессах. Расчет сил связей проводился для каждого элемента внутри группы. Для построения плеяд использовали только силы связей от 0,5 и выше (средняя 0,5–0,69; сильная 0,70–0,89; очень сильная 0,90–1,0). На рис. 1–3 приведены корреляционные плеяды антенатального анамнеза. В колонке 1 приводятся данные для 1-й группы с угрозой прерывания в текущей беременности, в колонке 2 — для 2-й группы условно здоровых пар мать–ребенок.

Результаты и обсуждение

В табл. 1–3 представлены результаты сравнения распределений количественных признаков химических элементов с соответствующими уровнями значимости выбранных критериев. В таблицах в столбцах «группа 1, 2» приводятся количественные значения элемента (медианы). Как видно из табл. 1, приведенные статистические критерии для магния в плазме и эритроцитах матери/ребенка имеют достигнутые уровни значимости менее 5%, т.е. гипотезы равенства распределений отвергаются, количество магния в плазме и эритроцитах матери/ребенка достоверно увеличивается в случае наличия угрозы прерывания беременности.

Корреляционный анализ 2-й группы установил наличие положительных связей средних сил между параметрами «эритроциты матери»–«ИПКМ матери», «эритроциты ребенка»–«ИПКМ ребенка», отрицательной средней силы связь «плазма матери»–«ИПКМ матери», а также сильную положительную связь «эритроциты матери»–«эритроциты ребенка». В 1-й группе исчезли связи между параметрами «плазма матери»–«ИПКМ матери» и «эритроциты ребенка»–«ИПКМ ребенка». При этом сильная связь «эритроциты матери»–«эритроциты ребенка» стала средней силы. Появились новые связи средней силы: положительные «плазма матери»–«эритроциты матери», «плазма матери»–«эритроциты ребенка» и отрицательная связь «плазма ребенка»–«ИПКМ ребенка». Появление связи «плазма матери»–«эритроциты матери» может свидетельствовать о необходимости дополнительного количества элемента для участия в адаптационных процессах у матери в случае угрозы прерывания беременности. Наличие связи «плазма матери»–«эритроциты ребенка» и «плазма ребенка»–«ИПКМ ребенка» косвенно свидетельствует о включении механизма компенсации матерью потребности данного элемента у ребенка.

Увеличение количества магния в плазме матери, скорее всего, связано с поддерживающей терапией при угрозе прерывания беременности [7], поскольку «... в настоящее время доказано снижение риска невынашивания, плацентарной недостаточности, угрозы прерывания беременности... на фоне дотации

препаратов магния в период прегравидарной подготовки и во время беременности» [9].

Приведенные выше статистические критерии для селена в плазме и индекса проницаемости клеточной мембраны у матери имеют достигнутые уровни значимости менее 5%, т.е. гипотезы равен-

Таблица 1. Результаты сравнения распределения признаков элемента магний

Table 1. The results of the comparison of the distribution characteristics of the element magnesium

Элемент: магний, мкг/л	Группа		p
	1	2	
Плазма крови матери	17582,25	14586,90	<0,001
Эритроциты матери	43837,40	36681,10	<0,001
ИПКМ матери	2,45	2,50	>0,10
Плазма крови ребенка	21351,15	16415,40	<0,001
Эритроциты ребенка	37682,55	34054,00	<0,001
ИПКМ ребенка	1,91	1,90	>0,10

Примечание. ИПКМ — индекс проницаемости клеточной мембраны.

Таблица 2. Результаты сравнения распределения признаков элемента селен

Table 2. The results of the comparison of the distribution characteristics of the element selenium

Элемент: селен, мкг/л	Группа		p
	1	2	
Плазма крови матери	92,15	74,55	<0,001
Эритроциты матери	178,95	165,3	>0,10
ИПКМ матери	1,903	2,467	<0,005
Плазма крови ребенка	64,8	57,9	>0,10
Эритроциты ребенка	176,65	148,65	<0,10
ИПКМ ребенка	2,71	2,56	>0,10

Примечание. ИПКМ — индекс проницаемости клеточной мембраны.

Таблица 3. Результаты сравнения распределения признаков элемента стронций

Table 3. The results of the comparison of the distribution characteristics of the element strontium

Элемент: стронций, мкг/л	Группа		p
	1	2	
Плазма крови матери	47,1	52,25	<0,10
Эритроциты матери	3,98	4,65	<0,10
ИПКМ матери	0,09	0,10	>0,10
Плазма крови ребенка	38,42	44,6	<0,005
Эритроциты ребенка	3,32	4,77	<0,025
ИПКМ ребенка	0,10	0,13	<0,10

Примечание. ИПКМ — индекс проницаемости клеточной мембраны.

ства распределений отвергаются. Следовательно, при угрозе прерывания текущей беременности происходит увеличение концентрации селена в плазме матери. Однако несмотря на уменьшение индекса проницаемости клеточной мембраны у матери изменения концентрации элемента в эритроците не происходит. У ребенка, исходя из статистических критериев, изменения количества селена при угрозе прерывания текущей беременности отсутствуют.

Корреляционный анализ 2-й группы установил две сильные положительные связи между параметрами «плазма матери»—«ИПКМ матери», «эритроциты матери»—«эритроциты ребенка», и три средней силы связи между параметрами «плазма матери»—«эритроциты матери», «плазма матери»—«эритроциты ребенка», «эритроциты ребенка»—«ИПКМ ребенка». В случае 1-й группы эти связи либо ослабевают, либо исчезают. Однако при этом возникает новая положительная средней силы связь «эритроциты матери»—«плазма ребенка», что косвенно свидетельствует о включении механизма компенсации матерью потребности данного элемента у ребенка.

Как видно из табл. 2, избыток селена в плазме матери возникает на фоне уменьшения проницаемости клеточной мембраны. Поскольку при этом концентрация селена у новорожденного достоверно не изменяется, возможно, происходит депонирование этого элемента в плаценте с целью обеспечения адаптационных процессов, снижающих вероятность развития нарушений [10]. Это косвенно подтверждается изменением количества и сил связей между плазмой/эритроцитами матери и новорожденного.

Приведенные в табл. 3 статистические критерии для стронция с параметрами «плазма и эритроциты ребенка» имеют достигнутые уровни значимости менее 5%, т.е. гипотезы равенства распределений отвергаются. В плазме ребенка при угрозе прерывания беременности количество селена уменьшается. При этом изменений величин параметров у матери не наблюдается. Стоит обратить внимание на индексы проницаемости клеточной мембраны у матерей и новорожденных. В обоих случаях клетка вытесняет стронций.

Проведенный корреляционный анализ во 2-й группе установил положительные сильные связи «плазма матери»—«плазма ребенка», «эри-

троциты матери»—«ИПКМ матери», «ИПКМ матери»—«эритроциты ребенка», «эритроциты ребенка»—«ИПКМ ребенка» и связи средней силы «эритроциты матери»—«плазма ребенка», «эритроциты матери»—«эритроциты ребенка», «ИПКМ матери»—«ИПКМ ребенка». В случае угрозы прерывания беременности связи 2-й группы в основном остаются, но изменяются силы связей. Связь «эритроциты матери»—«плазма ребенка» исчезает. Из приведенных данных видно, что стронций не оказывает заметного влияния на патогенез невынашивания беременности. Снижение концентрации стронция в плазме и эритроцитах новорожденного, возможно, связано с процессом остеогенеза и селективностью транспорта плаценты [6]. Косвенным доказательством изменения селективности транспорта стронция служит изменение сил связей между параметрами матери и плода.

Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что угроза прерывания текущей беременности сопровождается изменением элементного статуса матерей и их новорожденных. Увеличение концентрации магния в плазме и эритроцитах рожениц и новорожденных, вероятнее всего, связано с поддерживающей терапией при угрозе прерывания беременности, а именно: в организме рожениц наблюдается большая, чем у здоровых рожениц, концентрация магния в плазме и эритроцитах, а концентрация селена возрастает только в плазме. Концентрация стронция остается неизменной.

Рост концентрации селена у рожениц связан с уменьшением транспортной функции клеточной мембраны, а стабильность концентрации селена у новорожденного, возможно, свидетельствует о депонировании этого элемента в плаценте. На фоне стабильности концентрации стронция у рожениц наблюдается снижение ее в плазме и эритроцитах новорожденных. Возможно, это связано с процессом остеогенеза и селективностью транспорта плаценты.

Ограничения исследования

При выборе группы испытуемых не учитывались соматическое здоровье женщин и течение их беременности, за исключением факта угрозы прерывания беременности. Кроме того, информация о приеме ими лекарственных препаратов, поливитаминов и микроэлементов отсутствовала.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Вернадский В.И. Живое вещество. М.: Наука, 1978; 358. [Vernadsky V.I. Living substance. Moscow: Nauka, 1978; 358. (in Russ.)]
2. Радыш И.В., Скальный А.В., Нотова С.В., Маршинская О.В., Казакова Т.В. Введение в элементологию: учебное пособие. Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2017; 183. [Radysh I.V., Skalny A.V., Notova S.V., Marshinskaya O.V., Kazakova T.V. Introduction to elementology: study guide. Orenburg: Orenburg State. un-t, 2017; 183. (in Russ.)]
3. Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография

- и проблема управления здоровьем нации. Экология человека 2013; 11: 3–12. [Agajanyan N.A., Skal'nyi A.V., Detkov V.Yu. Elementary portrait of man: morbidity, demography and the problem of health management of the nation. *Ekologiya cheloveka* 2013; 11: 3–12. (in Russ.)]
4. Громова О.А., Торшин И.Ю., Тапильская Н.И. Протеомный анализ магниевых-зависимых белков в системе «мать–плод–ребенок». Медицинский совет 2017; 1: 66–76. [Gromova O.A., Torshin I.Yu., Tapil'skaya N.I. Proteome analysis of magnesium-dependent proteins in the mother-fruit-child system. *Meditsinskii sovet* 2017; 1: 66–76. (in Russ.)] DOI: 10.21518/2079–701X-2017–1–66–76
 5. Громова О.А., Торшин И.Ю., Серов В.Н., Гришина Т.Р., Тетруашвили Н.К. Хром, селен, молибден: значимость в нутрициальной поддержке беременности. Гинекология 2015; 17(6): 32–36. [Gromova O.A., Torshin I.Yu., Serov V.N., Grishina T.R., Tetruashvili N.K. Chromium, selenium, molybdenum: importance in the nutritional support of pregnancy. *Ginekologiya* 2015; 17(6): 32–36. (in Russ.)]
 6. Корж Н.А., Дедух Н.В., Побел Е.А. Стронция ранелат: механизм действия на кость, профилактика и лечение переломов. Ортопедия, травматология и протезирование 2013; 1: 104–112. [Korzh N.A., Dedukh N.V., Pobel E.A. Strontiya ranelate: mechanism of action on bone, prevention and treatment of fractures. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye* 2013; 1: 104–112. (in Russ.)] DOI: 10.15674/0030–598720131104–112
 7. Доброхотова Ю.Э., Козлов П.В., Мандрыкина Ж.А., Степанян А.С. Угроза прерывания беременности в различные сроки гестации. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016; 144. [Dobrokhotova Yu.E., Kozlov P.V., Mandrykina Zh.A., Stepanyan A.S. The threat of termination of pregnancy at different gestational periods. Moscow: GEOTAR-Media, 2016; 144. (in Russ.)]
 8. МУК 4.1.1482–03 «Методы контроля. Химические факторы. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой». [Determination of chemical elements in biological fluids and drugs by inductively coupled plasma mass spectrometry: Methodical guidelines MUK 4.1.1483–03 (in Russ.)] <http://docs.cntd.ru/document/1200032531>. Ссылка активна на 17.02.2022 г
 9. Лисицына О.И., Хилькевич Е.Г. Применение препаратов магния во время беременности. Медицинский совет 2018; 7: 50–53. [Lisicyna O.I., Khilkevich E.G. Magnesium supplementation during pregnancy. *Meditsinskii sovet* 2018; 7: 50–53. (in Russ.)] DOI: 10.21518/2079–701X-2018–7–50–53
 10. Сенькевич О.А., Комарова З.А., Ковальский Ю.Г., Голубкина Н.А., Пучкова Ю.Л. Содержание в плаценте меди, цинка, селена как предиктор неблагоприятного исхода беременности. Дальневосточный медицинский журнал 2011; 1: 47–50. [Senkevich O.A., Komarova Z.A., Koval'skiy Yu.G., Golubkina N.A., Puchkova Yu.L. Content of copper, zinc, selenium in placenta as predictor of adverse pregnancy outcome. *Dal'nevostochnyi meditsinskii zhurnal* 2011; 1: 47–50. (in Russ.)]

Поступила: 30.03.21

Received on: 2021.03.30

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.