

<https://doi.org/10.34883/pi.2025.15.4.001>
УДК 546.46+546.47]:577:618.333-06]-002-008.9



Волковец Э.Н.¹ ✉, Грудницкая Е.Н.¹, Степанова Ю.И.², Юрага Т.М.²

¹ Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения
Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь

² Научно-исследовательский институт экспериментальной и клинической
медицины Белорусского государственного медицинского университета, Минск,
Беларусь

Содержание магния и цинка в биологических средах во взаимосвязи с антиоксидантным и воспалительным статусом у женщин с неразвивающейся беременностью

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование, сбор материала, обработка, написание текста – Волковец Э.Н.; концепция и дизайн исследования, редактирование – Грудницкая Е.Н.; редактирование, обработка, написание текста – Степанова Ю.И.; редактирование – Юрага Т.М.

Подана: 14.05.2025

Принята: 01.09.2025

Контакты: volkovec.eleonora@mail.ru

Резюме

Введение. Неразвивающаяся беременность сопровождается дефицитом микроэлементов, что снижает адаптационные возможности организма. Представляется актуальным разработка комплекса ранней реабилитации с применением физических факторов, способствующих профилактике воспалительных осложнений после прерывания беременности.

Цель. Оценить микроэлементный статус у женщин с неразвивающейся беременностью в первом триместре и влияние раннего воздействия комплекса физических факторов на содержание магния, цинка, общую антиоксидантную активность (АОА), С-реактивный белок (СРБ), уровень лейкоцитов в биологических средах у женщин после аборта.

Материалы и методы. Проведено двухэтапное когортное исследование. На первом этапе проанализирован микроэлементный состав сыворотки крови и слюны у здоровых беременных ($n=33$) и при неразвивающейся беременности (основная группа, $n=100$) в первом триместре. На втором этапе оценен микроэлементный статус во взаимосвязи с антиоксидантной и провоспалительной активностью у женщин после аборта, с курсом воздействия физическими факторами (подгруппа 1, $n=53$) и без такового (подгруппа 2, $n=47$). Проведен корреляционный анализ результатов по Спирмену.

Результаты. У женщин основной группы установлен дефицит магния и цинка: снижение концентрации цинка в 1,2 раза в сыворотке крови ($p=0,024$) и слюне ($p=0,032$), магния в слюне – в 1,3 раза ($p=0,031$), а также уменьшение АОА ($p=0,001$), повышение уровня лейкоцитов ($p=0,035$) и СРБ ($p=0,000$). После прерывания неразвивающейся беременности и курса физиотерапии установлена прямая взаимосвязь между АОА и

содержанием цинка в сыворотке крови ($r_s=0,83$, $p=0,001$), а также обратная ассоциация между сывороточной концентрацией магния и интенсивностью воспаления по уровню СРБ ($r_s=-0,82$, $p=0,001$).

Заключение. Неразвивающаяся беременность в первом триместре сопровождается дефицитом магния и цинка, развитием воспалительной реакции на фоне сниженной антиоксидантной защиты. Раннее комплексное воздействие физическими факторами оказывает противовоспалительный и антиоксидантный эффекты.

Ключевые слова: дефицит магния и цинка, погибшее плодное яйцо, первый триместр беременности, физиотерапия

Eleonora N. Volkovets¹ ✉, Elena N. Grudnitskaya¹, Yulia I. Stepanova², Tamara M. Yuraga²

¹ Institute of Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel educational institution "Belarusian State Medical University", Minsk, Belarus

² Scientific Research Institute of Experimental and Clinical Medicine of the educational institution "Belarusian State Medical University", Minsk, Belarus

The Content of Magnesium and Zinc in Biological Media in Relation to Antioxidant and Inflammatory Status in Women with Undeveloped Pregnancy

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: concept and design of the study, editing, collection of material, processing, writing of the text – Volkovets E.; concept and design of the study, editing – Grudnitskaya E.; editing, processing, writing of the text – Stepanova Yu.; editing – Yuraga T.

Submitted: 14.05.2025

Accepted: 01.09.2025

Contacts: volkovec.eleonora@mail.ru

Abstract

Introduction. Non-developing pregnancy is accompanied by a deficiency of microelements, which reduces the adaptive capacity of the body. It seems relevant to develop a complex of early rehabilitation using physical factors that help prevent inflammatory complications after termination of pregnancy.

Purpose. To assess the microelement status in women with non-developing pregnancy in the first trimester and the effect of early exposure to major physical factors on the content of magnesium, zinc, antioxidant activity (AOA), C-reactive protein (CRP), and the level of leukocytes in biological environments in women after abortion.

Materials and methods. A two-stage study was conducted. At the first stage, the microelement composition of blood serum and saliva was analyzed in healthy pregnant women ($n=33$) and in non-developing pregnancy (main group, $n=100$) in the first trimester. At the second stage, the microelement status is assessed in relation to antioxidant and proinflammatory activity in women after abortion, with the influence of physical factors (subgroup 1, $n=53$) and without it (subgroup 2, $n=47$). Spearman correlation analysis of the results was performed.

Results. Magnesium and zinc deficiency was established in women: a 1.2-fold decrease in zinc content in blood serum ($p=0.024$) and saliva ($p=0.032$), 1.3-fold decrease in magnesium in saliva ($p=0.031$), as well as a decrease in AOA ($p=0.001$), an increase in the level of leukocytes ($p=0.035$) and CRP ($p=0.000$). After termination of non-developing pregnancy and course physiotherapy, a direct relationship was established between AOA and an increase in serum zinc ($r_s=0.83$, $p=0.001$), as well as an inverse relationship between serum magnesium and the leading factor for the recommendation of CRP ($r_s=-0.82$, $p=0.001$).

Conclusion. Non-developing pregnancy in the first trimester is accompanied by magnesium and zinc deficiency, the development of an inflammatory process against the background of reduced antioxidant protection. Early complex exposure to physical factors has an anti-inflammatory and antioxidant effect.

Keywords: magnesium and zinc deficiency, dead ovum, first trimester of pregnancy, physiotherapy

■ ВВЕДЕНИЕ

В структуре ранних репродуктивных потерь (до 80%) неразвивающаяся беременность (O02.0) занимает одну из ведущих позиций и составляет в разных странах от 2% до 15% [1, 2]. Риск неразвивающейся беременности возрастает с каждой последующей репродуктивной неудачей. По данным Агаркова И.А. и соавт. (2017), при отсутствии реабилитации и прегравидарной подготовки в каждом втором случае происходит повторная потеря беременности, а в 27% наблюдений отмечается три и более эпизодов невынашивания [3].

Среди многочисленных факторов, обеспечивающих благоприятный исход беременности, большая роль принадлежит микроэлементам. Согласно современным исследованиям, недостаточность магния, цинка ассоциирована с репродуктивными потерями на различных сроках беременности и играет значительную роль в генезе акушерских осложнений [4, 5]. Безусловно, дефицит микроэлементов следует предотвращать или лечить на этапе планирования, но до 50% беременностей являются незапланированными, а обращение в систему здравоохранения может быть запоздалым [6]. На XVIII Всемирном конгрессе акушеров-гинекологов (FIGO, 2006) принято решение, что абсолютно каждый случай неразвивающейся беременности следует считать ассоциированным с хроническим эндометритом независимо от основной причины остановки гестации. Вопрос персистирующей инфекции сложен и остается дискуссионным, но воспалительная реакция всегда сопровождает отторжение некротизированных ворсин хориона [7]. Взгляд иммунологов-репродуктологов на физиологию начала беременности и причины ее раннего прерывания также подтверждает, что при неразвивающейся беременности иммунные события протекают с увеличением маркеров воспаления [8].

Досрочное прерывание беременности сопровождается изменением гормонального фона, активизацией противовоспалительных и антиоксидантных процессов, угрозой развития депрессии и стрессового расстройства, что может усугубить имеющийся дефицит микроэлементов. Снижение адаптационных возможностей, частота

и значимость отсроченных и отдаленных осложнений после прерывания беременности обуславливают проведение постабортной реабилитации [9].

Воздействие лечебными физическими факторами после прерывания беременности оказывает противовоспалительное, иммуномодулирующее, обезболивающее, утеротоническое действие и направлено на улучшение обменно-трофических и репаративных процессов [10]. В литературе имеются данные о моновоздействии физическими факторами после аборта. Низкочастотная магнитотерапия оказывает выраженное противоотечное действие, улучшает кровообращение и оксигенацию тканей. Лазерное излучение активизирует антиоксидантную ферментативную активность, пролиферацию фибробластов и восстановление структуры коллагеновых волокон в очаге травмы. Электролечение нормализует локальный кровоток и обеспечивает эффективный лимфодренаж, активизирует миграцию лимфоцитов в область очага воспаления и стимулирует элементы местной иммунной защиты [10–12].

Нам представляется актуальным разработка ранней реабилитации после аборта с использованием комплекса физических факторов, обеспечивающих восстановление женщины после прерывания неразвивающейся беременности, предупреждение и снижение развития осложнений.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценить микроэлементный статус у женщин с неразвивающейся беременностью в первом триместре и влияние раннего воздействия комплекса физических факторов на содержание магния, цинка, общую антиоксидантную активность (АОА), С-реактивный белок (СРБ), уровень лейкоцитов в биологических средах у женщин после аборта.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено двухэтапное когортное сравнительное исследование с участием 133 беременных женщин в первом триместре. Основную группу составили 100 женщин с неразвивающейся беременностью, госпитализированных в УЗ «Клинический родильный дом Минской области». В группу сравнения вошли 33 женщины без угрожающего аборта. Критерии включения в исследование: возраст от 18 до 49 лет; первый триместр беременности; погибшее плодное яйцо или беременность без угрозы прерывания; согласие на участие в научном исследовании. Критерии исключения: многоплодная беременность; второй и третий триместр беременности; угрожающий аборт; самопроизвольный выкидыш; острые и хронические заболевания, патологические состояния в стадии декомпенсации; отказ от обследования или участия в научном исследовании.

Первичная конечная точка первого этапа – сравнение микроэлементного состава сыворотки крови и слюны пациентов, входящих в когорту, в день поступления в гинекологическое отделение для оказания медицинской помощи в связи с неразвивающейся беременностью.

Всем женщинам основной группы (n=100) был выполнен медикаментозный или хирургический аборт (согласно клиническому протоколу «Медицинское наблюдение и оказание медицинской помощи женщинам в акушерстве и гинекологии» Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 17 от 19.02.2018), после аборта был предложен курс физиолечения: низкочастотная магнитотерапия,

магнито-свето-лазерная терапия и электротерапия: процедуры 1 раз в день с интервалом 15 минут ежедневно в течение 8 дней. У всех женщин из когорты определяли микроэлементный состав сыворотки крови и слюны, другие исследуемые показатели в 1-й и 8-й день после аборта. Пациенты разделились на подгруппы: подгруппу 1 составили пациенты, прошедшие раннее комплексное воздействие физическими факторами (n=57), подгруппу 2 – без физиолечения (n=43).

Первичной конечной точкой второго этапа была оценка влияния физиотерапевтического воздействия на микроэлементный статус пациенток основной группы во взаимосвязи с антиоксидантной и провоспалительной активностью организма.

Взятие крови путем венепункции локтевой вены при помощи вакуум-содержащих систем типа Vacutainer у пациентов осуществляли утром натощак. Исследуемые образцы центрифугировали при 1500 об/мин в течение 15 минут на центрифуге типа ОПН-3 для получения сыворотки. Смешанную нестимулированную слюну собирали утром путем сплевывания в чистые сухие полиэтиленовые пробирки после прополаскивания полости рта водой в течение 5–10 секунд. Концентрацию магния и цинка в сыворотке крови и слюне, а также АОА и СРБ в сыворотке крови определяли спектрофотометрическим методом с помощью коммерческих наборов реагентов производства «Витал Диагностикс СПб» (Россия), Cormay (Польша). Измерение проводили на автоматическом биохимическом анализаторе Dialab Autolyzer (Австрия). Определение числа лейкоцитов в общем анализе крови проводили на гематологическом анализаторе Micros 60 (Франция).

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью пакета прикладных компьютерных программ Statistica 12.0, Microsoft Office, Excel 2016, AtteStat 8.0, MedCalc 15.8. Проверку числовых значений на нормальность распределения проводили с помощью критерия Шапиро – Уилка. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD). При распределении, отличном от нормального, данные представляли в виде медианы (Me) и интервала между 25 и 75 перцентилем [Q1; Q3]. Качественные показатели предоставлены в виде частоты или доли в группе (%). Однородность состава сравниваемых групп оценивалась по точному критерию Фишера, для анализа качественных данных использовали χ^2 Пирсона. Для анализа различий в группах по количественному параметру использовали непараметрические методы: U-критерий Манна – Уитни для независимых подгрупп, критерий Вилкоксона – для зависимых подгрупп. Наличие связи двух случайных величин и оценка существенности этой связи определены с помощью корреляционного анализа Спирмена, где линейный коэффициент корреляции (r_s) принимает значения от -1 (обратная связь) до +1 (прямая функциональная связь), а при $r=0$ связь отсутствует. Статистически значимыми являлись результаты при $p<0,05$.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Женщины исследуемых групп были сопоставимы по возрасту (средний возраст 34,5 (7,0) года), сопутствующей экстрагенитальной и гинекологической патологии, статистически значимых различий не выявлено ($p>0,05$).

На первом этапе исследования изучена взаимосвязь между содержанием микроэлементов в разных биологических средах у здоровых женщин в первом триместре беременности (n=33), что представлено на рис. 1, 2. Корреляционный анализ

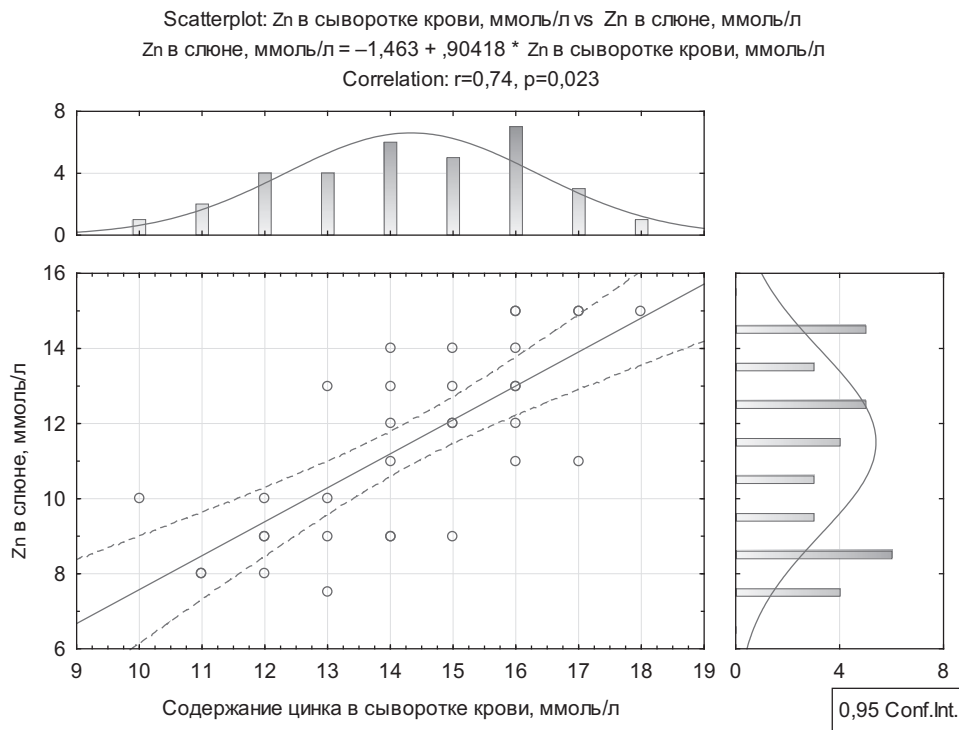


Рис. 1. Корреляционная зависимость между содержанием цинка в сыворотке крови и слюне у здоровых беременных в первом триместре
Fig. 1. Correlation between zinc content in blood serum and saliva in healthy pregnant women in the first trimester

установил высокую прямую зависимость между содержанием цинка в слюне и сыворотке крови ($r_s=0,73, p=0,023$), заметную прямую связь между содержанием магния в слюне и сыворотке крови ($r_s=0,56, p=0,031$). Полученные результаты свидетельствуют о статистически значимой взаимосвязи между минеральным составом ротовой жидкости и сыворотки крови.

Полученные результаты согласуются с исследованием о взаимосвязи биохимического состава слюны и сыворотки крови на популяционных выборках [13], а также литературными данными, подтверждающими, что проводить в слюне детекцию высокомолекулярных веществ более эффективно, чем в сыворотке крови [14, 15]. Следовательно, определение состава слюны имеет самостоятельное диагностическое значение и обладает рядом преимуществ по сравнению с лабораторными методами исследования крови. Получение ротовой жидкости неинвазивно и не требует специальных устройств (вакуумных систем) и квалифицированного медперсонала, имеет возможность многократного проведения анализа в динамике, а также функциональная простота выполнения диагностического исследования и его относительная малозатратность.

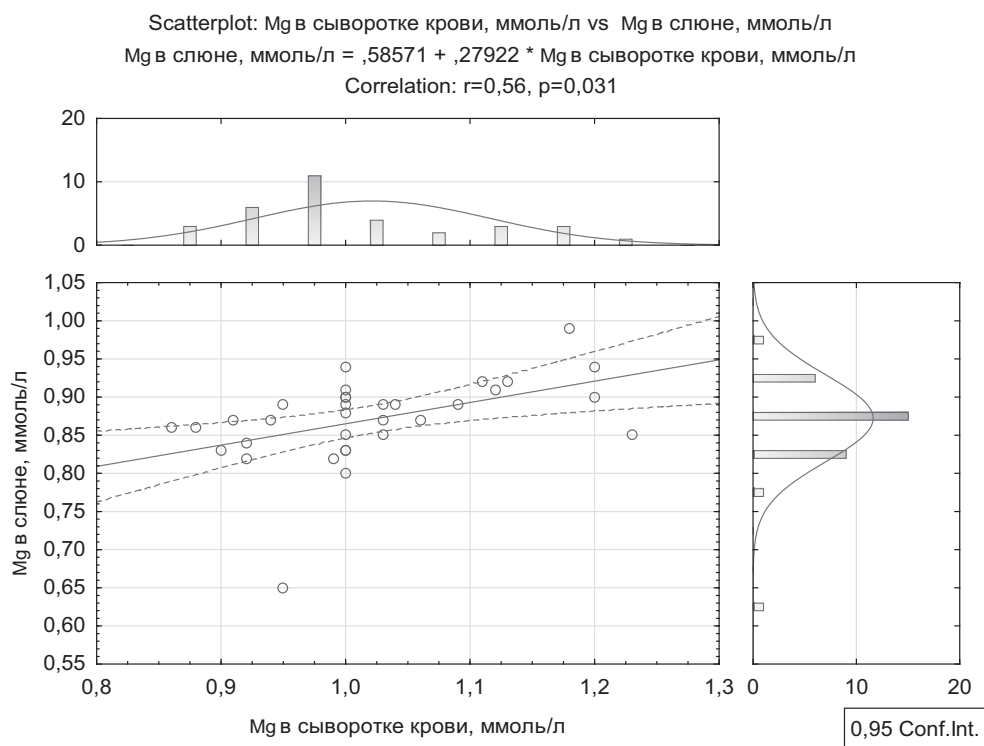


Рис. 2. Корреляционная зависимость между содержанием магния в сыворотке крови и слюне у здоровых беременных в первом триместре
Fig. 2. Correlation between the magnesium content in blood serum and saliva in healthy pregnant women in the first trimester

При сравнительной оценке содержания магния и цинка в различных биологических средах у женщин основной группы при поступлении в стационар ($n=100$) и группы сравнения ($n=33$) выявлена тенденция к снижению концентрации общего магния в сыворотке крови в основной группе без статистически значимых различий с данными группы сравнения ($p>0,05$). Однако в слюнной жидкости было установлено снижение его концентрации в 1,3 раза ($p=0,031$). Известно, что основной пул магния в организме содержится преимущественно в мягких тканях и костях, в крови находится 0,8% от всего магния в организме, при этом 0,3% содержится в сыворотке и 0,5% в эритроцитах [16], что представляет собой проблему для истинной оценки магниевых дефицита. Поскольку уровень магния чаще всего оценивается путем измерения его концентрации в сыворотке крови, дефицит магния может маскироваться кажущимися нормальными уровнями в сыворотке, следовательно, его распространенность может быть недооценена [17]. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Также в основной группе установлено снижение содержания цинка относительно группы сравнения в 1,2 раза в сыворотке крови ($p=0,024$) и слюне ($p=0,032$), что

статистически значимо отражает дефицит цинка в организме женщин с замершей беременностью. По данным литературы, при неразвивающейся беременности дефицит цинка регистрируется у 79,5–88,5% [18].

При изучении степени антиоксидантной защиты по интегральному показателю АОА при замершей беременности относительно данных группы сравнения было установлено снижение в 1,6 раза ($p=0,001$). Сравнительный анализ количества лейкоцитов и содержания СРБ в крови показал статистически значимое их повышение при неразвивающейся беременности соответственно в 1,3 ($p=0,035$) и 2,3 раза ($p=0,000$), что отражает развитие воспалительной реакции, в сравнении с нормально протекающей беременностью в первом триместре.

Эссенциальные микроэлементы (магний, цинк) являются ключевыми компонентами металлоферментов или включены в реализацию критических биологических функций (транспортировка кислорода, антиоксидантная защита, избавление от свободных радикалов) [19, 20]. Следовательно, снижение концентрации этих микроэлементов в организме ведет к падению активности антиоксидантных ферментов, а также противовоспалительной защиты, что наблюдается у пациенток с неразвивающейся беременностью.

По результатам второго этапа исследования основная группа была стратифицирована на подгруппы в зависимости от воздействия физического фактора: женщины, прошедшие курс физиолечения, сформировали подгруппу 1 ($n=53$); женщины, отказавшиеся от такового, составили подгруппу 2 ($n=47$). Исследуемые подгруппы были

Таблица 1

Содержание магния и цинка в сыворотке крови и слюне, лейкоцитов, СРБ и АОА в сыворотке крови у женщин без угрозы прерывания беременности и у женщин с неразвивающейся беременностью в первом триместре, Ме [25%; 75%]

Table 1

Magnesium and zinc levels in blood serum and saliva, leukocytes, CRP and AOA in blood serum in women without the threat of miscarriage and in women with non-viable pregnancy in the first trimester, Me [25%; 75%]

Показатель	Группа сравнения, $n=33$	Основная группа, $n=100$ (при поступлении)	p
Магний крови, ммоль/л	0,95 [0,86; 1,03]	0,87 [0,82; 0,95]	НЗ
Магний слюны, ммоль/л	0,85 [0,80; 0,90]	0,68 [0,61; 0,74]	0,031
Цинк крови ммоль/л	14,02 [12,31; 16,12]	12,05 [9,17; 13,89]	0,024
Цинк слюны, ммоль/л	10,12 [8,62; 13,13]	8,64 [7,79; 10,98]	0,032
АОА крови, мкмоль/л	1,20 [1,03; 1,52]	0,74 [0,56; 0,84]	0,001
СРБ, мг/л	2,52 [1,42; 3,60]	5,90 [5,45; 6,81]	0,000
Лейкоциты, $\times 10^9$ /л	6,03 [5,56; 6,52]	7,65 [6,57; 8,72]	0,035

Примечания: p – статистически значимые различия между данными группы сравнения и основной группы в стационаре при $p<0,05$ по U-критерию Манна – Уитни; НЗ – различия между группами не значимы.



сопоставимы по возрасту, сопутствующей экстрагенитальной и гинекологической патологии, методам прерывания беременности ($p > 0,05$).

Результаты этого этапа исследования представлены в табл. 2. Необходимо отметить, что в 1-е сутки наблюдения по всем изучаемым показателям отсутствовала статистически значимая разница между двумя подгруппами ($p > 0,05$). Межгрупповой анализ концентрации магния в сыворотке крови и слюнной жидкости в динамике наблюдения у женщин обеих подгрупп не установил статистически значимых изменений ($p > 0,05$). Однако на 8-е сутки в слюне в подгруппе 1 наблюдалась тенденция к росту концентрации, а в подгруппе 2 – к снижению, что свидетельствует об усугублении биоэлементного дефицита. Концентрация цинка в сыворотке крови обеих подгрупп также не различалась ($p > 0,05$), но в слюне она была в 1,2 раза ниже в подгруппе 2 ($p_1 = 0,036$). Следует отметить, что биоэлементный состав слюнной жидкости оказался более чувствительным индикатором его изменения по сравнению с исследованием сыворотки крови. Также в подгруппе 1 наблюдались статистически значимое снижение лейкоцитоза в 1,3 раза ($p_1 = 0,027$), уровня СРБ в 1,5 раза ($p_1 = 0,011$) и активизация АОА в 1,5 раза ($p_1 = 0,026$) в сравнении с аналогичными данными в подгруппе 2 без

Таблица 2

Содержание магния и цинка в сыворотке крови и слюне, лейкоцитов, СРБ и АОА в сыворотке крови у женщин основной группы на 1-е и 8-е сутки после прерывания неразвивающейся беременности в зависимости от воздействия физического фактора, Me [25%; 75%]
Table 2

The content of magnesium and zinc in blood serum and saliva, leukocytes, CRP and AOA in blood serum in women of the main group on the 1st and 8th day after termination of a non-developing pregnancy depending on the impact of a physical factor, Me [25%; 75%]

Показатель	1-е сут. после аборта			8-е сут. после аборта		
	Подгруппа 1 (n=53)	Подгруппа 2 (n=47)	p	Подгруппа 1 (n=53)	Подгруппа 2 (n=47)	p ₁
Магний крови, ммоль/л	0,81 [0,78; 0,89]	0,82 [0,76; 0,90]	H3	0,82 [0,79; 0,90]	0,81 [0,75; 0,88]	H3
Магний слюны, ммоль/л	0,66 [0,59; 0,71]	0,67 [0,58; 0,72]	H3	0,69 [0,62; 0,72]	0,66 [0,56; 0,69]	H3
Цинк крови, ммоль/л	11,42 [8,51; 13,12]	11,22 [8,43; 13,20]	H3	12,11 [8,91; 13,30]	11,12 [8,51; 12,41]	H3
Цинк слюны, ммоль/л	7,06 [6,12; 9,45]	7,04 [5,96; 9,40]	H3	8,84 [7,70; 10,82] p ₂ =0,039	7,60 [6,70; 9,52]	0,036
АОА крови, мкмоль/л	0,81 [0,61; 1,01]	0,79 [0,60; 0,91]	H3	1,32 [1,04; 1,61] p ₂ =0,014	0,91 [0,83; 1,10]	0,026
СРБ, мг/л	6,91 [6,11; 7,92]	7,12 [6,21; 7,81]	H3	3,31 [1,72; 4,12] p ₂ =0,001	5,11 [3,91; 6,22] p ₃ =0,029	0,011
Лейкоциты, ×10 ⁹ /л	8,36 [7,48; 9,90]	8,53 [7,25; 9,79]	H3	5,71 [4,84; 6,12] p ₂ =0,021	7,14 [6,22; 8,25]	0,027

Примечания: p – статистически значимые различия между данными двух подгрупп в 1-е сутки после аборта при $p < 0,05$ по U-критерию Манна – Уитни; p₁ – статистически значимые различия между данными двух подгрупп на 8-е сутки после аборта при $p < 0,05$ по U-критерию Манна – Уитни; p₂ и p₃ – статистически значимые различия между данными одной подгруппы в разные сроки наблюдения при $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона для зависимых групп; H3 – различия между группами не значимы.

физиолечения, в которой положительная динамика значений показателей выражалась лишь в тенденции к повышению АОА. Внутригрупповой анализ установил увеличение содержания цинка в слюне по сравнению с начальным уровнем в 1,3 раза ($p_2=0,039$) и активизацию АОА в 1,6 раза ($p_2=0,014$), а также снижение уровня лейкоцитов в 1,5 раза ($p_2=0,021$) и СРБ в 2,1 раза ($p_2=0,001$) в подгруппе 1 с физиолечением, а в подгруппе 2 – уменьшение концентрации СРБ в 1,4 раза ($p_3=0,029$) и тенденцию к снижению уровня лейкоцитоза.

По данным литературы, ионы магния имеют уникальный спектр биохимических функций и участвуют во многих метаболических реакциях по образованию и утилизации свободных радикалов и продуктов их окисления [21, 22], поэтому дефицит магния приводит к усилению системного воспаления, связанного с окислительным стрессом [23]. При изучении корреляционной взаимосвязи между содержанием магния и уровнем СРБ в сыворотке крови у женщин, получавших физиолечение, установлен выраженный непрямой характер ($r_s = -0,82$, $p=0,001$), что обусловлено прежде всего противовоспалительным действием магния в организме (рис. 3).

Также в подгруппе 1 выявлена сильная прямая корреляционная взаимосвязь между содержанием цинка и АОА сыворотки крови ($r_s=0,83$, $p=0,001$), что представлено

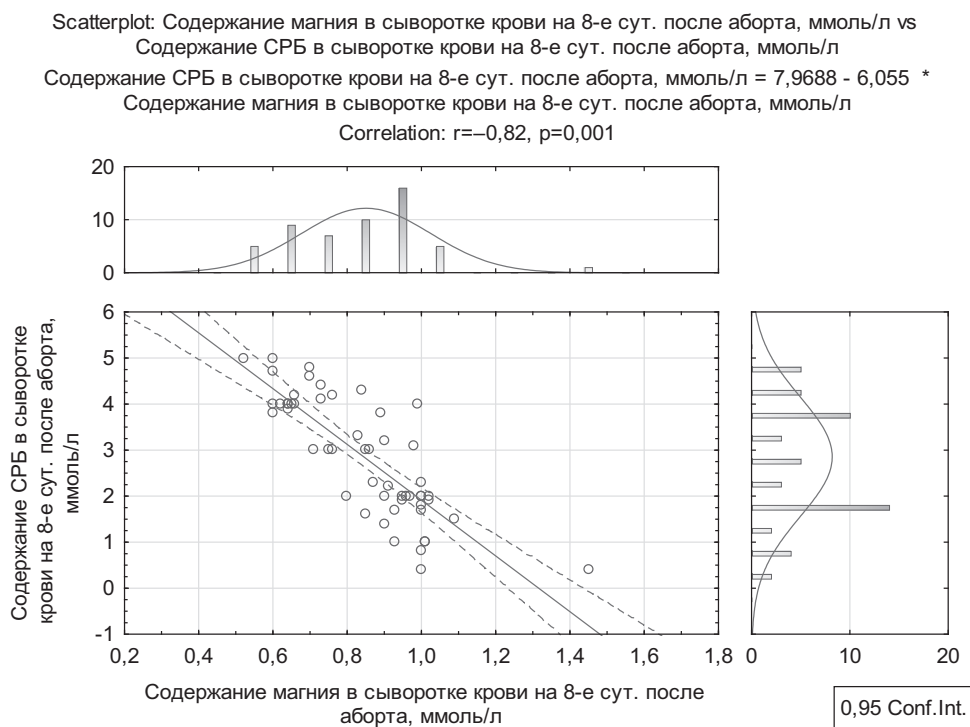


Рис. 3. Корреляционная зависимость между содержанием магния и СРБ в сыворотке крови у женщин на 8-е сутки после аборта на фоне физиолечения
Fig. 3. Correlation between the content of magnesium and CRP in the blood serum of women on the 8-th day after abortion on the background of physiotherapy

Scatterplot: Содержание цинка в сыворотке крови на 8-е сут. после аборта, ммоль/л vs АОА крови на 8-е сут. после аборта, мкмоль/л
 АОА крови на 8-е сут. после аборта, мкмоль/л = $-0,1540 + 0,11647 \cdot \text{Содержание цинка в сыворотке крови на 8-е сут. после аборта, ммоль/л}$
 Correlation: $r=0,83, p=0,001$

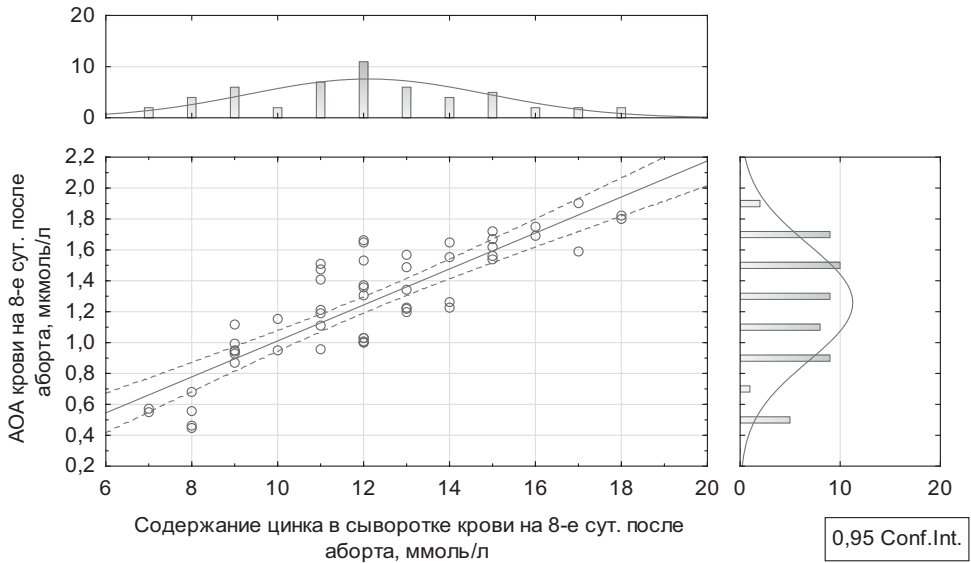


Рис. 4. Корреляционная зависимость между содержанием цинка и АОА в сыворотке крови у женщин на 8-е сутки после аборта на фоне физиолечения
Fig. 4. Correlation between the zinc content and AOA in the blood serum of women on the 8-th day after abortion on the background of physiotherapy

на рис. 4. При этом в подгруппе без физиолечения сохранялась низкая АОА крови, а также наблюдалась лишь слабая корреляция между степенью антиоксидантной защиты и сывороточным уровнем цинка ($r_s=0,32, p=0,044$).

Цинк оказывает антиоксидантное действие через механизм сульфгидрильной стабилизации, в результате чего происходит защита белков от окисления и воздействия свободных радикалов. Особенно важен цинк для работы супероксиддисмутазы, которая разрушает супероксидный радикал и вносит вклад в потенциал общей АОА крови [24]. Следовательно, установленная нами ассоциативная взаимосвязь между ростом уровня АОА и содержанием цинка в сыворотке крови женщин после проведенного курса физиотерапии свидетельствует о влиянии антиоксидантного статуса, в определенной мере зависящего от резерва цинка в организме, на саногенетические процессы, что, несомненно, стимулирует восстановление репродуктивной функции после аборта и предупреждает развитие постабортных осложнений.

Таким образом, выявленный дефицит микроэлементов при неразвивающейся беременности подчеркивает важность прегравидарной подготовки, а активизация АОА, снижение лейкоцитоза и уровня СРБ у женщин, получавших физиолечение после аборта, подтверждают эффективность раннего комплексного воздействия физическими факторами для профилактики постабортных осложнений.

■ ВЫВОДЫ

1. У женщин с неразвивающейся беременностью в первом триместре установлен дефицит магния и цинка в биологических средах относительно данных группы здоровых беременных: снижение концентрации магния в 1,3 раза в слюне ($p=0,031$), цинка в 1,2 раза в сыворотке крови ($p=0,024$) и слюне ($p=0,032$). Полученные данные подтверждают важность прегравидарной подготовки для восполнения дефицитных состояний. Также выявлено снижение общей АОА крови в 1,6 раза ($p=0,001$), повышение уровней лейкоцитоза и СРБ соответственно в 1,3 ($p=0,035$) и 2,3 раза ($p=0,000$), что отражает развитие воспалительной реакции и необходимость проведения ранней реабилитации.
2. На 8-е сутки в подгруппе 1, получавшей физиолечение, выявлены следующие изменения: повышение содержания цинка в слюнной жидкости в 1,2 раза ($p_1=0,036$), активизация АОА в 1,5 раза ($p_1=0,026$), снижение лейкоцитоза в 1,3 раза ($p_1=0,027$) и уровня СРБ в 1,5 раза ($p_1=0,011$) в сравнении с аналогичными данными подгруппы 2, а также повышение содержания цинка в слюне в 1,3 раза ($p_2=0,039$), активизация АОА в 1,6 раза ($p_2=0,014$), снижение уровня лейкоцитов в 1,5 раза ($p_2=0,021$) и СРБ в 2,1 раза ($p_2=0,001$) и по сравнению с начальным уровнем. Установлена прямая взаимосвязь между повышением антиоксидантной защиты и содержанием цинка в сыворотке крови ($r_s=0,83$, $p=0,001$), а также обратная ассоциация между ростом сывороточной концентрации магния и снижением интенсивности воспалительной реакции по уровню СРБ ($r_s=-0,82$, $p=0,001$). Полученные результаты отражают противовоспалительный и антиоксидантный эффекты комплексного воздействия физических факторов, что способствует стимуляции адаптивных процессов и профилактике воспалительных осложнений после аборта.
3. Проведение элементного анализа ротовой жидкости можно рекомендовать в качестве неинвазивного диагностического теста для оценки эффективности лечения патологических состояний в акушерской практике и реабилитационных мероприятий в раннем постабортном периоде.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Schummers L., Oveis N., Ohtsuka M. et al. Early pregnancy loss incidence in high-income settings: a protocol for a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev.* 2021 Oct 25;10(1):274. doi: 10.1186/s13643-021-01815-1
2. Samigullina A.E., Boobokova A.A., Kushubekova A.K. Miscarriage of pregnancy: frequency and trends. *International Journal of Applied and Fundamental Research.* 2019;1:87–92. (In Russ.)
3. Agarkova I.A., Lipatov I.S., Tezikov Yu.V. et al. *Undeveloped pregnancy: a pathogenetic justification for the prevention of pregnancy loss.* Clinical and medical-organizational solutions for the preservation of family reproductive health: a collection of scientific papers of the scientific and practical conference of the Perinatal Center of GBUZ SOKB named after V.D. Seredavin. Samara, 2017;22–27. (In Russ.)
4. Sidelnikova V.M. The use of Magne B6 in the clinic of miscarriage. *Obstetrics and gynecology.* 2002;6:47–8. (In Russ.)
5. Pokhorova O.V., Olina A.A. Nutrition and zinc deficiency during pregnancy: a literature review. *Scientific results of biomedical research.* 2020;6(4):546–560. doi: 10.18413/2658-6533-2020-6-4-0-10. (In Russ.)
6. Grudnitskaya E.N. et al. *Pregavid preparation: a teaching aid.* Minsk: BelMAPO, 2023; 52 p. (In Russian)
7. Radzinsky V.E. et al. *Non-developing pregnancy. Methodical recommendations of MARS (Interdisciplinary Association of Reproductive Medicine Specialists).* Moscow: Editorial office of the StatusPraesens magazine, 2015, 48 p. (In Russian)
8. Demina T.N., Mailyan E.A., Gulmamedova I.D. Modern views on the immunology of the gestational process. *A woman's reproductive health.* 2003;1(13):43–48. (In Russ.)
9. Unanyan A.L., Arakelov S.E., Polonskaya L.S. et al. Postabortal rehabilitation: theoretical and practical aspects. *Medical Council.* 2014;9:26–29. doi: 10.21518/2079-701X-2014-9-26-29 (In Russ.)
10. Ponomarenko G.N. (ed.) *Physiotherapy: study.* Moscow: GEOTAR-Media, 2023, 272 p. (In Russ.)
11. Ipatova M.V., Malanova T.B., Kubitskaya Yu.V. Modern physiotherapy in the prevention and treatment of complications after artificial termination of pregnancy in the first trimester. *Gynecology.* 2015;17(2):81–84. (In Russ.)

12. Strugatskiy V.M., Malanova T.V., Arslanyan K.N. (eds.) *Physiotherapy in the practice of an obstetrician-gynecologist*. Moscow: MEDpress-inform, 2008, 272 p. (In Russ.)
13. Belskaya L.V., Sarf E.A., Kosenok V.K. Correlation relationships between the composition of saliva and blood plasma in the norm. *Clinical laboratory diagnostics*. 2018;63(8):477–482. (In Russ.)
14. Belskaya L.V., Grigoriev A.I., Shalygin S.P. Variations in the biochemical composition of human saliva depending on the region of residence. *Bulletin of NVGU*. 2017;1:62–68. (In Russ.)
15. Mitronin A.V., Khvorostenko O.A., Ostanina D.A. Saliva biomarkers and proteomics: diagnostic and clinical possibilities of the future. *Endodontics Today*. 2021;19(3):171–174. (In Russ.)
16. Workinger J.L., Doyle R.P., Bortz J. Challenges in the Diagnosis of Magnesium Status. *Nutrients*. 2018;10(9):1202. doi: 10.3390/nu10091202
17. Ismail A.A., Ismail N.A. Magnesium: A mineral essential for health yet generally underestimated or even ignored. *J Nutr Food Sci*. 2016;6:523. doi: 10.4172/2155-9600.1000523
18. Olina A.A., Meteleva T.A. The role of zinc deficiency in the genesis of non-developing pregnancy. *Pharmaceia*. 2017;12(345):69–71. (In Russ.)
19. Ashique S., Kumar S., Hussain A. et al. A narrative review on the role of magnesium in immune regulation, inflammation, infectious diseases, and cancer. *J Health Popul Nutr*. 2023; 42(1):74. doi: 10.1186/s41043-023-00423-0. Erratum in: *J Health Popul Nutr*. 2023 Nov 2;42(1):117. doi: 10.1186/s41043-023-00461-8
20. Xu Y., Li A., Li X. et al. Zinc deficiency induces inflammation and apo ptosis via oxidative stress in the kidneys of mice. *Biol Trace Elem Res*. 2023;201(2):739–750. doi: 10.1007/s12011-022-03166-x
21. Ahmed F., Mohammed A. Magnesium: The Forgotten Electrolyte-A Review on Hypomagnesemia. *Med Sci (Basel)*. 2019;7(4):56. doi: 10.3390/medsci7040056
22. Makatsariya A.D., Bitsadze V.O., Solopova A.G. et al. [Magnesium deficiency in women and its control: a review of modern concepts]. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2024;18(2):218–230. (In Russ.)
23. Weyh C., Krüger K., Peeling P. et al. The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*. 2022;14(3):644. doi: 10.3390/nu14030644
24. Lewandowski L., Kepinska M., Milnerowicz H. The copper-zinc superoxide dismutase activity in selected diseases. *Eur J Clin Invest*. 2019;49(1):e13036. doi: 10.1111/eci.13036