УДК 616.5-002.2 + 616.5-004.1

Д.С. Загрешенко[1], В.В. Климов[2], Ю.А. Собанина[3], А.В. Екимовских[4], В.В. Блынски[4]

СОДЕРЖАНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЭКССУДАТАХ «КОЖНОГО ОКНА» ПРИ ИММУНООПОСРЕДОВАННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ КОЖИ

[1] Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования, Новокузнецк, Российская Федерация;
[2] ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет», Томск, Российская Федерация;
[3] Новокузнецкий филиал ГБУЗ «Кузбасский клинический онкологический диспансер имени М.С. Раппопорта», Новокузнецк, Российская Федерация;
[4]Медицинский клинический центр «Медика», Новокузнецк, Российская Федерация

Резюме. Структурная целостность кожных покровов и нормальная функциональная активность эпидермального барьера и дермы, как и всего организма в целом, зависит от обеспеченности витаминами, макро- и микроэлементами. В организме человека обнаруживается 81 химический элемент. Эти элементы входят в состав не менее 2000 ферментов и содержатся в разных концентрациях. Дефицит минеральных веществ проявляется не сразу, но приводит к серьезным нарушениям и развитию хронических состояний. Избыточное содержание минералов также приводит к нарушениям в разных органах и системах. ***Цель работы*** – определить концентрацию калия, цинка, меди, кальция, фосфора, магния и железа в экссудатах «кожного окна» и сыворотке крови при атопическом дерматите, крапивнице, псориазе и склеродермии. ***Материалы и методы***. Обследовано 83 пациента с атопическим дерматитом, 93 пациента с хронической крапивницей, 99 пациентов с бляшечной формой псориаза, 97 пациентов с ограниченной склеродермией в возрасте от 18 до 55 лет, обоего пола. Контрольную группу составили 42 практически здоровых донора-добровольца в возрасте 18-35 лет. Материалом для исследования макро- и микроэлементов в коже являлась бесклеточная фракция экссудата «кожного окна», на системном уровне – сыворотка крови. Определение элементов в кожных экссудатах и сыворотке крови проводилось фотометрическим и потенциометрическим методом. ***Результаты***. У больных со всеми изученными иммуноопосредованными заболеваниями кожи разной этиологии и патогенеза в бесклеточном экссудате «кожного окна» выявлены однотипные изменения по содержанию цинка. При склеродермии особенностью является повышенное содержание меди (2,9 (2,6-3,58) мкмоль/л, $p<0,05$) и фосфора (0,31 (0,26-0,38) ммоль/л, $p<0,05$) в экссудатах «кожного окна», а при псориазе – снижение уровня кальция (0,24 (0,21-0,41) ммоль/л, $p<0,05$). В сыворотке крови выявлено статистически значимое снижение уровня железа при псориазе (12,6 (9,1-17,1) мкмоль/л, $p<0,05$) и при склеродермии (12,9 (9,55-17,9) мкмоль/л, $p<0,05$). ***Заключение***. Нарушение гомеостаза биологически значимых макро- и микроэлементов на уровне кожи является важным компонентом патогенеза иммуноопосредованных кожных заболеваний. Показано наличие топических особенностей формирования воспалительного процесса в коже при псориазе и склеродермии и схожих патогенетических путях при всех изучаемых нозологиях. Увеличение содержания цинка на уровне кожи при всех изучаемых нозологиях, а также специфические особенности при склеродермии (повышенное содержание меди и фосфора) и псориазе (снижение концентрации кальция) могут быть предпосылкой для последующих фармакологических исследований.

Ключевые слова: «кожное окно», цинк, медь, кальций, фосфор, атопический дерматит, псориаз, инфламмасома

on-line ISSN 2500-0918
vestnikural.ru

Конфликт интересов отсутствует.
Контактная информация автора, ответственного за переписку:
Загрешенко Денис Сергеевич
zagreshenko@rambler.ru
Дата поступления: 08.05.2026
Образец цитирования: Загрешенко Д.С., Климов В.В., Собанина Ю.А., Екимовских А.В., Блынский В.В. Содержание макро- и микроэлементов в экссудатах «кожного окна» при иммуноопосредованных заболеваниях кожи. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2026, Том 23, № 3, с. 344-355, DOI: 10.22138/2500-0918-2026-23-3-344-355

Введение

Атопический дерматит, крапивница, псориаз и склеродермия являются распространенными заболеваниями кожи, которые отличаются этиологическими факторами, механизмом развития и клиническими проявлениями, при этом имеют одинаковые сочетания поражаемых патологическим процессом органов и систем, где воспаление является их общим патогенетическим звеном. Кожа при данных дерматологических нозологиях является органом-мишенью. Нарушения в работе эпидермального барьера являются характерными для всех иммуноопосредованных болезней кожи. Ведущая роль в патогенезе данных нозологий отводится именно иммунологическим нарушениям [1, 2].

Многочисленные биохимические процессы, лежащие в основе нормального функционирования кожи и её иммунного компонента (например: синтез меланина, коллагеновых волокон, иммуноглобулинов и цитокинов, процессы фагоцитоза и презентации антигенов/аллергенов и др.), зависят от ферментов, функциональная активность которых напрямую связана с кофакторами, то есть с макро- и микроэлементами. Кроме того, минеральные элементы являются структурными компонентами гормонов (йод, цинк), матрикса костной и соединительной ткани (кальций, кремний), фосфолипидов клеточной мембраны (фосфор), вторичными мессенджерами (кальций, цинк) и т.д. [3, 4, 5].

Кожа является наружным покровом всех позвоночных, включая людей. Это орган одного из пяти чувств (осязание), который является самым большим в теле человека и состоит из трех слоев: внешнего эпидермиса, собственно кожи – дермы и гиподермы (подкожной клетчатки). Это высокоорганизованная и многофункциональная структура с высокой метаболической активностью [1]. Поскольку она выполняет жизненно важные функции организма (барьерная, защитная, дыхательная, выделительная, обменная, синтетическая и др.), для неё необходимы макро- и микроэлементы, которые входят в состав целого ряда ферментов и гормонов. Практически все элементы организм человека получает с пищей и водой. Любой их дефицит предрасполагает к нарушению гомеостаза данных веществ, нарушению баланса между основными биохимическими процессами, нарушению функционирования тканей, органов и систем, а в дальнейшем – к развитию и/или усугублению заболеваний [5].

Калий (К) — основной внутриклеточный электролит, который абсолютно необходим для жизнедеятельности каждой живой клетки организма. Нормальное функционирование клеток кожи зависит от внутриклеточной концентрации калия и его содержания в межклеточной жидкости. Калий поддерживает гомеостаз клетки, выступает активатором некоторых ферментов; регулятором активности потенциал-зависимых каналов [6].

Магний (Mg) является вторым преобладающим внутриклеточным электролитом после калия. На долю внеклеточного магния приходится 2%. Магний присутствует во всех клетках как кофактор более 300 ферментов, участвующих в метаболизме глюкозы, синтезе белков и нуклеиновых кислот, играет роль в поддержании структуры белков, стабилизации ДНК, синтезе и метаболизме нейромедиаторов, нейропептидов и т.д. Магний необходим для поддержания гомеостаза кальция, калия и натрия, играет важную роль в метаболизме витамина D3 и синтезе его гормональной формы, т. к. активность ферментов, гидроксилирующих витамин D3, является Mg-зависимой [3-6].

Кальций (Ca) – жизненно важный макроэлемент для организма человека. Ионы кальция служат одним из универсальных вторичных посредников внутри клеток, регулируют секрецию гормонов и нейромедиаторов, являясь кофактором многих ферментов и т.д. Ионы кальция вне клеток важны для поддержания разности потенциалов на клеточных мембранах, синтеза белков и формирования костной ткани. Кальций также связывается с фосфолипидным слоем клеточной мембраны, фиксируя белки на поверхности клетки [3-5, 17].

Фосфор (P) необходим организму в виде органических соединений, содержащих фосфат-ион (PO3−4), а именно: молекул ДНК, РНК, АТФ и фосфолипидов. Он играет важную роль в молекулярной структуре ДНК и РНК. Фосфаты необходимы для транспортировки клеточной энергии в виде аденозинтрифосфата (АТФ). Каждая живая клетка окружена мембраной, которая состоит из бислоя фосфолипидов. Фосфолипиды образуются из глицерина, в котором два гидроксильных протона (OH) замещены жирными кислотами в виде эфира, а третий гидроксильный протон замещен фосфатом [3-5].

Цинк (Zn) – важный микроэлемент для всех клеток организма. Кожа человека является третьей по содержанию цинка тканью в организме. Он необходим для функционирования более 300 ферментов и 2000 факторов транскрипции, а также для хранения и транспортировки металлотионеинов. Цинк участвует в метаболизме РНК и ДНК, передаче сигналов и экспрессии генов, регуляции апоптоза. Около 10% белков человека (~3000) связывают цинк. Цинк играет структурную роль в цинковых пальцах, помогая поддерживать белкам их структуру. Цинк функционирует как внутриклеточный вторичный мессенджер, способный трансдуцировать внеклеточный сигнал во внутриклеточные события [7-11].

Медь (Cu) является эссенциальным микроэлементом для всех аэробов. Ионы меди участвуют в кислородном обмене, метаболизме железа, обмене углеводов и минеральных веществ, продукции нейротрансмиттеров, образовании пигмента, в биосинтезе соединительной ткани, гормональной регуляции, иммунных реакциях. Известно более десяти ферментов, в которых медь выступает в качестве кофактора. Цитохром-с-оксидаза участвует в окислительном фосфорилировании, диаминоксидаза инактивирует гистамин, аминоксидаза участвует в процессе миграции лейкоцитов к месту воспаления, развитии псориаза, системного склероза и других заболеваний. Тирозиназа участвует в синтезе меланина в коже и волосах. Лизилоксидазы участвуют в образовании коллагена и эластина в разных тканях. Медь содержится в супероксиддисмутазах, увеличение продукции которых наблюдается при системном склерозе с развитием фиброзной ткани в коже и других органах [12-16].

В организме взрослого человека содержится около 4 граммов (0,005% от массы тела) железа (Fe), в основном в составе гемоглобина и миоглобина, цитохрома и каталазы. Железо играет важную роль в транспортировке кислорода кровью и его накоплении в мышцах, участвует в клеточном дыхании, процессах окисления и восстановления [3-5].

Результаты исследования концентраций макро- и микроэлементов в коже в условиях in vivo у больных с разными дерматологическими заболеваниями могут дополнить представления о механизмах развития данных заболеваний.

Цель работы: определить концентрацию калия, цинка, меди, кальция, фосфора, магния и железа в экссудатах «кожного окна» и сыворотке крови при атопическом дерматите, крапивнице, псориазе и склеродермии.

Материалы и методы

В исследование были включены 83 пациента с атопическим дерматитом с локализованным, распространенным и диффузным процессом в периоде обострения основного заболевания, 93 пациента с хронической крапивницей (спонтанная и индуцируемая), 99 пациентов с бляшечной формой псориаза, 97 пациентов с ограниченной склеродермией в возрасте от 18 до 55 лет, обоего пола, проходивших лечение в стационаре терапевтического отделения ГАУЗ «Новокузнецкая городская больница №1 имени Г.П. Курбатова» и ООО «Медиа-Сервис» (г. Новокузнецк). Контрольную группу составили 42 практически здоровых донора-добровольца в возрасте 18-35 лет, обоего пола. В исследование не включались пациенты и здоровые доноры-добровольцы, принимавшие препараты или БАД, содержащие макро- и микроэлементы последние 6 месяцев. Здоровые лица и пациенты перед включением в исследование подписали добровольное информированное согласие. Исследование одобрено решением ЭК НГИУВ – филиал РМАНПО (протокол заседания №1 от 07.04.2026г).

В работе использовался метод «кожного окна» по J.Rebuck и J. Crowley в камерном варианте [18]. Методика проведения «кожного окна» для получения кожного экссудата: в средней трети ладонной поверхности предплечья на участке кожи площадью 1×1 см без видимых проявлений заболевания с помощью стерильного скальпеля удаляют верхние слои эпидермиса до появления поверхности с характерным блеском. На скарифицированный участок помещают пластиковую камеру объемом 1

мл, предварительно заполненную стерильным раствором натрия хлорида 0,9%. Через 6 часов камера снимается, ее содержимое собирается в эппендорф. После центрифугирования экссудата получают супернатант, который используется для определения концентрации микроэлементов. Методика выполнялась согласно патенту на изобретение [19].

Материалом для исследования концентрации Ca, Mg, P, Zn, Cu и Fe на системном уровне являлась сыворотка крови. Забор крови проводился из локтевой вены утром натощак.

Определение концентрации Ca, Mg, P, Zn, Cu и Fe в сыворотке крови и экссудатах «кожного окна» проводилось наборами реагентов «Кальций», «Магний», «Фосфор», «Цинк», «Медь» и «Железо» (производитель Вектор-Бест, Россия) на автоматическом биохимическом анализаторе Konelab 60i Prime (производитель Thermo Fisher Scientific, Финляндия). Специфический комплексон для кальция – Арсеназо III, для магния – ксилидиловый синий, для фосфора – молибдат аммония, для цинка – 5-Br-PAPS, для меди – 3,5-DiBr-PAESA, для железа – феррозин. Определение концентрации калия в сыворотке крови и экссудатах «кожного окна» проводилось потенциометрическим методом с помощью ионселективного электрода на анализаторе Konelab 60i Prime. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с помощью статистических программ «SPSS». Для всех имеющихся выборок данных применялся непараметрический U-критерий Манна – Уитни для оценки различий между двумя независимыми выборками. Значения представлены в виде медиан (Me) и квартилей (Q1 и Q3). Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Результаты и обсуждение

Содержание K, Zn, Cu, Ca общего, P, Mg и Fe в бесклеточной фракции экссудатов «кожного окна» и в сыворотке крови при атопическом дерматите, хронической форме крапивницы, псориазе и склеродермии в сравнении с контрольной группой представлено в таблице.

Таблица

Содержание макро- и микроэлементов в бесклеточной фракции экссудатов «кожного окна» и в сыворотке крови при атопическом дерматите, хронической форме крапивницы, псориазе, склеродермии и у здоровых лиц, Me (Q1-Q3).

Table

The content of macro- and microelements in the cell-free fraction of the "skin window" exudates and in blood serum in atopic dermatitis, chronic urticaria, psoriasis, scleroderma and in healthy individuals, Me (Q1-Q3).

Материал/ Material	Показатель/ Parameter	Исследуемые группы / Groups				
		Контроль/ Control	Атопический дерматит/ Atopic dermatitis	Крапивница/ Urticaria	Псориаз/ Psoriasis	Склеродермия/ Scleroderma
Экссудат «кожного окна»/ Exudate of the "skin window"	Калий (ммоль/л) / Potassium (mmol/L)	2,28 (2,01-2,55) n=25	2,4 (2,11-2,7) n=69	2,4 (2,2-2,6) n=36	2,16 (1,89-2,61) n=33	2,44 (2,17-2,6) n=29
	Цинк (мкмоль/л) / Zinc (µmol/L)	0,5 (0,4-1,1) n=35	1,8 (1,0-2,57)* p<0,001 n=80	1,35 (0,9-2,17)* p<0,001 n=62	1,95 (1,3-2,57)* p<0,001 n=44	1,9 (1,27-2,52)* p<0,001 n=42
	Медь (мкмоль/л) / Copper (µmol/L)	2,0 (1,8-2,15)** p<0,001 n=25	2,0 (1,7-2,5)** p<0,001 n=67	2,0 (1,68-3,18)** p=0,003 n=30	2,0 (1,42-2,5)** p<0,001 n=32	2,9 (2,6-3,58) n=30
	Кальций об (ммоль/л) / Calcium (mmol/L)	0,36 (0,28-0,43)*** p=0,037 n=25	0,38 (0,29-0,43)*** p=0,002 n=66	0,37 (0,3-0,5)*** p=0,002 n=50	0,24 (0,21-0,41) n=32	0,34 (0,3-0,4)*** p=0,048 n=30
	Фосфор (ммоль/л) / Phosphorus (mmol/L)	0,26 (0,21-0,3) n=25	0,28 (0,23-0,34) n=66	0,3 (0,22-0,37) n=50	0,24 (0,19-0,32) n=32	0,31 (0,26-0,38)* p=0,03 n=30
	Магний (ммоль/л) / Magnesium (mmol/L)	0,19 (0,17-0,23) n=25	0,23 (0,18-0,28) n=66	0,21 (0,17-0,26) n=50	0,22 (0,15-0,24) n=32	0,19 (0,16-0,23) n=30
	Железо (мкмоль/л) / Iron (µmol/L)	0,8 (0,6-0,9) n=25	0,5 (0,4-0,85) n=69	0,5 (0,5-0,75) n=17	0,55 (0,4-0,8) n=34	0,6 (0,4-0,8) n=29

Материал/ Material	Показатель/ Parameter	Исследуемые группы / Groups				
		Контроль/ Control	Атопический дерматит/ Atopic dermatitis	Крапивница/ Urticaria	Псориаз/ Psoriasis	Склеродермия/ Scleroderma
Сыворотка крови/ Blood serum	Калий (ммоль/л) / Potassium (mmol/L)	4,4 (4,3-4,6) n=19	4,5 (4,2-4,8) n=59	4,5 (4,3-4,77) n=64	4,45 (4,22-4,7) n=99	4,4 (4,1-4,6) n=81
	Цинк (мкмоль/л) / Zinc (μmol/L)	13,9 (12,4-16,2) n=40	13,7 (12,4-15,6) n=68	13,2 (11,6-15,2) n=78	14,4 (12,57-16,9) n=99	13,1 (11,8-14,5) n=89
	Медь (мкмоль/л) / Copper (μmol/L)	16,9 (15,3-19,4) n=24	16,3 (14,9-18,5) n=59	15,9 (12,9-18,4) n=44	17 (14,7-19,9) n=51	16,9 (15,3-19,4) n=24
	Кальций об (ммоль/л) / Calcium (mmol/L)	2,41 (2,35-2,49) n=24	2,42 (2,31-2,53) n=72	2,42 (2,28-2,51) n=86	2,43 (2,33-2,49) n=99	2,4 (2,27-2,48) n=93
	Фосфор (ммоль/л) / Phosphorus (mmol/L)	1,15 (0,98-1,27) n=24	1,13 (1,02-1,3) n=76	1,09 (0,97-1,23) n=83	1,19 (1,08-1,31) n=99	1,18 (1,03-1,31) n=86
	Магний (ммоль/л) / Magnesium (mmol/L)	0,85 (0,77-0,95) n=24	0,87 (0,79-0,9) n=74	0,85 (0,79-0,91) n=82	0,88 (0,8-0,94) n=99	0,84 (0,78-0,89) n=85
	Железо (мкмоль/л) / Iron (μmol/L)	15,6 (11,4-23,1) n=42	16,6 (11,9-20) p<0,001** p<0,001*** n=83	16 (12,6-21,5) p<0,001** p=0,002*** n=93	12,6 (9,1-17,1)* p=0,02 n=99	12,9 (9,55-17,9)* p=0,031 n=97

Примечание: данные представлены в виде Me (Q1-Q3), где Me – медиана, Q1 – первый квартиль, Q3 – третий квартиль; * – достоверность различий в сравнении с контрольной группой (p<0,05); ** – достоверность различий в сравнении со склеродермией (p<0,05); *** – достоверность различий в сравнении с псориазом (p<0,05)

Note: the data are presented as Me (Q1-Q3), where Me is the median, Q1 is the first quartile, Q3 is the third quartile; * is the significance of differences compared with the control group (p<0.05); ** is the significance of differences compared with scleroderma (p<0.05); *** – the significance of differences in comparison with psoriasis (p<0.05)

Из результатов, представленных в таблице, видно, что содержание калия как в экссудатах «кожного окна», так и в сыворотке в сравниваемых группах не имеет статистически значимых различий. Аналогичные результаты получены по магнию. Концентрация данного элемента в коже и в сыворотке в исследуемых группах статистически достоверно не отличается.

Содержание цинка в экссудатах «кожного окна» в группах больных с атопическим дерматитом, крапивницей, псориазом и склеродермией значительно превышает аналогичный показатель в контрольной группе. Медианные значения концентрации цинка в кожных экссудатах контрольной группы составляют 0,5 мкмоль/л, в группе больных с атопическим дерматитом, крапивницей, псориазом и склеродермией – 1,8, 1,35, 1,95 и 1,9 мкмоль/л, соответственно. Полученные отличия имеют статистически достоверный характер (p<0,001). На системном уровне в сыворотке различий в содержании цинка между сравниваемыми группами не выявлено.

Уровень меди в экссудатах «кожного окна» в контрольной группе, а также в группах больных с атопическим дерматитом, крапивницей и псориазом не отличается. При этом в когорте больных со склеродермией содержание меди в кожных экссудатах статистически значимо превышает аналогичный показатель как в контроле, так и при атопическом дерматите, крапивнице и псориазе. Медианное значение концентрации меди в экссудатах «кожного окна» при склеродермии составляет 2,9 мкмоль/л, а в других сравниваемых группах не различается и составляет 2,0 мкмоль/л (p<0,001). Специфических биомаркеров при склеродермии нет, диагностика проводится на основе клинических признаков и сбора анамнеза. Данный микроэлемент важен как для организма в целом, так и для кожи в частности. В сыворотке крови содержание меди в сравниваемых группах не имеет достоверных различий.

Концентрация кальция статистически значимо снижена в группе больных с псориазом по сравнению с контрольной группой, группами с атопическим дерматитом, крапивницей и склеродермией. При псориазе медианное значение концентрации кальция составляет 0,24 ммоль/л, в контроле – 0,36 ммоль/л (p=0,037), в группе больных с атопическим дерматитом, крапивницей и склеродермией –

0,38 (p=0,002), 0,37 (p=0,002) и 0,34 ммоль/л (p=0,048), соответственно. Статистически достоверных различий по содержанию кальция в кожных экссудатах между контролем, атопическим дерматитом, крапивницей и склеродермией не выявлено. Уровень кальция в сыворотке крови в сравниваемых когортах практически одинаков и не имеет статистически значимых различий.

Концентрация фосфора в кожных экссудатах повышена в группе больных со склеродермией по сравнению с контрольной группой. При склеродермии содержание фосфора составляет 0,31 ммоль/л, в контроле – 0,26 ммоль/л. Данные отличия имеют статистически значимый характер ($p<0,03$). В других группах различий не выявлено. В сыворотке крови содержание фосфора между сравниваемыми когортами достоверно не отличается.

Содержание железа в экссудатах «кожного окна» не отличается в исследуемых группах. В сыворотке крови уровень железа снижен в группах больных с аутоиммунной патологией. При псориазе и склеродермии его содержание достоверно ниже, чем в контроле и группах пациентов с атопическим дерматитом и крапивницей, между которыми также выявлены статистически значимые различия ($p<0,05$).

На основании полученных результатов можно предположить, что исследуемые нозологии имеют свои особенности распределения макро- и микроэлементов в шоковом органе. Так как изучаемые элементы являются в основном внутриклеточными ионами, а метод «кожного окна» позволяет исследовать концентрацию ионов во внеклеточной среде, соответственно, изменение уровней ионов при каждой нозологии можно описать как патогенетическую особенность заболевания. При одинаковой картине распределения ионов во внеклеточной среде можно говорить о схожих патогенетических путях развития кожных заболеваний и наличии общих маркеров воспалительного процесса (аллергического, аутоиммунного и др.) При атопическом дерматите в условиях аллергического воспалительного процесса в коже особенностью заболевания является высокий уровень внеклеточного цинка в этом органе. Со стороны других ионов изменений не обнаружено. При хронической форме крапивницы, заболевании с выраженным сосудистым компонентом, на уровне кожи выявлены аналогичные изменения в концентрации ионов, т.е. высокий уровень цинка в кожных экссудатах, без изменения содержания других ионов. Так как патогенез данных заболеваний различен, а отличительные особенности схожи, можно предположить, что выявленные аналогии связаны с особенностями формирования патологического процесса в коже и являются общими маркерами воспалительной реакции в этом органе. При псориазе, как аутоиммунном заболевании, картина распределения ионов во внеклеточной среде несколько отличается от предыдущих нозологий. На уровне кожи также отмечается значительное увеличение концентрации цинка, но особенностью является снижение уровня кальция. На системном уровне отмечается снижение содержания железа в сыворотке, т.к. для таких больных характерно наличие в анамнезе анемии хронического заболевания. Для другой аутоиммунной нозологии, склеродермии, также отмечается высокий уровень цинка в коже, а патогенетической особенностью являются высокие концентрации меди и фосфора в кожных экссудатах. На системном уровне, как при псориазе, выявлены низкие значения железа в сыворотке.

На местном уровне, в коже, изменений в гомеостазе калия, магния и железа при изучаемых нозологиях, в сравнении с контролем, не выявлено.

Известно, что цинк является внутриклеточным микроэлементом, участвуя в процессах пролиферации и дифференцировки клеток. На долю внеклеточной фракции цинка (в плазме крови) приходится не более 0,1% всего цинка [10].

Ранее [20] нами было показано, что при некоторых иммуноопосредованных заболеваниях кожи наблюдается статистически значимое повышение содержания провоспалительных цитокинов IL-1β и IL-18 в экссудатах «кожного окна», что, по данным литературы, связано с формированием внутриклеточных платформ инфламмасом. Одновременно с активацией цитокинов IL-1β и IL-18 на инфламмасомах происходит образование специальных белков, газдерминов, которые встраиваются в мембрану клетки и образуют газдерминовые поры. Через эти поры синтезированные цитокины и содержимое клетки, в том числе макро- и микроэлементы, перемещаются во внеклеточную среду [21-26].

Повышение уровня цинка в экссудатах «кожного окна» свидетельствует о снижении внутриклеточного депо этого элемента, и, соответственно, увеличении его внеклеточной фракции. Вероятно, данный процесс может быть результатом формирования газдерминовых пор в клеточной мембране,

что в конечном итоге приводит к активации инфламмасом.

Содержание меди на уровне кожи статистически значимо повышено в группе больных со склеродермией. Склеродермия – это аутоиммунное заболевание, коллагеноз. Медь входит в состав некоторых ферментов, участвующих в синтезе меланина, коллагена и эластина. Специфичность воспалительной реакции при склеродермии – избыточное образование коллагена. В норме коллаген составляет 70% белков дермы. В условиях воспалительной среды активация фибробластов и гиперпродукция ими коллагена требует достаточного обеспечения витаминами и минералами, в частности, ионами меди. Участки гиперпигментации при склеродермии обусловлены повышенной продукцией меланина в коже, для образования которого также важно наличие ионов меди. Синтез коллагена и эластина – это многостадийный биохимический процесс, на каждом этапе которого происходит затрата энергии АТФ. Повышение фосфора в коже у больных склеродермией свидетельствует об энергоемком процессе разрастания волокнистой составляющей соединительной ткани [12, 27, 28].

Снижение уровня кальция в коже у больных с псориазом, в сравнении с контрольной группой и другими изучаемыми нозологиями, возможно, свидетельствует о значительных нарушениях в Са-зависимых сигнальных путях, регулирующих межклеточную адгезию и дифференцировку эпидермиса. Кальций необходим для некоторых ферментов и является структурным элементом кожи. Например, он выступает ключевым элементом белка репетина, который формирует защитный слой эпидермиса. Псориаз характеризуется выраженными нарушениями структурной целостности кожи [17].

Топические особенности формирования воспалительного процесса в коже, как при аллергическом процессе, так и при аутоиммунном, имеют индивидуальные (медь, кальций, фосфор) и общие (цинк) маркеры изучаемых иммуноопосредованных заболеваний. Нарушение гомеостаза биологически значимых микроэлементов на уровне органа-мишени является важным компонентом патогенеза кожных заболеваний.

Заключение

Статистически значимое увеличение содержания цинка в экссудатах «кожного окна» при изучаемых нозологиях свидетельствует о нарушении цинкового гомеостаза на уровне кожи (снижение внутриклеточной фракции цинка и увеличение внеклеточной), что уменьшает противовоспалительный потенциал.

Статистически значимое увеличение содержания меди и фосфора в экссудатах «кожного окна» у пациентов со склеродермией может быть связано со специфичностью воспалительной реакции, а именно с высокой активностью медь-зависимых ферментов, принимающих участие в образовании коллагена, эластина и синтезе меланина, а также высокой энергозатратой данных реакций.

Статистически значимое снижение уровня кальция в кожных экссудатах при псориазе свидетельствует о выраженном нарушении гомеостаза кальция на уровне кожи.

Снижение концентрации железа при псориазе и склеродермии на системном уровне свидетельствует о наличии сопутствующей патологии, как правило, анемии хронического заболевания.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования (В.В.К.), сбор и обработка материала (Д.С.З.), статистическая обработка (А.В.Е.), написание текста (В.В.Б.), редактирование (Ю.А.С.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Global Atlas of Skin Allergy / Edited by Brockow K., Mortz C.G. European Academy of Allergy and Clinical Immunology. 2019. p. 299.

2. Клинические рекомендации – Атопический дерматит (утв. МЗ РФ 27.06.2024). [Электронный ресурс]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/265_3 (дата обращения: 03.08.2026).

3. Мухина Ю.Г., Боткина А.С. Дефицит микронутриентов в питании ребенка и состояние кожного покрова. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2011;(4): 110-117.

4. Панасенко Л.М., Карцева Т.В., Нефедова Ж.В., Задорина-Хуторная Е.В. Роль основных минеральных веществ в питании детей. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2018;63(1):

122-127. doi: 10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127
5. Бахтина Г.Г., Ленько О.А., Суханова С.Е. Микроэлементозы человека и пути коррекции их дефицита. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2007;(4): 82-89.
6. Погожева А.В., Коденцова В.М. О рекомендуемом потреблении и обеспеченности населения калием и магнием. РМЖ. 2020;(3): 8-12.
7. Матушевская Е.В., Владимирова Е.В., Свирщевская Е.В. Атопический дерматит и роль цинка в поддержании барьерных свойств кожи. Клиническая дерматология и венерология. 2020;19(3): 297-304. doi: 10.17116/klinderma202019031297
8. Jackson M.J. Physiology of zinc: general aspects. In: Zinc in Human Biology. Berlin: Springer-Verlag, 1989. p. 1-14.
9. Michaelsson G., Ljunghall K., Danielson B.G. Zinc in epidermis and dermis in healthy subjects. Acta Dermato-Venereologica. 1980;60: 295-299.
10. Трисветова Е.Л. Роль цинка в жизнедеятельности человека. Медицинские новости. 2021;(9): 37-42.
11. King J.C., Shames D.M., Woodhouse L.R. Zinc homeostasis in humans. Journal of Nutrition. 2000;130: 1360-1366. doi: 10.1093/jn/130.5.1360S
12. Парахонский А.П. Роль меди в организме и значение ее дисбаланса. Естественно-гуманитарные исследования. 2015;10(4): 73-84.
13. Manni M.L., Oury T.O. Commentary of "Copper chaperone for Cu, Zn-SOD supplement potentiates the Cu, Zn-SOD function of neuroprotective effects against ischemic neuronal damage in the gerbil hippocampus". Free Radical Biology and Medicine. 2005;39(3): 392-402.
14. Park S.K., Park H.J., Seok H., et al. Association study between monoamine oxidase A (MAOA) gene polymorphisms and schizophrenia: lack of association with schizophrenia and possible association with affective disturbances of schizophrenia. Molecular Biology Reports. 2014;41(5): 3457-3464. doi: 10.1007/s11033-014-3207-5
15. Eskandani M., Golchai J., Pirooznia N., et al. Oxidative stress level and tyrosinase activity in vitiligo patients. Indian Journal of Dermatology. 2010;55(1): 15-19. doi: 10.4103/0019-5154.60344
16. Arcucci A., et al. Analysis of extracellular superoxide dismutase in fibroblasts from patients with systemic sclerosis. Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents. 2011;25(4): 647-654. doi: 10.4081/ejh.2014.2383
17. Громова О.А., Торшин И.Ю., Томилова И.К., и др. Кальций и биосинтез коллагена: систематический анализ молекулярных механизмов воздействия. РМЖ. 2016;(15): 1009-1017.
18. Климов В.В., Кошовкина Т.В., Раткин В.К., Денисов А.А. Способ диагностики аллергического диатеза. Патент СССР № 1534395. Опубл. 07.01.1990.
19. Загрешенко Д.С., Климов В.В. Способ определения концентрации цинка в экссудате «кожного окна». Патент РФ № 2798903. Опубл. 14.03.2023.
20. Загрешенко Д.С., Кухарев Я.В., Климов А.В., и др. Биомаркеры общего патогенетического звена иммуноопосредованных заболеваний кожи. Вестник уральской медицинской академической науки. 2024;21(4): 377-389. doi: 10.22138/2500-0918-2024-21-4-377-389
21. Martinon F., Burns K., Tschopp J. The inflammasome: a molecular platform triggering activation of inflammatory caspase and processing of proIL-beta. Molecular Cell. 2002;10: 417-426. doi: 10.1016/s1097-2765(02)00599-3
22. Chen Y., Lyga J. Brain-skin connection: inflammation and skin aging. Inflammation and Allergy – Drug Targets. 2014;13: 177-190. doi: 10.2174/1871528113666140522104422
23. Lee J.H., Cho D.H., Park H.J. IL-18 and cutaneous inflammatory diseases. International Journal of Molecular Sciences. 2015;16(2): 29357-29369. doi: 10.3390/ijms161226172
24. Пирожков С.В., Литвицкий П.Ф. Инфламмасомные болезни. Иммунология. 2018. 39(2-3):158-165. doi: 10.18821/0206-4952-2018-39-2-3-158-165
25. Tang L., Zhou F. Inflammasomes in common immune-related skin diseases. Frontiers in Immunology. 2020;11: 882. doi: 10.3389/fimmu.2020.00882
26. Lara-Reyna S., Caseley E.A., Topping J., et al. Inflammasome activation: from molecular mechanisms to autoinflammation. Clinical and Translational Immunology. 2022;11: e1404. doi: 10.1002/cti2.1404
27. Гречнева Е.В., Шаронова Ю.В. Системная и локализованная склеродермия. Научное обозре-

ние. Биологические науки. 2022;(2): 43-47. doi: 10.17513/srbs.1271
28. Борзых О.Б., Шнайдер Н.А., Карпова Е.И., и др. Синтез коллагена в коже, его функциональные и структурные особенности. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2021;16(4): 443-450. doi: 10.14300/mnnc.2021.16108.

Авторы
Загрешенко Денис Сергеевич
Кандидат медицинских наук, доцент кафедры клинической лабораторной диагностики
Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования
Новокузнецк, Российская Федерация
zagreshenko@rambler.ru
ORCID 0000-0003-4309-664X

Климов Владимир Васильевич
Доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой иммунологии и аллергологии
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Томск, Российская Федерация
vlklimov54@gmail.com
ORCID 0000-0001-6673-7556

Собанина Юлия Александровна
Врач клинической лабораторной диагностики
Новокузнецкий филиал ГБУЗ «Кузбасский клинический онкологический диспансер имени М.С. Раппопорта»
Новокузнецк, Российская Федерация
yulya_sobanina@mail.ru

Екимовских Александр Владимирович
Врач клинической лабораторной диагностики
Медицинский клинический центр «Медика»
Новокузнецк, Российская Федерация
a.ekimovskikh@gm.clinic

Блынский Виталий Викторович
Врач дерматолог
Медицинский клинический центр «Медика»
Новокузнецк, Российская Федерация
vitalijblynskij5267@gmail.com

D.S. Zagreshenko[1], V.V. Klimov[2], Yu.A. Sobanina[3], A.V. Ekimovskih[4], V.V. Blynskiy[4]

THE CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN THE EXUDATES OF THE "SKIN WINDOW" IN IMMUNE-MEDIATED SKIN DISEASES

[1]Russian Medical Academy for Continuing Postgraduate Education, Novokuznetsk branch, Novokuznetsk, Russian Federation;
[2]Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation;
[3]Novokuznetsk branch of the Kuzbass Clinical Oncology Dispensary named after M.S. Rappoport, Novokuznetsk, Russian Federation;
[4]Medical Clinical Center "Medica", Novokuznetsk, Russian Federation;

Abstract. The structural integrity of the skin and the normal functional activity of the epidermal barrier and dermis, as well as the whole organism, depend on the availability of vitamins, macro- and microelements. 81 chemical elements are found in the human body, which are part of at least 2000 enzymes and are contained in different concentrations. Mineral deficiency does not manifest itself immediately, but it leads to serious disorders and the development of chronic conditions. Excessive mineral content also leads to disorders in various organs and systems. ***Aim***. To determine the concentration of potassium, zinc, copper, calcium, phosphorus, magnesium and iron in the exudates of the "skin window" and blood serum in atopic dermatitis, urticaria, psoriasis and scleroderma. ***Materials and methods***. 83 patients with atopic dermatitis, 93 patients with chronic urticaria, 99 patients with plaque psoriasis, 97 patients with limited scleroderma aged 18 to 55 years, of both sexes, were examined. The control group consisted of 42 practically healthy volunteer donors aged 18-35 years. The material for the study of macro- and microelements in the skin was the cell–free fraction of the exudate of the "skin window", at the systemic level – blood serum. The determination of elements in skin exudates and blood serum was carried out by photometric and potentiometric methods. ***Results***. In patients with all studied immuno-mediated skin diseases of different etiology and pathogenesis, the same type of changes in zinc content were detected in the cell-free exudate of the "skin window". In scleroderma, a special feature is an increased content of copper (2.9 (2.6-3.58) μmol/l, $p<0.05$) and phosphorus (0.31 (0.26-0.38) mmol/l, $p<0.05$) in the exudates of the "skin window", and in psoriasis– a decrease in calcium levels (0.24 (0.21-0.41) mmol/l, $p<0.05$) at the skin level. A statistically significant decrease in iron levels was detected in blood serum in psoriasis (12.6 (9.1-17.1) μmol/l, $p<0.05$) and in scleroderma (12.9 (9.55-17.9) μmol/l, $p<0.05$). ***Conclusion***. Violation of the homeostasis of biologically significant macro- and microelements at the skin level is an important component of the pathogenesis of immune-mediated skin diseases. The presence of topical features of the formation of the inflammatory process in the skin in psoriasis and scleroderma and similar pathogenetic pathways in all studied nosologies is shown. An increase in zinc content at the skin level in all studied nosologies, as well as specific features in scleroderma (increased copper and phosphorus content) and psoriasis (decreased calcium concentration) may be a prerequisite for subsequent pharmacological studies.

Keywords: "skin window", zinc, copper, calcium, phosphorus, atopic dermatitis, psoriasis, inflammasome

There is no conflict of interest.

Contact details of the corresponding author:
Denis S. Zagreshenko
zagreshenko@rambler.ru

Received: 08.05.2026
For citation: Zagreshenko D.S., Klimov V.V., Sobanina Yu.A., Ekimovskih A.V., Blynskiy V.V. The content of macro- and microelements in the exudates of the "skin window" in immune-mediated skin diseases. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki.=Journal of Ural Medical Academic Science. 2026, Vol.23, no. 3, pp. 344-355. DOI: 10.22138/2500-0918-2026-23-3-344-355 (In Russ)

Author Contributions

Conceptualization and study design (V.V.K.), data collection and processing (D.S.Z.), statistical analysis (A.V.E.), writing the text (V.V.B.), editing (Yu.A.S.).

REFERENCES

1. Global Atlas of Skin Allergy / Edited by Brockow K., Mortz C.G. European Academy of Allergy and Clinical Immunology. 2019. p. 299.
2. Clinical recommendations – Atopic dermatitis (approved by the Ministry of Health of the Russian Federation 27.06.2024). [Electronic resource]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/265_3 (accessed: 03.08.2026). (In Russ).
3. Mukhina Yu.G., Botkina A.S. Micronutrient deficiency in child's diet and skin condition. Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2011;(4): 110-117. (In Russ).
4. Panasenko L.M., Kartseva T.V., Nefedova Zh.V., Zadorina-Khutornaya E.V. The role of essential minerals in children's nutrition. Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2018;63(1): 122-127. doi: 10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127. (In Russ).
5. Bakhtina G.G., Lenko O.A., Sukhanova S.E. Human microelementoses and ways to correct their deficiency. Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2007;(4): 82-89. (In Russ).
6. Pogozheva A.V., Kodentsova V.M. On recommended consumption and provision of potassium and magnesium to the population. RMJ. 2020;(3): 8-12. (In Russ).
7. Matushevskaya E.V., Vladimirova E.V., Svirshchevskaya E.V. Atopic dermatitis and the role of zinc in maintaining the barrier properties of the skin. Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology. 2020;19(3): 297-304. doi: 10.17116/klinderma202019031297. (In Russ).
8. Jackson M.J. Physiology of zinc: general aspects. In: Zinc in Human Biology. Berlin: Springer-Verlag, 1989. p. 1-14.
9. Michaelsson G., Ljunghall K., Danielson B.G. Zinc in epidermis and dermis in healthy subjects. Acta Dermato-Venereologica. 1980;60: 295-299.
10. Trisvetova E.L. The role of zinc in human life. Meditsinskie novosti. 2021;(9): 37-42. (In Russ).
11. King J.C., Shames D.M., Woodhouse L.R. Zinc homeostasis in humans. Journal of Nutrition. 2000;130: 1360-1366. doi: 10.1093/jn/130.5.1360S.
12. Parakhonskiy A.P. The role of copper in the body and the importance of its imbalance. Natural-Humanitarian Studies. 2015;10(4): 73-84. (In Russ).
13. Manni M.L., Oury T.O. Commentary of "Copper chaperone for Cu, Zn-SOD supplement potentiates the Cu, Zn-SOD function of neuroprotective effects against ischemic neuronal damage in the gerbil hippocampus". Free Radical Biology and Medicine. 2005;39(3): 392-402.
14. Park S.K., Park H.J., Seok H., et al. Association study between monoamine oxidase A (MAOA) gene polymorphisms and schizophrenia: lack of association with schizophrenia and possible association with affective disturbances of schizophrenia. Molecular Biology Reports. 2014;41(5): 3457-3464. doi: 10.1007/s11033-014-3207-5.
15. Eskandani M., Golchai J., Pirooznia N., et al. Oxidative stress level and tyrosinase activity in vitiligo patients. Indian Journal of Dermatology. 2010;55(1): 15-19. doi: 10.4103/0019-5154.60344.
16. Arcucci A., et al. Analysis of extracellular superoxide dismutase in fibroblasts from patients with systemic sclerosis. Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents. 2011;25(4): 647-654. doi: 10.4081/ejh.2014.2383.
17. Gromova O.A., Torshin I.Yu., Tomilova I.K., et al. Calcium and collagen biosynthesis: a systematic analysis of the molecular mechanisms of action. RMJ. 2016;(15): 1009-1017. (In Russ).
18. Klimov V.V., Koshovkina T.V., Ratkin V.K., Denisov A.A. Method of diagnosis of allergic diathesis. Patent USSR No. 1534395. IPC G01N 33/48. application 26.06.1987; published 07.01.1990. (In Russ).
19. Zagreshenko D.S., Klimov V.V. Method for determining the concentration of zinc in the exudate of the "skin window". Patent RF No. 2798903. published 14.03.2023. (In Russ).
20. Zagreshenko D.S., Kukharev Ya.V., Klimov A.V., Klimov V.V., Rakhmanova M.M., Musina M.I., Shkatova A.N., Slezkin M.I., Hardikova S.A., Pestova V.V., Yakovenko I.S., Barkova I.Yu., Vagul A.R. Biomarkers of the general pathogenetic link of immune-mediated skin diseases. Journal of Ural Medical Academic Science. 2024;21(4): 377-389. doi: 10.22138/2500-0918-2024-21-4-377-389. (In Russ).

21. Martinon F., Burns K., Tschopp J. The inflammasome: a molecular platform triggering activation of inflammatory caspase and processing of proIL-beta. Molecular Cell. 2002;10: 417-426. doi: 10.1016/s1097-2765(02)00599-3.
22. Chen Y., Lyga J. Brain-skin connection: inflammation and skin aging. Inflammation and Allergy – Drug Targets. 2014;13: 177-190. doi: 10.2174/1871528113666140522104422.
23. Lee J.H., Cho D.H., Park H.J. IL-18 and cutaneous inflammatory diseases. International Journal of Molecular Sciences. 2015;16(2): 29357-29369. doi: 10.3390/ijms161226172.
24. Pirozhkov S.V., Litvitsky P.F. Inflammasome diseases. Immunologiya. 2018;39(2-3): 158-165. doi: 10.18821/0206-4952-2018-39-2-3-158-165. (In Russ).
25. Tang L., Zhou F. Inflammasomes in common immune-related skin diseases. Frontiers in Immunology. 2020;11: 882. doi: 10.3389/fimmu.2020.00882.
26. Lara-Reyna S., Caseley E.A., Topping J., et al. Inflammasome activation: from molecular mechanisms to autoinflammation. Clinical and Translational Immunology. 2022;11: e1404. doi: 10.1002/cti2.1404.
27. Grechneva E.V., Sharonova Yu.V. Systemic and localized scleroderma. Scientific Review. Biological Sciences. 2022;(2): 43-47. doi: 10.17513/srbs.1271. (In Russ).
28. Borzykh O.B., Schneider N.A., Karpova E.I., et al. Synthesis of collagen in the skin, its functional and structural features. Medical News of the North Caucasus. 2021;16(4): 443-450. doi: 10.14300/mnnc.2021.16108. (In Russ).

Authors
Denis S. Zagreshenko
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Clinical Laboratory Diagnostics
Russian Medical Academy for Continuing Postgraduate Education, Novokuznetsk branch Novokuznetsk, Russian Federation
zagreshenko@rambler.ru
ORCID 0000-0003-4309-664X

Vladimir V. Klimov
MD, Professor, Head of the Department of Immunology and Allergology
Siberian State Medical University
Tomsk, Russian Federation
vlklimov54@gmail.com
ORCID 0000-0001-6673-7556

Yulia A. Sobanina
Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics
Novokuznetsk Branch of the Kuzbass Clinical Oncological Dispensary named after M.S. Rappoport
Novokuznetsk, Russian Federation
yulya_sobanina@mail.ru

Alexander V. Ekimovskikh
Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics
Medical Clinical Center "Medica"
Novokuznetsk, Russian Federation
a.ekimovskikh@gm.clinic

Vitaly V. Blynsky
Dermatologist
Medical Clinical Center "Medica"
Novokuznetsk, Russian Federation
vitalijblynskij5267@gmail.com