



УДК 612.664.1:591.146

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МОЛОКА ЧЕЛОВЕКА И МЛЕКОПИТАЮЩИХ

© 2023 г. Ш. Ф. Каримова*, #, Г. О. Исмаилова*

*Ташкентский педиатрический медицинский институт, Узбекистан, 100140 Ташкент, ул. Богишамол, 223

Поступила в редакцию 03.09.2022 г.

После доработки 13.09.2022 г.

Принята к публикации 14.09.2022 г.

В обзоре описаны химический состав и свойства молока, значение молока для развития ребенка и формирования его отдельных органов и систем. Подробно рассмотрен химический состав молозива и зрелого молока; представлены подробные данные об отдельных компонентах молока: белках, жирах, углеводах, минеральных веществах, витаминах, ферментах; проведено сравнение химического состава молока человека и отдельных млекопитающих; дана характеристика таких биологически активных соединений, как гормоны и защитные факторы молока. В то время как женское молоко содержит большое количество различных компонентов (>400), соотношение которых меняется в зависимости от потребностей каждого конкретного ребенка, находящегося на грудном вскармливании, в состав молочных смесей самых передовых разработок входит всего 40–50 компонентов.

Ключевые слова: лактация, белки, углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины, ферменты молока, защитные факторы, гормоны

DOI: 10.31857/S0132342323060076, EDN: EXNGWS

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 611 |
| ЛАКТАЦИЯ | 612 |
| <i>Гуморальная регуляция</i> | 612 |
| <i>Нейрональная регуляция</i> | 612 |
| <i>Факторы, влияющие на лактацию</i> | 612 |
| СОСТАВ МОЛОКА | 613 |
| <i>Белки</i> | 615 |
| <i>Жиры</i> | 617 |
| <i>Углеводы</i> | 618 |
| <i>Минеральные вещества</i> | 618 |
| <i>Витамины</i> | 618 |
| <i>Ферменты</i> | 619 |
| <i>Защитные факторы</i> | 620 |
| <i>Циклические нуклеотиды (сАМР и сGMP)</i> | 620 |
| <i>Гормоны</i> | 620 |
| <i>Биологически активные вещества</i> | 623 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 624 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 624 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время доказано, что идеальная пища для новорожденного – грудное молоко. С молоком матери он получает белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины, иммуноглобулины, ряд физиологически важных веществ, в том числе факторы роста, гормоны, ферменты и другие необходимые для своего роста и развития компоненты. Материнское молоко не могут заменить никакие самые современные искусственные молочные смеси. Несмотря на то, что в производстве этих смесей используются добавки, приближающие их по химическому составу к материнскому молоку, они не могут выполнять те тонкие регуляторные функции, которые выполняют компоненты женского молока [1–4].

Содержащиеся в материнском молоке гормоны, ферменты, факторы роста и другие компоненты обеспечивают правильное развитие и формирование детского организма. Антитела, иммунные комплексы предохраняют младенца от болезнетворных микроорганизмов. Кроме того, грудное вскармливание, осуществляемое достаточно длительное время, снижает риск развития аллергических заболеваний [5–8].

В настоящем обзоре обобщены и систематизированы данные литературы о лактации и содержании в молоке белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов, ферментов, защитных факторов, гормонов; сопоставлен состав

Сокращения: АКТГ – адренкортикотропный гормон; ГЛ – гонадолиберин; ГР – гормон роста; КС – кортикостероиды; ПГ – простагландины; ПЛЧ – плацентарный лактоген человека; ПР – прогестерон; ПРЛ – пролактин; ТТГ – тиреотропный гормон; сАМР – циклический АМФ; ЭП – эритропоэтин; ЭФР – эпидермальный фактор роста.

Автор для связи: (тел.: +9 (9897) 727-71-84; эл. почта: kshf53@mail.ru).

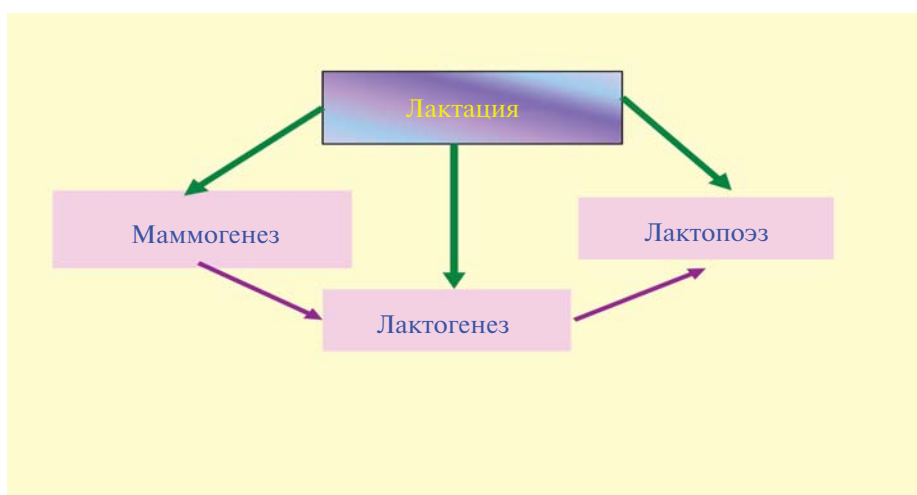


Рис. 1. Этапы лактационной функции.

женского и коровьего молока, являющегося основным субстратом для искусственных молочных смесей и прикорма; продемонстрирована уникальность состава женского молока, обеспечивающего всестороннее правильное развитие грудного ребенка.

ЛАКТАЦИЯ И ЕЕ РЕГУЛЯЦИЯ

Лактация (период вскармливания молоком) – сложный гормонально обусловленный физиологический процесс. Он протекает при участии всего материнского организма и обеспечивается совместным взаимодействием эндокринной системы матери (гипофиз, щитовидная железа, яичники, поджелудочная железа, надпочечники и др.) и ребенка. Формирование молочной железы начинается в период полового созревания и продолжается во время беременности и в течение всей жизни женщины [9, 10].

Суть лактации определяется четырьмя основными процессами (рис. 1): 1) маммогенез – развитие структуры молочной железы; 2) лактогенез – начало выработки молока после родов; 3) лактопоз – процесс поддержания лактации после того, как она уже началась; это стадия лактации, в которой происходят интенсивные секреторные реакции в молочных железах; 4) галактокинез – процесс выведения молока (молокоотдача), основная роль в котором принадлежит гормону окситоцину [9, 10].

Гуморальная регуляция

Синтез молока обеспечивается рядом гормонов. В этом процессе немаловажную роль играют прогестерон, пролактин, хорионический соматомаммотропин, тиролиберины, тироксин, инсулин и др. Пролактин необходим для нормального

развития молочных желез, синтеза молока и обеспечения лактации. Также он контролирует секрецию прогестерона и тормозит секрецию фолликулостимулирующего гормона, обеспечивая нормальный менструальный цикл [9, 10]. Выведению молока способствует окситоцин, стимулирующий сокращение миоэпителиальных клеток, окружающих ареолы и протоки молочной железы. Благодаря этому молоко, выработанное под воздействием гормона пролактина, выделяется из груди. На фоне лактации подавляется синтез гонадотропных гормонов, что связано с блокадой высвобождения гонадолиберина гипоталамуса. В это время происходит снижение уровня эстрогенов в крови, особенно прогестерона, а также наблюдаются изменения в выработке других гормонов [9, 10].

Нейронная регуляция

Нейронная регуляция лактации осуществляется за счет “сосательного” рефлекса (рис. 2), в основе которого лежит рефлекторная дуга: раздражение нервных окончаний соска → афферентный нейрон спинного ганглия → ассоциативно-эфферентные нейроны латерального и промежуточного ядер спинного мозга → эфферентные нейроны симпатических ганглиев → постганглионарные адренергические волокна → миоэпителиальные клетки концевых отделов молочных желез [10].

Факторы, влияющие на лактацию

На процесс лактации влияют многие факторы: здоровье женщины, ее питание во время беременности и в период кормления грудью, режимы дня, труда и отдыха. Пища матери в этот период должна содержать полноценные белки, углеводы, жиры, витамины и минеральные вещества. Осо-



Рис. 2. Регуляция лактации.

бое значение имеет поступление достаточного количества белка, используемого для образования ферментов, гормонов, иммуноглобулинов и др. [1, 2].

ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ МОЛОКА

Молоко — продукт молочных желез, предназначенный для питания новорожденного у любого животного из класса млекопитающих. У человека ребенок рождается крайне незрелым, его основные органы и иммунная система не полностью развиты. Для своего выживания младенец нуждается в грудном вскармливании. Вырабатываемое грудными железами молоко — это лучшая пища, обеспечивающая всестороннее правильное развитие новорожденного [11]. В нем есть все необходимые питательные вещества, в том числе ~7% (60–70 г/л) углеводов, ~1% (8–10 г/л) белка и ~4% (35–40 г/л) жира, витамины, соли и микроэлементы (~1%), вода (87%) в таких количествах и соотношениях, которые наиболее полно отвечают потребностям быстро растущего организма ребенка (табл. 1). Грудное молоко содержит не только необходимые для развития ребенка питательные вещества, но и широкий спектр микроорганизмов — бактерий, вирусов, простейших и грибов, образующих микробиом грудного молока. В молоке здоровых женщин доминируют молочнокислые бактерии *L. gasseri* и *L. fermentum*, обеспечивающие микробную колонизацию ЖКТ новорожденного, формирование иммунной системы и защиту от инфекционных заболеваний. Микробиом грудного молока формируется преимущественно из бактерий кишечника матери в результате их ак-

тивной миграции в молочные железы через лимфатическую систему и непосредственно влияет на состояние молочных желез при лактации [12].

В данном обзоре рассмотрен химический состав молока человека и сельскохозяйственных животных (корова, коза, кобыла, овца, буйволица) (табл. 1–6). В качестве продукта питания наиболее широко используется коровье молоко, следующее по частоте потребления — козье молоко. Также в некоторых регионах употребляют в пищу овечьё, кобылье, лосиное, оленьё молоко. В северных регионах в качестве альтернативы коровьему молоку используют молоко самок северного оленя, его отличает очень высокая калорийность. Это и логично в условиях сурового климата — жирность оленьего молока составляет >17%, содержание белка ~11%.

Для дополнительного вскармливания детей (в случае нехватки или отсутствия материнского молока) лучше использовать козье молоко [13]. Оно легче усваивается, жиры козьего молока отличаются от жиров других видов животных наличием большого количества каприновой и линолевой кислот, молекулы жира в козьем молоке мельче, что способствует лучшему его усвоению организмом ребенка. Белки козьего молока расщепляются быстрее и усваиваются лучше белков коровьего молока, что крайне важно для младенцев. Их аминокислотный состав близок к аминокислотному составу белков женского молока. Содержание железа в козьем молоке в 1.5 раза больше, чем в коровьем. Биодоступность железа и кальция из козьего молока значительно выше по сравнению с коровьим молоком. Козье молоко богато витаминами А, содержит больше железа и

Таблица 1. Химический состав и энергетическая ценность женского молока и молока некоторых видов животных (в среднем на 100 мл) [60, 61]

| Вид молока | Содержание, г | | | | Энергетическая ценность, ккал |
|------------|---------------|------|---------|-------------------------|----------------------------------|
| | белки | жиры | лактоза | минеральные вещества | |
| Женское | 1.1 | 4.2 | 7.0 | 0.2 | 70 |
| Коровье | 2.8 | 3.2 | 4.8 | 0.7 | 58 |
| Козье | 3.0 | 4.2 | 4.5 | 0.8 | 68 |
| Овечье | 5.6 | 7.7 | 4.8 | 0.8 | 111 |
| Кобылье | 2.3 | 1.0 | 5.8 | 0.4 | 41 |
| Верблюжье | 4.0 | 5.1 | 4.9 | 0.7 | 82 |
| Буйволиное | 4.0 | 7.8 | 4.8 | 0.8 | 105 |
| Ослиное | 1.9 | 1.4 | 6.2 | 0.5 | 46 |
| Оленье | 10.9 | 17.1 | 2.8 | 1.5 | 209 |

магния, чем коровье молоко. Козье молоко менее термоустойчиво (выдерживает 130°C в течение 19 мин), т.к. содержит больше ионизированного кальция. Продукция из козьего молока менее распространена из-за его относительной дороговизны, а также специфического вкуса и запаха [13].

В табл. 4 сопоставлен состав женского и коровьего молока. Как можно увидеть из представленных данных, содержание белков, жиров, углеводов и минеральных элементов в женском молоке и молоке отдельных млекопитающих отличается (эти различия будут подробно рассмотрены далее в соответствующих подразделах).

В сыром молоке женщин и других млекопитающих имеются ферменты, которые при попадании с молоком в пищеварительный тракт дополняют действие ферментов пищеварительных соков ребенка [14].

В молоко поступают и гормоны, которые принимают участие в обменных процессах, а также иммуноглобулины, которые покрывают незрелую поверхность кишечника новорожденных и тем самым образуют защитный слой, предохраняющий от инфицирования вирусами, бактериями и другими патогенными микроорганизмами, а также паразитами [4–7]. В то время как женское молоко содержит >400 различных компонентов, соотношение которых меняется в зависимости от потребностей каждого конкретного ребенка, в смесях самых передовых разработок всего 40–50 таких компонентов. Несмотря на существенные достижения в разработке и промышленном производстве современных молочных продуктов для детского питания, все еще существует разница в темпах физического развития, в частности ежемесячных ростовых прибавок, между детьми первого года жизни, находящимися на грудном и искусственном вскармливании [6–8].

Молоко матери – особая жидкость, выполняющая не только питательную функцию, но и защищающая ребенка от инфекций [15, 16]. Исследователями установлено, что дети, вскормленные грудью, к 7.5–8 годам значительно опережают по своему развитию детей, получавших молочные смеси [1, 8]. И чем дольше по времени ребенок находится на грудном вскармливании, тем выше показатели его интеллектуального развития. Кроме того, такие дети в 2 раза реже страдают нервными расстройствами, обладают более устойчивой психикой, лучше учатся в школе [1, 4].

В первые 2–3 дня лактации выделяется молозиво – секрет молочных желез, образующийся в последние дни беременности и в первые 3–5 дней после родов, далее оно сменяется переходным, а затем и зрелым молоком. Новорожденные дети не могут перерабатывать большое количество жидкости, поэтому молозиво выделяется в небольших количествах. Молозиво представляет собой желтоватую и более густую жидкость, чем зрелое молоко, и имеет специфический запах [17]. Молозиво отличается по физико-химическим свойствам от молока, по своему составу молозиво ближе к крови, чем к молоку, являясь важной промежуточной формой при переходе от парентерального питания плода к питанию женским молоком. Молозиво более калорийное, чем зрелое молоко, и содержит меньше углеводов, больше белков, жирорастворимых витаминов и минеральных веществ (табл. 5), таких как хлор, хром, цинк, фосфор, магний, калий, кальций, железо. Около половины белков молозива составляют глобулины. Молозиво содержит больше белых кровяных телец, иммуноглобулинов, лизоцима, лактоферрина, олигосахаридов и других защитных факторов, чем зрелое грудное молоко. Оно дает ребенку первую иммунную защиту от большинства вирусов и бактерий, с которыми ему придется столк-

нуться сразу после рождения и в дальнейшей внеутробной жизни [15, 16]. Иммуноглобулины не расщепляются пищеварительной системой младенца, поэтому они способны выполнять свои функции. Молозиво содержит также факторы роста белковой природы. Присутствующие в молозиве соли магния обладают послабляющим действием, активируют перистальтику, освобождают кишечник от первородного кала (мекония). К концу лактации молоко напоминает молозиво своим высоким уровнем иммуноглобулинов, они защищают отлучаемого от груди ребенка от инфекционных заболеваний. После 4–5 дней лактации у матери вырабатывается переходное молоко – по сравнению с молозивом, в нем меньше белка и минеральных веществ, а количество жира повышается (табл. 5). Одновременно увеличивается и объем вырабатываемого молока, что отвечает увеличивающимся потребностям растущего ребенка.

Через 2–4 недели выделяется зрелое молоко, которое имеет белый цвет и отличается большим содержанием жиров. После четырех недель содержание питательных веществ и соотношение ингредиентов в зрелом молоке в целом остается довольно стабильным. Однако состав зрелого молока в разные периоды лактации и в разные кормления продолжает варьировать [17, 18].

Таким образом, кормящую мать и вскармливаемого молоком ребенка можно рассматривать как взаимодополняющую пару, сообщающуюся иммунными факторами и системой сбалансированных питательных ингредиентов, которые направлены на удовлетворение всех потребностей грудного ребенка.

Белки

Общее количество белков в женском молоке составляет ~1%, что в 2–3 раза ниже, чем в коровьем молоке. Содержание казеина в начале лактации низкое (соотношение сывороточные белки/казеин 90 : 10), а в зрелом молоке становится выше (соотношение сывороточные белки/казеин 60 : 40). Казеин ответственен за связывание двух минеральных веществ – ионов кальция и фосфора. Казеин обеспечивает их поступление в организм новорожденных, где они могут использоваться для нормального роста и развития костной системы, синтеза гормонов, укрепления ногтей и волос, улучшения свертываемости крови, стимуляции нервной системы [14, 19, 20].

Кроме того, женское молоко содержит α -лактальбумины, лактоферрин, лизоцим, сывороточный альбумин (табл. 4) [1, 2, 7, 14, 18–20]. α -Лактальбумины активируют синтетазу лактозы, которая соединяет молекулы галактозы и глюкозы, образуя при этом дисахарид лактозу. α -Лакталь-

Таблица 2. Содержание минеральных веществ в молоке некоторых видов животных (на 100 г продукта) [62]

| Показатели | Содержание в молоке (сыром) | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------|--------|---------|------------|
| | коровье | козье | овечьё | кобылье | буйволиное |
| Зола, % | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.8 |
| Макроэлементы, мг | | | | | |
| Калий | 146 | 145 | 198 | 64 | 130 |
| Кальций | 122 | 143 | 178 | 89 | 174 |
| Магний | 14 | 14 | 11 | 9 | 23 |
| Натрий | 50 | 47 | 26 | – | 47 |
| Нитраты | 0.04 | – | – | – | – |
| Сера | 29 | – | – | – | – |
| Фосфор | 92 | 89 | 156 | 54 | 109 |
| Хлор | 110 | 35 | 76 | – | 68 |
| Микроэлементы, мкг | | | | | |
| Железо | 67 | 100 | 92 | 61 | 54 |
| Иод | 16 | 11 | 16 | – | – |
| Кобальт | 0.8 | – | 5.0 | 1.4 | 0.9 |
| Марганец | 6 | 17.2 | 11 | 2.9 | 17 |
| Медь | 12 | 20 | 13 | 22 | 20 |
| Молибден | 5 | – | 8 | – | 2 |
| Олово | 4 | – | – | – | – |
| Селен | 2 | – | – | – | – |
| Фтор | 29 | – | – | – | 19 |
| Хром | 2 | – | – | – | – |
| Цинк | 457 | – | 500 | – | 575 |

Примечание. Зола – несгорающий остаток, образующийся из минеральных примесей при полном сгорании.

бумин прочно связывает ионы цинка и кальция, что обуславливает бактерицидную и противоопухолевую функцию данного белка [21]. Также было показано, что при расщеплении α -лактальбумина образуются мелкие пептиды с различными функциями, включая ингибирование роста патогенов, стимулирование роста бифидобактерий, модулирование иммунной системы и стимулирование абсорбции минералов. α -Лактальбумины и β -глобулины синтезируются в молочных железах, а лактоферрин и иммуноглобулины проникают из крови. В женском молоке содержится большое количество иммуноглобулинов (они будут описаны ниже, в подразделе о защитных факторах).

В коровьем молоке больше белка казеина (76–86% от общего белка). В женском молоке он находится в форме β -казеина, а в коровьем – в форме α -казеина. В коровьем молоке содержится ~40 белков, которые могут выступать аллергенами для человека. С учетом физико-химических свойств их разделяют на казеины (80% белков молока) и сывороточные белки (20%). Сыворотка содержит

Таблица 3. Содержание витаминов в молоке некоторых видов животных (на 100 г продукта) [62]

| Витамин | Содержание в молоке | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|-------|--------|---------|------------|
| | коровье | козье | овечье | кобылье | буйволиное |
| Витамин А, мг | 0.025 | 0.06 | 0.05 | 0.02 | 0.06 |
| Каротин, мг | 0.015 | 0.04 | 0.01 | 0.03 | — |
| Витамин D, мкг | 0.05 | 0.06 | — | — | — |
| Витамин E, мг | 0.09 | 0.09 | 0.18 | — | 0.20 |
| Витамин C, мг | 1.50 | 2.00 | 5.00 | 0.40 | 2.50 |
| Витамин B6, мг | 0.05 | 0.05 | — | 0.03 | 0.02 |
| Витамин B12, мкг | 0.40 | 0.10 | 0.50 | 0.35 | 0.32 |
| Биотин, мкг | 3.20 | 3.10 | 8.10 | 1.00 | — |
| Пантотеновая кислота (витамин B5), мг | 0.38 | 0.30 | 0.41 | 0.25 | 0.34 |
| Рибофлавин (витамин B2), мг | 0.15 | 0.14 | 0.35 | 0.04 | 0.13 |
| Тиамин (витамин B1), мг | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 0.06 |
| Холин, мг | 23.60 | 14.20 | 30.00 | — | — |

Таблица 4. Сопоставление состава женского и коровьего молока (в расчете на 100 мл) [62]

| Компонент | Содержание в молоке | |
|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | женское | коровье |
| Белки, г, | 0.9–1.0 | 2.8–3.2 |
| в том числе: | | |
| казеин, мг | 260 | 2600 |
| сывороточные белки, мг | 700 | 670 |
| α -лактальбумин, мг | 26 | 120 |
| лактоферрин, мг | 170 | 0 |
| лизозим, мг | 50 | 0 |
| иммуноглобулины, мг | 105 (95% IgA) | 66 (90% IgG) |
| β -лактоглобулин, мг | 0 | 30 |
| Жир, г | 3.9–4.5 | 3.0–3.5 |
| ПНЖК/НЖК | 0.4 | 0.04 |
| Соотношение ω -6/3 | 8 : 1 | 0.9 : 1 |
| Углеводы, г | 6.8–7.2 (β -лактоза) | 4.5 (α -лактоза) |
| Натрий, мг | 18 | 77 |
| Калий, мг | 45.5 | 143 |
| Кальций, мг | 25.5 | 120 |

преимущественно глобулярные белки, β -лактоглобулин и α -лактальбумин, лактоферрин и иммуноглобулины. β -Лактоглобулина в женском молоке нет [14]. Аллергенность белка β -лактоглобулина коровьего молока недостаточно изучена. При кормлении детей коровьим молоком у них могут образовываться IgE-антитела к β -лактоглобулинам и частично к α -лактальбуминам, что может быть возможной причиной аллергии к белкам коровьего молока [13].

Содержание аминокислоты цистеина, а также таурина в женском молоке выше, чем в коровьем молоке. Таурин необходим для соединения солей желчи в процессе пищеварения. В центральной нервной системе он участвует в регуляции проведения нервного импульса или его торможении. Таурин гиперполяризует нейроны и подавляет их возбуждение, он также необходим для развития сетчатки глаза и особенно для нормального развития недоношенных детей.

Таблица 5. Основной состав молозива (в разные дни лактации), переходного и зрелого женского молока (в расчете на 100 мл)

| Показатель | Содержание в молоке | | | |
|---------------------|---------------------|-----------|-------------------|---------------|
| | молозиво | | переходное молоко | зрелое молоко |
| | 2–3-й дни | 4–5-й дни | 6–7-й дни | |
| Белки, г | 5–6 | 2.0–2.5 | 1.5–2.1 | 1.0–1.5 |
| Жиры, г | 2 | 4 | 3.5–4.0 | 4.0–4.5 |
| Углеводы, г | 4.5 | – | – | 6.5–7.5 |
| Минеральные соли, г | 0.4–0.5 | – | – | 0.2–0.3 |
| Витамин А, мг | 0.16 | – | 0.09 | 0.06 |
| Витамин Е, мг | 1.5 | – | 0.9 | 0.2 |
| Калорийность, ккал | 80–150 | 70–75 | 60.5–67.5 | 65–70 |

Белки молока, у которых состав и соотношение незаменимых аминокислот сходны с таковыми у новорожденного, очень хорошо усваиваются. Наиболее благоприятное качество и количество белка в женском молоке влияет на заселение кишечника “правильной” микрофлорой, способствует оптимальному всасыванию минеральных веществ (особенно железа, кальция, цинка), а также формирует здоровье ребенка ко взрослому периоду, снижая вероятность развития ожирения, диабета, гипертонии в их дальнейшей жизни.

Жиры

Количество жиров в молозиве составляет 2%, а в зрелом молоке – до 4.0–4.5% (табл. 5). Известно, что на протяжении кормления состав грудного молока меняется. “Переднее” молоко ребенок высасывает в начале кормления. Это водянистое молоко, богатое протеином, лактозой, витаминами, минералами и водой. “Заднее” молоко ребенок получает в конце кормления. Оно более белое, т.к. содержит больше жиров. Жиры повышают калорийность “заднего” молока и составляют более половины его состава. Для роста и развития ребенка требуется как “переднее”, так и “заднее” молоко [2, 14, 22]. Основные жиры женского молока – триглицериды, 1,2-диацилглицерины, моноацилглицерины, гликолипиды, фосфолипиды, жирные кислоты, стеролы. Жирнокислотный состав характеризуется относительно высоким содержанием незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), концентрация которых в женском молоке в 12–15 раз выше, чем в коровьем. ПНЖК – это предшественники арахидоновой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот, являющихся важными компонентами клеточных мембран. Из них образуются различные классы простагландинов, лейкотриенов и тромбоксанов. Они необходимы также для мие-

линизации нервных волокон и формирования сетчатки глаз.

Жиры женского молока перевариваются легче, чем жиры коровьего молока, т.к. они в большей степени эмульгированы. Кроме того, в грудном молоке содержится фермент липаза, которая участвует в переваривании жирового компонента молока, начиная с ротовой полости. Активность липазы в женском молоке в 20–25 раз выше активности липаз, содержащихся в свежем коровьем молоке [2, 11, 14, 22]. Высокая усвояемость жиров обеспечивается также более высоким рН в желудке новорожденных детей (4.5–5.0). Коэффициент усвоения жиров женского молока на 1-й неделе жизни составляет 90%, а коровьего – лишь 60%. Под влиянием липаз, содержащихся в женском молоке, ~25% жиров гидролизуются уже в желудке младенца, до поступления их в тонкий кишечник. Цепи жирных кислот содержат 4–22 углеродных атомов, что важно для нормального

Таблица 6. Содержание витаминов в зрелом женском молоке (в расчете на 100 мл) [26, 27]

| Витамин | Содержание |
|---------------------------------------|-------------|
| Тиамин (витамин В1), мкг | 15.4–33.8 |
| Рибофлавин (витамин В2), мкг | 48.5–71.0 |
| Ниацин (витамин РР), мкг | 220–670 |
| Пантотеновая кислота (витамин В5), мг | 0.18–0.23 |
| Пиридоксин (витамин В6), мкг | 2–6 |
| Аскорбиновая кислота (витамин С), мг | 2–6 |
| Кобаламины (витамин В12), мкг | 0.023–0.110 |
| Фолиевая кислота (витамин В9), мкг | 4.1–6.8 |
| Ретинол (витамин А), мкг | 55 |
| 25(ОН) витамин D, IU | 5 |
| Токоферол (витамин Е), мг | 0.43 |
| Витамин К, мкг | 0.1–0.5 |

состояния желудочно-кишечного тракта (низшие жирные кислоты могут оказывать раздражающее воздействие на кишечник). Холестерин составляет основную часть стеролов в молозиве и молоке. Он необходим для нормального развития организма, особенно головного мозга. Его в 6 раз больше в грудном молоке, чем в молочных смесях. Вместе с жирами ребенок получает жирорастворимые витамины А, D, E и K.

Углеводы

Основная функция углеводов пищи – обеспечение организма энергией. Потребность в них у новорожденных определяется возрастом и энергетическими тратами организма. Углеводы в женском молоке содержатся в количестве ~7%, основной их представитель – β -лактоза, которая, расщепляясь, пополняет 40% энергетических нужд ребенка. В коровьем молоке содержится ~4.5% α -лактозы. Кроме того, лактоза женского молока вместе с поли- и олигоаминосахарами (β -галактозидфруктоза), количество которых в женском молоке в 40 раз выше, чем в молоке коров, влияет на пищеварительные процессы и формирует характерную для ребенка микрофлору кишечника (в основном бифидофлору). Продукты расщепления лактозы используются для синтеза галактолипидов, ганглиозидов, цереброзидов, необходимых для правильного развития нервной системы новорожденного, построения ферментов в его организме, они также улучшают всасывание кальция, магния, марганца. Часть лактозы доходит до толстой кишки, где она вместе с β -галактозидфруктозой молока обеспечивает необходимую среду для размножения полезной бифидо- и лактофлоры, а также оказывает влияние на формирование мягкого регулярного стула. Бифидобактерии, в свою очередь, подавляют рост кишечной палочки и других патогенных возбудителей и создают более низкую кислотную среду в кишечнике (~рН 5.1–5.4 против рН 5.9–7.3 у детей, вскармливаемых исключительно молочными смесями) в течение первых шести недель. Бифидобактерии участвуют в синтезе отдельных витаминов группы В и веществ, сходных с антибиотиками. Микрофлора кишечника у детей на питании искусственными смесями характеризуется большим разнообразием. В ней преобладает кишечная палочка и заметно меньше молочнокислых бактерий [2, 3, 14, 23, 24].

Другая важная функция поли- и олигоаминосахаридов женского молока – способность влиять на формирование соответствующей иммунной реакции к поступлению чужеродных белков в организм новорожденного и возможность избежать формирования пищевой непереносимости к ним [25].

В женском молоке наряду с белками, жирами и углеводами содержатся витамины, минеральные вещества, ферменты и другие компоненты. Рассмотрим их более подробно.

Витамины

Количество витаминов в женском молоке широко варьирует в зависимости от здоровья матери, питания и времени года. В молоке присутствуют практически все витамины, имеющиеся в организме женщины в период лактации [26, 27]. Концентрация витаминов в молоке млекопитающих колеблется в довольно широких пределах (табл. 3, 5, 6). Оценка витаминного состава грудного молока затруднена тем, что для определения количества витаминов используют разные методы определения и единицы измерения их концентрации (мкмоль/л, мкг/л, мкг/мл), поэтому статистические данные представляют в виде средних значений. Содержание витаминов А, В1, В2, В6 и D варьирует в материнском молоке в зависимости от их содержания в рационе женщины и ее обеспеченности этими микронутриентами, а также срока лактации и времени года. Так, если осенью обеспеченность витамином С, каротиноидами улучшается благодаря высокому потреблению свежих овощей и фруктов, то дефицит в рационе витаминов группы В (источник которых – продукты животного происхождения) сохраняется. Крайне низкое содержание витамина К в материнском молоке не зависит от его содержания в рационе матери, поэтому в некоторых случаях, чтобы избежать геморрагических заболеваний у новорожденных, рекомендуются инъекции этого витамина новорожденным [26, 27]. Оценка обеспеченности витамином D кормящих матерей и их детей в зависимости от дозы принимаемого витамина показала, что прием кормящими матерями витамина D необходим для обеспечения достаточного для младенца количества этого витамина в грудном молоке. Профилактика рахита должна проводиться путем назначения витамина D детям, находящимся на грудном вскармливании, либо кормящим матерям. Оптимизация витаминного статуса кормящей матери и, следовательно, качества выделяемого молока, – это естественный и безопасный способ улучшения обеспеченности витаминами грудных детей.

Минеральные вещества

Поступление минеральных элементов в молоко связано с периодом лактации, сезоном года и питанием [2, 28, 29]. Они участвуют как в образовании костной ткани, так и в регуляции важнейших обменных процессов в организме. Сравнительный анализ собранных материалов показал достаточно широкий количественный диапазон

содержания минеральных элементов в молоке. Так, содержание цинка может колебаться в диапазоне 3.09–6.48 мг/кг, меди – в диапазоне 0.83–1.73 мг/кг [28]. Кроме того, показано, что содержание цинка, меди и калия в молоке снижается в течение первых 6 месяцев, а лактозы, жира, кальция и магния остается таким же, как и на более ранних стадиях лактации [28].

Минеральные элементы подразделяют на макро- и микроэлементы. Содержание отдельных минеральных элементов в женском молоке и молоке некоторых видов животных представлено в табл. 2 и 4.

Макроэлементы. Основные макроэлементы молока – натрий, калий, кальций, магний, фосфор и хлор. Кальций и фосфор участвуют в формировании костной ткани. Процессы их всасывания из кишечника и участие в процессе минерализации костной ткани идут одновременно. Кроме того, кальций участвует в передаче нервных импульсов, сокращении мускулатуры, в реакциях свертывания крови и др. Коровье молоко богато калием и кальцием: на 100 мл продукта приходится по 146 и 122 мг этих элементов соответственно. Около 22% всего кальция прочно связано с казеином, остальные 78% составляют фосфаты и цитраты. Хлора содержится 110 мг, фосфора – 92 мг; содержание хлоридов в молоке коров колеблется в диапазоне 80–110 мг, содержание натрия составляет 50 мг, серы – 29 мг, магния – 14 мг в 100 г молока [2, 27, 28].

Содержание кальция в женском молоке варьирует в диапазоне 25–35 мг на 100 мл, фосфора – в диапазоне 13–16 мг (его содержание гораздо более постоянно). Соотношение кальция к фосфору составляет 2 : 1. При грудном вскармливании дети в первые месяцы жизни получают в среднем в сутки 0.135 г натрия и 0.45 г калия.

Содержание большинства минеральных веществ в женском молоке по сравнению с этим же показателем у животных меньше зависит от поступления с пищей, т.к. их дефицит приводит к снижению выведения этих элементов с мочой. Коэффициент усвоения кальция женского молока составляет >60%, а коровьего молока – лишь 20%, таким образом, более высокая доступность кальция женского молока будет способствовать стимуляции процессов минерализации костной ткани у новорожденных. Более того, нужно учесть влияние витамина D, активность которого в женском молоке выше, чем в коровьем. Особую ценность имеет железо, которое занимает промежуточное место между макро- и микроэлементами. Его количество в женском молоке составляет 0.2–0.8 мг/л, в коровьем молоке – в 2–3 раза меньше. Как правило, железодефицитной анемии у детей в ранний период грудного вскармливания не наблюдается. Это связано с тем, что вса-

сывание железа в женском молоке достигает 70%. В коровьем же молоке этот показатель составляет 30%, а в заменителях грудного молока – лишь 10% [29].

Микроэлементы. В молоке содержатся микроэлементы: медь, цинк, кобальт, марганец, иод, фтор, селен, свинец и некоторые другие.

В молоке коров (в расчете на 100 мл) наблюдается высокое содержание цинка (457 мкг). Других микроэлементов содержится меньше: алюминия – 50 мкг, фтора – 29 мкг, стронция – 17 мкг, олова – 4 мкг, меди – 12 мкг, марганца (6 мкг). Еще ниже содержание иода – 16 мкг, молибдена – 5 мкг, селена и хрома – по 2 мкг, кобальта – в пределах 1 мкг. Содержание цинка в женском молоке ниже, чем в коровьем, но его все же достаточно для удовлетворения потребности грудного ребенка. Содержание кобальта и меди в женском молоке составляет 0.04–0.08 мкг/% и 0.05 мг/% соответственно. Кобальт входит в состав витамина B12 (кобаламина), который у коров, в отличие от людей, синтезируют микроорганизмы рубца [28, 30]. Недостаток кобальта и, как следствие витамина B12, особенно остро ощутим в период активной клеточной пролиферации, в частности в системе кроветворения [30]. Молодой организм наиболее чувствителен к недостатку кобальта, поскольку резерв витамина B12 в его печени еще мал. Дефицит меди приводит к снижению биологической доступности железа, депонированного в печени [30]. Со временем это становится причиной изменения гематологических показателей, что проявляется в форме гипохромной микроцитарной анемии. Цинк входит в состав многих металлосодержащих ферментов, участвующих в обмене углеводов, белков, липидов и нуклеиновых кислот. Селен действует как мощный иммуностимулятор. В молоке селен препятствует накоплению продуктов перекисного окисления липидов.

В настоящее время стали популярны растительные аналоги молока (соевое, рисовое, овсяное, миндальное, кокосовое), однако следует отметить, что они проигрывают молоку животных по содержанию как макро- и микроэлементов, так и других веществ, а их употребление рассматривается скорее как вынужденная мера при различных видах аллергии [29].

Ферменты

В связи с низкой секрецией ферментов пищеварительных желез для грудных детей особое значение имеют ферменты женского молока, которые улучшают переваривание и усвоение основных пищевых веществ. Часть из них синтезируется в клетках молочной железы, а другие продуцируются микроорганизмами молока [14, 21, 28].

Из ферментов в молоке присутствуют липаза, лактаза, фосфатаза, редуктаза, пероксидаза, каталаза, трипсин, лизоцим, γ -глутамилтрансфераза, рибонуклеаза и др. [14, 24, 28]. В период грудного вскармливания ребенка в его пищеварительном тракте кооперируются два типа пищеварения: собственное (гидролазами ребенка) и аутолитическое (гидролазами, полученными ребенком с материнским молоком).

Защитные факторы

Немаловажное значение имеет состояние защитной системы молока, с помощью которой ребенок после родов адаптируется к “миру микробов” [21, 31].

Помимо формируемой собственной активной защиты и наряду с пассивно переданными через плаценту антителами, новорожденный получает дополнительно, через материнское молоко, еще и другие защитные факторы, участвующие в антиинфекционной устойчивости ЖКТ новорожденных. Защитные функции женского молока определяются содержащимися в нем клеточными и гуморальными факторами.

К клеточным факторам относятся макрофаги, лизоцим (~0.4–0.5 г/л), лактоферрин, лимфоциты (0.5–10 млн клеток в 1 мл молозива), нейтрофилы, гранулоциты, эпителиальные клетки, бифидум-фактор и др. По мере перехода молозива в зрелое молоко их концентрация снижается. Лизоцим – мощный фактор неспецифической защиты [32, 33], в молоке он находится в более устойчивой форме, чем в крови. Лактоферрин – белок, связанный с железом, его содержание составляет 2–6 г/л. Он играет особую роль в обеспечении антимикробной активности женского молока [14, 31]. Кроме того, обнаружены интерфероны, обладающие противовирусной активностью. В зрелом молоке содержится также антистафилококковый фактор, обеспечивающий защиту от вирулентных штаммов стафилококка.

В женском молоке присутствуют все компоненты системы комплемента, участвующие в реализации гуморальной защиты организма от действия чужеродных агентов. Система комплемента – это каскад из 20 протеолитических ферментов плазмы крови, обеспечивающих иммунную реакцию в ответ на взаимодействие антигена с антителом. Эта система отвечает за фагоцитоз, разрушение чужеродных бактерий [32, 33].

Специфический гуморальный иммунный ответ осуществляется также благодаря образованию антител плазматическими клетками в ответ на антигенную стимуляцию В-лимфоцитов. Антитела представляют собой иммуноглобулины, относящиеся к γ -фракции сывороточных белков. Молоко содержит иммуноглобулины всех пяти типов

(IgG, IgM, IgD, IgE, IgA) [21]. Антитела молока обеспечивают, таким образом, специфическую защиту от сапрофитических и энтеропатогенных эшерихий, шигелл, энтеровирусов, кокковой флоры и других микроорганизмов, в том числе вызывающих такие заболевания, как полиомиелит, пневмонию, дизентерию, кандидозы и др. В наиболее высокой концентрации IgA содержится в молозиве (3 г/%), в зрелом молоке концентрация IgA снижается до 1 г/%, но даже к концу лактации удается обнаружить этот белок в молоке [21]. Таким образом, новорожденный, вскармливаемый молоком матери, в первые часы жизни получает большое количество материнского IgA, который в молоке обладает устойчивостью к изменениям pH и действию протеаз пищеварительного тракта и тем самым обеспечивает основательную иммунологическую защиту поверхности слизистой оболочки. Поэтому вскармливаемые грудью дети значительно реже болеют кишечными инфекциями, даже в неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях, по сравнению с детьми на искусственном вскармливании. В основе защитного действия IgA лежит его антимикробное свойство, благодаря которому бактерии не абсорбируются в кишечнике, тем самым их патогенность не проявляется. Отсутствие IgA в молоке критично для новорожденного, поскольку выработка собственных иммуноглобулинов у него практически отсутствует.

Циклические нуклеотиды (сАМР и сGMP)

В молоке также обнаружены циклические нуклеотиды (сАМР и сGMP) [2, 14]. Содержание сАМР изучали в молоке женщин и крыс, а также в желудочном содержимом крысят. Средние концентрации сАМР и сGMP в экстрактах цельного молока женщин составляли 83.3 и 15.1 нмоль/мл соответственно; концентрация сАМР в молоке крыс – 128 нмоль/мл, а в желудочном содержимом крысят – 84.0 нмоль/мл; уровень сАМР в плазме крови крыс и крысят – 23 и 27 нмоль/мл соответственно.

Роль циклических нуклеотидов у новорожденных пока не выяснена.

Гормоны

В настоящее время доказано присутствие в молоке целого ряда гормонов [34, 35]. Из гормонов гипоталамуса в молоке выявлены тиреолиберин, гонадолиберин, соматостатин. Их концентрация в молоке равна или больше таковой в сыворотке крови. Наличие этих гормонов, поступивших в организм новорожденного, по-видимому, предохраняет от повышенной нагрузки его незрелую гипоталамо-гипофизарную систему [36].

Из гипофизарных гормонов в молоке различных видов млекопитающих обнаружены гормон роста, адrenокортикотропный гормон, пролактин, гонадотропины, тиреотропный гормон и окситоцин [34, 35, 37]. Также выявлены половые и тиреоидные гормоны, инсулин, кальцитонин и др. [35, 38–40].

В молоке обнаружены простагландины, цитокины, эритропоэтин, эпидермальный фактор роста [34, 35, 41, 42].

В настоящее время остается открытым вопрос о роли поступивших с молоком гормонов и биологически активных веществ в развитии потомства. Концентрация гормонов в молоке различается в зависимости от вида млекопитающего, времени суток, периода лактации, частоты кормлений и других факторов. У животных имеет значение и величина помета.

Гонадолиберин (GnRH). В молоке женщин, коров и крыс GnRH определяется в концентрации 0.1–3.0 нг/мл, что заметно превышает его количество в сыворотки крови [36]. Этот факт свидетельствует об определенной физиологической роли в высвобождении гонадотропинов у новорожденных, находящихся на грудном вскармливании. Высокая концентрация GnRH в молоке подразумевает особый механизм его накопления, а также ставит вопрос о возможной экстрагипоталамической природе этого пептида. В продуктах детского прикорма этот гормон отсутствует.

Тиролиберин (TrRH). В женском молоке TrRH содержится в диапазоне 0.25–1.5 нг/мл. Скорость расщепления TrRH в молоке в 5 раз ниже, чем в крови. У новорожденного ребенка TrRH стимулирует синтез тиреотропина и тиреоидных гормонов [34, 35].

Тиреотропный гормон (TSG). Установлено, что TSG присутствует в молоке женщин и крыс, среднее содержание TSG в женском молоке составляет 156 нг/мл. Уровень TSG в молоке зависит от изменений тиреоидной функции женщины в период лактации. Концентрация TSG в крови крыс составляет 219 нг/мл, в молоке крыс – 156 нг/мл [34, 35].

Адrenокортикотропный гормон (ACTH). ACTH, имеющийся в молоке крыс в период лактации, поступает из кишечника сосунка в кровь в биологически активной форме и влияет на функцию надпочечников [34, 35].

Гормон роста (GH). Выявлено наличие GH в молоке женщин и крыс. В конце беременности его концентрация в секрете молочной железы женщин составляет 21.7 мкЕд/мл, а в молозиве 4 мкЕд/мл [34, 35].

Пролактин (PRL). Изучению содержания PRL в молоке различных млекопитающих (женщин, крыс, коз, коров и овец) и влияющих на него факторов посвящено множество исследований [34].

Концентрация PRL в молоке разных видов млекопитающих колеблется в диапазоне 5–200 нг/мл. Показано, что у животных она зависит от времени лактации и численности помета. Содержание PRL в молоке крыс увеличивается ко 2–3-му дню лактации до 230 нг/мл, к 6-му дню оно заметно снижается до 140 нг/мл и сохраняется на этом уровне до окончания лактации. Концентрация PRL в молоке женщин составляет в среднем 30 нг/мл. Выявлена отрицательная корреляционная связь между концентрацией PRL в грудном молоке и антропометрическими показателями потомства, а также наступлением периода полового созревания [34]. Была выдвинута гипотеза о том, что PRL материнского молока – это физиологический сдерживающий фактор для несвоевременно раннего повышения массы тела и преждевременного полового созревания потомства [34].

Кортикостероиды (KS). KS выявлены в молоке женщин, коров и крыс [43]. В молоке женщин глюкокортикоиды присутствуют в относительно низкой концентрации, так что их общее количество, поступающее с молоком ребенку, можно считать физиологически незначительным. Синтетические глюкокортикоиды, введенные в умеренных дозах кормящим матерям с терапевтической целью, также оказываются в малом количестве в молоке. Известно, что содержание KS в крови животных одного вида значительно варьирует в зависимости от возраста индивидуума, условий существования, времени года и, кроме того, подчиняется определенному суточному ритму.

Кортизол. Кортизол часто называют гормоном стресса. В молозиве концентрация кортизола достигает высоких уровней, но быстро снижается, и по мере продолжения грудного вскармливания кортизол содержится в молоке в более низких концентрациях [43]. Уровни кортизола в молоке могут влиять на количество секреторного иммуноглобулина А (sIgA). Таким образом, высокие уровни стресса и кортизола могут нарушать защитно-иммунные свойства молока. Научное сообщество не обладает точными сведениями о роли кортизола в молоке, но есть предположения, что у младенцев он может участвовать в контроле движения жидкостей и солей в пищеварительном тракте, в росте поджелудочной железы ребенка, а также помогать ребенку справляться с хроническим стрессом.

Альдостерон. Альдостерон содержится в женском молозиве в концентрации 548.8 пг/мл, по мере созревания молока его концентрация снижается в 2 раза. По мнению исследователей, альдостерон может оказывать влияние на всасывание натрия в ЖКТ младенцев [34].

Половые гормоны. Из стероидных гормонов в молоке различных млекопитающих выявлены

прогестерон, прегнандиол, 17-кетостероиды, эстрогены.

Первоначально эти гормоны в молоке изучали для нужд ветеринарии [34, 35]. Так, для раннего наступления беременности у коров рекомендуется поддерживать высоких концентраций прогестерона в молоке в течение 19 дней или более после отела. Показано, что у них концентрация прогестерона в молоке в 2–4 раза выше, чем в плазме крови [34, 35].

У женщин уровень прогестерона в секрете молочной железы в конце беременности составляет 148 нг/мл, а сразу после родов (24 ч) снижается до 25 нг/мл.

Эстрогены. В настоящее время известно, что содержание эстрогенов зависит от времени года и жирности молока. Большая часть эстрогенов молока находится в конъюгированной форме. Содержание эстрогенов в молоке женщин в течение первых нескольких недель лактации намного превышает таковое в коровьем молоке [34, 35].

Прегнандиол. Вероятно, этот стероид не присутствует в каком-либо ощутимом количестве в молоке коров, однако имеется в молоке женщин. Неонатальную желтуху новорожденных связывают с наличием этого стероида в женском молоке. Этот тип неонатальной желтухи легко обратим и пропадает сразу, как только новорожденного переводят на питание прикормом из коровьего молока [34, 35].

Андрогены. Андрогены изучены в молоке женщин и коров [34, 35], соотношение свободного и конъюгированного тестостерона в молоке, как и в плазме, составило 1 : 1.

Тиреоидные гормоны. Тиреоидные гормоны играют ведущую роль в обмене веществ. Данные об уровне Т3 и Т4 в женском, крысином и коровьем молоке широко варьируют [34, 35, 38–40]. Концентрация Т4 и Т3 в молоке женщин и приматов составила 1.3 мкг% и 301 нг%, а в сыворотке крови – 3 мкг% и 204 нг% соответственно. Кроме того, при исследовании женского молока было выявлено, что уровень этих гормонов значительно возрастает с увеличением срока лактации, по мере перехода от молозива к зрелому молоку. Наряду с исследованиями молока человека и крысы был проведен анализ коровьего молока и продуктов детского прикорма, изготавливаемых на его основе. Оказалось, что содержание Т4 в коровьем молоке и продуктах детского прикорма предельно низкое. Этот факт положил начало целому ряду исследований уровня тиреоидных гормонов в молоке и выяснению их роли в развитии новорожденных с разным тиреоидным статусом. Т4, поступающий в ЖКТ новорожденных с молоком матери, преодолевает гастроинтестинальный барьер, попадает в кровеносное русло ребенка, включается в тиреоидный баланс и обменные

процессы развивающегося организма и играет важную роль в формировании ферментных систем пищеварительного тракта [34, 35, 39–41].

Плацентарный лактоген человека (hPL). Было определено количество hPL у беременных женщин. В секрете молочной железы его содержится в 10 раз меньше, чем в сыворотке крови. Концентрация hPL снижается во время родов и через 24 ч достигает минимальных значений [44].

Инсулин. Концентрация инсулина в секрете молочной железы в конце беременности составляет 114.6 нг/мл, после родов она значительно снижается и к 5-му дню после родов достигает 21 нг/мл. У женщин, которые прекратили грудное вскармливание, концентрация инсулина в молоке увеличивается до 56 нг/мл. Показано, что содержание инсулина в молоке женщин, свиней и коров соответствует таковому в сыворотке крови. Столь значительное количество инсулина в молоке позволяет предположить, что он играет определенную физиологическую роль в развитии новорожденного [45, 46].

Кальцитонин. Иммунореактивный кальцитонин обнаружен в молоке женщин в концентрации 1.3 нг/мл, что в 10–40 раз больше, чем в сыворотке крови. Наиболее высокое его содержание обнаружено в молозиве, затем оно снижается в течение 1-й недели после родов. Авторы предполагают, что кальцитонин играет важную роль в становлении протеолитической активности ЖКТ новорожденных. Вместе с тем кальцитонин молока, вероятно, активно стимулирует депонирование кальция в костях и, следовательно, играет важную роль в формировании скелета растущего организма [34].

Окситоцин. Концентрация окситоцина в молоке на 2–4-й дни после родов в несколько раз превышает таковую в плазме крови новорожденных. Физиологическая роль окситоцина не выяснена, возможно, он оказывает местное воздействие на ЖКТ новорожденных. Средняя концентрация окситоцина, выявленная в грудном молоке женщин через 2–4 дня после родов, составила 10.0 ± 1.4 мкЕд/мл [34, 35].

Простагландины (PG). Интерес к изучению простагландинов был вызван тем, что они могут играть важную роль в приспособляемости различных физиологических систем новорожденных в период адаптации к внеутробной жизни. Концентрация PGE₂ колебалась в диапазоне 6–130 пг/мл, PGF₂ в диапазоне 221–793 пг/мл. Столь значительные колебания уровня PG в молоке зависели от времени сбора молока и периода лактации [47].

Эритропоэтин (ЕРО). Эритропоэтин – гормон, который вырабатывается почками, он сообщает организму о необходимости производства большего количества красных кровяных телец. Этот

гормон проникает в молоко и может стимулировать выработку эритроцитов у новорожденного. ЕРО, присутствующий в высокой концентрации у анемичных самок крыс, поступает с молоком сосункам и вызывает у них стимуляцию эритропоэза [48].

Несомненно, гормональный состав грудного молока – важный фактор обеспечения жизнедеятельности новорожденного, собственная эндокринная система которого еще функционально не созрела.

Биологически активные вещества

Наряду с гормонами, в молоке обнаружены такие биологически активные вещества, как эпидермальный фактор роста, эндорфины, а также другие белки и пептиды.

Эпидермальный фактор роста (EGF). В настоящее время большой интерес проявляется к изучению содержания EGF в молоке. Его наличие в молоке доказано экспериментально: добавление молока стимулировало синтез ДНК в культуре клеток, в которых рост был искусственно приостановлен. Установлены широкие индивидуальные колебания концентрации иммунореактивного EGF в молоке (в среднем концентрация составляет 80 нг/мл). Продукты детского прикорма не содержат EGF. EGF стабилен к действию кислоты и относительно устойчив к трипсину. Таким образом, присутствующий в молоке EGF может служить важным фактором, обеспечивающим нормальное созревание кишечника новорожденного, способствует заживлению слизистой оболочки кишечника и предотвращает его расстройство [42, 49].

Данные, накопленные за последние годы, значительно расширили наше понимание о факторах роста, цитокинах и гормонах, которые присутствуют в молоке и участвуют в регулировании потребления пищи и энергетическом балансе. Так, например, появились данные о следующих гормонах.

β-Эндорфин. Эндорфины – естественные обезболивающие вещества организма. Считается, что обнаруженный в молоке β-эндорфин помогает новорожденным преодолеть родовой стресс и адаптироваться к жизни вне матки. Высокие уровни β-эндорфина были обнаружены в молоке женщин, родивших вагинальным путем, родивших раньше срока, а также не получавших эпидуральную анестезию в родах [50].

Релаксин. Релаксин играет важную роль в женской репродуктивной системе. Релаксин, как можно догадаться по названию, ослабляет или снимает напряжение мышц, суставов и сухожилий. Релаксин обнаруживается в раннем молоке и далее в зрелом грудном молоке в течение не-

скольких недель после родов. Роль релаксина в молоке до сих пор неизвестна; предполагается, что он может воздействовать на желудок и кишечник новорожденного [50].

Лептин. Лептин – сравнительно недавно открытый полипептид, преимущественно вырабатываемый клетками (адипоцитами) подкожно-жировой клетчатки. Лептин является “гормоном сытости” за счет блокирования синтеза и высвобождения в гипоталамусе нейропептида голода и снижения секреции инсулина (повышение уровня глюкозы в крови стимулирует центр насыщения). Лептин обладает анорексигенным эффектом. Лептин присутствует в молоке, он вырабатывается и секретруется эпителиальными клетками молочных желез. Более того, секреторные эпителиальные клетки могут переносить лептин из крови в молоко. Было обнаружено, что концентрация лептина выше в цельном молоке, чем в обезжиренном [51–57].

Адипонектин. Адипонектин – наиболее распространенный белок, специфичный для жировой ткани, а его многочисленные функции начали выясняться лишь недавно. Адипонектин был обнаружен в женском обезжиренном молоке в диапазоне 4.2–87.9 нг/мл. Уровень адипонектина в женском молоке снижается с увеличением продолжительности лактации. Его концентрация также зависит от жировой массы матери и ее этнической принадлежности [51–57].

Грелин. Грелин – это пептид, вырабатываемый в основном в желудке и названный так за его свойство стимулировать секрецию гормона роста у человека. Значительные концентрации грелина присутствуют в пуповинной крови человека. Грелин обнаружен в молоке, он поступает из плазмы, а также производится и секретруется самой молочной железой. Уровень грелина в грудном молоке выше, чем в плазме. Концентрация грелина перед приемами пищи увеличивается, а после приема пищи уменьшается. Считается, что он дополняет гормон лептин, производимый в жировой ткани. Учитывая, что грелин участвует как в краткосрочной регуляции потребления пищи, стимулируя аппетит, так и в долгосрочной регуляции массы тела, вызывая ожирение, присутствие этого пептида в грудном молоке может быть одним из факторов, влияющих на контроль сытости младенца и массу тела по мере взросления [51, 55–57].

Обестатин. Как и лептин, обестатин проявляет анорексигенное действие. Обестатин – 23-аминокислотный пептид, полученный из предшественника грелинового пептида препрогрелина и продуцируемый желудком, тонкой кишкой человека и слюнными железами. Обестатин идентифицировали в молоке Audin et al. [55], они обнаружили более высокие его уровни в молоке, чем в крови: уровни обестатина в молозиве и зрелом

молоке более чем в 2 раза превышали соответствующие уровни в крови. Неясно, поступает ли обестатин в молоко из крови или из молочной железы. Действие этого гормона недостаточно изучено. Некоторые авторы сообщают, что он снижает потребление пищи, прибавку массы тела, опорожнение желудка и подавляет перистальтику кишечника [54–57].

Резистин. Резистин – пептидный гормон, регулирующий чувствительность к инсулину. Выявлена положительная корреляция концентрации резистина как в молоке, так и в сыворотке крови с гормональным статусом кормящей матери [58].

IGF-I. Инсулиноподобный фактор роста IGF-I – одноцепочечный полипептид, один из родственных инсулиноподобных гормонов, действующий как первичный медиатор эффектов гормона роста. Совсем недавно IGF-связывающие белки (IGFBP) были идентифицированы в молоке. По данным Конь и соавт. [59], уровень IGF-I в грудном молоке был выше у матерей, чьи дети быстрее прибавляли в массе тела, при этом в молоке у них наблюдалась тенденция к увеличению уровней грелина и лептина. В связи с этим авторы предполагают, что ускорение роста детей этой группы может быть связано с более высоким потреблением ими IGF-I и грелина с грудным молоком. Эти исследования указывают на необходимость дальнейшего изучения возможной функциональной роли гормонально-активных белков грудного молока и их возможной связи с антропометрическими показателями детей, в том числе с развитием избыточной массы тела [51, 54, 57].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя данные обзора, можно выделить следующие моменты.

1) После родов у новорожденного еще не завершен процесс полного развития отдельных органов, систем и всего организма в целом. Созревание иммунной системы, дифференцировка желудочно-кишечного тракта, почек и других органов продолжается в постнатальном периоде, поэтому особенно в течение первого года жизни материнское молоко наиболее ценно для вскармливания ребенка.

2) В раннем постнатальном периоде сохраняется осуществляемая через молоко связь между матерью и обменными процессами в организме новорожденного.

3) Материнское молоко не могут заменить никакие самые современные искусственные молочные смеси. Несмотря на то что в производстве этих смесей используются добавки, приближающие их по химическому составу к материнскому молоку, они не могут выполнять те тонкие регу-

ляторные функции, которые осуществляют собственные компоненты женского молока.

Можно предположить, что в ближайшие годы наука обогатится еще более интересными знаниями о грудном молоке как канале гуморально-гормональной связи матери и младенца.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит описания исследований, выполненных кем-либо из авторов данной работы, с участием людей и использованием животных в качестве объектов исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Caroli M., Vania A., Tomaselli M.A., Scotese I., Tezza G., Verga M.C., Mauro G.D., Antignani A., Miniello A., Bergamini M.* // *Nutrients*. 2021. V. 13. P. 3756. <https://doi.org/10.3390/nu13113756>
2. *Kim S.Y., Yi D.Y.* // *Clin. Exp. Pediatrics*. 2020. V. 63. P. 301–309. <https://doi.org/10.3345/cep.2020.00059>
3. *Nuzzi G., Trambusti I., Cicco D.I., Peroni M.E.* // *Minerva Pediatr (Torino)*. 2021. V. 73. P. 111–114. <https://doi.org/10.23736/S2724-5276.21.06223-X>
4. *Bartok C.* // *Breastfeed. Med.* 2011. V. 6. P. 117–124. <https://doi.org/10.1089/bfm.2010.0055>
5. *Nagel E.M., Kummer L., Jacobs D.R., Jr, Foster L., Duncan K., Johnson K., Harnack L., Haapala J., Kharoud H., Gallagher T., Kharbanda E.O., Pierce S., Fields D.A., Demerath E.W.* // *Breastfeed Med.* 2021. V. 16. P. 978–986. <https://doi.org/10.1089/bfm.2021.0131>
6. *Sievers E., Oldigs H.D., Santer R., Schaub J.* // *Ann. Nutr. Metab.* 2002. V. 46. P. 243–248. <https://doi.org/10.1159/000066498>
7. *Martin C.R., Ling P.R., Blackburn G.L.* // *Nutrients*. 2016. V. 8. P. 279. <https://doi.org/10.3390/nu8050279>
8. *Caroli M., Vania A., Tomaselli M.A., Scotese I., Tezza G., Verga M.C., Mauro G.D., Antignani A., Miniello A., Bergamini M.* // *Nutrients*. 2021. V. 13. P. 3756. <https://doi.org/10.3390/nu13113756>
9. *Буданов П.В.* // *Евразийский Союз Ученых*. 2019. № 9. С. 20–34. <https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.3.66.311>
10. *Садырина Л.Б., Созонтова Т.И.* // *Грудное вскармливание (учеб.-методич. пособие)*. Киров: Центр медицинской профилактики КОГБУЗ “Миан” Кировской области, 2020.
11. *Khan S., Hepworth A.R., Prime D.K., Lai C.T., Trenlove N.J., Hartmann P.E.* // *J. Hum. Lact.* 2013. V. 29. P. 81–89. <https://doi.org/10.1177/0890334412448841>
12. *Пустотина О.А., Селиверстов А.А.* // *Влияние микробиома грудного молока на здоровье матери и но-*

- ворожденного. Медицинский совет. 2019. № 13. С. 36–40.
<https://doi.org/10.21518/2079-701X-2019-13-36-40>
13. *Боровик Т.Э., Семенова Н.Н., Лукоянова О.Л., Звонкова Н.Г., Бушуева Т.В., Степанова Т.Н., Скворцова В.А., Мельничук О.С., Копыльцова Е.А., Семикина Е.Л., Захарова И.Н., Рюмина И.И., Нароган М.В., Грошева Е.В., Ханферьян Р.А., Савченко Е.А., Белюсова Т.В., Ёлкина Т.Н., Суровкина Е.А., Татаренко Ю.А.* // *Вопр. соврем. педиатрии*. 2017. Т. 16. № 3. С. 226–234.
<https://doi.org/10.15690/vsp.v16i3.1733>
 14. *McGrath B.A., Fox P.F., McSweeney P.L.H., Kelly A.L.* // *Dairy Sci. Technol.* 2016. V. 96. P. 133–158.
<https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
 15. *Marchbank T., Weaver G., Nilsen-Hamilton M., Raymond J.* // *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* 2009. V. 296. P. G697–G703.
<https://doi.org/10.1152/ajpgi.90565.2008>
 16. *Herrmann K., Carroll K.* // *Breastfeed Med.* 2014. V. 9. P. 184–190.
<https://doi.org/10.1089/bfm.2013.0121>
 17. *Кузьмин С.В., Скрипачева А.И., Русаков В.Н., Синицына О.О., Майзель С.Г., Алешкин В.А.* // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2022. Т. 66. № 2. С. 160–167.
<https://doi.org/10.47470/0044-197X-2022-66-2-160-167>
 18. *Воронцов И.М.* // *Естественное вскармливание детей. Его значение и поддержка: учеб. пособие для студентов и врачей* // Под ред. Воронцова И.М., Фатеевой Е.М. СПб.: Фолиант, 1998. 272 с.
 19. *Zhu J., Dingess K.A., Mank M., Stahl B., Heck A.J.R.* // *J. Nutr.* 2021. V. 151. P. 826–839.
<https://doi.org/10.1093/jn/nxaa445>
 20. *Bhat S.A., Ahmad S.M., Ibeagha-Awemu E.M., Mobashir M., Dar M.A., Mumtaz P.T., Shah R.A., Dar T.A., Shabir N., Bhat H.F., Ganai N.A.* // *BMC Genomics*. 2020. V. 21. P. 161.
<https://doi.org/10.1186/s12864-020-6574-4>
 21. *Farrell H.M., Jimenez-Flores R., Bleck G.T., Brown E.M., Butler J.E., Creamer L.K., Hicks L.K., Hollar C.M., Ng-Kwai-Hang K.F., Swaisgood H.E.* // *J. Dairy Sci.* 2004. V. 87. P. 1641–1674.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73319-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73319-6)
 22. *Kent J.C., Mitoulas L.R., Cregan M.D., Ramsay D.T., Doherty D.A., Hartmann P.E.* // *Pediatrics*. 2006. V. 117. P. 387–395.
<https://doi.org/10.1542/peds.2005-1417>
 23. *Moukarzel S., Bode L.* // *Clin. Perinatol.* 2017. V. 44. P. 193–207.
<https://doi.org/10.1016/j.clp.2016.11.014>
 24. *Hamosh M.* // *Pediatr. Clin. North Am.* 2001. V. 48. P. 69–86.
[https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(05\)70286-8](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(05)70286-8)
 25. *Thurl S., Munzert M., Boehm G., Matthews C., Stahl B.* // *Nutr. Rev.* 2017. V. 75. P. 920–933.
<https://doi.org/10.1093/nutrit/nux044>
 26. *Коденцова В., Гмошинская М.* // *Врач*. 2015. № 1. С. 68–73.
 27. *Детское питание: руководство для врачей, 4-е изд., перераб. и доп.* // Под ред. Тутельяна В.А., Коня И.Я. Москва: Медицинское информационное агентство, 2017. 784 с.
 28. *Воронина О.А., Боголюбова Н.В., Зайцев С.Ю.* // *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57. № 4. С. 681–693.
<https://doi.org/10.15389/agrobiology.2022.4.681rus>
 29. *Скальный А.В.* // *Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. 4-е изд., перераб. и доп.* Москва: Перо, 2019.
 30. *Zain S.M., Behkami S., Bakirdere S., Koki I.B.* // *Food Control*. 2016. V. 66. P. 306–314.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.015>
 31. *Грибакин С.Г., Орлова С.В., Подопригора И.В.* // *Мед. алфавит*. 2023. № 8. С. 64–68.
<https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-8-64-68>
 32. *Montagne P., Cuillière M.L., Molé C., Béné M.C., Faure G.* // *Adv. Exp. Med. Biol.* 2001. V. 501. P. 241–247.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1371-1_30
 33. *Овсянников В.Г., Торопкина Ю.Е., Краскевич В.В., Алексеев В.В., Бойченко А.Е., Алексеева Н.С., Краскевич Д.А.* // *Сов. пробл. науки и образования*. 2020. № 3.
<https://doi.org/10.17513/spno.29903>
 34. *Чепурная Т.В.* // *Гормональный состав молока здоровых женщин в динамике лактации: автореф. дис. ... канд. биол. наук*. Киев, 1992.
 35. *Волкова В.В.* // *Мат. регион. межвуз. студенч. научно-практич. конфер. (Орел, 18 июня 2021 г.)*. Москва: Картуш, 2021. С. 82–88.
 36. *Amarant T., Fridkin M., Koch Y.* // *Eur. J. Biochem.* 1982. V. 127. P. 647–650.
 37. *Vass R.A., Kiss G., Bell E.F., Roghair R.D., Miseta A., Bódis J., Funke S., Ertl T.* // *Nutrients*. 2021. V. 13. P. 424.
<https://doi.org/10.3390/nu13020424>
 38. *Karimova S.F., Turakulov Y.Kh., Salakhova N.S., Gulamova F.Y.* // *Endocrinol. Exp.* 1983. V. 17. P. 237–242.
 39. *Turakulov Y.Kh., Karimova S.F., Gainutdinov M.Kh.* // *Endocrinol. Exp.* 1983. V. 17. P. 255–261.
 40. *Turakulov Y.Kh., Rakhimov K.R., Karimova S.F., Kuchkarova L.S.* // *14th Int. Congress of Biochemistry, Prague, 1988*. P. 168.11.
 41. *Чагарова С.А., Лусова И.М., Анфиногенова О.И.* // *Мед. вестник Сев. Кавказа*. 2019. Т. 14. № 1.1.
<https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14068>
 42. *Dvorak B.* // *J. Pediatr.* 2010. V. 156. P. S31–S35.
<https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.11.018>
 43. *Hechler C., Beijers R., Riksen-Walraven J.M., de Weerth C.* // *Dev. Psychobiol.* 2018. V. 60. P. 639–650.
<https://doi.org/10.1002/dev.21761>
 44. *Fujii K.* // *Horumon To Rinsho*. 1969. V. 17. P. 558–564.
 45. *Shehadeh N., Shamir R., Berant M., Etzioni A.* // *Pediatr. Diabetes*. 2001. V. 2. P. 175–177.
<https://doi.org/10.1034/j.1399-5448.2001.20406.x>
 46. *Fields D., Demerath E.* // *Pediatr. Obes.* 2012. V. 7. P. 304–312.
<https://doi.org/10.1111/j.2047-6310.2012.00059.x>

47. Бараниченко В.В. // Мат. регион. межвуз. студенч. научно-практич. конфер. (Орел, 18 июня 2021 г.). Москва: Каргуш, 2021. С. 39–45.
48. Semba R.D., Juul S.E. // *J. Hum. Lact.* 2002. V. 18. P. 252–261.
<https://doi.org/10.1177/089033440201800307>
49. Koldovský O., Britton J., Grimes J., Schaudies P. // *Endocr. Regul.* 1991. V. 25. P. 58–62.
50. Doneray H., Tavlas G., Ozden A., Ozturk N. // *Pediatr. Res.* 2023.
<https://doi.org/10.1038/s41390-023-02617-y>
51. Шпаковская К.С., Легонькова Т.И., Штыкова О.Н., Шилина Н.М. // Вестник Смоленской гос. мед. академии. 2022. Т. 21. № 4. С. 158–164.
52. Savino F., Liguor S.A., Fissore M.F., Oggero R. // *Int. J. Pediatr. Endocrinol.* 2009. V. 2009. P. 327505.
<https://doi.org/10.1155/2009/327505>
53. Bronsky J., Karpisek M., Bronska E. // *Clin. Chem.* 2006. V. 52. P. 1763–1770.
<https://doi.org/10.1373/clinchem.2005.063032>
54. Лебедева Е.Н., Афонина С.Н., Мачнева И.В., Карнаухова И.В. // Совр. проблемы науки и образования. 2019. № 4.
<https://doi.org/10.17513/spno.29089>
55. Aydin S., Ozkan Y., Erman F. // *Nutrition.* 2008. V. 24. P. 689–693.
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2008.03.020>
56. Zhang J.V., Ren P.-G., Avsian-Kretchmer O. // *Science.* 2005. V. 310. P. 996–999.
<https://doi.org/10.1126/science.1117255>
57. Eyzaguirre F., Mericq V. // *Horm. Res.* 2009. V. 71. P. 65–74.
<https://doi.org/10.1159/000183894>
58. Icol Y.O., Hizli Z.B., Eroç E. // *Clin. Chem. Lab. Med.* 2008. V. 46. P. 118–124.
<https://doi.org/10.1515/CCLM.2008.019>
59. Конь И.Я., Шилина Н.М., Гмошинская М.В., Иванушкина Т.А. // *Вопр. питания.* 2011. Т. 80. № 4. С. 73–79.
60. Fomon S.J. // *Nutrition of Normal Infants.* St. Louis: Mosby, 1993.
61. Химический состав пищевых продуктов // Под ред. Скурихина И.М. и Волгарева М.Н. Москва: Агропромиздат, 1987.
62. Характеристика основных частей молока // Информационный портал “Пищевик”, 2021.
<https://mppnik.ru/publ/1080-harakteristika-osnovnyh-chastey-moloka.html>

Chemical Composition of Human and Mammals Milk

Sh. F. Karimova*[#] and G. O. Ismailova*

[#]Phone: +9 (9897) 727-71-84; e-mail: kshf53@mail.ru

*Tashkent Pediatric Medical Institute, ul. Bogishamol 223, Tashkent, 100140 Uzbekistan

The review describes the chemical composition and properties of milk, its importance for the development of the child and the formation of its individual organs and systems. The composition of colostrum and mature milk is considered in detail; presents detailed data on the individual components of milk: proteins, fats, carbohydrates, minerals, vitamins, enzymes; a comparison was made of the composition of human milk and individual mammals; the characteristics of such biologically active compounds as hormones and protective factors of milk are given. While human milk contains a large number of different components (>400), the ratio of which varies depending on the needs of each individual breastfed child, the composition of milk formulas of the most advanced developments includes only 40–50 of these components.

Keywords: lactation, proteins, carbohydrates, fats, mineral salts, vitamins, milk enzymes, protective factors, hormones