

## Глава 10

# ФИЗИОЛОГИЯ ЛАКТАЦИИ

Лактацией называют процесс образования, накопления и выведения молока из молочных желез. Функция молочных желез заключается в синтезе молока из продуктов питания и крови, поэтому наряду с понятием «лактация» выделяют понятие «лактопоэз», то есть происхождение и синтез составных частей молока. Молочные железы синтезируют специфический белок — казеин, лактозу, жиры, фосфатиды, стерин, аминокислоты, витамины и другие вещества, необходимые для роста и развития детенышей.

### РОСТ И РАЗВИТИЕ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

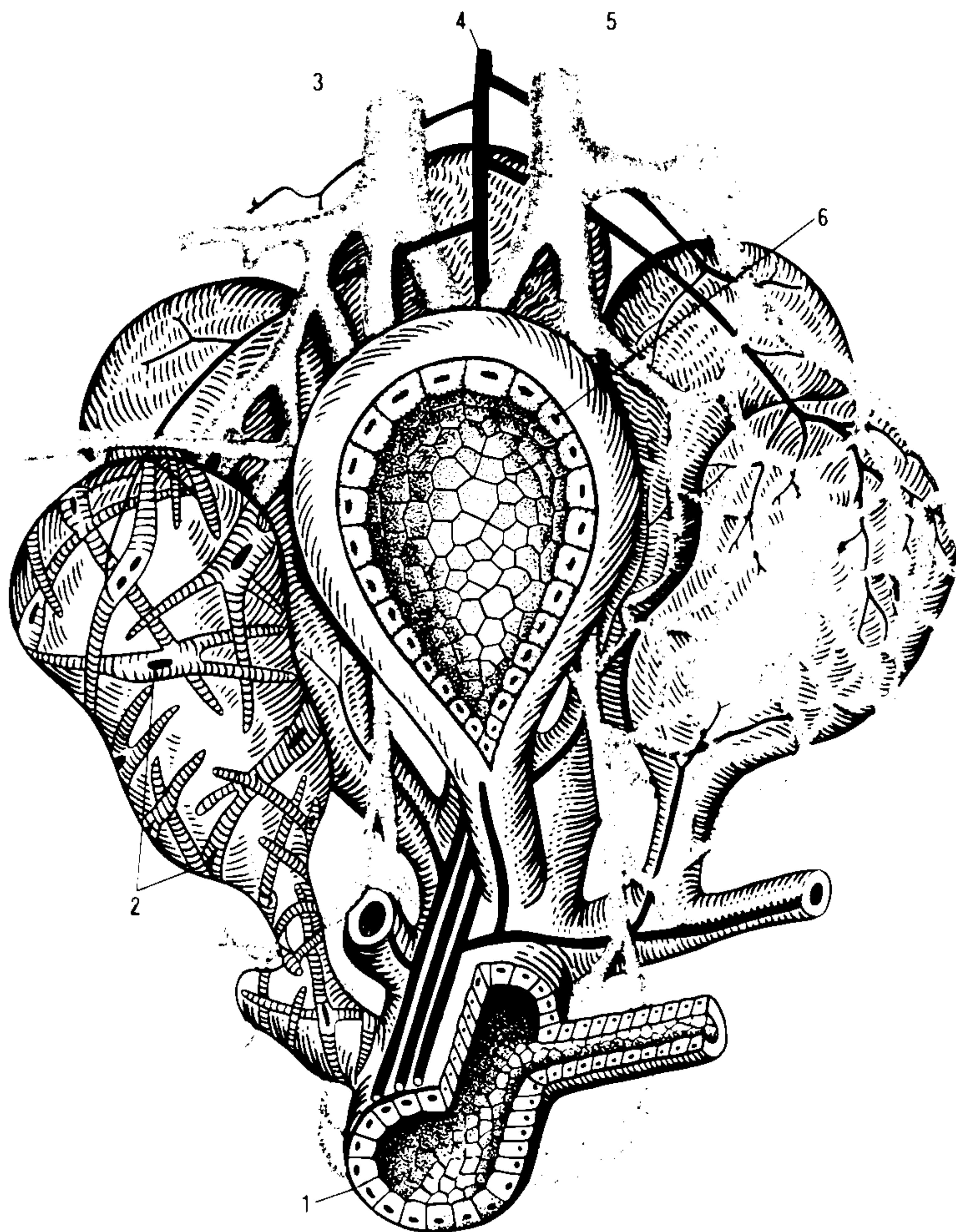
Молочные железы — симметричные кожные образования. У свиней, собак, кошек, кроликов они расположены по обеим сторонам брюшной стенки, сбоку от белой линии живота; у коров, овец, кобылиц, буйволиц — в задней части вентральной поверхности живота и паха. Молочные железы состоят из альвеол, ходов и цистерн. Каждая железа имеет сосок, по которому молоко через сосковый канал выводится из организма. Молочные железы у однопроходных — ехидны и утконоса — не имеют сосков.

**Строение вымени.** Правая и левая половины вымени отделены друг от друга эластичной перегородкой, выполняющей функцию связки, поддерживающей вымя. Под кожей имеется соединительнотканная капсула, от которой в толщину вымени отходят эластические пластинки, разделяющие вымя на доли и четверти. В этих соединительнотканых пластинках

проходят кровеносные и лимфатические сосуды, а также нервы. Лимфатические сосуды вымени представлены густой сетью капилляров, по которым лимфа оттекает к подколенным, надвыменным лимфатическим узлам и к узлу коленной складки.

Каждая доля вымени состоит из огромного количества альвеол диаметром 0,1—0,8 мм, выстланных изнутри однослойным секреторным эпителием, простирающимся и на молочные ходы. Клетки наружного слоя альвеол и молочных ходов звездчатой формы и способны быстро сокращаться. Этот слой получил название миоэпителия, который образует подобие шаровидной сети вокруг альвеол (рис. 53). Сокращение миоэпителия происходит под влиянием гормона окситоцина, поступающего к нему по кровеносным капиллярам. Каждая альвеола, сжатая снаружи миоэпителиальным слоем, выделяет молоко в соответствующий проток. От каждой альвеолы отходит один проток, имеющий сфинктер, регулирующийся вегетативной нервной системой. Альвеолы расположены радиально вокруг молочных протоков. Сливаясь, они образуют средние и крупные молочные ходы, открывающиеся в молочную цистерну.

Каждая четверть вымени имеет отдельный сосок, сообщающийся с цистерной посредством канала. У некоторых коров есть добавочные четверти и соответствующие им соски. В сосках кобыл два-три сосковых ка-



### 53 Строение молочной доли:

1 — выводной проток; 2 — многослойные клетки на альвеоле; 3 — вены; 4 — нервы; 5 — артерии; 6 — вскрытые альвеолы

нала и две молочные цистерны. У свиной в основании каждого соска расположены две-три железы, а сосок заканчивается двумя-тремя каналами; у кошек каналов в соске может быть 4-6, у сук - 6-12, у крольчих - 10-15.

У коров вымя образуется в результате слияния трех пар желез, но развиты обычно только две передние, третья пара остается недоразвитой. Емкость задних долей больше, чем передних. Большое количество моло-

ка в вымени удерживается мощными запирательными сфинктерами, расположенными у основания соска, а также вследствие особого строения молочных протоков, имеющих сужения и расширения, особенно в тех местах, где они проходят через соединительнотканые перегородки между долями и дольками.

Вымя обильно снабжается кровью через наружные срамные артерии, причем между молочной продуктивностью и развитием артерий существует тесная связь. У старых коров значительно уменьшается количество мелких артерий и удои заметно снижаются. Отток венозной крови осуществляется по подкожным брюшным и наружным срам-



ным венам. У высокоудойных коров вены сильно развиты.

Железистая ткань вымени иннервируется наружным семенным и подвздошно-паховым нервами, причем основная центростремительная импульсация поступает в чувствительные ганглии по наружному семенному нерву. Симпатическая иннервация отходит от поясничных и крестцовых узлов пограничного ствола. Постганглионарные волокна подходят к вымени в составе наружного семенного и подвздошно-пахового нервов. У основания сосков находятся мощные сплетения чувствительных нервов, а также несколько биологически активных точек (БАТ).

Биологически активные точки вымени (БАТ) располагаются в области основания сосков. В структуру БАТ, до конца не изученных, входят кровеносные сосуды и окончания нервов, особенно в местах вхождения в кожу. БАТ обладают повышенной болевой чувствительностью, усиленным поглощением кислорода, низким кожным сопротивлением и повышенной электропроводностью. В зоне БАТ обнаружены скопления тучных клеток, которые имеют большое значение в регуляции гомеостаза, поскольку способны секретировать гепарин, гистамин, гиалуроновую кислоту, сульфаты, серотонин, влияющие на обмен веществ и синаптическую передачу, выполнять роль биологического регулятора. Эти физиологические свойства БАТ используют при лечении многих заболеваний, в том числе при маститах у коров (М. Г. Якубов).

В эмбриональном развитии у зародыша обозначаются две полосы утолщенного эпидермиса, которые, постепенно увеличиваясь, образуют млечные бугорки. Эти бугорки дают начало железистой ткани и соскам, число которых можно определить уже в процессе эмбрионального развития. Сначала млечные бугорки имеют форму линзы, а затем, постепенно разрастаясь вглубь, приобретают колбообразную форму. Одновременно происходит погружение и всего зачатка в глубь кожи и на ее поверхности появляется углубление,

окруженное кожным валиком. Это так называемый млечный, или сосковый, кармашек. Основание колбообразного зачатка постепенно дает определенное для каждого вида животного количество выростов в виде тяжей, развивающихся затем в железистый отдел и выводные протоки вымени.

По мере развития эмбриона первичные зачатки молочных желез перемещаются из бокового положения ближе к линии начала амниотических складок. Сразу после рождения детеныша зачаток его молочной железы образует два вала, соответствующих железистому полю. Этот участок кожи в отличие от других областей тела лишен волосяного покрова.

У телочек до 6-месячного возраста вымя представляет небольшую полость, или млечную пазуху, от которой отходит система протоков. В этот период вымя растет за счет жировой и соединительной ткани, а железистая ткань развита еще слабо. С наступлением половой зрелости начинают быстро расти как протоки, так и альвеолярный аппарат. Наиболее сильный рост и окончательное развитие вымени происходят во время первой беременности. В этот период увеличивается количество нервных волокон и кровеносных сосудов, и уже со второй половины беременности начинает функционировать секреторный эпителий, но образующийся секрет еще нельзя назвать молозивом.

**Лактация.** Интенсивное функционирование молочных желез — лактация — начинается сразу после отела. Наибольшего развития достигают альвеолы и протоки, но и в течение последующих лет отмечают рост и развитие вымени. Считают, что рост молочной железы в основном происходит во второй половине сухостойного периода, когда животное не доят и оно готовится к новой лактации.

После десяти месяцев лактации удои постепенно уменьшаются и коров прекращают доить до нового отела. В снижении уровня лактации важную роль играет гормональная перестройка организма вследствие новой беременности. Уже со 2—4-го мес беременности секреторная функция молочной железы понижается. Окончание лактации свидетельствует о переходе в состояние функционального покоя и наступлении обратного развития (инволюции) молочной железы. В этот период

альвеолы вымени уменьшаются в размерах, часть мелких протоков атрофируется, а железистая ткань местами заменяется жировой. Однако это временное состояние прекращается в связи с новыми половыми циклами. При новой беременности и родах цикл развития молочной железы повторяется.

Особенно интенсивно развиваются молочные железы в период первой беременности, что объясняется влиянием половых, плацентарных и других гормонов. Наибольшей функциональной деятельности железы достигают на 5—8-й нед после отела. В период интенсивной работы масса молочной железы может достигать 3 % массы тела животного. Сердечная деятельность у лактирующих коров испытывает значительную нагрузку, так как для образования 1 л молока через сосудистую систему вымени должно пройти до 500 л крови. Введение коровам на 3—6-м мес лактации соматотропина, пролактина, тироксина, инсулина стимулирует молочную продуктивность (И. О. Кисиль, 1986).

В процессе развития молочных желез (маммогенезе) важную роль играют гормоны яичников. Они ускоряют рост протоков железы, развитие альвеол и молочных долек. Гормон желтого тела — прогестерон — усиливает рост протоков желез и тормозит продукцию пролактина, без участия которого молоко не продуцируется. Резкое снижение содержания эстрогенов и прогестерона в крови после родов, вызванное удалением из организма плаценты, вырабатывающей гормоны, ведет к тому, что их тормозящее влияние на гипофиз прекращается и последний начинает продуцировать значительное количество пролактина, вырабатываемого передней долей гипофиза. Секреция молока возникает прежде всего под влиянием этого гормона (см. ниже). Пролактин — не единственный гормон, обеспечивающий маммогенез.

Например, соматотропин (СТГ) может вызывать лактацию без участия пролактина и в то же время усиливать влияние гормонов яичников и пролактина.

Как и любой орган, молочные железы могут нормально функционировать только при постоянном влиянии центральной, периферической и вегетативной нервной системы. Молочная железа имеет обильную иннервацию, что указывает на чрезвычайно высокий уровень жизнедеятельности всех ее структурных образований; при искусственном выключении нервов, например при их перерезке (денервации), молочная железа отстает в росте, в ней задерживается формирование долек и альвеол, многие альвеолы лишены просветов. Форма протоков становится неправильной, они расширены и вместе с жидким секретом содержат много слущенных клеток. Трофическое влияние нервной системы поддерживает нормальную структуру и функцию молочных желез (М. Г. Закс).

## МОЛОКО И МОЛОЗИВО

Молоко имеет сложный химический состав, а по биологической ценности оно превосходит все другие продукты питания. В молоке содержится более 100 различных веществ, в том числе более 30 жирных кислот, 20 аминокислот, до 40 различных минеральных веществ, 16 витаминов, много ферментов и другие вещества. Некоторые компоненты — казеин и лактозу — ни в каких других природных продуктах не обнаруживают.

Молоко — естественная пища новорожденных животных. Его следует рассматривать как биологическую жидкость, состоящую из плазмы (дисперсная среда) и различных веществ (дисперсная фаза).

Коровье молоко содержит 83—88 % воды, 11—18 % сухого вещества, в которое входят 3,8—6 %



жира, 2—5 % азотистых веществ, 4—5 % молочного сахара (лактоза), 0,6—0,8 % минеральных веществ, 0,1—0,2 % лимонной кислоты. Из азотистых веществ встречаются казеин — 2—4 %, молочный глобулин — менее 0,1, молочный альбумин — 0,2—0,6, других небелковых азотистых веществ — 0,05—0,2 %. Зола состоит из окиси кальция, фосфорной кислоты, других неорганических солей.

**Белки молока.** Раньше считали, что в состав молочного белка входят три компонента: альбумин, глобулин и казеин, однако дальнейшие исследования показали, что существует четыре вида казеина, каждый из которых может быть представлен несколькими генетическими вариантами. Альбумин и глобулин представляют сложную многообразную группу белков, называемых сывороточными белками.

Белок молока включает все необходимые для жизни животных аминокислоты (табл. 23). Он входит в группу фосфопротеидов и состоит из аминокислот, содержащих свободные амины  $\text{NH}_2$  и кислотные группы ( $\text{COOH}$ ). Около 80 % всех белков молока приходится на долю *казеина*. Он соединен с солями кальция, образуя с ними казеино-кальциевый комплекс. Казеин синтезируется в молочной железе из транспортируемых кровью аминокислот и фосфатов, а также сывороточных альбуминов, которые вначале гидролизуются до аминокислот, а последние вовлекаются в синтез белка. В присутствии сычужного фермента казеин молока свертывается. Казеин содержит фосфор, необходимый для роста костного скелета и центральной нервной системы.

**$\alpha$ -Лактоальбумин** — серосодержащий белок, в отличие от казеина не осаждается сычужным ферментом. Выделяют три фракции этого белка. В молоке лактоальбумина мало — до 0,62 %, но много в молозиве — 10—12 %. Он имеет важное

значение для питания новорожденных в молозивном периоде.

**$\beta$ -Лактоглобулин** выполняет защитные функции в организме: его разделяют на две фракции: эуглобулин и псевдоглобулин. Он содержится в молоке в небольших количествах — 0,1—0,2 %, в молозиве его 8—15 %.

В молозиве и молоке имеется *лактоферрин*, обладающий свойствами гликопротеидов. Концентрация лактоферрина в секрете молочной железы коров черно-пестрой породы в молозивный период достоверно выше, чем в последующие дни. Он задерживает рост многих бактерий и служит фактором неспецифического иммунитета (Б. Е. Караваев, 1983).

Из небелковых азотсодержащих соединений молоко содержит продукты белкового обмена — мочевины, мочевую кислоту, пуриновые основания, креатин и креатиновый аммиак.

Ферменты молока способны осуществлять включение жирных кислот в глицериды и фосфолипиды и превращать стеариновую кислоту в олеиновую. Кроме того, они могут синтезировать лактозу из добавленной к нему глюкозы. Из ферментов молока наиболее важное значение имеют пероксидаза, липаза, фосфатаза, лактаза.

**Липиды молока.** Молочный жир составляет от 2,5 до 6 %. В молоке различных пород крупного рогатого скота содержание жира неодинаково. Так, в молоке сибирского скота его до 4,5 %, ярославского — 4,0—4,2, джерсейского — до 6 % и выше. У буйволиц, крольчих, северных оленей в молоке более 10 % жира.

Липиды молока представляют собой смесь сложных эфиров глицерина и жирных кислот (преимущественно триглицериды). Преобладают низкомолекулярные жирные кислоты: масляная, капроновая, каприловая, каприновая, лауриновая, пальмитиновая. Жир в молоке нахо-

### 23. Химический состав молока различных животных, %

Вид животного	Сухие вещества	Жиры	Белок	Казеин	Молочный сахар	Зола	Плотность, 20°	Кислотность, °T
Корова	13,0	3,7	3,3	2,8	4,8	0,7	1,029	17,0
Коза	13,4	4,3	3,6	3,0	4,5	0,85	1,030	17,0
Овца	18,5	7,2	5,7	4,5	4,6	0,9	1,034	25,0
Буйволица	17,5	7,7	4,2	3,5	4,7	0,8	1,029	17,0
Верблюдица одногорбая	13,0	4,5	3,6	2,7	4,9	0,7	1,030	16,5
Верблюдица двугорбая	15,0	5,4	3,8	2,8	5,0	0,7	1,032	17,5
Зебу	15,9	7,0	4,5	3,7	3,5	1,5	—	—
Самка яка	17,8	6,8	5,0	2,9	5,0	0,9	—	—
Кобылица	10,7	1,8	2,1	1,2	6,4	0,35	1,032	6,5
Ослица	9,9	1,4	1,9	1,0	6,2	0,5	1,011	6,0
Свинья	17,4	5,9	6,2	—	4,0	1,1	1,021	9,3
Собака	21,1	8,6	7,1	4,0	4,1	1,3	1,021	6,9
Крольчиха	30,5	10,5	15,5	—	2,0	1,0	1,019	8,7
Самка северного оленя	33,8	18,7	10,0	8,7	3,6	1,4	1,018	12,0
Дельфин-белобочка	51,2	43,7	5,6	—	1,4	0,9	1,001	12,0
Синий кит	54,3	40,0	12,0	—	1,1	1,2	—	—

Примечание. В женском молоке воды — 88 %, белков — 1,5, жира — 3,5, лактозы — 6–7 %.

дится в виде мельчайших капелек или шариков, которые при соответствующих условиях поднимаются вверх, образуя слой сливок. Диаметр капелек жира в среднем 3–4 мкм. Капелька имеет мембранную оболочку толщиной около 0,2 мкм и сердцевину из чистого глицерина. Оболочка предохраняет шарики от слияния, дробления и взаимного слипания. В липиды мембраны входят частично холестерин молока, фосфолипиды и гликолипиды, лецитин, ретинол и каротин.

Лактирующая клетка находится в состоянии постоянной активности. Ее рассматривают как строительную площадку, на которую поступают различные предшественники, а через апикальную часть выделяются молочный белок, жир и углеводы.

**Углеводы молока.** Сладковатый вкус молоку придает лактоза, но обычный сахар приблизительно раз в пять слаще лактозы. Последняя — дисахарид, состоящий из галактозы и глюкозы. Ее в молоке около 4,5 %. Молочный сахар легко усваивается растущим организмом, поэтому лактоза имеет важное значение для питания приплода.

**Молозиво.** Молоко первых 7–10 дн. лактации значительно отличается от молока по наличию большего количества сухих веществ (до 25 %), белков (до 15 %), минеральных солей, а также по присутствию лейкоцитов, или «молозивных телец», иммунных тел, витаминов и др. (табл. 24).

Молозиво по составу белка приближается к крови. В нем много альбуминов и глобулинов, которые усваиваются организмом новорожденных лучше, чем казеин. Оно содержит лизоцим, который в первые дни после рождения телят выполняет важную защитную роль. Лизоцим разрушает микробов, попадающих в желудочно-кишечный тракт.

Соли магния оказывают послабляющее действие, способствуют осво-

### 24. Состав молока и молозива коровы, % (по Г. Ф. Инихову)

Компоненты	Молоко	Молозиво первого дня
Вода	87,5	75,42
Белок	3,3	15,08
Жир	3,8	5,40
Минеральные соли	0,7	1,20
Молочный сахар	4,7	3,31



бождению организма новорожденных от первородного кала (мекония). В последующие дни магний благоприятно действует на перистальтику. Лецитин способствует росту и развитию центральной нервной системы.

В молозиве высокая концентрация иммуноглобулинов, что необходимо для выживания потомства, так как плацента непроницаема для антител матери и новорожденные не имеют защиты от микроорганизмов.

В молозиве содержится ингибитор трипсина, который рассматривают как фактор, предохраняющий антитела молозива от переваривания протеолитическими факторами в пищеварительном тракте новорожденных телят. Наибольшее содержание ингибитора трипсина в молозиве выявляют в первый день после отела, затем происходит снижение, и на 4—5-й день его уже не обнаруживают.

Со временем состав молозива постепенно меняется, уменьшается количество белка и минеральных солей, исчезают лейкоциты, возрастает содержание сахара. К 7—12-му дню устанавливаются химический состав и физико-химические свойства молока, присущие данному виду животных.

**Физиологическое значение клеток молока.** Клетки молока — полиморфно-ядерные лейкоциты (нейтрофилы) — выполняют основную функцию — фагоцитоз. Он заключается в заглатывании, нейтрализации и разрушении инородных частиц, особенно микробов. В гранулах нейтрофилов содержатся кислая и щелочная фосфатаза, рибонуклеаза, протеаза, антибактериальные вещества (фагоцитин, лизоцим, антибактериальный протеин). Нейтрофилы живут всего 6,6 ч. Наличие большого количества нейтрофилов в молозиве способствует повышению иммунологической защиты новорожденных животных. Отмирающие клетки не фагоцитируются нейтрофилами, эту функцию выполняют макрофаги. Эозинофилы в отличие от нейтрофилов не содер-

жат лизоцим и фагоцитин, но включают вещества, нейтрализующие гистамин и кинины. Базофилы способны к фагоцитозу, а в их гранулах присутствуют гепарин и гистамин, обладающие сосудорасширяющим действием.

Подвижные и оседлые макрофаги (гистиоциты) имеют большое значение в сухостойный период, когда в процессе замены эпителиальных клеток новыми происходит их сращивание.

## **ПРОЦЕСС МОЛОКООБРАЗОВАНИЯ**

Процесс секреции молока нужно рассматривать как целостную реакцию всего организма и молочной железы, протекающую циклично при участии нервной, кровеносной, эндокринной и пищеварительной систем.

Молоко образуется в эпителиальных клетках альвеол и эпителий протоков из составных частей крови при участии ферментов и гормонов. По мере образования молоко из железистого эпителия выделяется в полость альвеол, накапливается в них и затем в процессе доения поступает в протоки и молочную цистерну. Каждая эпителиальная клетка образует молоко со всеми присущими ему свойствами. В эпителиальных клетках синтезируются: молочный жир, лактоза, белки (А и В, казеины,  $\beta$ -глобулин). Витамины, минеральные вещества и некоторые белковые соединения (иммунные глобулины, сычужный глобулин) переходят из крови в молоко без изменений.

В процессе секреции молока железистые клетки накапливают в себе одни составные части крови и преграждают путь в молоко другим. По сравнению с плазмой крови в молоке коров содержится в 90—95 раз больше сахара, в 26 — жира, в 14 — кальция, в 9 раз калия и т. д. Однако ряд веществ в молоке присутствуют в меньшей концентрации, чем в плазме крови: так, белков в 2 раза, натрия

**25. Состав молока и плазмы крови у коров, %**  
(по Майнاردу)

Вещества	Молоко	Плазма крови
Вода	87,0	91,0
Глюкоза	—	0,05
Лактоза	4,90	—
Сывороточный альбумин	—	3,20
Сывороточный глобулин	—	4,40
Молочный альбумин	0,52	—
Молочный глобулин	0,05	—
Аминокислоты	*	0,003
Казеин	2,90	—
Нейтральный жир	3,70	0,09
Фосфолипиды	0,04	0,20
Эфир холестерина	Следы	0,17
Кальций	0,12	0,009
Фосфор	0,10	0,011
Натрий	0,05	0,34
Калий	0,15	0,03
Хлор	0,11	0,35
Лимонная кислота	0,20	Следы

\* Содержание аминокислот в общем белке коровьего молока, %

Валин	8,4	Фенилаланин	5,7
Лейцин	10,6	Тирозин	6,4
Изолейцин	8,5	Триптофан	1,4
Треонин	4,5	Лизин	6,6
Тиреонин	3,7	Гистидин	2,6
Цистин	0,7	Аргинин	3,8

в 7 раз меньше и т. д. (табл. 25).

Сущность процесса молокообразования заключается в поглощении из крови клетками железистого эпителия предшественников молока (аминокислот, липидов и др.), а затем в их синтезе и выделении (экструзия) из клетки в полость альвеолы в виде готового секрета.

При переходе молока из клеток в альвеолы оно еще не окончательно синтезировано. Под влиянием ферментов и гормонов молоко созревает в полости альвеол, причем часть основных элементов молока подвергается ферментативному расщеплению и всасывается обратно в кровь (реабсорбция), что, в свою очередь, стимулирует дальнейшую его продукцию. В молочной железе непрерывно идет реабсорбция некоторых составных частей молока в кровь. Во время действия окситоцина и при доении реабсорбция усиливается. Реабсорбция и секреция взаимно обуславливают друг друга; нарушение реаб-

сорбционных процессов влечет за собой и нарушение секреторных процессов образования молока. Аппарат реабсорбции включает микроворсинки апикальной части клеток, особенно многочисленные на 2—3-й день лактации, ворсинки в складках слизистой оболочки цистерны и выводных протоков также выполняют функцию аппарата реабсорбции.

Чтобы попасть в эпителиальную клетку альвеолы, в которой синтезируется молоко, вещества должны проникнуть через сосудистую стенку капилляра: его эндотелий, межклеточные пространства и, наконец, мембрану.

В секреторном процессе наряду с диффузией веществ через мембрану происходит обволакивание их поверхностью мембраны. Это явление получило название *пиноцитоза*. Молекулы аминокислот, глюкозы, ацетата и ряда других веществ легко диффундируют указанным путем, но, по-видимому, существует еще специальная система для альбуминов и иммуноглобулинов, которые поступают из крови в молоко в неизменном виде.

В синтезе молока большую роль играют эндоплазматический ретикулум и сетчатый комплекс Гольджи, где первично синтезируются крупные вакуоли и мембраны. Образовавшиеся промежуточные продукты перемещаются в околоядерную мембрану. Функция митохондрий состоит в обеспечении энергетических процессов за счет расщепления АТФ ферментом аденозинтрифосфатазой. Последняя участвует в процессе экструзии секрета молока.

**Синтез белков.** Эпителиальные клетки альвеол поглощают из крови предшественников белков — свободные аминокислоты, а также белки плазмы крови. В крови, оттекающей от вымени, постоянно обнаруживают на 0,9—1,2 % меньше свободных аминокислот, чем в артериальной крови, следовательно, часть аминокислот синтезируется в эпителиаль-



ных клетках в молочный белок. В молозивный период идет интенсивное образование  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеинов,  $\alpha$ - и  $\beta$ -лактоглобулинов. В молозиве первых дней содержание иммуноглобулинов бывает максимальным и достигает 70 %, а к концу первой недели уменьшается до 19,5 %.

Согласно современным представлениям, белки молока выделяются из железистых клеток по механизму обратного пиноцитоза — разновидности мерокринового типа секреции, оставляя в цитоплазме вакуоли. Присутствие эпителиальных клеток с вакуолями в течение всей лактации и сухостоя доказывает, что мерокриновая секреция осуществляется в молозивный период, разгар лактации и во время запуска (Г. Е. Аленичкина, 1985).

**Синтез молочного жира.** Молочный жир образуется из глицерина и жирных кислот. Важный источник жира молока — уксусная кислота в форме ацетата. Она образуется в рубце жвачных в результате уксуснокислого брожения, поэтому чем выше содержание уксусной кислоты в артериальной крови, тем интенсивнее идет синтез жира в молоке. В среднем в рубце образуется от 550 до 2500 г уксусной кислоты.

Синтез молочного жира можно рассматривать как процесс, протекающий в две стадии: 1) формирование фонда жирных кислот и глицерина; 2) включение их в триглицериды молока. Насыщенные жирные кислоты от  $C_4$  до  $C_{18}$  с четным числом углеродных атомов вместе с олеиновой кислотой составляют около 9 % жирных кислот молочного жира. Поэтому наиболее важно знать происхождение именно этих кислот. Есть данные, что жирные кислоты жира молока происходят из липидов крови, с одной стороны, и в результате непосредственного синтеза в клетках молочной железы — с другой. Главным источником высокомолекулярных жирных кислот служит метаболически подвижная фракция триглицеридов,

находящаяся в составе  $\beta$ -липопротеидов плазмы.

Избыток в рационе концентратов и измельченного корма (сенная мука) приводит к уменьшению образования уксусной кислоты, а следовательно, снижению жирности молока. При помощи сбалансированных рационов и гормонов щитовидной железы можно регулировать жирность молока. Чем выше активность щитовидной железы, тем больше процент уксусной кислоты в содержимом рубца и выше жирномолочность. Скармливание коровам больших количеств капусты и турнепса, содержащих антитиреоидные вещества, уменьшает жирность молока.

В глицеридах молока имеется около 150 различных жирных кислот, но только 10 из них обнаруживают постоянно, причем их химические формулы имеют короткие боковые цепи и они обладают резким запахом. Приблизительно половина липидов синтезируется из двууглеродных фрагментов, а олеиновая, пальмитиновая и стеариновая кислоты поступают в вымя с кровью.

При формировании капелек жира внутри клеток эпителия вначале вокруг ядра образуются суданофильные гранулы. Они постепенно накапливаются в апикальной части клетки, перешнуровываются, проходя мембрану и оттесняя ядро, выделяются в полость альвеол.

**Синтез молочного сахара.** Лактоза формируется из углеводов крови, находящихся в ней в свободном состоянии, при участии ферментов лактозосинтетазы, галактозинтрансферазы, гексокиназы и др. Синтез лактозы осуществляется в эпителиальных клетках. Глюкоза соединяется с фосфорилированной галактозой и образует в эпителиальных клетках лактозу.

**Типы секретов молока.** Особенности образования молока в секреторных клетках эпителия весьма сложны и не вполне изучены. Основной тип секреции молока — мерокри-

*новый*. Эпителиальная клетка, получая кровь из сосудистого капилляра, выбирает из нее вещества, которые используются для образования молока. Образующиеся капельки жира продвигаются в вершечную часть клетки (апикальную) и отсюда постепенно (по частям) просачиваются через мембрану, оставляя на своем месте быстро исчезающую вакуоль. Клетка остается неповрежденной. Мерокриновый тип отмечают в разгаре лактации.

В молозивный период, по-видимому, секреция молока происходит по *апокриновому типу*, то есть происходит превращение дистального участка клетки в секрет. Апикальная часть клетки «выбрасывает» в просвет альвеолы вместе с секретом фрагменты цитоплазмы.

В стадии инволюции наблюдают *голокриновый тип* секреции, при котором происходит преобразование всей клетки в секрет молока.

В процессе секреции молока часть его основных элементов подвергается ферментативному расщеплению и всасывается обратно в кровь (реабсорбция), что, в свою очередь, стимулирует секрецию.

При *леммокриновом типе* секреции капли секрета уносят на себе частицы плазматической мембраны. Этот тип сходен с апокриновым.

Выделение секрета белковой природы относят к типичному мерокриновому типу, а выделение жира — к леммокриновому. Поскольку основной секреторный процесс в железистых клетках молочной железы происходит в интервале между двумя доениями, выход секрета без повреждения клетки (мерокриновый или леммокриновый) можно считать основным (И. И. Грачев, 1971).

**Емкостная система вымени.** Непрерывно образующееся молоко вначале заполняет альвеолы и мелкие протоки, затем средние, широкие и только после этого продвигается в цистерны. Заполнение емкостной системы молоком вызывает постепенное

повышение внутривыменного давления. По мере заполнения емкостной системы вымени молоком снижается тонус гладкой мускулатуры, а внутривыменное давление поднимается до 50—75 мм рт. ст.

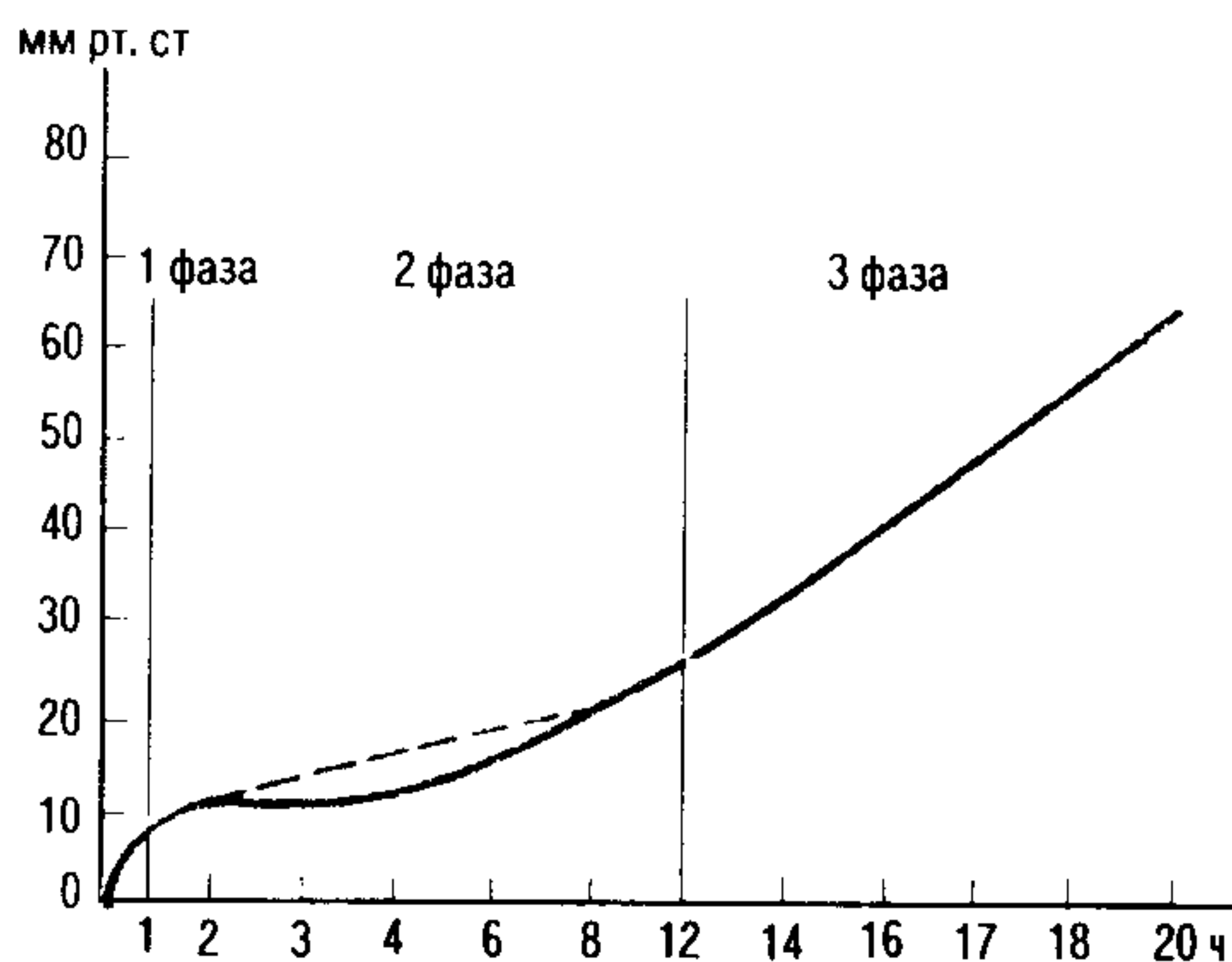
Емкость молочной железы и ее четвертей зависит от внутривыменного давления. Последнее прямо связано с количеством образовавшегося молока и тонусом гладкой мускулатуры вымени. Во время сосания или доения внутривыменное давление под влиянием рефлекторного сокращения всех альвеол и их молочных протоков возрастает с 15—20 до 60—70 мм рт. ст. По окончании доения (при полном выдаивании) давление падает до нуля, а по мере заполнения емкостной системы вымени оно вновь повышается. У кобыл внутривыменное давление при доении поднимается до 40—60 мм рт. ст., дальнейшее увеличение его сопровождается самопроизвольным выделением молока из сосков, вначале каплями, а затем струйкой (Х. Д. Дюсембин, 1978).

Чрезмерное увеличение внутривыменного давления отрицательно сказывается на секреторной функции молочной железы, что следует учитывать при определении интервала между доениями.

Изменение внутривыменного давления при заполнении емкостной системы вымени протекает стадийно. В течение 1—2 ч незначительно повышается давление до 10—15 мм рт. ст. (1-я фаза); с 4 до 8 ч давление повышается до 25—30 мм рт. ст., но уровень его не носит постоянного характера и может быть различным (2-я фаза); с 10—12 ч кривая круто поднимается и достигает наивысшего значения через 18—20 ч (3-я фаза) (рис. 54). Под действием окситоцина внутривыменное давление повышается на 15—25 мм рт. ст., одновременно расслабляется сфинктер соска.

Существует прямая зависимость между молочной продуктивностью и емкостью вымени. У кобыл оптималь-





#### 54 Изменение внутривыменного давления по мере заполнения емкостей вымени молоком

ная величина емкости 1—1,5 л, максимальная — 2—2,5, у коров максимальная — 18—25 л. Коровы-рекордистки имеют весьма значительную емкость вымени, достигающую до 40—50 л.

Емкость вымени зависит от объема вымени и цистерн, степени развития альвеолярного аппарата, молочных ходов и протоков. Задние четверти вымени, как правило, развиты сильнее передних. Заполнение происходит ритмически, что обусловлено сложными тоническими рефлексам, вызывающими периодическое сжатие альвеол и расширение сфинктеров; это способствует переходу молока в цистерны. В данном процессе существенную роль играет раздражение рецепторов вымени, особенно во время массажа и обмывания теплой водой. У животных постепенно вырабатываются условные рефлекс на переход молока в цистерны: на приближение доярки, подготовительные процедуры перед дойкой, обстановку во время доения и кормления.

Емкостная система вымени тренируется от лактации к лактации. Опорожнение альвеолярного отдела вымени стимулирует молокообразование, этому способствует только полное выведение молока. Неполное выдаивание тормозит процесс молокообразования и ведет к постепенному запуску.

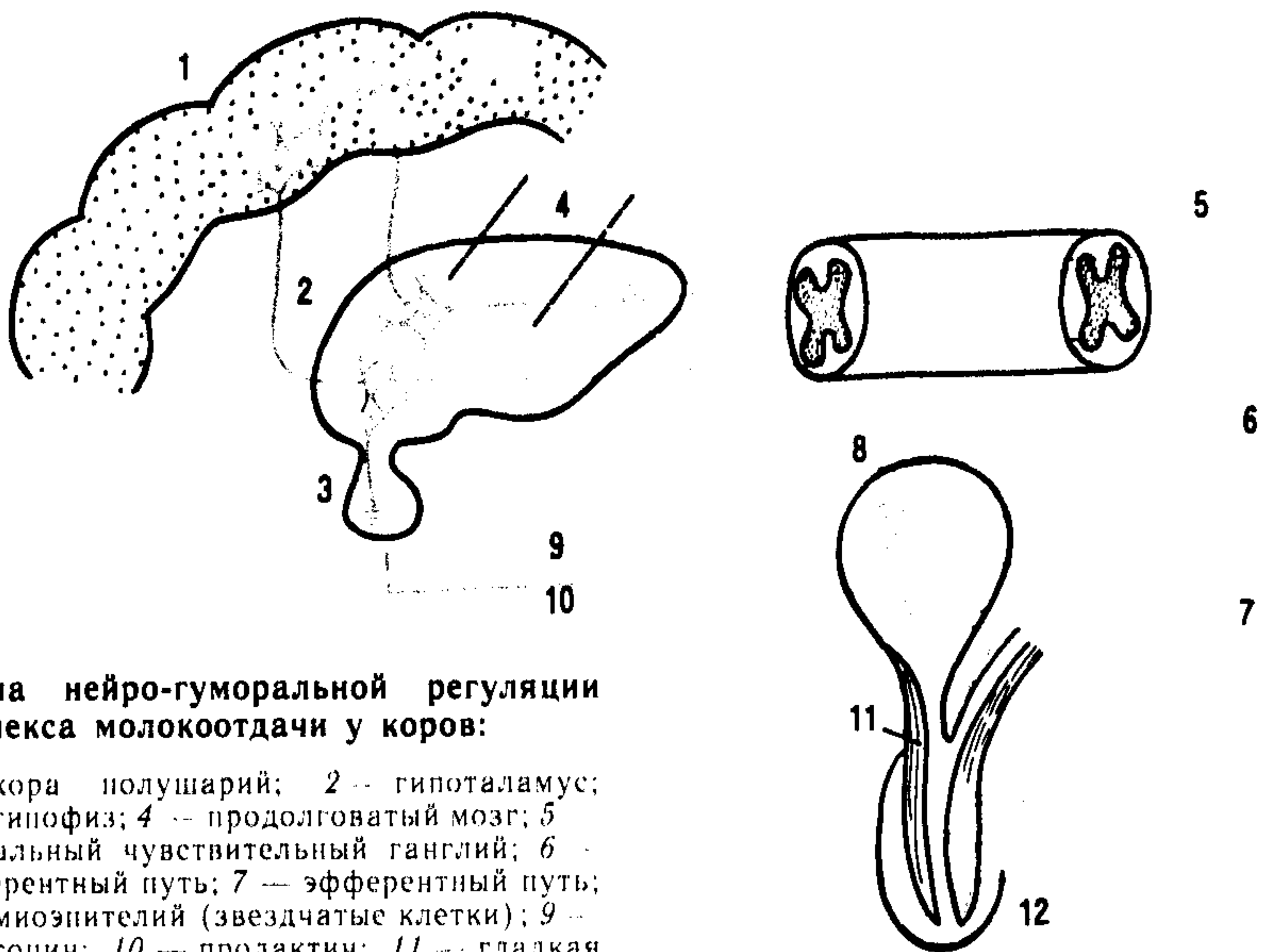
Молоко образуется в вымени не-

прерывно не только в перерывах между дойками, но и в процессе доения. Накопившееся молоко вызывает раздражение интерорецепторов и барорецепторов молочной железы, и биоэлектрические сигналы по чувствительным нервам (наружный семенной, подвздошно-паховый) передаются в центральную нервную систему. В ответ на поступившие сигналы происходит рефлекторное сжатие тонуса гладкой мускулатуры протоков и расслабление сфинктеров. Таким образом, заполнение вымени служит типичным тоническим рефлексом. Этим предупреждается чрезмерное увеличение давления, которое может тормозить секрецию молока, и создаются оптимальные условия для заполнения емкостной системы вымени.

### РЕГУЛЯЦИЯ МОЛОКООБРАЗОВАНИЯ

Сложную функцию молокообразования молочная железа выполняет благодаря совершенству рефлекторной регуляции. Процесс молокообразования осуществляется при участии коры полушарий мозга и ряда отделов центральной нервной системы, строго согласованных в своей деятельности и образующих единую морфофункциональную структуру, которую можно назвать центром, регулирующим секрецию и выведение молока, или *лактационным центром* (И. И. Грачев, 1970). Этот центр обуславливает подготовку молочной железы к лактации, пуск в ход секреторного процесса, выведение молока. Он находится во взаимодействии с пищевым, дыхательным, сосудодвигательным, половым и другими центрами.

Каждый из отделов центра лактации выполняет свою функцию. В спинном мозге происходит грубая регуляция двигательной функции молочной железы, в продолговатом мозге регулируется кровоснабжение различных ее частей. Наи-



### 55 Схема нейро-гуморальной регуляции рефлекса молокоотдачи у коров:

1 — кора полушарий; 2 — гипоталамус; 3 — гипофиз; 4 — продолговатый мозг; 5 — спинальный чувствительный ганглий; 6 — афферентный путь; 7 — эфферентный путь; 8 — миоэпителий (звездчатые клетки); 9 — окситоцин; 10 — пролактин; 11 — гладкая мускулатура выводящих протоков; 12 — чувствительные рецепторы соска (по Заксу)

более совершенная нейро-гуморальная регуляция осуществляется промежуточным мозгом: супраоптическими и паравентрикулярными ядрами гипоталамуса, которые при возбуждении выделяют нейросекреты, поступающие в заднюю долю гипофиза. Регулирующая роль гипоталамо-гипофизарной системы заключается в выделении гормонов окситоцина и пролактина, стимулирующих лактогенез и выделение ингибиторов пролактина, тормозящих секреторный процесс (рис. 55). Согласно приведенной схеме, раздражение чувствительных рецепторов сосков передается по афферентным нервам в спинной мозг и гипоталамус; здесь образуется окситоцин, который гуморальным путем действует на клетки звездчатого миоэпителия вымени. Тормозящее действие на гипоталамус, а следовательно, на синтез и выделение пролактина из гипофиза оказывают также эстрогены. Считают, что стимулом для выделения гормонов гипофиза является снижение их уровня из циркулирующей крови в результате расхода данных гормонов на синтез и

выведение молока. В этом заключается принцип обратной связи между центром лактации и молочной железой. В гипоталамусе осуществляется координация деятельности молочной железы с другими системами организма.

Важнейший гормон лактации — *пролактин*, или маммотропный гормон передней доли гипофиза, который не только усиливает секрецию молока, но и способствует росту молочной железы. Если поступление пролактина в кровь, например при поражении гипофиза или перерезке его ножки, прекращается, то лактация резко тормозится вплоть до полной остановки.

Пролактин постоянно присутствует в крови лактирующих животных, но уровень содержания гормона непостоянен. Во время доения его содержание резко увеличивается, особенно в начальный период, затем происходит постепенное уменьшение. Концентрация пролактина в крови повышается уже в момент преддоильной подготовки (условнорефлекторная фаза), в конце доения его уровень снижается почти до нулевых



значений (А. Г. Тараненко, 1986).

Гормоны щитовидной железы усиливают лактацию. Тиреоидные гормоны стимулируют морфогенез молочной железы, способствуют наступлению лактации и повышают секреторную способность клеток молочной железы. Под влиянием тироксина повышается концентрация иммунных глобулинов, фосфорных соединений и общего кальция в молоке. Тиреоэктомия, напротив, приводит к снижению лактации и содержания липидов в молоке.

В механизме действия тиреоидных гормонов важное значение имеют тиреотропные гормоны гипофиза, стимулирующие образование и выделение тироксина и трийодтиронина. Считают, что тироксин усиливает активность ферментных систем переноса электронов и фосфорилирование в митохондриях, увеличивая синтез белка в них. Введение коровам синтетического тироксина в дозе 10—30 мг увеличивает суточные удои на 1,9—3,8 л, жирность — на 0,8—1,7 %, белка — на 0,14—0,18 %.

Надпочечные железы также принимают участие в регуляции секреции молока. Удаление надпочечников вызывает глубокие нарушения функции молочных желез. Гормон надпочечников адреналин может непосредственно действовать на молочную железу. Он сокращает мышечные образования стенок цистерн и протоков, изменяет процесс образования жира и белка в молоке.

*Прогестерон* — гормон желтого тела — оказывает тормозящее влияние на лактацию. В процессе беременности плацента вырабатывает большое количество эстрогенов, которые повышают уровень белкового обмена, синтез белка в тканях молочной железы и уровень молочного жира. К концу беременности молочная железа подготовлена для образования молока, но лактогенез задерживается под влиянием эстрогенов и прогестерона, тормозящих образование пролактина, без которого мо-

локо не продуцируется. В молоке содержится небольшое количество прогестерона, изменяющееся в зависимости от времени полового цикла и беременности. У нестельных коров его менее 2 нг/мл, у стельных — от 2 до 11 нг/мл.

После родов и удаления из родовых путей плаценты содержание эстрогенов и прогестерона в крови резко падает, а их тормозящее влияние на гипофиз прекращается, поэтому последний начинает продуцировать значительное количество пролактина. Секреция молока (вначале молозива) начинается после родов и продолжается на протяжении всего периода лактации.

На регуляторные механизмы лактации влияет характер системы содержания дойных коров. При равных интервалах между дойками и трехкратном кормлении животных наибольшая интенсивность молокообразования приходится на первую половину светового дня, а наименьшая — на ночное время. Это связано с дневной активностью животных, с солнечной радиацией, реакцией животных на внешние раздражители среды, вызывающие повышение обмена веществ.

Лактация поддерживается и стимулируется не только систематическим опорожнением вымени, но и определенной настроенностью центральной нервной системы, или так называемой *доминантой лактации*, на ее возникновение действуют различные внешние факторы. При положительном воздействии внешних факторов и их определенном сочетании образуется положительная обратная связь и формируется доминанта; это ведет к увеличению молочной продуктивности.

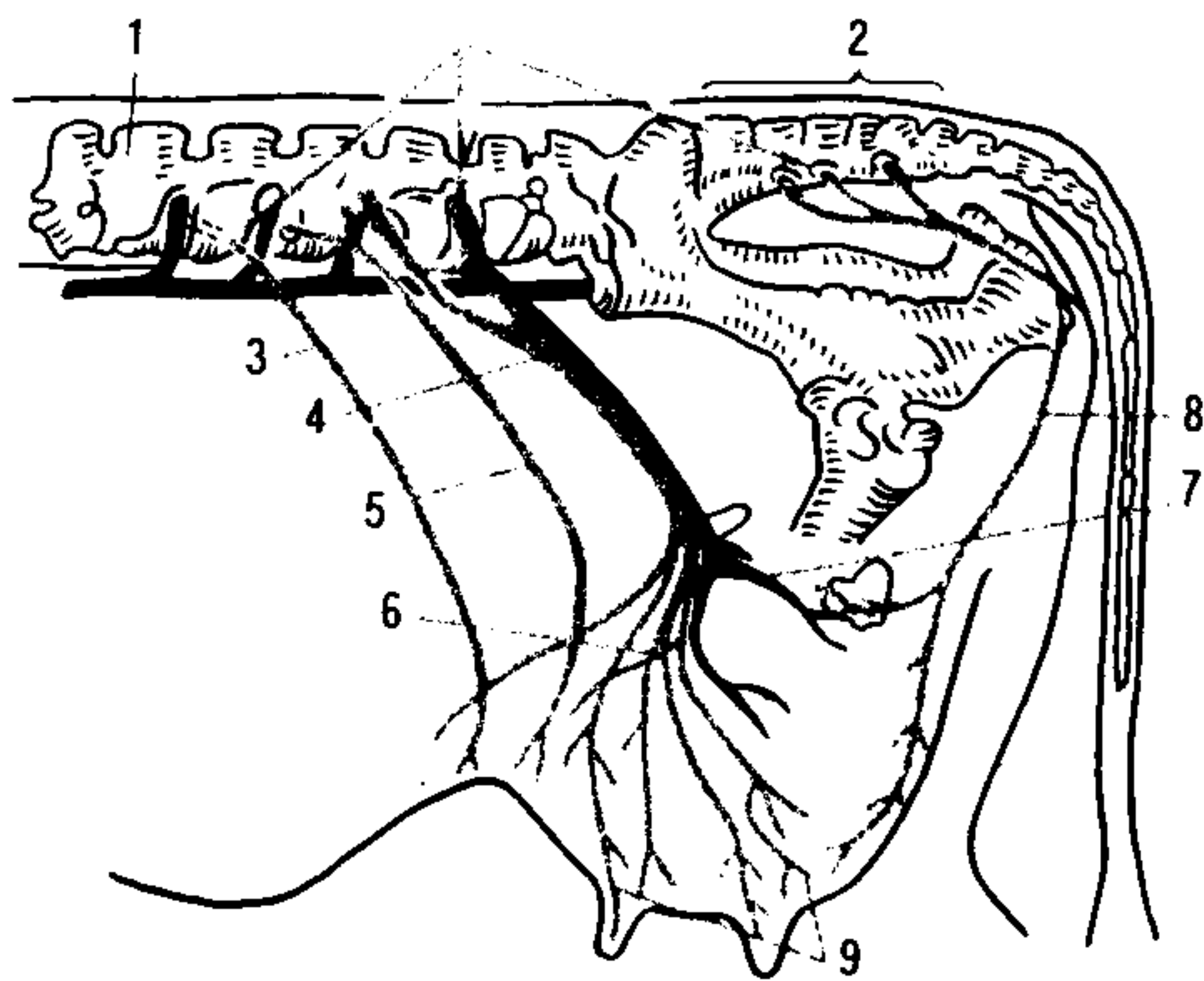
Доминантное состояние нервных центров коры и подкорковых образований выражается полноценной реализацией рефлекса молокоотдачи и появлением  $\alpha$ -волн в коре полушарий мозга частотой 9—12 Гц. В случае нарушения доминанты лактации,

например при сильных шумах (более 120 дБ), высоком уровне вакуума в доильных стаканах (более 380 мм рт. ст.) и других отрицательных факторах, в коре полушарий возникают ориентировочно-оборонительная реакция, десинхронизация  $\alpha$ -ритма и возникновение высокочастотного  $\beta$ -ритма (А. Н. Голиков, Е. И. Любимов, 1969). У животного образуется отрицательная обратная связь, в результате тормозится молокообразование и ухудшается выведение молока.

**Рефлекс молокоотдачи.** Этот рефлекс осуществляется в результате взаимодействия нервной, эндокринной и сосудистой систем. От вымени по центростремительным нервам афферентные импульсы передаются в афферентные нейроны спинномозговых узлов и дорсальные столбы серого вещества спинного мозга, отсюда через вставочные нейроны серого вещества сигнал поступает на эфферентные нейроны вентральных столбов серого вещества и по двигательным аксонам передается в молочную железу (рис. 56). Это короткая рефлекторная дуга, построенная по аналогии с двигательными рефлексам, обеспечивает снижение тонуса гладкой мускулатуры вымени и раскрытие сфинктеров протоков и сосков. В результате наступает припуск и легко удаляется цистернальная порция молока, составляющая 15—17 % удоя \*.

Центральная часть дуги рефлекса находится в коре полушарий мозга в супраоптических и паравентрикулярных ядрах гипоталамуса. Эфферентные пути от гипоталамуса идут к задней доле гипофиза в специальном пучке, насчитывающем до 1000 аксонов, который называют супраоптико-гипофизарным трактом. Сюда поступают рефлексы из вымени. Под их влиянием синтезируется оксито-

\* Этот показатель может варьировать, так как цистернальная порция может содержать часть рефлекторной порции молока.



## 56 Нервы вымени коровы:

1 — первый поясничный позвонок; 2 — крестцовые позвонки; 3 — подвздошно-подчревный нерв; 4 — наружный семенной нерв; 5 — подпаховый нерв; 6 — нижняя и 7 — верхняя ветви наружного семенного нерва; 8 — промежуточный нерв; 9 — окончания чувствительных нервов, образующих сплетения у основания сосков; стрелками указаны участки переключения импульсов с афферентного пути на эфферентный через вставочные центры спинного мозга

цин в нейронах гипоталамуса и накапливается в задней доле гипофиза. Отсюда гормон поступает в воротную систему гипофиза и в кровь и по кровеносной системе в молочную железу. Альвеолярное молоко выводится из вымени только при участии гормонов гипоталамо-гипофизарной системы. Она возбуждается поступающими к ней импульсами от рецепторов молочной железы. Выделение гормона окситоцина и поступление его с кровью в молочную железу происходит не сразу, а через определенный скрытый период длительностью 30—40 с и более, который может варьировать у разных животных. Окситоцин оказывает стимулирующее влияние на миоэпителий альвеол, который начинает быстро сокращаться и сжимать снаружи альвеолы, в результате секрет выводится в протоки альвеол.

В рефлексе молокоотдачи различают две фазы. Первая фаза — чисто нервная, характеризуется выделением молока из крупных протоков и цистерн вследствие раздражения рецепторов молочной железы



и передачи импульсов в центры и обратно по короткой рефлекторной дуге. Вторая фаза — нейро-гуморальная, характеризуется поступлением окситоцина в кровь, а затем в молочную железу и выведением молока из альвеол и мелких протоков вследствие сокращения миоэпителия под воздействием нейро-гуморального механизма. Основное звено в этом механизме — влияние окситоцина на миоэпителий альвеолярного аппарата (на звездчатые клетки).

Фазовый характер рефлекса молокоотдачи имеет важное биологическое значение. Как только детеныш захватывает сосок, ему через 1—2 с поступает в ротовую полость цистернальное молоко (первая фаза). Через 25—60 с наступает вторая фаза, и молоко начинает выделяться из альвеолярного отдела молочной железы.

У лактирующих животных гипоталамус возбуждается рефлекторно вследствие раздражения рецепторов молочной железы, например при массаже, обмывании теплой водой (40 °C), при доении, сосании.

Введением гормональных препаратов (питуитрина и др.) внутривенно или подкожно можно получить остаточные порции молока, отличающиеся высоким содержанием жира. Величина остаточного молока у коров бывает от 0,5 до 4,2 кг жирностью от 7 до 24 %. Периодическое наличие остаточного молока тормозит его общий уровень секреции.

Доение положительно влияет на кровообращение в вымени. Машинное доение, которому предшествует 10-секундная гигиеническая обработка сосков, вызывает значительное увеличение кровотока через вымя. Максимальный кровоток составляет в среднем 154,4 % от объемной скорости кровотока. Стимулирующее влияние машинного доения на кровообращение в вымени объясняют сосудорасширяющим действием окситоцина, освобождающегося из нейро-гипофиза в результате реализации рефлекса молокоотдачи.

В механизме молокоотдачи большое значение имеет не только окситоцин, но и вазопрессин, а также медиатор — ацетилхолин, способные также вызывать сокращение миоэпителия. Супраоптическое ядро секреторирует преимущественно вазопрессин, а паравентрикулярное — вазопрессин и окситоцин с преобладанием последнего. Важная роль в секреции молока принадлежит пролактину и соматотропину, а также тиреотропину и кортикотропину.

Кора полушарий мозга участвует в регуляции молокоотдачи и лактации, а также в поддержании ритмичности физиологических процессов синтеза молока и его накопления в вымени.

Существует связь между особенностями проявления рефлекса молокоотдачи и подвижностью и уравновешенностью корковых нервных процессов. У коров с сильным уравновешенным типом высшей нервной деятельности быстро вырабатывается рефлекс на место доения, полнее отдается молоко и сохраняется постоянный уровень лактации, в то время как коровы со слабым типом нервной деятельности менее устойчивы к изменению условий доения, а удои у них подвержены значительным колебаниям.

Лошади, несмотря на относительно небольшой объем вымени, отличаются высокой молочной продуктивностью. Образующееся молоко вначале накапливается в альвеолярном отделе железы, а затем переходит в цистерны. Скорость молокоотдачи и молокообразования зависит от внутривыменного давления. Емкостная система вымени лошади способна накапливать до 2,5—2,8 л молока, а за сутки до 30 л.

Между фазами выведения молока (нервной и нейрорефлекторной) есть пауза, составляющая в среднем 23—25 с. У некоторых кобыл фазность рефлекса может быть не выражена и выведение молока происходит, как у коров. У большинства жеребых кобыл лактация продолжается 6—8 мес, иногда дольше. Наиболее молочными считают степных казахских и башкирских лошадей.

У свиней в отличие от других млекопитающих рефлекс молокоотдачи имеет существенные особенности. Если после родов рефлекс осуществляется лишь от прикосновения

к одному из сосков, то позднее выведение молока происходит только после латентного периода рефлекса, а в сосках, которые не раздражались поросенком, он не наступает. За первое сосание поросенок получает 25—50 г молока. Общее количество молока, выделяемого свиноматкой за период одного сосания, колеблется от 150 до 600 г в сутки. Молоко свиней по химическому составу отличается от молока других млекопитающих. Оно содержит 16—20 % сухого вещества, 3,8—16,2 — жира, 5—7,6 % белка.

**Стимуляция и торможение лактации.** Стимуляция лактогенеза и выведения молока отчетливо проявляется при предварительном массаже вымени, обмывании теплой водой, при соблюдении стереотипа доения. Обстановка во время дойки при постоянном подкреплении приобретает сигнальное значение: у коров вырабатывается условный рефлекс на место доения и приема корма, создается стойкий стереотип. В результате происходят стимуляция и ускорение рефлекторных реакций, быстрое выделение необходимых гормонов, увеличение надоя молока. Определенная обстановка быстро превращается в условный раздражитель, поэтому любой индифферентный раздражитель можно превратить в условный сигнал молоковыделительной реакции. Окраска в розовый цвет стойла для доения, включение слабого света в начале надевания доильных стаканов вызывают стимуляцию рефлекса молокоотдачи. Условный рефлекс молокоотдачи у кобыл легко вырабатывается и длительно сохраняется на звук, доярку, очередность и время доения. Отмечены случаи произвольного вытекания молока из сосков на действие звука. Методом условных рефлексов можно приучить кобыл к доению без жеребят, что повышает молочную продуктивность. Эффективным средством для стимуляции молочной продуктивности служит соматотропный гормон. Применение его повышает удои коров. Важное значение в стимуляции процесса лактации играет процесс доения. Применение в процессе машинного доения коров модулированного поля

УВЧ (15—30 Вт) служит раздражителем, способствующим полноценному рефлексу молокоотдачи, и фактором, предупреждающим стресс-реакцию, особенно у первотелок.

При наличии адекватных доильных раздражений в рецепторах вымени возникает состояние оптимума, при котором в кору мозга по чувствительным нервам поступает определенная программа информации, закодированная ритмом биотоков. В ответ на это в коре головного мозга возбуждаются центры молокоотдачи, реализуется гормональное звено и формируется доминанта лактации. В случае неадекватных раздражений образуется состояние пессимума и происходит торможение молокоотдачи. Чтобы избежать этого, необходимо подбирать соответствующий режим доения, устранять сильные внешние раздражители и стресс-факторы. В специальных опытах в лаборатории И. П. Павлова было установлено, что при болевых раздражениях чувствительных нервов вымени происходит резко выраженное торможение молокоотдачи и угнетение секреции молока. Электрические раздражения задней поверхности вымени, спины или конечностей вызывают торможение молоковыведения. На денервированном вымени это торможение ослаблялось, но полностью снималось только после денервации надпочечников. Отсюда можно сделать вывод, что торможение молокоотдачи осуществляется через эфферентные нервы молочной железы и надпочечники вследствие рефлекторного выделения адреналина. Считают, что торможение молокоотдачи является следствием задержки выведения окситоцина в кровь из задней доли гипофиза. Торможение условных рефлексов при доении может возникнуть вследствие изменения условий стереотипа доения; у животных слабого типа это ведет к значительному ухудшению секреции молока.



## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ С ДРУГИМИ ОРГАНАМИ

Функция молочной железы тесно связана с органами пищеварения, кровообращения, лимфообразования и с поступлением тиреотропных гормонов гипофиза, а также щитовидной железы — тироксина и трийодтиронина. Гормоны щитовидной железы влияют на жирномолочность коров. В свою очередь, щитовидная железа нормально функционирует только при определенном уровне йода в кормах, который она поглощает из крови. Процесс пищеварения оказывает влияние на синтез молока. Нормальное его осуществление в первую очередь обусловлено образованием большого количества уксусной кислоты, а также зависит от наличия в рационе достаточного количества клетчатки; при избытке в рационе концентратов образование и накопление низкомолекулярных жирных кислот тормозятся.

Стенка рубца участвует в обмене летучих жирных кислот или их солей, при этом часть уксусной и масляной кислот или их солей превращается в кетоновые тела. Синтез кетоновых тел возможен также и в молочной железе, почках, но наибольшее количество их образуется в печени.

Кетоновые тела (ацетоновые тела) — это группа органических соединений, включающая ацетон, ацетоуксусную кислоту и  $\beta$ -оксимасляную кислоту. Они являются нормальными метаболитами, которые хорошо используются всеми внепеченочными тканями организма как источник энергии;  $\beta$ -оксимасляная кислота — один из предшественников образования жира молока.

В крови здоровых животных в обычных условиях кормления содержится 2—9 мг% кетоновых тел, в молоке — 3—8, а в моче — 9—18 мг%. Основное количество кетоновых тел в крови представлено  $\beta$ -оксимасляной кислотой, которая может составлять

до 60—85 % общего количества кетоновых тел. В молоке и моче ацетона и ацетоуксусной кислоты может быть больше и отношение их к  $\beta$ -оксимасляной кислоте составляет 1:2 или 1:1.

Небольшое увеличение содержания кетоновых тел в крови можно рассматривать как нормальный процесс физиологической адаптации, компенсирующий снижение уровня сахара в крови. Однако когда такое состояние сохраняется длительное время, то появляются расстройства всего метаболического пути. При избыточном накоплении ацетил-коА и недостаточной его утилизации может происходить накопление кетоновых тел в организме, что ведет к нарушению обменных процессов. Это сопровождается увеличением уровня свободных жирных кислот в крови и явлениями ацидоза. Особая склонность организма жвачных к развитию ацидоза и кетоза связана с тем, что их организм в процессах обмена использует большое количество низкомолекулярных жирных кислот, из которых уксусная и масляная кислоты служат предшественниками ацетил-коА и могут быстро превращаться в кетоновые тела.

У лактирующих коров увеличивается масса печени, так как во время лактации кровообращение и обмен веществ в ней усиливаются и вследствие этого в печени создается основная масса предшественников молока (аминокислоты крови,  $\beta$ -оксимасляная кислота и др.).

Интенсивный обмен веществ необходим для поддержания высокой молочной продуктивности. Лактирующие животные должны обеспечиваться полноценным, хорошо сбалансированным рационом. Достаточный уровень по белковому питанию в период интенсивной лактации равен 90—100 г переваримого протеина на одну кормовую единицу суточного рациона, а в конце лактации — 70—80 г. Белковый перекорм отрицательно сказывается на обмене веществ и приводит к патологическому состоя-

нию организма. Потребность лактирующих коров и коз в белке нужно определять с учетом функционального состояния молочной железы, которое зависит от периода лактации, условий питания, доения, моциона и общего состояния животного.

У различных видов животных молоко по своему составу относительно одинаково, но концентрация его составных частей различна. О питательной ценности молока можно судить по величине прироста новорожденных за определенный промежуток времени в зависимости от жирности молока и других его составных частей. Например, крольчата удваивают свой вес за 6 сут, а телята — только за 47, свиньи — за 18 сут и т. д. В таблице 26 показана зависимость роста новорожденных от концентрации белков, минеральных веществ и жира в материнском молоке.

В питании лактирующих коров большое значение имеют витамины, минеральные вещества, легкопереваримые углеводы. Витамины необходимы не только для поддержания жизненно важных процессов в организме на оптимальном уровне, но и для получения богатого витаминами молока.

На жирность молока влияют внешние условия. При высокой температуре окружающей среды жирность молока снижается, а при низких температурах повышается. Зим-

нее молоко у коров обычно более жирное, чем летнее. Самые низкие жирность молока и его калорийность отмечены у животных тропического пояса (зебры, носороги, бегемоты, орангутанги и др.).

## ФИЗИОЛОГИЯ ДОЕНИЯ

Приемы, связанные с доением коров, — подход к животному, массаж вымени, его обтирание, надевание доильных стаканов на соски — нужно проводить в определенной последовательности, что способствует закреплению условнорефлекторных реакций у коров и обеспечивает полноценный рефлекс молокоотдачи.

К доению приступают тогда, когда вымя и соски станут упругими, напряженными (припуск молока). Доение проводят быстро, пока хорошо выражены эти признаки.

В процессе машинного доения следует учитывать величину и форму вымени, сосков, состояние их сфинктеров, продолжительность выделения окситоцина, скорость молокоотдачи. Поэтому необходимо проводить отбор коров, пригодных для машинного доения. У большинства высокопродуктивных коров в процессе доения повышается кровяное давление, усиливаются движения матки, тормозится мочеотделение.

При ручном доении одновременно выдаивают две четверти, а доильной машиной — все четыре четверти вымени. Машинное доение наиболее целесообразно, так как раздражение одного или двух сосков вызывает рефлекторную молокоотдачу во всех четвертях вымени. Если доить корову поочередно, одну четверть за другой, то из четверти, выдоенной последней, получают меньше молока и с пониженной жирномолочностью, так как остающееся в ней молоко переходит обратно в молочные ходы и альвеолы. Следовательно, доить нужно быстро и энергично. Рефлекс молокоотдачи у коров длится в среднем 5—7 мин, выделение и действие окситоцина —

**26. Зависимость между ростом новорожденных и содержанием в молоке белков, жиров, минеральных веществ**

Животные	Время удваивания массы новорожденных, дн.	Белки	Жиры	Минеральные вещества
Кролики	6	12,0	15,5	2,7
Собаки	8	9,7	9,3	1,3
Овцы	10	6,5	4,2	1,0
Свиньи	18	6,1	6,4	1,1
Козы	19	3,7	4,0	0,9
Коровы	47	3,4	3,6	0,7
Лошади	60	2,0	1,1	0,4



4—7 мин и только у некоторых животных до 12 мин в зависимости от типа их нервной деятельности и режима доения. Учитывая эти физиологические особенности, доение нужно заканчивать в течение периода действия окситоцина на миоэпителий альвеолярного аппарата. Нельзя также передерживать стаканы на выдоенном (сухом) вымени.

При организации доения коров необходимо помнить, что в первое время после отела удои увеличиваются, а затем со 2—4-го мес беременности даже при правильном кормлении животных начинают снижаться на 5—8 % за месяц. Продолжительность лактационного периода у коров составляет в среднем 240—305 дн., у коз — 240—300, у овец — 130—150, у кобыл — до 270 дн. и больше, у верблюдиц — 300, у свиней — 60—70 дн.

При выборе кратности доения нужно учитывать стадию лактации, показатели молочной продуктивности, емкости вымени и скорости молокоотделения. Слишком часто и редко доить коров не рекомендуется. Коров, быстро отдающих молоко, доят чаще. В любом хозяйстве можно сочетать двукратное доение с трехкратным.

Полнота молокоотдачи у кобыл зависит от интенсивности сокращения альвеол и состояния сфинктера соска. У большинства кобыл молоко при вакууме выше 70 мм рт. ст. выделяется каплями, при 100 мм рт. ст. — струей, но у тугодойких кобыл эти показатели удваиваются. Увеличение вакуума при доении кобыл выше 360 мм рт. ст. нежелательно: оно может привести к осложнениям.

Чтобы выбрать величину вакуума для доильных стаканов, измерим его во рту телят. В вымени и внутри соска давление близко к атмосферному, а во рту телят вакуум составляет 100—280 мм рт. ст.; за счет этой разницы и выталкивается молоко из соска.

Оптимальный уровень вакуума находится в пределах половинного

значения от атмосферного давления за вычетом цистернального давления (в среднем 60 мм рт. ст.) к началу доения. Только при таком перепаде атмосферного и внутривыменного давления создаются физиологические условия для преодоления силы сфинктеров сосков без их повреждения.

Чтобы определить нужную величину оптимального вакуума для данного периода времени, необходимо измерить атмосферное давление барометром-анероидом, а затем рассчитать вакуум по формуле

$$P_{\text{вак}} = \frac{P}{2} - 60 \text{ мм рт. ст.},$$

где  $P_{\text{вак}}$  — давление в подсосковой камере, мм рт. ст.;  $P$  — атмосферное давление, мм рт. ст.

Учитывая перепады атмосферного давления, можно создать нужный вакуум в подсосковой камере. Например, при атмосферном давлении 760 мм рт. ст. он будет равен 320 мм рт. ст., а при перепаде атмосферного давления до 730 — 305 мм рт. ст. (А. Н. Голиков, 1974). При более высоком вакууме появляется опасность разрыва кровеносных сосудов паренхимы и сфинктеров соска и возникновение маститов. К недостаткам машинного доения относят наползание доильных стаканов на соски, что затрудняет выделение молока.

Соотношение тактов (сосания к сжатию) у машин с попарным доением сосков — 1:1, у машин с одновременным доением всех четвертей вымени оно увеличено до 75 %. Соотношение тактов влияет на скорость доения. Чем больше относительная длительность такта сосания, тем быстрее происходит выдаивание. Увеличение длительности такта сосания не повышает расход энергии и поэтому его можно использовать для интенсификации процесса доения (В. Ф. Королев, 1965). Основным недостатком пульсаторов состоит в трудности поддержания одинакового числа пульсаций, поэтому нередко каждый раз коров доят при разной

частоте пульсации, в результате они реагируют худшей отдачей молока. Лучший режим начинается с момента совпадения частот работы пульсатора с сердечным ритмом, но наиболее выраженная молокоотдача возникает при запаздывающем режиме пульсатора (А. Н. Голиков, В. Ф. Кетиладзе, 1987).

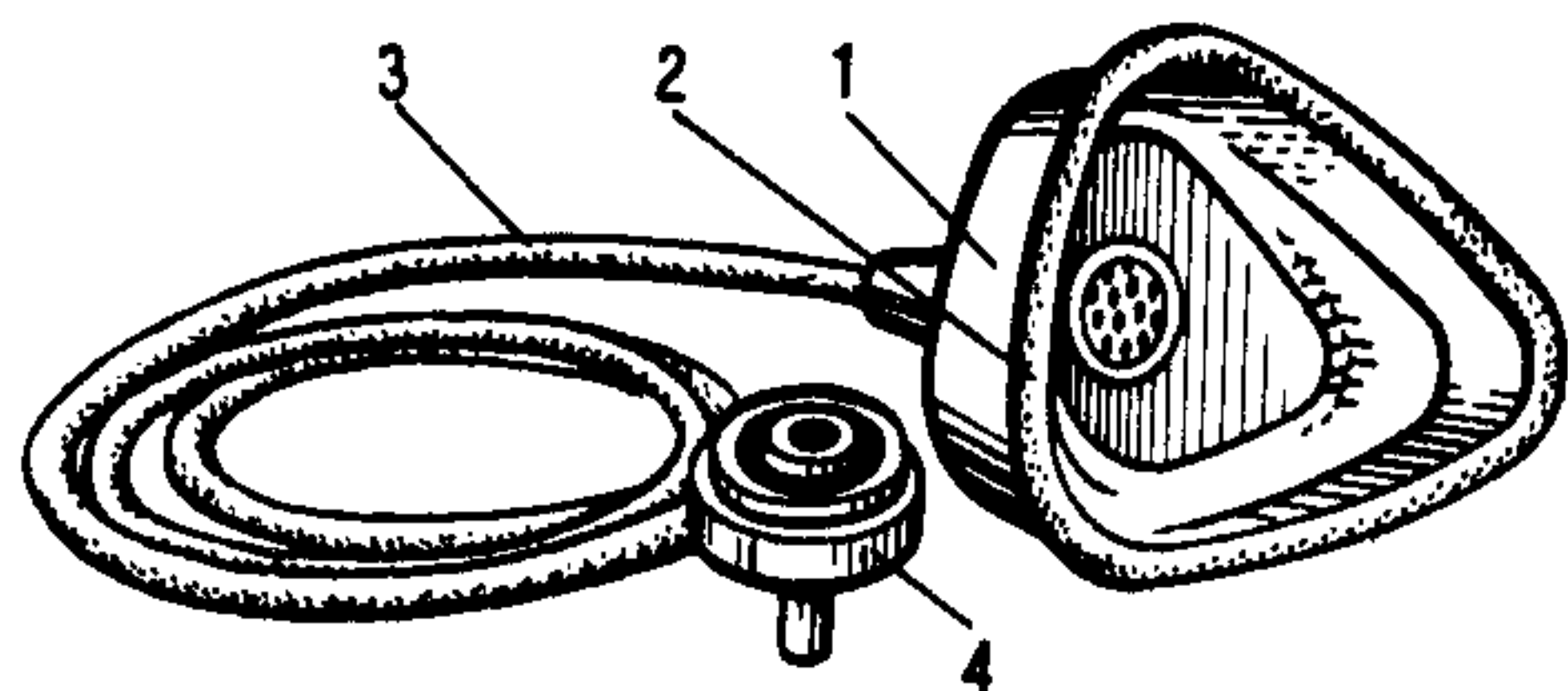
При правильно организованном машинном доении большинство коров выдаивают за 5—10 мин. Основная масса молока выводится в первые 3 мин доения. Доение трехтактными машинами медленнее в первые 3 мин доения. С помощью двухтактной машины молоко выдаивается быстрее, но полного выдаивания не достигается. Доение трехтактными машинами медленнее, но вымя более полно освобождается от молока. Трехтактная машина не тормозит рефлекса молокоотдачи и является наиболее физиологичной, поскольку имеет такт «отдыха».

При доении коров в каждой четверти вымени обычно остается молоко с высоким процентом жирности в количестве 100—120 мл. Считают, что это не может отрицательно влиять на секреторный процесс в молочной железе, но машинное додаивание рекомендуется инструкцией.

Предложена новая конструкция доильного аппарата «Неман», саморегулирующего уровень вакуума в зависимости от силы потока молока. Когда молокоотдача прекращается, вакуум снижается до уровня, безопасного для коровы, и включается визуальная сигнализация об окончании доения. Регулируемый датчик дает возможность настроить аппарат на различную величину вакуума от 150—250 до 340—440 мм рт. ст. (Л. И. Тараканов, 1987).

Совершенствование и окончательная конструкция аппаратов предполагают полную адекватность действия исполнительной системы машины и ее технических параметров с физиологическими требованиями.

Коров и кобыл к машинному дое-



## 57 Вакуумный массажник для нетелей (конструкция ВИЭСХ):

1 — металлическая оправа в виде чашки по форме вымени; 2 — резиновая прокладка; 3 — шланг для соединения с вакуум-проводом; 4 — пульсатор

нию приучают постепенно. В первые 2—3 дн. коров приучают к поеданию корма в доильных станках и шуму доильных машин, затем в течение 2—5 дн. к самому процессу доения; 1—2 мес до начала доения проводят массаж вымени и обмывают его водой. Массаж вымени у нетелей способствует развитию железистой ткани и правильному формированию сосков и долей вымени, увеличивает молочную продуктивность. Массаж вымени с помощью вакуумного «колокола», одеваемого на вымя, стимулирует функцию яичников, усиливает кровоснабжение и питание тканей молочной железы, увеличивает размеры вымени и удои (рис. 57). Сразу же после отела коровы полностью отдают молоко, во время одевания доильных стаканов спокойны, быстрее адаптируются к машинному доению, лучше выдаиваются, так как увеличивается скорость молокоотдачи. За 90 дн. лактации симментальские первотелки дали молока на 36 % больше, чем контрольные, а за 300 дн. — на 508 кг (20 %). Однократный дневной пятиминутный массаж вымени вырабатывает у нетелей условно-рефлекторные реакции на частоту и силу пульсаций доильных стаканов и тактильные ощущения, стимулирует рефлекторные функции, увеличивает продукцию молока до 550 кг за лактацию (Б. Биволарски, 1984).

Если вместо положительных сигнальных раздражителей на организм воздействуют отрицательные факторы внешней среды, то вместо доми-



нанты молокоотдачи в коре возникает ориентировочно-оборонительная реакция, образуется обратная отрицательная связь, тормозящая молокообразование. Животные с таким нервным фоном имеют низкий уровень продуктивности, и сам фактор доения не вызывает у них положительных эмоций, что проявляется отсутствием  $\alpha$ -ритма в коре полушарий мозга. При раздое таких животных доильный аппарат имеет второстепенное значение, поскольку в этом случае торможение вызывается факторами, не связанными с доением. Если же у животных в результате положительного воздействия внешней среды образуется стойкая доминанта молокоотдачи, то в этом случае доильный аппарат и способ доения имеют ведущее значение.

При реализации рефлекса молокоотдачи у высокопродуктивных животных возникают два основных состояния. В первом случае, если доильный аппарат вызывает адекватное раздражение, происходит стимуляция  $\alpha$ -ритма и формируется положительная нейро-гуморальная связь, что приводит к раздое и увеличению продуктивности. Во втором случае неадекватное доение вызывает десинхронизацию и активацию процессов в коре головного мозга, возникает

отрицательная обратная связь и животное снижает продуктивность.

Для эффективного машинного доения, особенно в условиях промышленных комплексов, не менее важным фактором, чем роль доильного аппарата, служат условия, способствующие формированию доминанты лактации. Поэтому при высокомеханизированном ведении молочного животноводства коров нужно постепенно, начиная с рождения, адаптировать к новым условиям содержания на промышленной основе.

Новые технологические линии машинного доения не должны вызывать у таких животных стойкие условно-оборонительные реакции и стрессовые состояния. Производственные шумы на ферме, неадекватные раздражители должны быть сведены до минимума.

## Контрольные вопросы

1. Как осуществляется синтез молока, его составных частей?
2. В чем заключаются различия между молозивом и молоком?
3. Породные и видовые различия состава молока.
4. Регуляция молокообразования и рефлекс молокоотдачи.
5. Почему происходит торможение лактации и как можно стимулировать лактогенез?
6. Особенности машинного доения коров, кобыл и других животных. Факторы, способствующие полноте выдаивания и раздое первотелок.