

# Физиология лактации

*Мартусевич Андрей Кинович*



# План лекции:

- Понятие о лактации и лактационном периоде
- Строение молочной железы
- Физиология лактации. Регуляция лактации
- Молокообразование
- Состав молока
- Физиология доения

# ПОНЯТИЕ О ЛАКТАЦИИ И ЛАКТАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

- *Лактацией* называют сложный физиологический процесс образования и выделения молока.

- Физиология лактации изучает закономерность роста и развития молочной железы, взаимодействие с другими системами организма, образование молока и его выделение. Выкармливание детенышей молоком обеспечивает развивающемуся организму новорожденных в самых разнообразных условиях среды полноценное питание.

- *Лактационный период* - время, в течение которого молочная железа синтезирует и выделяет молоко. У животных он находится в обратной пропорциональности с продолжительностью беременности: чем длительнее беременность, тем короче лактация, и наоборот.

Американский опоссум, например, вынашивает плод всего 11 дней, а кормит детенышей молоком длительный срок, превышающий срок беременности в 6 раз, то есть 60 и более дней. Утконос насиживает яйца в течение 13-14 дней, а вскармливает молоком свой выводок в течение 3-4 месяцев. В том случае, если беременность продолжительна, рождаются детеныши, приспособленные вскоре после рождения наряду с молоком использовать и другие корма. Так, морские свинки вынашивают плод 2 месяца, а кормят его молоком всего 10-12 дней, у тюленя при продолжительности беременности 275 дней период молочного вскармливания составляет всего 14-17 дней.

# Физиология лактации у сельскохозяйственных ЖИВОТНЫХ

- *Длительность лактации у сельскохозяйственных животных зависит от вида, породы, происхождения и индивидуальных особенностей.*
- У коров с высокой молочной продуктивностью секреторные процессы в молочной железе после отела постепенно нарастают в течение первых 4-6 недель после лактации и в дальнейшем при достаточном и стабильном кормлении держатся на высоком уровне в течение 5-6 месяцев, после чего начинают постепенно снижаться. Лактация коров зависит от их возраста, продолжительности сухостойного периода, продуктивности, условий кормления и содержания. Если лактирующую корову кастрировать, то лактацию у нее можно продлить до 2-2,5 лет, и если у высокопродуктивных коров растормозить доминанту лактации, то у них в более короткий срок проявится половая охота. Это свидетельствует о функциональной взаимосвязи лактации с воспроизводительной функцией.
- *На протяжении лактации образование молока протекает неравномерно.* После родов количество секретлируемого молока обычно возрастает и в конце первого - начале второго месяца лактации у коров достигает максимума. Затем в течение нескольких месяцев среднесуточные удои поддерживаются на более или менее постоянном уровне (отмечается все же их незначительное падение), а к концу лактации они резко снижаются.

# Строение молочной железы коровы

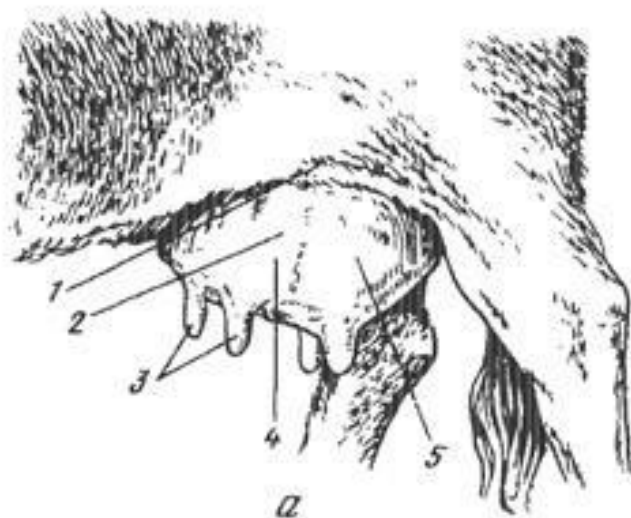
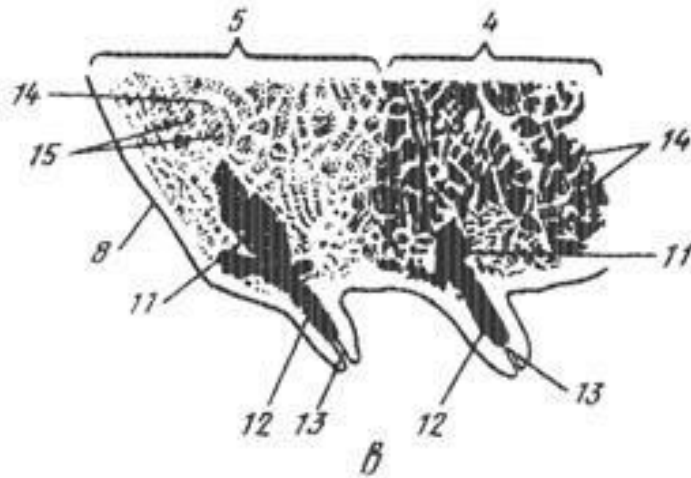
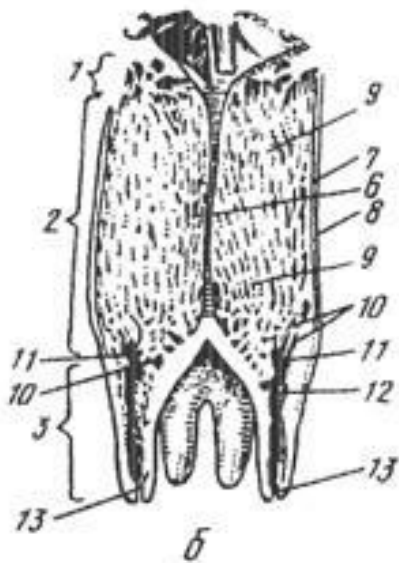


Рис. 138. Вымя коровы:

*a* — латеральная поверхность; *б* — сегментальный разрез; *в* — сагиттальный разрез; 1 — основание; 2 — тело; 3 — соски; 4 — передние доли; 5 — задние доли; 6 — подвешивающая связка; 7 — поверхностная фасция; 8 — кожа; 9 — дольки железистой ткани; 10 — отверстия молочных ходов (протоков); 11 — надсосковая железистая часть молочной цистерны; 12 — сосковая часть молочной цистерны; 13 — сосковый канал (проток); 14 — соединительно-тканый остов (строма) доли; 15 — дольки железистой ткани (паренхима)

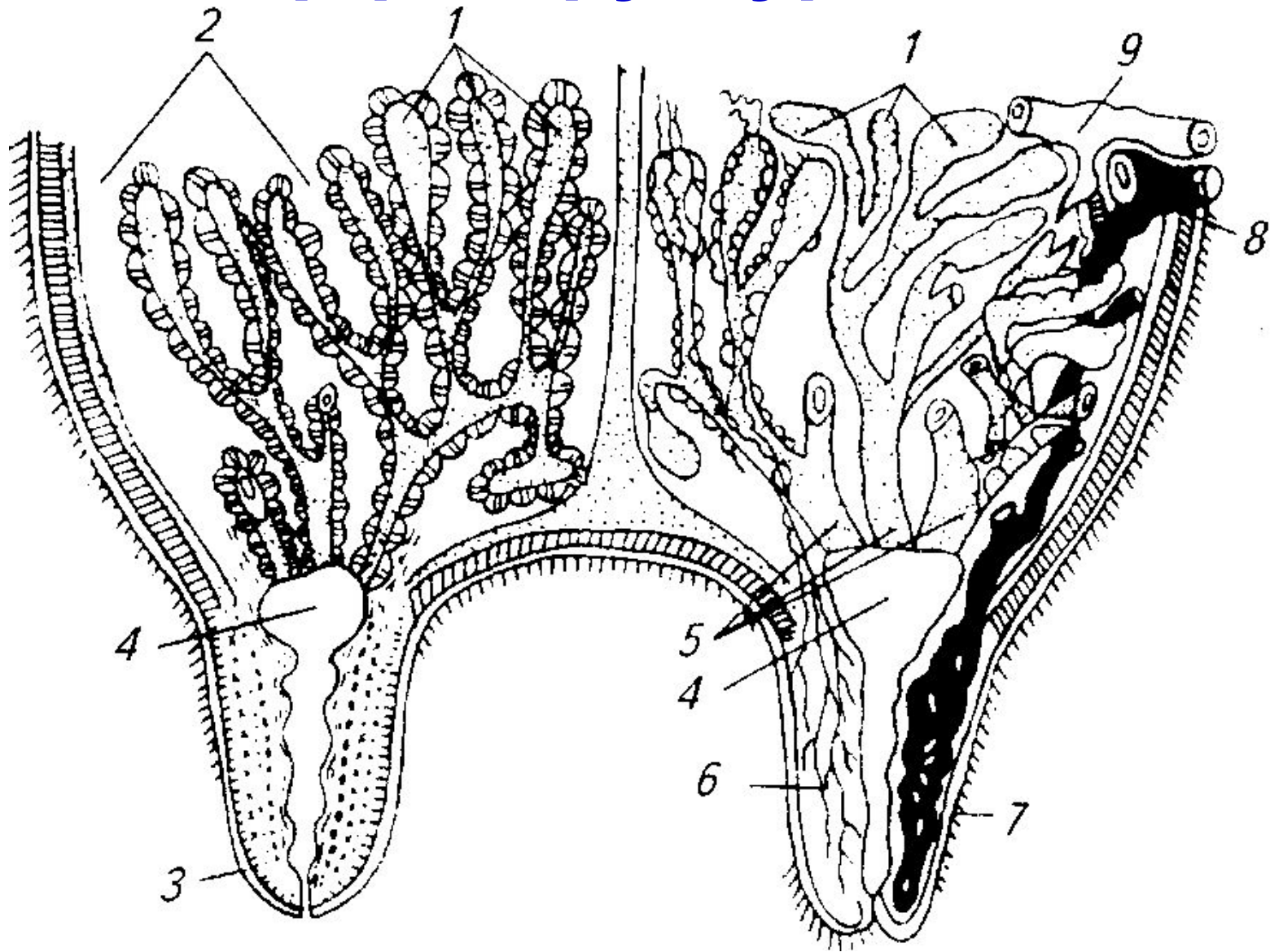


- Молочные железы - симметричные кожные образования, расположенные у свиней, грызунов, хищников в области живота, а у жвачных животных и лошади - в области паха.
- Каждая железа заканчивается соском. Вымя коров образуется из слияния трех пар молочных желез. Нормальное развитие получают две передние пары. Правая и левая половины вымени отделены друг от друга эластичной перегородкой, которая одновременно является поддерживающей вымя связкой.

# Альвеолы молочной железы

- *Морфофункциональной единицей вымени являются альвеолы, расположенные радиально вокруг молочных протоков.*
- Альвеола в совокупности представляют собой железистую ткань вымени. Они осуществляют биосинтез основных компонентов молока. Альвеола представляет собой небольшой пузырек диаметром 0,1 - 0,3 мм. Альвеолы снаружи покрыты плотной соединительнотканной оболочкой, под которой располагается слой сокращающегося миоэпителия. Внутренний слой образует железистый секреторный эпителий.
- Альвеолы оплетены густой сетью капилляров. Молочные альвеолы объединяются в отдельные группы, каждая из которых имеет общий выводной проток. Эти протоки постепенно сливаются между собой и образуют систему крупных протоков с просветом 5-17 мм в диаметре, которые заканчиваются своеобразными расширениями - молочными цистернами.
- Молочные цистерны являются емкостной системой молочной железы. На поверхности цистерны хорошо выражены сосочки и складки, богато снабженные кровеносными и лимфатическими сосудами, а также нервами.

# Морфоструктура соска



# Особенности строения и функции сосков

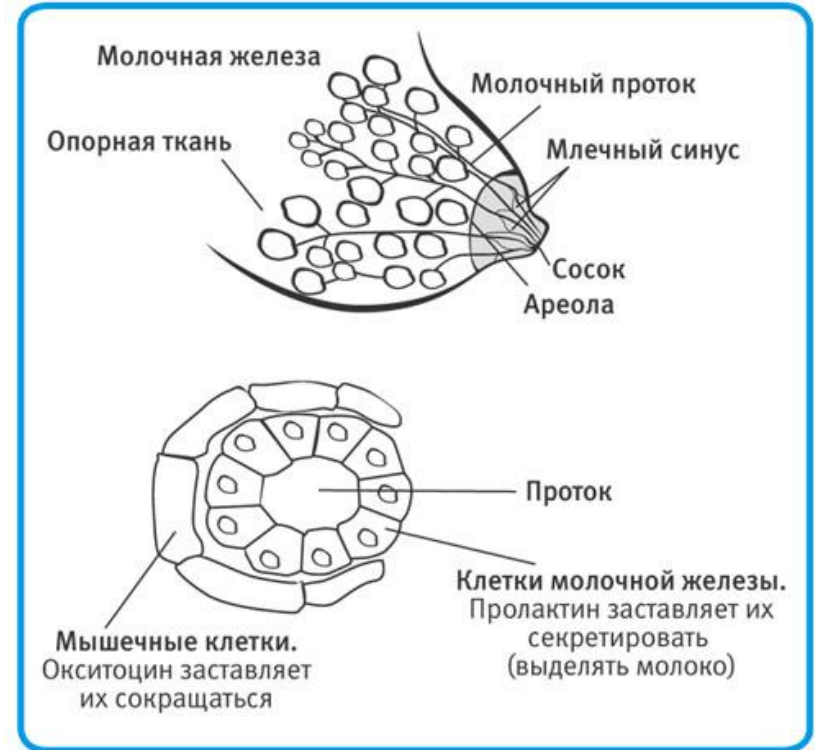
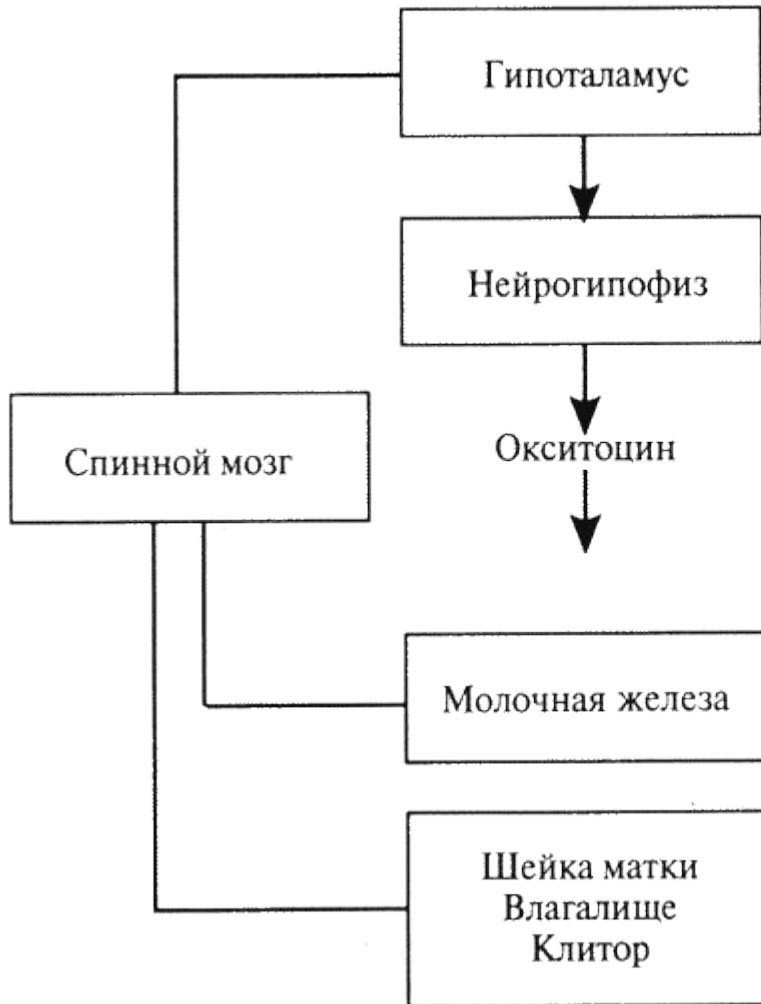
- Размеры и форма сосков зависит от видовой принадлежности и индивидуальных особенностей животного.
- Наряду с основными сосками часто встречаются дополнительные. Они, как правило, не функционируют, но иногда и через них может выделяться молоко. Под эпителием соска имеется слой продольных мышц, а затем идет круговой слой, который образует мышечный сфинктер, закрывающий канал соска. На коже сосков козы, овцы, кобылы и других животных имеются потовые сальные железы и волоски, а на сосках коровы они отсутствуют. Поэтому при плохом уходе за выменем на сосках образуются трещинки, что затрудняет или делает невозможным доение животных.
- Вымя коровы обладает значительной емкостью. Огромное количество альвеол, молочных ходов, протоков и цистерн в состоянии вместить большое количество молока. Величина емкостной системы определяется по наивысшему удою на 1-2 месяце лактации.



# Физиология лактации

- Молочные железы имеют чувствительные, двигательные, секреторные нервы, берущие начало от поясничных и крестцовых отделов спинного мозга. На коже молочной железы и сосков, а также в паренхиме имеется большое количество разнообразных рецепторов. Но рецепторный аппарат молочной железы и нервные волокна могут видоизменяться в зависимости от функционального состояния организма: беременность, период лактации и др.
- Рост и развитие молочной железы тесно связаны с деятельностью яичников, половым циклом и беременностью.
- После рождения молочная железа у животных находится в состоянии относительного покоя. У телочек до 6-месячного возраста вымя представляет собой небольшую полость, от которой отходит система протоков. В этот период вымя увеличивается в размерах в основном за счет разрастания соединительной и жировой тканей. Железистая ткань вымени не развита. Наиболее интенсивное развитие молочной железы начинается с наступлением половой зрелости. При этом развитие вымени продолжается с каждым новым половым циклом, независимо от того, оплодотворилась самка или нет. К четвертому месяцу стельности заметно увеличивается железистая ткань вымени, развивающиеся протоки и альвеолы вытесняют жировую ткань. Увеличивается количество кровеносных сосудов и нервов
- Во второй половине беременности начинает функционировать секреторный эпителий, однако секрет этот еще нельзя назвать молозивом. Оно образуется на последнем месяце беременности. После родов альвеолы становятся крупными, их концевые стромы расширяются.
- При новой беременности происходят дополнительные изменения в структуре и функции молочной железы. Вновь происходит формирование железистой ткани и ее увеличение. В период интенсивного функционирования вымя достигает 3% веса животного.
- Рост и развитие молочной железы продолжается у коровы в течение ряда лет. С угасанием половой деятельности наступает старческая инволюция молочных желез.

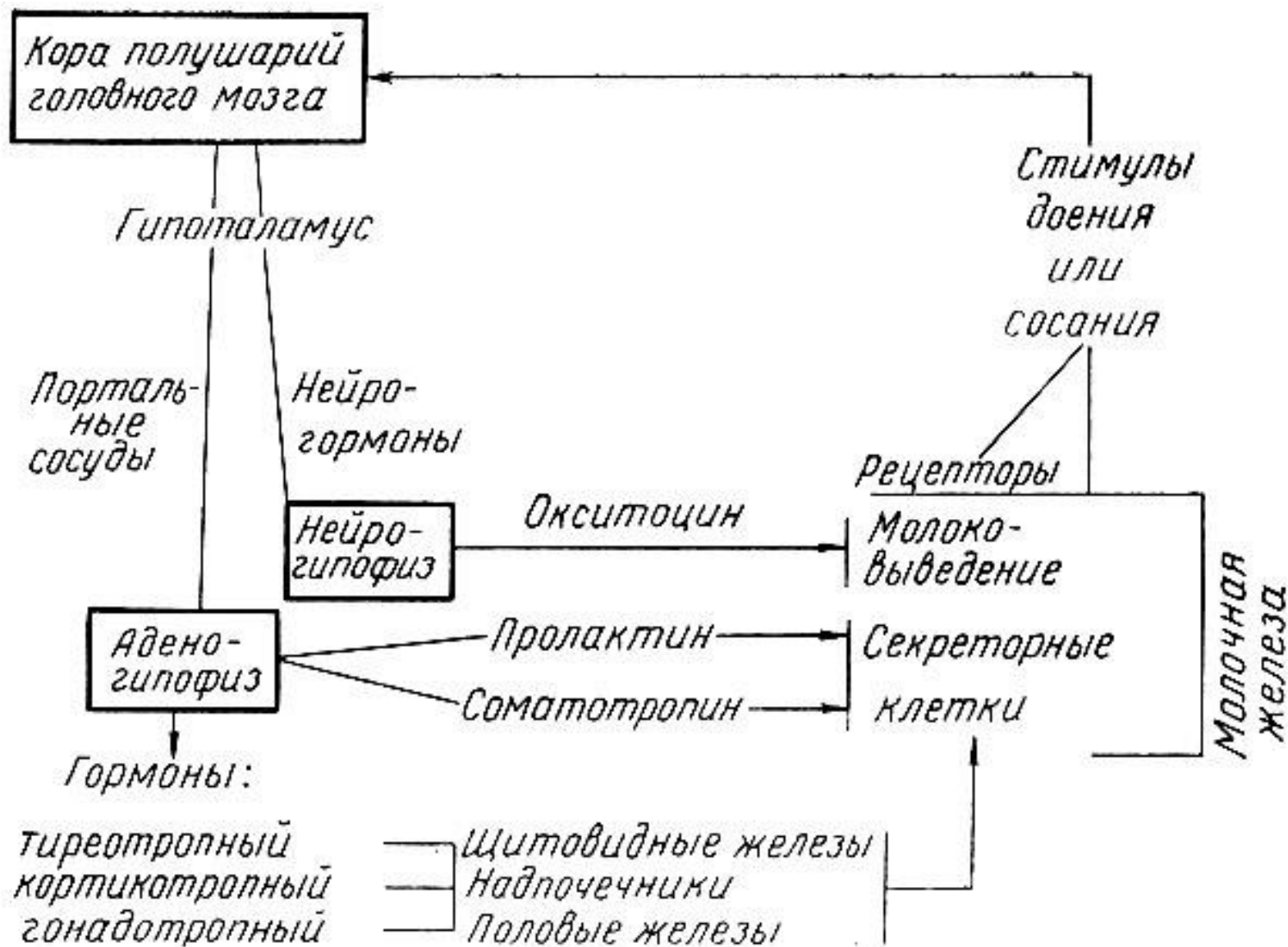
# Регуляция процесса лактации



Рефлекс молокоотдачи  
(сосание, массаж)

Рефлекс Фергюсона  
(роды, коитус, массаж)

# Регуляция процесса лактации



# Стимуляция и торможение лактации

- Стимуляция лактогенеза и выведение молока отчетливо проявляется при предварительном массаже вымени, обмывании теплой водой, при соблюдении стереотипа доения. Обстановка во время дойки при постоянном подкреплении стереотипа приобретает сигнальное значение: у коров вырабатывается условный рефлекс на место доения и приема корма. В результате происходит 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.

- 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.

- Электрические раздражения задней поверхности вымени, спины или конечностей вызывают торможение молоковыведения. На денервированном вымени это торможение ослаблялось, но полностью снималось только после денервации надпочечников. 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.

# Фазы молокоотдачи

- **Рефлекторная.** При доении или сосании раздражаются рецепторы сосков. Возникающие при этом импульсы по центростремительным нервам поступают в центр молокоотдачи, который расположен в пояснично-крестцовом отделе спинного мозга, а оттуда по центробежным нервам импульсы поступают к молочной железе, сфинктер расслабляется и облегчается выделение цистернальной порции молока. Одновременно, возбуждение от сосков поступает через спинной мозг в головной, в кору больших полушарий, где расположен корковый отдел центра молокоотдачи. Отсюда возбуждение возвращается в спинной отдел центра молокоотдачи и далее в молочную железу. Таким образом поддерживается сокращение миоэпителия молочных протоков, цистерн и расслабление сфинктеров.
- **Нейрогуморальная.** Импульсы от коркового отдела центра молокоотдачи поступает в гипоталамус и задняя доля гипофиза вырабатывает и выделяет в кровь гормон окситоцин, который с кровью приносится к вымени и вызывает сокращение миоэпителия альвеол, что способствует выделению альвеолярной порции молока. Время действия окситоцина 6-8 минут, в течение которых доение желательно завершить.

# МОЛОКООБРАЗОВАНИЕ

- Основным местом секреции молока являются секреторные клетки вымени. В них протекают разнообразные процессы, связанные с биосинтезом молока. В зависимости от функционального состояния животного изменяется не только форма, но и объем железистых клеток.
- Вместе с альвеолами в секреции молока принимает участие эпителий молочных ходов, молочных протоков и цистерны вымени.
- Для секреции молока большое значение играет роль «предшественников молока» - химические вещества крови, из которых образуются составные части молока.
- Синтез молока в секреторной клетке начинается с эндотелиального ретикулума, затем сюда включается аппарат Гольджи и митохондрии, обеспечивающие клетку необходимой энергией за счет расщепления АТФ.

# МОЛОКООБРАЗОВАНИЕ

- Различают несколько типов секреции: мерокриновой, голокриновой и апокриновой. Мерокриновый тип заключается в следующем: секрет клетки продвигается в апикальную часть (верхушечная) клетки и отсюда постепенно просачивается через мембрану. Разрушения железистой клетки здесь не происходит. При апокриновом типе вместе с отделяемым секретом происходит отторжение верхушечной части клетки, но сама клетка сохраняет ядро и органоиды и продолжает свою секреторную деятельность. Голокриновый тип секреции характеризуется отрывом и уносом с капельками Молочного жира всей клетки целиком.
- На ранней стадии функциональной активности клетки молочной железы способны продуцировать секрет по мерокриновому типу, к концу лактации отмечают главным образом голокриновую секрецию. Однако, в вымени в отдельных альвеолах в различные стадии лактации встречаются различные типы секреции молока.
- Возможно, что повышение жирности молока, наступающее к концу лактации, связано с усилением голокриновой секреции в молочной железе.
- Молочная железа работает очень интенсивно. У коровы, например, молочная железа составляет 2-3 % от массы тела, но выделяет она за год вместе с молоком сухих веществ в 3-4 раза больше, чем содержится их во всем теле. На 1 кг образующегося молока через молочную железу протекает 500-600 литров крови.

# СОСТАВ МОЛОКА И МОЛОЗИВА

- Молоко имеет сложный химический состав и по своей ценности превосходит все другие продукты питания, встречающиеся в природе. В нем содержится более 100 различных веществ, в т. ч. более 30 жирных кислот, 20 аминокислот, около 40 минеральных веществ, 17 витаминов, десятки ферментов, личные углеводы и т. д.
- В молоке содержится 87% воды, 13% сухих и веществ, в состав которых входят белки (лактоглобулины, глобулины), ферменты, лактопероксидаза, каталаза, липиды, протеиды и др. (липиды, состав которых весьма сложен). В нем, кроме триглицеридов, найдены лецитин, холестерин, эргостерон, свободные жирные кислоты и т. д. Жир в молоке содержится в форме мелких жировых шариков и составляет от 2,7 до 6%. Каждый жировой шарик окружен тончайшей оболочкой (из лецитина), которая предохраняет шарики от склеивания.
- Основным углеводом молока является лактоза, которую еще называют молочным сахаром. Он представляет собой дисахарид, состоящий из глюкозы и галактозы. Лактоза легко подвергается брожению под действием молочнокислых бактерий и превращается в молочную кислоту. Благодаря наличию лактозы в молоке поддерживается постоянное осмотическое давление, равное давлению крови. Количество лактозы в молоке находится в пределах 3-6%.
- Неорганические вещества составляют 0,75% и состоят из K, Na, Ca, Mg, Fe, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др. Кальций в молоке представлен в виде казеината, фосфата и цитрата. В коллоидном состоянии пребывает и H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Установлена связь микроэлементов молока с важнейшими процессами организма: они связаны в организме с витаминами и ферментами.
- Витамины в молоке представлены A, D, E, K, C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, PP, H, холин и небольшое количество небелковых азотистых соединений (0,05-0,2%) - мочевины, пуриновых оснований, NH<sub>3</sub> и др. В молоке содержатся пигменты, определяющие его цвет - желтый цвет зависит от наличия витамина B<sub>2</sub> и каротиноидов.



# Состав молока

## 8. Средний состав молока и молозива коровы, %

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

# Физико-химические свойства молока

- рН - 6,3-6,9 (слабо щелочная)
- Поверхностное натяжение молока составляет  $\frac{2}{3}$  поверхностного натяжения воды (снижение поверхностного натяжения обусловлено наличием жира)
- Осмотическое давление 6,7 атм - зависит от концентрации лактозы и минеральных веществ.
- Состав молока зависит от рациона, породы, условий содержания, времени года, возраста, индивидуальных особенностей и от вида животных.

# Белки молока

- Синтез белков молока происходит за счет поглощения из крови свободных аминокислот, которые являются основным для биосинтеза молочных белков. В крови, оттекающей от молочной железы, содержится на 0,91-1,26 % свободных аминокислот меньше, чем в притекающей. Основным белком молока является казеин. Он составляет 76-86% от общего его содержания. К белкам молока относятся лактоглобулины, и 10% приходится на иммунные глобулины, сывороточный альбумин, по своему составу идентичен альбумину сыворотки крови. Кроме этих основных белков в молоке присутствуют в ничтожно малых количествах ряд ферментов, белки оболочек жировых шариков и другие специфические белки молока. К ферментам, находящимся в молоке, относятся пероксидаза, каталаза, липаза, протеаза и другие. Большинство ферментов попадает в молоко из крови или с клеточными структурами при отторжении секреторного эпителия в полость альвеол.

- Биосинтез белков молока в настоящее время рассматривается как результат его синтеза на рибосомах из активирования аминокислот с участием ДНК, РНК, АТФ и др. специфических веществ.

- Получены данные, что эпителиальные клетки молочной железы синтезируют заменимые аминокислоты, а в синтезе основного белка молока -казеина принимают участие и пептиды, без их предварительного расщепления до аминокислот.

- Уровень синтеза белков молока с возрастом значительно меняется. Изменяется после 4 лактации и аминокислотный состав молока, уменьшается содержание большинства аминокислот. Содержание белка в молоке зависит и от породы, кормления.

# Синтез углеводов

- Основным предшественником обоих составных частей лактозы (глюкоза + галактоза) является глюкоза, поступающая в молочную железу из крови. Синтезируется лактоза в эпителиальных клетках молочной железы. Предшественниками лактозы могут служить крахмал, карбонат ацетат, глицерин и др.
- Их включение в лактозу происходит после того, как они преобразуются в глюкозу в печени или в самой молочной железе.
- Помимо лактозы молоко может содержать следы моносахаридов и небольшое количество других сахаров (олигосахариды, гексозимы).

# Липиды молока

- *Молочный жир - одна из наиболее питательных составных частей молока. Количество жира колеблется у одного и того же вида животных. Межвидовые различия в жирности молока обусловлены специфической потребностью в ней развивающегося новорожденного.*

- *Синтез молочного жира складывается из 2 процессов:*

1. Образование жирных кислот и глицерина;
2. Образование триглицеридов молока.

- *Предшественниками молочных жирных кислот являются кислоты липидов крови. Часть их синтезируется в самой молочной железе.*

- В синтезе молочного жира принимают участие также фракции свободных жирных кислот крови. Установлено, что в составе свободных жирных кислот к молочной железе доставляется стеариновая кислота, которая превращается в тканях железы в олеиновую. Следовательно, молочная железа обладает способностью не только «отбирать» из притекающей к ней крови необходимые для синтеза молочного жира жирные кислоты, а также перестраивать их в своем секреторном эпителии.

- Вторая составная часть молочного жира - глицерин поступает в железу из циркулирующей крови или же синтезируется непосредственно в молочной железе.

- У жвачных животных источником образования молочного жира служат углеводы и продукты их расщепления в пищеварительном тракте - летучие жирные кислоты.

- Источником жира молока могут служить и безазотистые остатки, образующие при дезаминировании белков. Роль белков состоит также и в том, что они стимулируют процессы брожения в рубце и увеличивают тем самым образование кислот брожения.

# ФИЗИОЛОГИЯ ДОЕНИЯ

- Закономерности молокоотдачи лежат в основе процессов доения молочного скота и сводятся к одновременному включению рефлексов молоковыведения и образования молока.
- Важнейшее звено этого процесса - возбуждение рецепторного аппарата вымени. Совместное воздействие механических раздражений экстро- и интерорецепторов вымени во время массажа перед дойкой и условных раздражителей, поступивших в анализаторы коры больших полушарий, увеличивают молоковыведение.
- В первый месяц после отела корову желательно доить до 5 раз в сутки, что обеспечивает быстрое разрастание секреторного аппарата вымени (альвеолы). Этому способствует регулярный массаж вымени перед дойкой и в конце ее. Кроме того, заключительный массаж вымени способствует перемещению молока из верхних участков вымени в цистерну, а это молоко является наиболее ценным, ибо в нем содержится наибольшее количество жира. Касаясь кратности доения коров, необходимо учитывать в первую очередь их продуктивность. Коров малопродуктивных следует доить 2 раза в сутки, а высокопродуктивных нужно доить чаще.

# Сухостойный период

- Сухостойный период необходим для восстановления запаса питательных веществ в организме коров, подготовки их к отелу, создания необходимых предпосылок для получения высокой молочной продуктивности в следующую лактацию и своевременного проявления воспроизводительной функции. При несвоевременном запуске коров задерживается не только рост и развитие плода, но снижается надой в следующую лактацию. Если у коров не было сухостойного периода, то надой в следующую лактацию уменьшится на 40%.
- После активного периода лактопоза, обычно за 45 дней до родов, коров запускают, то есть их прекращают доить. Время запуска до отела называется сухостойным периодом. Запуск производят постепенно в течение 3-5 дней. В этот период в рационе коров сокращают количество сочных, молокогонных кормов и число доек, а затем доение коров прекращается вообще.
- Важнейшая физиологическая особенность запуска - растормаживание доминанты лактации. В этот период происходят характерные изменения и в молочной железе. В ней наступает инволюция тканей и снижается функция клеток.
- В торможении секреторной функции железы значительное место отводится химическим факторам нейтрофилов. Ферменты нейтрофилов оказывают литическое воздействие на железистые клетки альвеол. Продвигаясь к периваскулярной железистой ткани, лейкоциты разрывают замыкательные пластинки, соединяющие смежные клетки, и при своем движении выделяют фермент миелопероксидазу. Этот фермент оказывает обратимое тормозное влияние на клетки альвеол.
- Продолжительность сухостойного периода - 45-60 дней. Животные за время пребывания в цехе сухостойных коров должны обеспечить прирост 40-50 кг живой массы, а животные средней и ниже средней упитанности - на 10-15% выше.

**Спасибо за внимание!**

---