

# ТРАНЗИТНЫЙ ПЕРИОД: ПРОФИЛАКТИКА СИНДРОМА ЖИРНОЙ ПЕЧЕНИ И КЕТОЗА

**С. ВАНДОНИ**, технический специалист компании Balchem, Италия

В течение трех недель до и после отела коровы находятся в зоне риска метаболических нарушений. В транзитный период синдром избыточной мобилизации жиров печени обычно сопровождается другими заболеваниями, в числе которых кетоз. Из данной статьи можно узнать, какие стратегии кормления уменьшают риск возникновения синдрома жирной печени и кетоза у высокопродуктивных молочных коров.

## ЕСТЕСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС

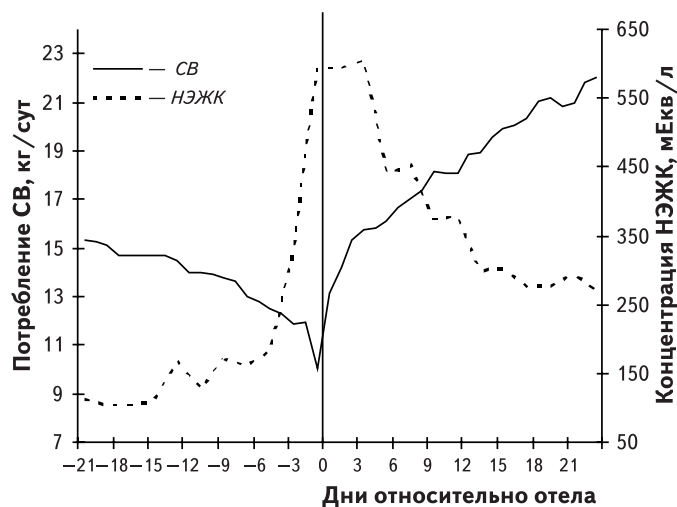
Известно, что коровы в период лактации нуждаются в особом подходе и менеджменте транзитного периода. Если должным образом не управлять процессом, то существует большой риск получить массу проблем со здоровьем животных в период лактации. Это объясняется тем, что с началом лактации коровы потребляют меньше корма, чем следует, в результате возникает недостаток энергии для выработки молока. Этот феномен известен как отрицательный энергетический баланс (ОЭБ). Он характеризуется метаболическими и гормональными изменениями. Также во время таких физиологических процессов, как стельность и лактация, у коров наблюдается резистентность к инсулину. Этот гормон играет ключевую роль в метаболизме глюкозы, необходимой для выработки молока. То есть все сахара, которые поступают в ее организм, мобилизуются не в тканях, а в молочной железе.

Адаптируются коровы к ОЭБ благодаря использованию внутренних резервов. Организм коров начинает мобилизацию жиров из собственной жировой ткани. Жировые за-

пасы расщепляются на глицерин и неэстерифицированные жирные кислоты (НЭЖК), уровень которых значительно повышается в крови. Через кровь большое количество НЭЖК попадает в печень. Увеличение содержания этих кислот в плазме крови во время отела наблюдается почти у всех коров. Их концентрация остается повышенной после отела из-за отрицательного энергетического баланса. Пик концентрации НЭЖК, который возникает во время отела, вызван исключительно гормональными изменениями и не приводит к уменьшению потребления корма перед отелом (рис. 1).

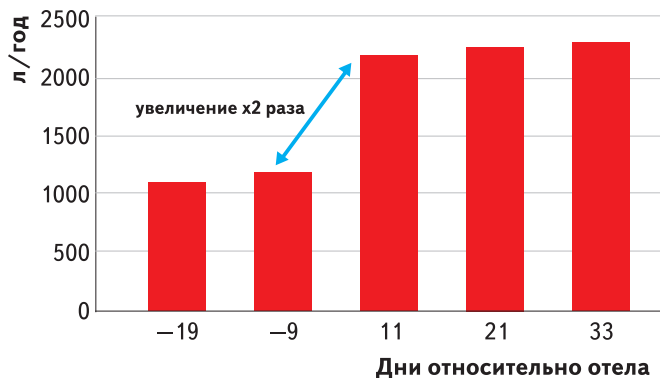
Концентрация неэстерифицированных жирных кислот в крови — один из двух основных факторов, определяющих их количественное поступление в печень. Другим важным фактором, влияющим на уровень усвоенных печенью НЭЖК, является количество поступающей в печень крови. Кровоток увеличивается вдвое, как только корова переходит из сухостоя к лактации (рис. 2).

При повышении концентрации неэстерифицированных жирных кислот и увеличении кровотока повышается, соответственно, усвоение НЭЖК печенью, в частности в день отела — в 13 раз (рис. 3). Аналогичный процесс наблюдается во всем стаде (возможны вариации при наличии биологических различий).



Источник: adapted from Smith, 2004.

Рис. 1. Потребление сухого вещества (СВ) и концентрация НЭЖК в плазме крови



Источник: Reynolds и соавт., 2003.

Рис. 2. Поступление крови в печень после отела

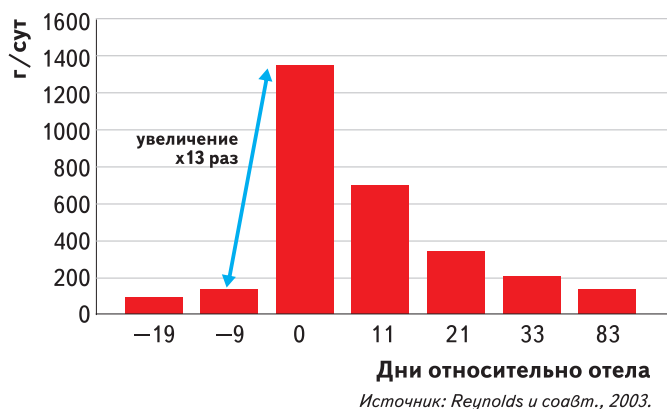


Рис. 3. Поглощение НЭЖК печенью в транзитный период

Вследствие резкого увеличения поглощения НЭЖК печенью в ней откладывается жир (триглицериды). Важно отметить, что максимальный уровень накопления жира происходит во время пика концентрации НЭЖК (рис. 4). Однако оно может продолжаться и после отела из-за отрицательного энергетического баланса и длительного увеличения концентрации НЭЖК.

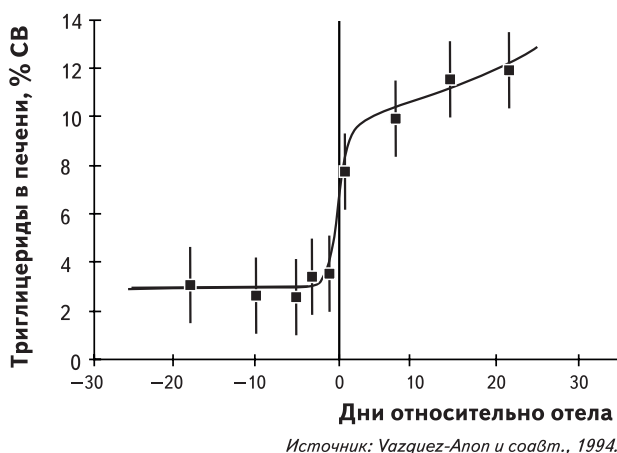


Рис. 4. Накопление триглицеридов в печени в транзитный период

На самом деле все, что описано выше, касается нормальной биологии коров в транзитный период. Но далеко не каждая высокопродуктивная корова может адаптироваться к критическим изменениям и, как следствие, возникает синдром жирной печени. Согласно данным американских исследований, около 50% коров в стаде страдают от субклинической формы жирной печени, то есть у одной из двух коров отел происходит в период болезни.

Давайте посмотрим на цифры, чтобы понять, с какой проблемой сталкиваются коровы в транзитный период. Профессор Джеймс Дрекли из Университета штата Иллинойс (США) вычислил, что здоровая печень, имеющая вес около 9 кг, может накапливать до 0,5 кг жира на следующий день после отела. Это означает, что содержание жира в ней увеличивается примерно на 5% уже при естественном процессе отела. Как правило, печень коров, которая со-

держит 5–10% жира, считается умеренно жирной. Каждый потерянный балл упитанности тела в транзитный период означает, что 4,5–5,5 кг мобилизованного жира попадет в печень. Безусловно, далеко не весь жир отложится. Определенная его часть окислится, другая превратится в кетоны, а оставшийся жир экспортируется в форме липопротеидов низкой плотности. Однако это указывает на постоянный потенциал накопления дополнительного жира в печени.

Есть целый ряд причин, по которым, с одной стороны, мы остерегаемся высокой концентрации НЭЖК в крови в транзитный период, потому что в результате данного процесса происходит следующее: накапливается жир в печени (Bobe и соавт., 2004); повышается выработка кетонов (Cadorniga и соавт., 1997); возникает риск смещения сычуга (Ospina и соавт., 2010); снижается печеночный глюконеогенез (Li и соавт., 2011); ухудшается способность к оплодотворению (Ospina и соавт., 2010); увеличивается окислительный стресс (Bradford, 2011); снижается иммунная функция (Scalia, 2006); обостряются хронические воспаления (Sordillo, 2013); усиливается инсулинорезистентность (Pires и соавт., 2007); снижается потребление сухого вещества (Allen, 2009).

С другой стороны, увеличение концентрации НЭЖК в крови является важным энергетическим ресурсом коровы (обеспечивает энергией ткани, включая вымя) и способствует повышению выработки молока и синтеза жира в нем.

Посчитаем, что стоит упитанность коровы. Потеря 1 балла кондиции тела (с 3,5 до 2,5) равна 440 Мкал чистой энергии лактации (ЧЭЛ). Обычный рацион новотельных коровы содержит 1,75 Мкал ЧЭЛ/кг СВ. То есть потерянный балл упитанности обеспечивает такое же количество энергии, которую необходимо скормить корове из расчета 251 кг рациона, что соответствует 10 дням кормления при условии потребления 25 кг СВ в день. В среднем потерянный балл обеспечивает корову энергией для выработки 590 кг молока базовой жирности. Таким образом, мобилизация жира является важным источником энергии коровы.

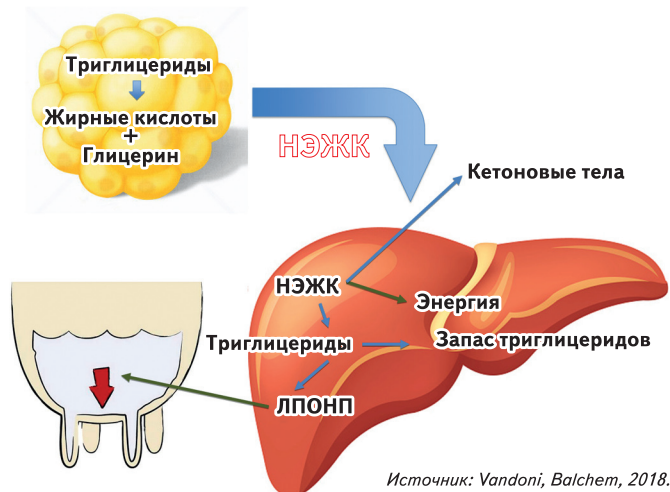


Рис. 5. Мобилизация жира в транзитный период

На рисунке 5 условно изображен процесс мобилизации жира. В жировой ткани содержатся триглицериды, состоящие из жирных кислот и глицерина. НЭЖК через кровь экспортируются в печень, где подвергаются изменениям. Существует два положительных сценария: когда НЭЖК окисляются для выработки энергии для клеток печени и когда они превращаются в триглицериды и экспортируются в виде липопротеидов очень низкой плотности (ЛПОНП).

Проблема состоит в том, что может происходить частичное окисление, в результате которого продуцируются кетоновые тела, например бета-гидроксибутират, или в печени могут накапливаться триглицериды и вызывать синдром «жирной печени».

### УМЕНЬШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НЭЖК В КРОВИ

Уменьшить риск ожирения печени возможно двумя способами. Первый предусматривает уменьшение концентрации НЭЖК в крови. Для этого существует ряд стратегий, одна из которых — скормливание корове энергетиков (глицерин, пропиленгликоль) или добавление в рацион ниацина, хрома или монензина. Монензин действует в рубце, вырабатывая пропионовую кислоту, которая является предшественником глюкозы в печени. Ниацин уменьшает производство НЭЖК, а хром уменьшает резистентность к инсулину, что также минимизирует мобилизацию жира. Второй способ связан с кормлением, когда мы контролируем содержание энергии в рационе коров транзитного периода. На этом и остановимся подробнее.

В США рацион с контролируемым содержанием энергии называется «рацион в самый раз». Кормление таким рационом обеспечивает корову необходимым количеством энергии перед отелом. Это достигается путем скормливания низкоэнергетических грубых кормов, например соломы, в период позднего сухостоя. Благодаря такому подходу можно избежать ожирения печени и кетоза. Вопрос только в том, будет ли корова вырабатывать такое же количество молока?

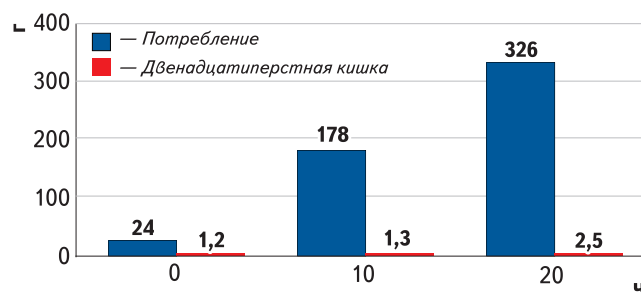
Результаты исследований по кормлению коров рационом с контролируемым содержанием энергии показали уменьшение концентрации НЭЖК и кетоновых тел, а также снижение числа случаев ожирения печени. Но когда корова потребляет меньше энергии, молочная продуктивность может снизиться. Мобилизуя меньше жира, коровы производят меньше НЭЖК, однако эти кислоты являются ресурсом энергии для выработки молока. Цель любого кормления — достижение в первую очередь баланса: необходимо обеспечить достаточное количество НЭЖК для поддержания выработки молока, при этом уберечь коров от негативного влияния чрезмерной мобилизации жира.

### СОДЕЙСТВИЕ ВЫРАБОТКЕ ЛИПОПРОТЕИНОВ ОЧЕНЬ НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Как уже упоминалось, в печени образуются липопротеины очень низкой плотности, это главная транспортная

форма эндогенных триглицеридов. Проще говоря, ЛПОНП транспортируют жир из печени ко всем тканям. Что может ограничить их образование? Холин. Он используется организмом коровы в различных целях: входит в состав фосфолипидов, которые являются частью всех клеточных мембран, участвует в синтезе метионина. Из холина в организме синтезируется важный нейромедиатор-передатчик нервного импульса — ацетилхолин. Холин легко превращается организмом в осмолит бетаин, в необратимом процессе окисления.

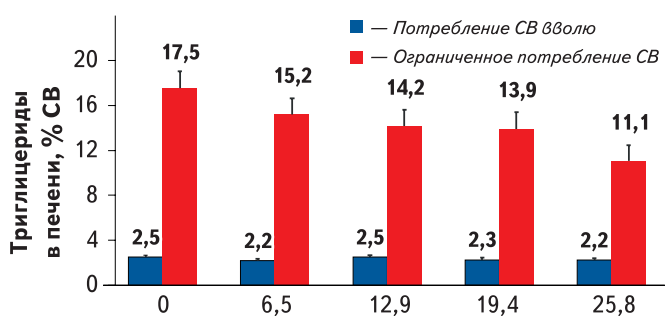
Исследование Ричарда Эрдмана из Университета Мэриленда (США) показывает, что практически весь сырой холин, который получает с рационом дойная корова, разрушается популяцией микробов в рубце. При потреблении 24–326 г сырого холина лишь незначительное его количество удастся сохранить от разрушения микробами рубца (рис. 6), поэтому он требует определенного типа защиты.



Источник: Sharma и Erdman, 1988.

Рис. 6. Уровень распада сырого холина в рубце коровы

Защищенный холин необходим, чтобы транспортировать из печени больше энергии, которая поступает в ткани, включая молочные железы. В результате увеличивается молочная продуктивность. Если просуммировать результаты исследований (16 экспериментов в период с 2003 по 2016 гг.) по использованию защищенного холина в кормлении молочных коров, то большинство из них показывает увеличение молочной продуктивности в среднем на 2 кг молока в день в первые 60–100 дней после отела.



Линейное уменьшение,  $P < 0,05$  Источник: Zenobi и соавт., 2017.

Рис. 7. Влияние защищенного от распада в рубце холина в транзитный период на концентрацию триглицеридов в печени

Холин влияет и на концентрацию триглицеридов в печени. Как видно из рисунка 7, при недостаточном потреблении корма корова начинает мобилизовать жир. Но даже в группе с ограниченным потреблением сухого вещества при увеличении количества защищенного холина в рационе концентрация триглицеридов в печени уменьшается.

В недавно опубликованных исследованиях (Zenobi и соавт., JDS, 2018) показано влияние кормления высокоэнергетического рациона и рациона с контролируемым содержанием энергии «в самый раз» (табл. 1). Опыт проводился на 93 полновозрастных коровах голштинской породы с октября 2014 г. по сентябрь 2015 г. Каждую группу (опытную и контрольную) животных разделили на две подгруппы. Коровы опытных подгрупп получали по 60 г защищенного холина в течение 21 дня до отела и в течение 21 дня после него. В рацион контрольных подгрупп его не водили. После отела всех коров кормили одинаковым полнормешанным рационом, за исключением холина в контроле.

Высокоэнергетический рацион содержал 1,63 Мкал ЧЭЛ, рацион с контролируемым содержанием энергии — 1,4 Мкал (табл. 2). Оба рациона балансировали по показателям метаболического протеина и метионина. Несмотря на то что катионно-анионный баланс двух рационов для коров позднего сухостоя отличался, уровень pH мочи контролировали регулярно, чтобы получить его в пределах 6–6,6.

**Таблица 1. Состав полнормешанных рационов для коров до и после отела, % СВ**

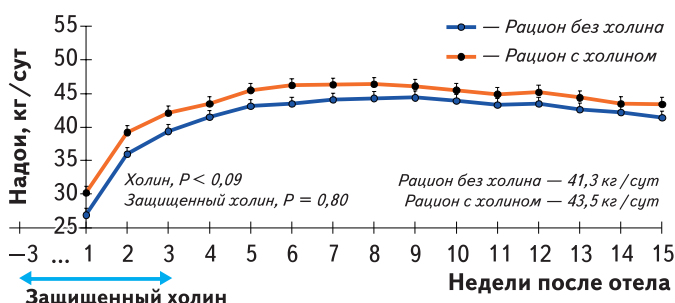
Компонент	Рацион до отела		Рацион после отела
	высокоэнергетический	с контролируемым содержанием энергии	
Пшеничная солома*	8,3	37,5	—
Кукурузный силос	58,3	23,3	45,2
Силос из тритикале	—	5,8	—
Влажная пивная барда	16,7	16,7	—
Измельченное зерно кукурузы	—	—	14,0
Цитрусовый жом	6,9	3,3	6,0
Соевая оболочка	—	—	8,0
Рапсовый шрот	2,5	7,7	—
Соевый шрот	—	—	15,2
Семена хлопчатника	—	—	8,0
Минерально-витаминная добавка	4,2	4,2	3,6
Биохлор	3,1	1,5	—

\*Пшеничная солома в тюках хранилась в помещении. Ее измельчали до частиц длиной 5 см, добавляли в монокорм с влажной пивной бардой и скармливали, используя систему Calan gate.

**Таблица 2. Питательность монокорма для коров до и после отела**

Показатель	Рацион до отела		Рацион после отела
	высокоэнергетический	с контролируемым содержанием энергии	
ЧЭЛ, Мкал/кг	1,63	1,40	1,68
Сырой протеин, % СВ	14,0	13,5	16,0
Переваримый протеин, г/сут	1054	968	2796
Метионин, % метаболического протеина	2,36	2,25	2,29
Лизин : метионин	2,94	2,86	3,07
НДК, % СВ	43,2	55,7	37,1
КДК, % СВ	26,9	36,2	24,0
Крахмал, % СВ	19,6	8,9	21,9
Кальций, % СВ	0,54	0,59	0,58
Фосфор, % СВ	0,35	0,35	0,33

Потребление корма и надой измеряли в течение 15 недель после отела. Добавление холина в рацион не отразилось на его потреблении во время позднего сухостоя, но в дальнейшем оказало положительное влияние на продуктивность: в течение 15 недель после отела надой молока увеличился на 2,2 кг и достиг 43,5 кг в день (рис. 8).



**Рис. 8. Влияние скармливания защищенного холина до отела коров на надой после отела**

Защищенный в рубце холин незначительно повлиял на потребление сухого вещества после отела — 23,7 кг против 23,2 кг. У коров, которые до отела получали рацион с пшеничной соломой, после отела потребление сухого вещества увеличилось (с 22,9 кг до 24 кг), но надой выросли незначительно.

По окончании опыта продолжили наблюдать за коровами, фиксируя продуктивность до конца лактации. Стоит отметить, что надой были выше у коров, которые потребляли защищенный холин, — разница с контролем составила 2,1 кг молока в день (рис. 9). Содержание жира и белка в молоке этих коров не изменилось,



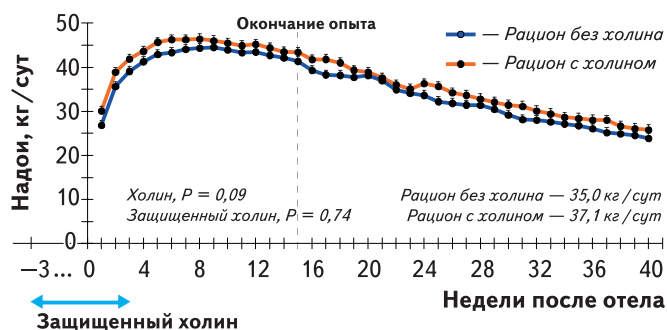


Рис. 9. Долговременное влияние защищенного холина на продуктивность

однако энергетический баланс стал хуже, что связано с ростом молочной продуктивности. При этом коровы потребляли больше корма, но не существенно — на 0,6 кг СВ/день.

Скармливание защищенного холина не повлияло на концентрацию НЭЖК и бета-гидроксимасляной кислоты (БГМК) в крови коров после отела. В ходе опыта также измеряли качество и количество молозива от коров, которые потребляли защищенный холин. Количество молозива выросло незначительно по сравнению с контролем, но концентрация иммуноглобулинов в нем была выше на 20 г/л у коров, которые получали холин (рис. 10).

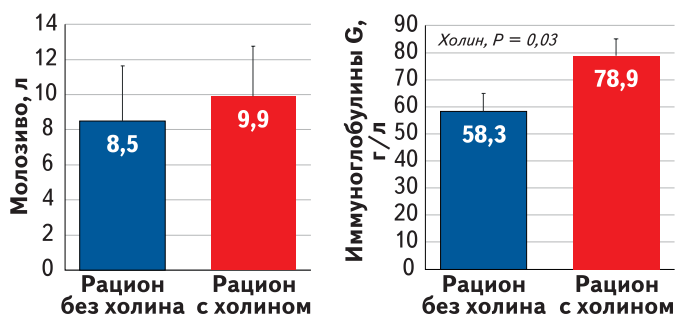


Рис. 10. Влияние защищенного холина на количество и качество молозива

Подопытных коров осеменяли по правилам протокола синхронизации половой охоты — на 77 день ( $\pm 3$ ) лактации. В группе животных, которым скармливали защищенный холин, процент оплодотворения после первого искусственного осеменения был выше — 41,3% против 23,6%, но по стельности в 40 недель они не различались.

Телочки, полученные от коров, которым давали холин, рождались с меньшим весом по сравнению с телочками от коров, в рационе которых не было холина, но уже в 12 месяцев они превосходили их по весу. В 20 месяцев разница составляла около 20 кг (табл. 3). Среднесуточные приросты от отъема и до года составляли у первых 900 г, у вторых — 850 г. Стоит отметить, что все телочки получали одинаковое смешанное молозиво.

Для определения концентрации кальция в плазме производили забор крови у коров во время отела, а также

Таблица 3. Влияние скармливания защищенного холина коровам до отела на приросты ремонтных телочек, кг

Вес в возрасте	Рацион без холина	Рацион с холином	Погрешность
При рождении	40,4	38,3*	1,2
В 2 месяца (отъем)	76,7	77,6	2,6
В 12 месяцев	322,2	335,3**	6,4
В 24 месяца (прогнозируемое значение)	646,3	663,7	—

\* $P < 0,10$ ; \*\* $P < 0,05$ .

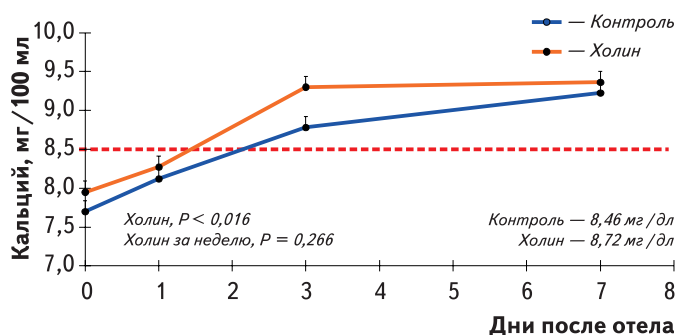


Рис. 11. Влияние защищенного холина на концентрацию кальция в плазме коров после отела

на первый, третий и седьмой день после отела. Коровы, которым скармливали защищенный холин, имели более высокую концентрацию кальция по сравнению с коровами, которые его не получали (рис. 11), поэтому в группе с холином было меньше случаев гипокальциемии.

Когда определяли случаи субклинического послеродового пареза в двух группах в течение семи дней после отела, то в той, коровам которой скармливали холин, их количество составляло 31,6% против 52,1% в группе животных, получавших рацион без холина. Во время исследования измеряли и другие параметры, связанные со стрессом. Так, ректальная температура после отела выросла почти на  $0,3^{\circ}\text{C}$  у коров контрольной группы, а у животных, которым скармливали холин, она снизилась на  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, коровы в транзитный период испытывают значительные физиологические изменения, в частности, меняется энергетический баланс и увеличивается мобилизация жирных кислот. Однако это естественный процесс, который поддерживает лактацию. В этот период коровы испытывают дефицит холина, о чем свидетельствует накопление жира в печени. Добавление защищенного холина в рацион для позднего сухостоя повышает продуктивность коров, улучшает их здоровье и воспроизводство. Холин следует добавлять, так же как витамины А, D, Е и макроэлементы кальций, фосфор и др. Наши рекомендации по скармливанию защищенного холина составляют около 15 г на голову в сутки начиная с третьей недели до отела и в течение трех недель после него. ■