

# Calf Notes.com

## Заметка о телятах №168. Куда уходит белок?

### Введение

Молозиво — это особенный продукт. Состав материнского молозива (ММ) сильно отличается от состава молока; фактически настолько, что мы называем выделения молочной железы в первые 24 ч после отела не «молоком», а другим словом. Молозиво содержит большое количество иммуноглобулинов (**Ig**), в частности IgG, которые попадают в него из кровотока коровы в последние несколько недель беременности. К тому же оно содержит много других белков, включая гормоны, ферменты и факторы роста, которые могут влиять на обмен веществ новорожденного теленка. Большое количество жира, витаминов и минеральных веществ также поддерживает потребности в питательных веществах теленка сразу после рождения.

В таблице 1 приведен сравнительный состав ММ первой дойки и цельного молока. Совершенно очевидно, что ММ жирнее и в нем гораздо выше содержание сухого вещества и общее количество питательных веществ, чем в молоке.

Что происходит, когда теленок потребляет порцию ММ? Допустим, теленку, согласно рекомендациям, скормили порцию из 1 галлона (3,8 литра) молозива в первый час после рождения. Какой тип питательной нагрузки мы обеспечиваем теленку? И что происходит с этими питательными веществами? В таблице 2 приведен сравнительный анализ порции из 1 галлона (3,8 литра) ММ и 1 галлона цельного молока.

Если теленок выпьет порцию в 3,8 литра ММ, содержащего 12,7% белка, он получит 480 грамм белка. Сравните это со 121 граммом белка, если теленок выпьет такое же количество цельного молока. Большая порция ММ обеспечивает в 4 раза больше белка, чем аналогичная порция молока!

Конечно, наша цель — обеспечить IgG новорожденному теленку, чтобы он был защищен против патогенов окружающей среды. Но что происходит с оставшимися белками? Это интересное наблюдение, которое может пролить некоторый свет на обмен веществ новорожденного теленка.

Показатель	Молозиво	Молоко
Сухое вещество, %	22,6	12,5
Белок, %	12,7	3,2
Жир, %	5,6	3,7
Лактоза, %	2,9	4,9
IgG, г/л	68,8	0,1

Таблица 1. Состав молозива первой дойки (по материалам Morrill et al., 2012) и цельного молока

Показатель	Молозиво	Молоко	%
Потребление, мл	3780	3780	0
Сухое вещество, г	854	473	181
Белок, г	480	121	397
Жир, г	212	140	151
Лактоза, г	110	185	59
IgG, г	260	0	...

Таблица 2. Потребление питательных веществ телятами, которым давали 1 галлон (3,8 литра) молозива или цельного молока

Мы можем проследить, насколько хорошо новорожденный абсорбирует IgG, рассчитав величину, которая называется кажущаяся эффективность абсорбции IgG, или КЭА. Она показывает, какая часть IgG из выпитого молозива появляется в кровотоке в возрасте старше 24 часов. Чтобы рассчитать эту величину, нам нужно знать массу тела теленка (чтобы оценить объем крови), содержание IgG в плазме (или сыворотке) в возрасте 24 часов и сколько IgG потребил теленок. Вот формула для расчета:

$$\text{КЭА (\%)} = \text{IgG в плазме (г/л)} \times \text{объем плазмы (литры)} / \text{потребление IgG (граммы)}$$

Обычно мы оцениваем объем плазмы по МТ:

$$\text{КЭА (\%)} = \text{IgG в плазме (г/л)} \times [\text{МТ (килограммы)} \times 9\%] / \text{потребление IgG (граммы)}$$

Таким образом, теленок с 12 г/л IgG, весящий 40 кг и выпивший 150 г IgG, абсорбировал IgG со следующей эффективностью:

$$\text{КЭА (\%)} = 12 \times [40 \times 0,09] \div 150 = 0,288, \text{ или } 28,8\%$$

Обычно КЭА IgG колеблется от 20 до примерно 35% (Quigley и Drewry, 1998).

Если IgG абсорбируется с эффективностью 28%, что происходит с остальным белком? Можем ли мы рассчитать КЭА для белков неиммуноглобулиновой природы? На этот вопрос можно ответить «да», но сначала нам необходимо еще немного информации.

Телята рождаются без IgG в кровотоке, но в нем есть белки неиммуноглобулиновой природы. В кровотоке новорожденного теленка сразу после рождения будет около 4,0 г/дл (40 г/л) белков. К ним относятся транспортные белки, альбумин и многие другие. Однако среди них нет (или очень мало) IgG.

Чтобы рассчитать, что происходит с белками неиммуноглобулиновой природы, нам нужно оценить, сколько общего белка находится в кровотоке при рождении — не только концентрацию (т. е. 4,0 г/дл), но и общее количество белка (граммы). Мы можем оценить это на основе объема плазмы, но, к сожалению, эта величина меняется. То есть объем плазмы в возрасте 24 часов (который мы оцениваем как 9% МТ на основе опубликованных данных, см. Quigley et al., 1998) отличается от объема плазмы при рождении. Когда телята выпивают порцию молозива, объем плазмы увеличивается. Поэтому мы принимаем, что сразу после рождения объем плазмы составляет менее 9%. По оценкам некоторых авторов, объем плазмы при рождении ближе к 7% массы тела.

Если у нас есть образец крови при рождении, чтобы измерить содержание общего белка, мы можем также измерить гематокрит, или объем осажденных эритроцитов. Предположим, что, хотя объем плазмы при потреблении молозива возрастает, общее количество клеток в кровотоке почти не изменяется. (ПРИМЕЧАНИЕ. Это предположение почти наверняка неверно, но в наших расчетах величина ошибки невелика.)

Ознакомьтесь с таблицей 3. Это данные по группе телят, которым давали 3,8 литра ММ (Hammer et al., 2004). В возрасте 24 часов телята весили 49,4 килограмма, ООЭ составлял 33,19%, концентрация общего белка и IgG в сыворотке крови равнялась 6,15 и 18,1 г/л соответственно. Предположим, ОП в возрасте 24 ч у них был равен 9%. Поэтому их общий ОП (в литрах) составил

4,45 литра. Используя величину ООЭ, мы получим количество осажденных эритроцитов 2,21 литра.

Если предположить, что общее количество осажденных эритроцитов не изменилось (2,21 литра в возрасте 0 и 24 часов) за период с 0 до 24 часов, тогда мы можем рассчитать количество плазмы и общий объем крови теленка. Содержание общего белка в крови теленка при рождении было 4,75 г/дл (47,5 г/л, см. таблицу 3), а в возрасте 24 часов — 6,12 г/дл (61,2 г/л). Чистое изменение содержания общего белка составило 13,7 г/л, благодаря абсорбции IgG и других белков.

Показатель	0 ч	24 ч	Изменение	КЭА
МТ, кг	45,6	49,4	3,8	
ОП, %	7,2	9,0	0,9	
ООЭ, %	40,14	33,19	-6,95	
Общий объем крови, л	5,50	6,65	1,15	
ОП, л	3,29	4,45	1,15	
ООЭ, л	2,21	2,21	0,0	
Общий белок, г/л	47,5	61,2	13,7	
IgG, г/л	0,0	18,1	18,1	
Общий белок, г	156,5	272,1	115,6	23,4
IgG, г	0,0	80,5	80,5	28,5
Белки неиммуноглобулиновой природы, г	156,5	191,5	35,2	16,6

Таблица 3. Изменение содержания белков у телят на питании материнским молозивом  
Источник: Hammer et al., 2004.

Далее мы можем рассчитать количество грамм белков в крови теленка при рождении и в возрасте 24 часов. Из данных таблицы 3 видно, что у телят было 156,5 грамма белка в крови, затем этот показатель вырос до 272,1 грамма в возрасте 24 часов. Это увеличение на 115,6 грамма. Телята потребили 494 грамма общего белка из молозива, поэтому эффективность составила  $115,6 / 49 = 23,4\%$ . Итак, мы смогли восстановить около 23% белка, который телята усвоили и который поступил в кровоток в возрасте 24 часов.

Сделаем аналогичные расчеты для IgG (80,5 грамма в плазме в возрасте 24 часов / потребление 282 грамм = 28,5% эффективность) и для белков неиммуноглобулиновой природы, которые рассчитываются по разнице (35,2 грамма / 212 грамм = 16,6% эффективность).

Примечательно, что эффективность абсорбции неиммуноглобулиновой фракции ниже (около 17%), чем у IgG (около 29%). Итак, куда девался весь оставшийся белок?

Хотя мы считаем, что многие белки молозива избегают переваривания в кишечнике, в некоторых исследованиях предполагается, что по крайней мере часть из них переваривается в кишечнике в первые 24 часа. Yvon et al. (1993) сообщают, что большая часть белка из  $\alpha$ -лактальбумина переваривается в сычуге и тонком кишечнике новорожденных ягнят. Таким образом, некоторые белки перевариваются в кишечнике, что означает, что некоторые белки расщепляются на отдельные аминокислоты, которые можно использовать для синтеза белков или выработки глюкозы. Однако иммуноглобулины более устойчивы к перевариванию.

Белки неиммуноглобулиновой природы (и некоторые IgG) также могут участвовать в обмене веществ в мышцах и печени и пойти на выработку глюкозы, которая в дальнейшем может быть использована для терморегуляции и в других целях. Другие циркулирующие в крови белки организм может использовать для синтеза белков, и тогда они покинут кровоток. И наконец, некоторые белки фильтруются почками и выходят с мочой. Это явление, называемое протеинурия, распространено среди маленьких телят.

Добавка	Всего	IgG	Белки неиммуноглобулиновой природы
	КЭА, %		
0 г	26	29	24
200 г казеина	12	28	8
400 г казеина	4	19	2
200 г КБМС	19	34	14
400 г КБМС	12	31	8

Таблица 4. Кажущаяся эффективность абсорбции у телят, которым давали добавку к молозиву плюс 0, 200 или 400 грамм казеина или концентрата белка молочной сыворотки  
По материалам: Davenport et al., 2000.

Похоже, что, если мы увеличим количество перевариваемого белка неиммуноглобулиновой природы, этот белок будет использоваться менее эффективно. Davenport et al. (2000) кормили телят добавкой к молозиву с добавлением 0, 200 или 400 грамм казеина или белка молочной сыворотки. В таблице 4 показано, что с увеличением потребления белка неиммуноглобулиновой природы КЭА неиммуноглобулиновой фракции снижается. У телят, которым давали 400 грамм дополнительного казеина или КБМС, КЭА составила 2,1 и 7,8% от фракции неиммуноглобулиновых белков соответственно. Это позволяет предположить, что существует максимальное количество белка, которое теленок может переработать. В таблице 5 показана расчетная масса белка (общего белка, IgG и белков неиммуноглобулиновой природы) в плазме крови в возрасте 24 часов. Видимо, дополнительный белок, скормленный телятам, был включен в обмен веществ и использован для получения энергии или, возможно, выведен из организма. Davenport et al. (2000) также сообщают об увеличении концентрации азота в моче при кормлении дополнительным белком и предполагают, что по крайней мере некоторые из белков неиммуноглобулиновой природы, которые они давали телятам, были метаболизированы в организме.

Добавка	Всего	IgG	Белки неиммуноглобулиновой природы
	Грамм в плазме в возрасте 24 ч		
0 г	160	20	144
200 г казеина	158	20	138
400 г казеина	138	13	124
200 г КБМС	176	25	152
400 г КБМС	167	22	142

Таблица 5. Оценка общей массы (в граммах) белков в крови телят при добавлении к питанию 0, 200 или 400 грамм казеина или концентрата белка молочной сыворотки (КБМС)  
По материалам: Davenport et al., 2000.

## Резюме

Телята, получающие молозиво в первое кормление, в частности когда мы даем им 3,8 литра, переваривают большое количество белка, возможно, более чем когда-либо в жизни. Часть этого белка расщепляется в желудочно-кишечном тракте до аминокислот и коротких пептидов. Часть белка будет абсорбирована в виде неизменных молекул, эти белки будут расщеплены до аминокислот или, возможно, выйдут из организма с мочой, если уровень белка в кровотоке окажется слишком высоким.

## Ссылки

Davenport, D. F., J. D. Quigley, III, J. E. Martin, J. A. Holt, and J. D. Arthington. 2000. Addition of casein or whey protein to colostrum or a colostrum supplement product on absorption of IgG in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 83:2813–2819.

Hammer, C. J., J. D. Quigley, L. Ribeiro, and H. D. Tyler. 2004. Characterization of a colostrum replacer and a colostrum supplement containing IgG concentrate and growth factors. *J. Dairy Sci.* 87:106–111.

Morrill, K. M. 2012. Modifying current laboratory methods for rapid determination of colostrum IgG concentration and colostrum IgG absorption in the neonate. Ph.D. Dissertation, Iowa State University, Ames.

Quigley, J. D., and J. J. Drewry. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and postcalving. *J. Dairy Sci.* 81:2779–2790.

Quigley, J. D., J. J. Drewry, and K. R. Martin. 1998. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308–1312.

Yvon, M., D. Leveux, M. C. Valluy, J. P. Pelissier and P. P. Mirand. 1993. Colostrum protein digestion in newborn lambs. *J. Nutr.* 123:586-596.

**Автор: д-р Джим Кигли (15 июня 2012 года)**

**© Д-р Джим Кигли, 2012**

**Calf Notes.com (<http://www.calfnotes.com>)**