

Calf Notes.com

Calf Note #168 - 蛋白质去了哪里？

引言

初乳是一种特殊的物质。母牛初乳（MC）的成分与普通牛奶截然不同；事实上，它们的差异如此显著，以至于我们将产后24小时内乳腺分泌的液体称为“非牛奶”物质。

初乳含有大量免疫球蛋白（Ig），尤其是IgG，这些物质源自母牛妊娠最后几周的血液循环。此外，初乳还含有许多其他蛋白质，包括激素、酶和生长因子，这些成分可能影响新生犊牛的新陈代谢。同时，初乳中大量脂肪、维生素和矿物质能满足犊牛出生后立即的营养需求。

项目	初乳	牛奶
固体物质， %	22.6	12.5
蛋白质， %	12.7	3.2
脂肪， %	5.6	3.7
乳糖， %	2.9	4.9
IgG, g/L	68.8	0.1

表 1. 初乳（改编自 Morrill 等，2012）与全脂牛奶的成分。

表1对比了初乳与全脂牛奶的成分。显而易见，初乳比牛奶更浓稠，且固体物质和总营养素含量远高于牛奶。

项目	初乳		牛奶	%
摄入量，毫升	3,780		3,780	0
固体含量，克	854		473	181
蛋白质，克	480		121	397
脂肪，克	212		140	151
乳糖，克	110		185	59
IgG, 克	260		0	...

表2. 喂食1加仑（3.8升）初乳或全脂牛奶的小牛营养摄入量。

那么，当犊牛摄入一餐初乳时会发生什么？假设犊牛在出生后第一小时内被喂食推荐剂量的一加仑（3.8升）初乳。我们为犊牛提供了多少营养？这些营养又会如何被利用？表2将一加仑（3.8升）初乳与一加仑全脂牛奶进行了对比。

一头犊牛摄入3.8升初乳（蛋白质含量为12.7%），将摄入总计480克蛋白质。相比之下，若犊牛饮用同等量的全脂牛奶，蛋白质摄入量仅为121克。一顿大份的初乳提供的蛋白质约为同等份量牛奶的4倍！

当然，我们的目标是向新生犊牛提供IgG，使其免受环境病原体的侵害。但其余的蛋白质会发生什么呢？这是一个有趣的观察结果，或许能为新生犊牛的新陈代谢提供一些见解。

我们可以通过计算一项名为“IgG吸收表观效率”（AEA）的统计指标，来监测新生犊牛对IgG的吸收情况。该指标反映了喂食初乳中的IgG在犊牛出生24小时后被血液吸收的效率。

要计算这一指标，我们需要知道犊牛的体重（用于估算血容量）、出生24小时后的血浆（或血清）IgG浓度，以及犊牛摄入的IgG总量。计算公式如下：

$$\text{AEA (\%)} = \text{血浆中IgG浓度 (g/L)} \times \text{血浆容量 (L)} \div \text{IgG摄入量 (g)}$$

通常我们使用体重（BW）来估算血浆容积：

$$\text{AEA (\%)} = \text{血浆中IgG浓度 (g/L)} \times [\text{体重 (kg)} \times 9\%] \div \text{IgG摄入量 (g)}$$

因此，一头血浆IgG浓度为12 g/L、体重40 kg且摄入150克IgG的小牛，其IgG吸收效率为：

$$\text{AEA (\%)} = 12 \times [40 \times 0.09] \div 150 = 0.288, \text{ 即 } 28.8\%$$

通常，IgG的AEA范围在20%至约35%之间（Quigley和Drewry，1998）。

如果IgG的吸收效率为28%，那么其他蛋白质的情况如何？我们能否计算出非IgG蛋白质的AEA？答案是肯定的，但首先我们需要一些额外信息。

犊牛出生时血液中没有循环IgG，但其血液中含有非IgG蛋白。新生犊牛出生后，血液中的蛋白质含量约为4.0 g/dl（40 g/L）。这些蛋白质包括转运蛋白、白蛋白以及许多其他蛋白质。然而，其中不含（或仅含极少量）IgG。

要推算非IgG蛋白质的变化情况，我们需要估算出生时血液中的总蛋白含量——不仅要考虑浓度（即4.0 g/dl），还要考虑蛋白质的总克数。我们可以根据血浆容量进行估算，但遗憾的是，血浆容量是动态变化的。

也就是说，出生24小时后的血浆量（根据已发表的研究，我们假设其约为体重的9%，参见Quigley等，1998）与出生时的血浆量并不相同。当犊牛饮用初乳后，血浆量会增加。因此，我们假设出生时血浆量略低于9%。有人估计出生时的血浆量更接近体重的7%。

如果我们在出生时采集了血液样本以测定总蛋白，我们还可以测定血细胞比容或红细胞压积。我们假设，尽管血浆量会随着初乳的摄入而增加，但循环系统中细胞的总数变化甚微（注：这一假设几乎可以肯定是不正确的，但就我们进行的计算而言，误差程度应该很小）。

项目	0 小时	24 小时	变化	AEA
体重, 千克	45.6	49.4	3.8	
PV, %	7.2	9.0	0.9	
红细胞比容, %	40.14	33.19	-6.95	
总血量, 升	5.50	6.65	1.15	
血浆容量, 升	3.29	4.45	1.15	
PCV, L	2.21	2.21	0.0	
总蛋白, g/L	47.5	61.2	13.7	
IgG, g/L	0.0	18.1	18.1	
总蛋白, g	156.5	272.1	115.6	23.4
IgG, 克	0.0	80.5	80.5	28.5
非IgG, g	156.5	191.5	35.2	16.6

表3. 喂食母体初乳的小牛蛋白质动态。

数据来源：Hammer等人，2004年。

请看表3。这些数据来自一组每天喂食3.8升MC的小牛（Hammer等人，2004）。出生24小时时，犊牛体重为49.4公斤，红细胞比容(PCV)为33.19%，血清总蛋白和IgG浓度分别为6.15 g/dl和18.1 g/L。

我们假设犊牛在出生24小时时的血浆容积(PV)为9%。因此，其总血浆容积（以升为单位）为4.45 L。利用红细胞比容(PCV)数据，我们估算红细胞容积为2.21 L。

假设从出生0小时到24小时，红细胞总量未发生变化（出生0小时和24小时均为2.21 L），则可计算出该犊牛的血浆量和总血容量。该犊牛出生时血清总蛋白浓度为4.75 g/dl（47.5 g/L；表3），24小时时为6.12 g/dl（61.2 g/L）。总蛋白的净变化量为13.7 g/L，这归因于IgG及其他蛋白质的吸收。

由此可计算出犊牛出生时及24小时后血液中的蛋白质含量（单位：克）。从表3可见，犊牛出生时血液中含有156.5克蛋白质；24小时后增至272.1克。即增加了115.6克。

犊牛从初乳中摄入了494克总蛋白质，因此 $115.6 / 494 = 23.4\%$ 的利用率。也就是说，在犊牛出生24小时后，其血液中约有23%的摄入蛋白质得以保留。

我们对IgG（24小时血浆中80.5克 / 摄入量282克 = 28.5%的利用率）和非IgG蛋白（通过差值计算： $35.2 / 212 = 16.6\%$ 的利用率）也进行了同样的计算。

值得注意的是，非IgG部分的吸收效率较低——相比于吸收效率约为29%的IgG，非IgG蛋白部分的吸收效率仅约为17%。那么，其余的蛋白质都去哪儿了呢？

尽管我们假设许多初乳蛋白能逃过肠道消化，但有研究表明，在最初的24小时内，肠道中至少会发生部分消化。Yvon等人（1993）报告称，新生羔羊体内 α -乳清蛋白的大部分蛋白质会在瘤胃和小肠中被消化。因此，肠道中确实存在部分蛋白质的消化过程，这意味着某些蛋白质被分解为单个氨基酸，这些氨基酸可能用于蛋白质合成或葡萄糖生成。然而，免疫球蛋白对消化具有更强的抵抗力。

非IgG蛋白（及部分IgG）也可能被肌肉和肝脏代谢以产生葡萄糖，这些葡萄糖随后可用于体温调节及其他功能。其他循环中的蛋白可能被机体用于蛋白质合成，从而离开血液循环。最后，部分蛋白质会被肾脏滤过并随尿液排出。这种被称为蛋白尿的状况在幼龄犊牛中很常见。

似乎随着摄入的非IgG蛋白量增加，其利用效率反而降低。Davenport等人（2000）给犊牛喂食了添加了0、200或400克酪蛋白或乳清蛋白的初乳补充剂。

添加产品	总	IgG	非IgG
	AEA, %		
0 克	26	29	24
200 克酪蛋白	12	28	8
400 克酪蛋白	4	19	2
200 克乳清蛋白	19	34	14
400 克 WPC	12	31	8

表 4. 喂食初乳补充剂加 0、200 或 400 克酪蛋白或乳清蛋白浓缩物 (WPC) 的犊牛的表现吸收率。数据来自 Davenport 等，2000。

表4显示，随着非IgG蛋白质摄入量的增加，非IgG组分的AEA值呈下降趋势。喂食添加了400克酪蛋白或乳清蛋白粉的小牛，其非IgG组分的AEA值分别为2.1%和7.8%。这表明小牛可能存在蛋白质摄入的上限。

表5显示了出生24小时后血浆中蛋白质的估计质量（包括总蛋白、IgG和非IgG蛋白）。看来，额外喂给犊牛的蛋白质已被代谢并用作能量，或者可能被机体排出了。

Davenport等人（2000）也报告称，随着蛋白质的添加，尿素氮浓度有所增加，这表明他们喂食的非IgG蛋白中至少有一部分被机体代谢了。

总结

初次喂食初乳的犊牛，特别是喂食3.8升时，会摄入大量蛋白质——

这可能是其一生中任何其他时期摄入量都无法比拟的。其中一部分蛋白质会在胃肠道内被消化为氨基酸和小肽。部分蛋白质将以完整形式被吸收；这些蛋白质可能会被代谢为氨基酸，或者如果血液中蛋白质浓度过高，则可能随尿液排出。

添加产品	总计	IgG	非IgG
24 小时血浆中的克数			
0 克	160	20	144
200 克酪蛋白	158	20	138
400 克酪蛋白	138	13	124
200 克乳清蛋白	176	25	152
400 克 WPC	167	22	142

表5.

犊牛摄入0、200或400克酪蛋白或乳清蛋白浓缩物（WPC）时，血液中蛋白质总质量（克）的估算值。

数据来源：Davenport等人，2000年。

参考文献

Davenport, D. F., J. D. Quigley, III, J. E. Martin, J. A. Holt, and J. D. Arthington. 2000.

向初乳或初乳补充剂中添加酪蛋白或乳清蛋白对新生犊牛IgG吸收的影响。

《乳业科学杂志》 83:2813 - 2819.

Hammer, C. J., J. D. Quigley, L. Ribeiro, and H. D. Tyler. 2004.

含IgG浓缩物和生长因子的初乳替代品及初乳补充剂的特性分析。《乳业科学杂志》 87:106 - 111.

莫里尔, K. M. 2012.

改进现有实验室方法以快速测定初乳IgG浓度及新生犊牛对初乳IgG的吸收。《博士学位论文》，爱荷华州立大学，艾姆斯。

奎格利, J. D., 与 J. J.

德鲁里。1998。产前及产后母牛向犊牛的营养与免疫物质转移。《乳业科学杂志》81:2779 - 2790。

Quigley, J. D., J. J. Drewry, 和 K. R. Martin. 1998.

荷斯坦牛和泽西牛犊血浆容积的估算。《乳业科学杂志》81:1308 - 1312.

伊冯, M., D. 勒维厄, M. C. 瓦吕, J. P. 佩利西耶和P. P. 米兰德。1993.

新生羔羊初乳蛋白质的消化。《营养学杂志》123:586-596.

.

作者：吉姆·奎格利博士（2012年6月15日）

© 2012 吉姆·奎格利博士

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