

# Calf Notes.com

---

## *Calf Note #277 - Объем плазмы: скрытая переменная в АЕА*

### **Introduction (Введение)**

В нашем предыдущем Calf Note мы рассмотрели, почему кажущаяся эффективность абсорбции (АЕА) иммуноглобулина G (IgG) никогда не достигает 100%, подчеркнув динамический обмен между внутрисосудистым и внесосудистым пространствами. Это обсуждение подчеркнуло важную реальность: АЕА не является фиксированной биологической константой, а представляет собой расчетную оценку, на которую влияют несколько физиологических и методологических факторов.

Другим ключевым компонентом АЕА является объем плазмы (PV), который используется для расчета общего количества IgG, абсорбированного в кровотоке. Объем плазмы может быть измерен одним из нескольких методов или оценен по массе тела (BW), поскольку показано, что PV тесно связан с BW у многих видов животных. Однако вариабельность PV важна для нашего понимания АЕА и — что особенно важно — вариабельности при расчете АЕА.

### **Plasma Volume: Assumption vs. Reality (Объем плазмы: предположение vs. реальность)**

В большинстве исследований пассивного переноса объем плазмы предполагается как фиксированная доля BW, обычно в диапазоне от 7% до 10% BW. Это предположение упрощает расчеты АЕА, поскольку PV необходим для преобразования концентрации IgG в сыворотке (г/л) в общую массу циркулирующего IgG. Однако PV не является фиксированным. Это биологическая переменная, которая изменяется в зависимости от уровня гидратации, кормления, возраста и физиологической адаптации после рождения. Рассмотрение PV как постоянной величины приводит к ошибкам в расчетах АЕА — ошибкам, которые могут быть значительными в зависимости от условий.

### **Measuring Plasma Volume: Methods and Limitations (Измерение объема плазмы: методы и ограничения)**

Исследователи использовали несколько методов для оценки объема плазмы у новорожденных телят, включая методы разведения красителей и изотопные методы.

### **Evans Blue Dye (Краситель Эванса синего)**

Наиболее распространенный подход использует краситель Эванса синего (EBD), который связывается с альбумином и предполагается, что он остается в сосудистом пространстве. После введения берутся образцы крови, и PV рассчитывается на основе разведения. Однако этот метод имеет ограничения, включая время уравнивания. Обычно перед отбором проб используется период в 10 минут. В течение этого времени часть красителя может покинуть сосудистое пространство или быть метаболизирована или перераспределена. Поэтому многие исследователи включают корректирующий коэффициент для учета этой потери красителя в период уравнивания (например, Quigley et al., 1998a).

Другие исследователи многократно измеряли концентрации EBD после введения начальной дозы животному. Затем они могут построить линию регрессии и оценить значение в момент времени ноль (т.е. пересечение), что корректирует ошибку уравнивания.

Другие исследователи использовали радиоактивные изотопы, такие как белки, меченные  $^{131}\text{I}$  (например, Möllerberg et al., 1975), для оценки PV. Разумеется, эти подходы более сложны в использовании и в настоящее время применяются редко.

Связь между BW и PV (миллилитры) у молодых телят показана на рисунке 1, который взят из Quigley et al. (1998a).

В этом исследовании мы сообщили, что PV был связан с массой тела при рождении, породой (голландская или джерсейская) и возрастом на момент отбора проб. Уравнение регрессии было следующим:

$$PV = -2393.1 + 68.09 \times BW + 404.1 \times \text{breed} + 127.3 \times \text{age}$$

Где BW — масса тела теленка, кг; breed — 0 = джерсейская, 1 = голландская; age = возраст в часах.  $r^2$  регрессии = 0.60.

В целом связь между BW и PV превышает 0.80; в этом исследовании мы работали с однодневными телятами, у которых происходило быстрое и переменное увеличение PV вследствие потребления молозива, абсорбции больших количеств белка, жира и лактозы — все это может влиять на динамику жидкостей организма и общий PV. Наши данные — без корректировки на экспериментальную ошибку — показали, что PV составляла 9.9% BW у голландских телят и 9.71% BW у джерсейских телят. После корректировки на потерю EBD в период уравнивания значения составили 9.0% и 8.8% BW соответственно.

### Range of Reported Plasma Volumes (Диапазон опубликованных значений объема плазмы)

Обзор литературы по молозиву у телят показывает, что предполагаемые или измеренные значения PV обычно варьируют от ~7% BW до >14% BW. Интересно, что Matte et al. (1982) кормили телят одной порцией молозива в возрасте 6, 12, 24, 36 или 48 часов. Они измеряли PV через 6 часов после кормления и сообщили, что PV, измеренный с использованием EBD, снижался с 14.5% BW при измерении в возрасте 12 часов до 9.2% в возрасте 54 часов. McEwan et al. (1968) сообщили, что PV у телят ( $n = 5$ ), потреблявших молозиво, увеличивался с 6.6% до 9.3% BW, а у телят, получавших молоко вместо молозива, PV увеличивался с 6.3% до 8.7% BW. Различий между кормлением молоком и молозивом не было, но наблюдалось значительное влияние потребления жидкости. В этом исследовании объем плазмы измеряли в возрасте 72 часов. Этот диапазон может показаться умеренным, но его влияние на АЕА существенно.

Таблица 1 показывает выборку опубликованных исследований и диапазоны сообщаемых значений PV. Очевидно, что существует значительная переменность в опубликованных оценках — от 5.3% до 14.5% BW как PV. PV = объем плазмы, % от BW.

### The Impact of Feeding and Hydration on PV (Влияние кормления и гидратации на PV)

Объем плазмы не является статичным у новорожденного теленка — он быстро изменяется после рождения, особенно в ответ на кормление.

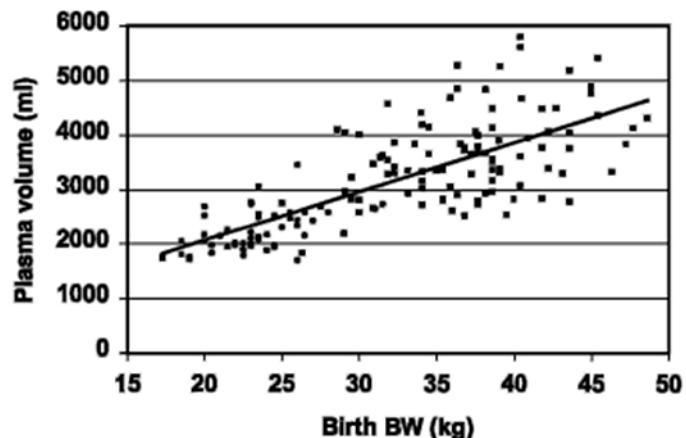


Figure 1. Relationship between plasma volume (milliliters) and birth BW of Jersey (●) and Holstein (■) calves.

Некоторые факторы, влияющие на динамику жидкостей у теленка и, следовательно, на PV, включают кормление жидкостями (молозиво, молоко, заменитель молока), что увеличивает потребление жидкости. Абсорбция жидкости расширяет PV и может происходить в течение нескольких часов после кормления. В результате теленок, отобранный в 24 часа, может иметь другой PV, чем тот же теленок в 32 или 48 часов. Дополнительные кормления (например, заменитель молока после молозива) дополнительно влияют на PV. Таким образом, вариации в способе кормления телят в ходе исследования вносят дополнительную вариабельность.

Author	No calves	Method	Breed	BW, kg	Age, h	PV	
Matte et al. (1982)	40	EBD	Holstein		12	14.5	
					18	13.9	
					24	12.0	
McEwan et al. (1968)	13	EBD			Prefeed	6.4	
					Postfeed	9.0	
Möllerberg et al. (1975)	9	<sup>131</sup> I	Swedish	33.0	Birth	5.3	
		EBD			34.0	1	6.5
		EBD			96.0	90	4.9
Dalton and Edwards, 1961	102	EBD	Ayrshire		1-3 wk	6.6	
Cabral et al. (2015)	28	EBD	Holstein	46.6	6	7.9	
		EBD			12	8.9	
		EBD			18	8.4	
Quigley et al. (1998a)	49	EBD	Jersey	23.4	24	8.8	
	97	EBD	Holstein	36.7	24	9.0	
		EBD			-7 d	7.9	
Quigley et al. (1998b)	20	EBD	Holstein	40.5	24	9.2	
Drewry et al. (1999)	43	EBD	Holstein		25	8.5	
Husband et al. (1973)		EBD	Holstein	40.0	24	6.3	

PV = plasma volume, % of BW

Это означает, что PV на момент отбора крови является подвижной величиной.

### Timing of Blood Sampling: Another Layer of Variation (Время отбора крови: еще один уровень вариабельности)

Время измерения сывороточного IgG является еще одним критическим фактором. Распространенные моменты отбора включают 24, 28–32 часа и 48 часов. Однако эти временные точки не являются физиологически эквивалентными. Продолжающаяся абсорбция и перераспределение IgG могут происходить, и PV может увеличиваться из-за продолжающегося кормления. Абсорбированный IgG может перемещаться во внесосудистые компартменты при более поздних сроках отбора. Часть IgG может метаболизироваться и фильтроваться почками с выведением с мочой.

Если телята не управляются одинаково между рождением и отбором проб (например, различия в кормлении заменителем молока после молозива), тогда измеренная концентрация IgG в сыворотке отражает как массу IgG, так и PV в этот момент, и различия в PV могут скрывать истинные различия в абсорбции IgG.

### Implications for AEA Calculations (Последствия для расчетов АЕА)

АЕА обычно рассчитывается как:

$$\text{AEA (\%)} = [\text{IgG в сыворотке (г/л)} \times \text{Объем плазмы (л)}] / \text{Потребление IgG (г)} \times 100$$

Каждый компонент содержит неопределенность:

- IgG в сыворотке → зависит от времени отбора и аналитического метода
- Потребление IgG → часто оценивается, а не измеряется напрямую
- Объем плазмы → предполагается или измеряется неточно

Среди них PV часто рассматривается как наиболее «определенный» — тогда как на самом деле он может быть одним из крупнейших источников ошибки. Выбор конкретного коэффициента для PV (например, 7% против 10% BW) влияет на конечные значения.

Таблица 2 показывает эффект расчета PV как 10% BW против 5.5% BW для теленка массой 40 кг, получившего 150 г IgG и имеющего концентрацию IgG в сыворотке 15 г/л. Расчетная АЕА снижается с 40% до 22% только на основании выбранного коэффициента. Это важное соображение для любого исследования, сообщающего данные по абсорбции IgG.

### Putting It Together (Обобщение)

При интерпретации значений АЕА мы должны признать, что это не точные измерения, а оценки, полученные из динамической биологической системы.

Вариабельность объема плазмы возникает из:

- Биологических различий между телятами
- Состояния кормления и гидратации
- Времени отбора проб
- Методологических различий измерения (например, краситель vs. изотоп, с коррекцией vs. без коррекции)
- Предположений, используемых в расчетах

Эти факторы могут существенно изменить расчетную АЕА — даже когда основная биология абсорбции IgG не изменилась.

PV	BW	Serum IgG	IgG Intake	AEA
10.0%	40	15	150	40%
9.5%	40	15	150	38%
9.0%	40	15	150	36%
8.5%	40	15	150	34%
8.0%	40	15	150	32%
7.5%	40	15	150	30%
7.0%	40	15	150	28%
6.5%	40	15	150	26%
6.0%	40	15	150	24%
5.5%	40	15	150	22%

### Practical Take-Home Points (Практические выводы)

- Объем плазмы не является постоянным; это динамическая переменная
- Предполагаемые значения PV (7–9.8% BW) могут значительно влиять на расчетную АЕА
- Методы измерения PV (например, Evans Blue) вводят вариабельность
- Состояние кормления и гидратации перед отбором влияет на PV
- Время отбора крови добавляет еще один уровень вариабельности
- Различия в АЕА между исследованиями могут отражать методологию в той же мере, что и биологию

### Research Recommendations (Рекомендации для исследований)

Выбор коэффициента PV должен учитывать породу и время кормления и отбора проб. Данные Cabral et al. (2015) и Quigley et al. (1998a) показывают, что коэффициент около 9% BW для голштинских телят, отобранных в возрасте 24 часов, является подходящим.

Программы кормления должны строго контролироваться и точно описываться. Дополнительные кормления молозивом или другими жидкостями до отбора крови будут вводить вариабельность в расчеты.

Отбор проб в фиксированный момент времени — предпочтительно в возрасте 24.00 часа для исследований кормления молозивом — поможет снизить ошибку в расчетах PV.

Если используется EBD, рекомендуется 10-минутный корректирующий коэффициент Quigley et al. (1998a) равный 0.906.

### **Summary (Резюме)**

Объем плазмы является критическим — но часто недооцениваемым — компонентом расчетов АЕА. Поскольку PV является динамическим и трудно поддается точному измерению, он вносит присущую вариабельность в оценки абсорбции IgG. Признание ограничений предположений о PV и методов его измерения помогает нам лучше интерпретировать значения АЕА — не как фиксированные истины, а как приближения в рамках сложной и изменяющейся физиологической системы.

Понимание и учет объема плазмы улучшит нашу способность оценивать пассивный перенос и уточнить интерпретацию данных сывороточного IgG у новорожденных телят.

### **References (Список литературы)**

- Cabral, R. G., C. E. Chapman, E. J. Kent, and P. S. Erickson. 2015. Estimating plasma volume in neonatal Holstein calves fed one or two feedings of a lacteal-based colostrum replacer using Evans blue dye and hematocrit values at various time points. *Can. J. Anim. Sci.* 95:293-298.
- Chigerwe, M., D. M. Coons, and J. V. Hage. 2012. Comparison of colostrum feeding by nipple bottle versus oesophageal tubing in Holstein dairy bull calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 241:104–109.
- Dalton, R. G., and E. W. Fisher. 1961. Plasma and blood volume in Ayrshire cattle. *Br. Vet. J.* 117:115-119.
- Drewry, J. J., J. D. Quigley, III., D. R. Geiser, and M. G. Welborn. 1999. Effects of high arterial carbon dioxide tension on efficiency of immunoglobulin G absorption in calves. *Am. J. Vet. Res.* 60:609-614.
- Husband, A. J., M. R. Brandon, and A. K. Lascelles. 1973. The effect of corticosteroid on absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* 51:707.
- Matte, J. J., C. L. Girard, J. R. Seoane, and G. J. Brisson. 1982. Absorption of colostrum immunoglobulin G in the newborn dairy calf. *J. Dairy Sci.* 65:1765—1770.
- McEwan, A. D., E. W. Fisher, and I. E. Selman. 1968. The effect of colostrum on the volume and composition of the plasma of calves. *Res. Vet. Sci.* 9:284-286.
- Möllerberg, L., L. Ekman and S. Jacobsson. 1975. Plasma and blood volume in the calf from birth till 90 days of age. *Acta Vet Scand.* 16:178-185.
- Quigley, J. D. III, J. J. Drewry, and K. R. Martin. 1998a. Estimation of plasma volume in Holstein and Jersey calves. *J. Dairy Sci.* 81:1308-1312.
- Quigley, J. D., III, D. L. Fike, M. N. Egerton, J. J. Drewry, and J. D. Arthington. 1998b. Effects of a colostrum replacement product derived from serum on immunoglobulin G absorption by calves. *J. Dairy Sci.* 81:1936-1939.
- Thornton, J. R., and P. B. English. 1978. Body water of calves: Change in distribution with diarrhoea. *Br. Vet. J.* 134:445-453.

Written by Dr. Jim Quigley (28 April 2026)  
© 2026 Calf Notes Consulting, LLC  
Calf Notes.com (<https://calfnotes.com>)