

# Calf Notes.com

---

## **Calf Note #277 - 血浆容量：AEA中的隐藏变量**

### **Introduction（引言）**

在我们之前的 Calf Note 中，我们探讨了为什么免疫球蛋白 G（IgG）的表观吸收效率（AEA）永远不可能达到 100%，并强调了血管内与血管外空间之间的动态交换。这一讨论强调了一个重要事实：AEA 不是一个固定的生物学常数，而是一个受多种生理和方法学因素影响的计算估计值。

AEA 的另一个关键组成部分是血浆容量（PV），它用于计算被吸收到循环中的 IgG 总量。血浆容量可以通过多种方法测量，或者利用体重（BW）进行估算，因为在许多动物物种中，PV 已被证明与 BW 高度相关。然而，PV 的变异性对于我们理解 AEA 以及——更重要的是——AEA 计算中的变异性至关重要。

### **Plasma Volume: Assumption vs. Reality（血浆容量：假设与现实）**

在大多数被动免疫转移研究中，血浆容量通常被假定为 BW 的一个固定比例，通常在 BW 的 7% 到 10% 之间。这一假设简化了 AEA 的计算，因为 PV 是将血清 IgG 浓度（g/L）转换为循环中 IgG 总质量所必需的。然而，PV 并不是固定的。它是一个生物学变量，会随着水合状态、饲喂、年龄以及出生后的生理适应而变化。将 PV 视为常数会在 AEA 的计算中引入误差——这种误差在某些条件下可能是显著的。

### **Measuring Plasma Volume: Methods and Limitations（血浆容量的测定：方法与局限性）**

研究人员已采用多种技术来估算新生犊牛的血浆容量，包括染料稀释法和同位素方法。

Evans Blue Dye（伊文思蓝染料）。最常用的方法是使用伊文思蓝染料（EBD），该染料与白蛋白结合，并被假定保留在血管内空间。注射后采集血液样本，并根据稀释程度计算 PV。然而，该方法存在局限性，包括平衡时间。通常在采样前设置 10 分钟的平衡期。在此期间，一部分染料可能离开血管空间，或被代谢或重新分布。因此，许多研究人员会加入校正因子，以补偿平衡期间染料的损失（例如 Quigley 等，1998a）。

其他研究人员在向动物注射初始剂量后，多次测量 EBD 浓度，然后绘制回归线，并估算零时刻（即截距）时的浓度，从而校正平衡误差。

还有研究人员使用放射性同位素，如  $^{131}\text{I}$  标记蛋白（例如 Möllerberg 等，1975）来估算 PV。当然，这些方法更难实施，目前已不再常用。

幼龄犊牛中 BW 与 PV（毫升）之间的关系见图 1，该图来自 Quigley 等（1998a）。

在该研究中，我们报告 PV 与出生体重、品种（荷斯坦或泽西）以及采样年龄相关。回归方程为：

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

其中 BW 为犊牛体重 (kg)；breed 为 0 = 泽西, 1 = 荷斯坦；age = 小时龄。回归的  $r^2 = 0.60$ 。

通常情况下, BW 与 PV 的相关性高于 0.80；在本研究中, 我们研究的是出生一天的犊牛, 它们由于摄入初乳以及吸收大量蛋白质、脂肪和乳糖, 正在经历快速且变化较大的 PV 扩张——所有这些因素都可能影响体液动态和整体 PV。我们的数据——未对实验误差进行校正——显示, 荷斯坦犊牛的 PV 为 BW 的 9.9%, 泽西犊牛为 9.71%。在对平衡期间 EBD 损失进行校正后, 数值分别为 BW 的 9.0% 和 8.8%。

### Range of Reported Plasma Volumes (已报道血浆容量范围)

对犊牛初乳文献的综述显示, 假定或测得的 PV 值通常在约 BW 的 7% 到超过 14% 之间。有趣的是, Matte 等 (1982) 在犊牛 6、12、24、36 或 48 小时龄时给予一次初乳饲喂。他们在饲喂后 6 小时测定 PV, 并报告使用 EBD 测得的 PV 从 12 小时龄时的 BW 的 14.5% 下降到 54 小时龄时的 9.2%。McEwan 等 (1968) 报告, 摄入初乳的犊牛 ( $n = 5$ ) PV 从 BW 的 6.6% 增加到 9.3%；而饲喂牛奶而非初乳的犊牛, PV 从 6.3% 增加到 8.7%。牛奶与初乳之间无差异, 但液体摄入量有显著影响。本研究在 72 小时龄测定 PV。该范围看似不大, 但对 AEA 的影响显著。

表 1 显示了一些已发表研究及其报告的 PV 范围。很明显, 已发表估计值存在显著变异——从 BW 的 5.3% 到 14.5%。PV = 血浆容量, 占 BW 的百分比。

### The Impact of Feeding and Hydration on PV (饲喂和水合对 PV 的影响)

血浆容量在新生犊牛中并非静态——它在出生后迅速变化, 尤其是对饲喂的反应。

影响犊牛体液动态及 PV 的因素包括液体饲喂 (初乳、牛奶、代乳品), 这会增加液体摄入。液体吸收会扩张 PV, 并可能在饲喂后数小时内发生。因此, 在 24 小时采样的犊牛, 其 PV 可能不同于同一头犊牛在 32 或 48 小时的 PV。额外饲喂 (例如初乳后饲喂代乳品) 会进一步影响 PV。因此, 在研究试验中饲喂方式的差异会引入额外变异。

这意味着采血时的 PV 是一个动态变化的目标。

### Timing of Blood Sampling: Another Layer of Variation (采血时间: 另一层变异)

血清 IgG 测定时间是另一个关键因素。常见采样时间包括 24 小时、28–32 小时和 48 小时。然而, 这些时间点生理上并不等同。IgG 的持续吸收和再分布可能发生, 同时由于持续饲喂, PV 可能扩张。随着采样时间延后, 已吸收的 IgG 可能进入血管外空间。一部分 IgG 可能被代谢, 并通过肾脏过滤后随尿排出。

如果犊牛在出生至采样期间未被以相同方式管理 (例如初乳后代乳品饲喂的差异), 则测得的血清 IgG 浓度反映的是该时刻的 IgG 总量与 PV, 而 PV 的差异可能掩盖 IgG 吸收的真实差异。

### Implications for AEA Calculations (对 AEA 计算的影响)

AEA 通常计算为:

$$AEA (\%) = [\text{血清 IgG (g/L)} \times \text{血浆容量 (L)}] / \text{IgG 摄入量 (g)} \times 100$$

每个组成部分都存在不确定性：

- 血清 IgG → 受采样时间和分析方法影响
- IgG 摄入量 → 通常为估算值，而非直接测量
- 血浆容量 → 假定或测量不精确

在这些因素中，PV 通常被视为最“确定”的——而实际上它可能是误差来源最大的因素之一。选择不同的 PV 系数（例如 BW 的 7% 与 10%）会影响最终结果。

表 2 显示，对于一头 40 kg 的犊牛，摄入 150 g IgG，血清 IgG 浓度为 15 g/L，当 PV 从 BW 的 10% 改为 5.5% 时，计算得到的 AEA 从 40% 降至 22%。这对于任何报告 IgG 吸收数据的研究都是重要的考虑因素。

### **Putting It Together（综合分析）**

在解释 AEA 数值时，我们必须认识到它们不是精确测量值，而是来源于动态生物系统的估计值。

血浆容量的变异来源于：

- 犊牛之间的生物学差异
- 饲喂和水合状态
- 采样时间
- 测量方法差异（例如染料 vs. 同位素，是否校正）
- 计算中使用的假设

这些因素即使在 IgG 吸收的基础生物学未改变的情况下，也会显著改变计算得到的 AEA。

### **Practical Take-Home Points（实际要点）**

- 血浆容量不是常数；它是动态变量
- 假定的 PV 值（BW 的 7–9.8%）会显著影响计算得到的 AEA
- 测量 PV 的方法（例如伊文思蓝）会引入变异
- 采样前的饲喂和水合状态会影响 PV
- 采血时间增加另一层变异
- 不同研究之间的 AEA 差异可能既反映方法学差异，也反映生物学差异

### **Research Recommendations（研究建议）**

PV 系数的选择应考虑品种以及饲喂和采样时间。Cabral 等（2015）和 Quigley 等（1998a）的数据表明，对于在 24 小时采样的荷斯坦犊牛，使用约 BW 的 9% 作为系数是合适的。

饲喂方案应严格控制并准确报告。在采血前额外饲喂初乳或其他液体会引入计算变异。

在固定时间点采样——优选在 24.00 小时——有助于减少 PV 计算误差。

如果使用 EBD，建议采用 Quigley 等（1998a）提出的 10 分钟校正系数 0.906。

### **Summary（总结）**

血浆容量是 AEA 计算中的一个关键——但常被低估——的组成部分。由于 PV 是动态的且难以精确测量，它为 IgG 吸收估计引入了固有变异。认识到 PV 假设和测量技术的局限性，有助于我们更好地解释 AEA 数值——将其视为复杂且不断变化的生理系统中的近似值，而非固定真值。

理解并考虑血浆容量将提高我们评估被动免疫转移的能力，并优化我们对新生犊牛血清 IgG 数据的解释。

## References (参考文献)

- 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 oroesophageal 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>)