

动物营养学

内蒙古农业大学

第一篇 动物营养原理

Nutritional Principle of Animal



第九章 矿物质营养

Minerals Nutrition

本章主要目的:

理解和掌握维生素的营养代谢特点，各种维生素的主要缺乏症，了解每一种维生素的主要生理功能。

本章重点:

维生素的营养代谢特点，每种维生素的缺乏症。





内 容



第一节 概述

第二节 脂溶性维生素

第三节 水溶性维生素



第一节 概述



◆ 一. 维生素概念

◆ 四. 维生素缺乏症

◆ 二. 维生素分类

◆ 五. 维生素的来源

◆ 三. 脂溶性和水溶性
维生素比较

◆ 六. 动物日粮中通常
需要添加维生素





一、维生素的概念



1. 概念

一类动物代谢所必需而需要量极少的低分子有机化合物，体内一般不能合成，而必须由饲料提供，或者提供其先体物。





一、维生素的概念

2. 特点:

- 不参与机体构成
- 不是能源物质
- 需要量少
- 主要以辅酶形式广泛参与体内代谢
- 缺乏时产生缺乏症——危害很大
- 过量——中毒症





二、 维生素的分类



分类

脂溶性维生素: A、D、E、K

水溶性维生素 (维生素C和B族): C、B₁、
B₂、B₆、泛酸、烟酸、胆碱、B₁₂、叶酸、
生物素





二、 维生素的分类



脂溶性维生素

代 号	名 称
VA1	视黄醇，抗干眼维生素
VA2	脱氧视黄醇
VD2	麦角钙化醇
VD3	胆钙化醇
VE	α, β, γ -生育酚，抗不育维生素
VK1	叶绿醌，植物甲基萘醌
VK2	合欢醌
VK3	凝血维生素，抗出血维生素

主要水溶性维生素

代号	名称
VB1	硫胺素,抗脚气病维生素
VB2	核黄素,促生长维生素
VB3	泛酸,遍多酸
VB4	胆碱
VB5	烟酸,维生素 PP,尼克酸
VB6	吡多醇
VB7	生物素,维生素 H
VB11	叶酸,维生素 Bc,维生素 M
VB12	钴胺素,APF 因子
VC	抗坏血酸,抗坏血病维生素



三、脂溶性和水溶性维生素的比较

1. 吸收:

脂溶性Vit——脂肪

水溶性Vit——被动扩散

B₁₂——内在因子（糖蛋白）

2. 体内储存的数量和能力:

脂溶性Vit——肝脏和脂肪组织中，
储量多，尤其是VA;

水溶性Vit——几乎不在体内储存，
每天随大量水排出;



三、脂溶性维生素和水溶性维生素的比较



3. 排泄路径

脂溶性Vit—— 经胆汁从粪便中排出
水溶性Vit—— 尿中排泄

某些来自于微生物合成的B族维生素也经粪便排出。





三、脂溶性维生素和水溶性维生素的比较



4. 过量的脂溶性Vit（超过推荐量的500倍）会产生严重的中毒症状；水溶性Vit却不会（随尿排出大量的水溶性Vit）。

5. 饲料中含量不足时，脂溶性和水溶性维生素均会产生缺乏症状。





五、维生素缺乏症

概念

日粮中某些Vit若长期缺乏，会引起动物机体代谢过程紊乱，呈现有特有的临床病症，称之为维生素缺乏症。





五、维生素的来源

1. 饲料 —— 维生素或其前体物
2. 消化道微生物合成：瘤胃、大肠
3. 体内转化——种类有限





六、动物日粮中通常需添加的维生素

1. 反刍动物:

维生素A或胡萝卜素

维生素E

维生素D

2. 家禽:

玉米-豆饼型日粮: A、
D、E、K、B₁、B₂、
B₃、B₄、B₅、B₆、
B₁₂等, 而生物素和
叶酸一般可满足。





六、动物日粮中通常需添加的维生素

3. 猪:

玉米-豆饼型日粮:

维生素 A, D, B₂, B₅, B₄,
E, K

4. 马:

维生素 A, E.





第二节 脂溶性维生素

◆ 一. VA和胡萝卜素

◆ 二. VD

◆ 三. VE

◆ 四. VK





一、维生素A和胡萝卜素



(一) 转化:

- ❖ VA也称抗干眼病Vit或促生长Vit。
- ❖ 胡萝卜素也称VA原，主要是 β -胡萝卜素。进入畜体后，大部分在小肠、小部分在肝脏经胡萝卜素酶的作用下转化为VA。不同的动物转化 β -胡萝卜素为VA的能力不同。
- ❖ VA只存在于动物体中，植物中不含VA，而含有VA原。





不同动物将 β -胡萝卜素转化为维生素A的效价



动物	每1mg β -胡萝卜素转化为维生素A的IU	相当于维生素A的IU (从胡萝卜素估计) (%)
标准	1=1667	100
肉牛	1=400	24
奶牛	1=400	24
绵羊	1=400-450	24-30
猪	1=500	30
生长马	1=555	33.3
繁殖马	1=333	20
家禽	1=1667	100
狗	1=833	50
鼠	1=1667	100
狐狸	1=278	16.7
猫	不能利用胡萝卜素	—
水貂	不能利用胡萝卜素	—
人	1=556	33.3



一、维生素A和胡萝卜素



(二) VA来源

- ❁ 饲料中的胡萝卜素是畜禽VA的主要来源。
- ❁ VA和胡萝卜素，易氧化破化，尤其是在湿热和与微量元素及酸败脂肪接触条件下，易氧化失效。
- ❁ 无O₂黑暗处稳定，0℃以下的暗容器内可无限期保存。





一、维生素A和胡萝卜素

(三) VA对畜禽的营养作用

- ✿ ①保护粘膜上皮组织的健康，促进上皮细胞正常生长，保护呼吸道、消化道生殖系统粘膜的健康。
- ✿ ②防止夜盲症。
- ✿ ③维持神经系统的健康。
- ✿ ④维持正常的繁殖机能，促进生长等。





一、维生素A和胡萝卜素



(四) 缺乏症

(1)、维持正常视觉

11-顺视黄醛 + 视蛋白



视紫红质

缺乏症：对弱光的敏感度降低——夜盲症

(2)、维持上皮组织的正常——粘多糖





一、维生素A和胡萝卜素



缺乏症:

A. 一般症状 上皮组织细胞生长和分化受损
出现角质化

B. 特异症——部位不同而异

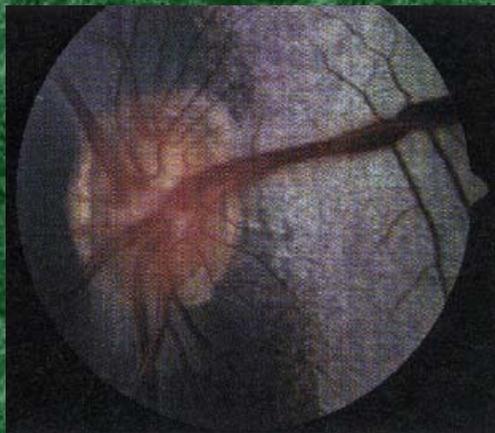
a. 眼部

角膜脱落、增厚、角质化；流泪、角膜软化、溃疡、脓性分泌物，以后角膜由透明变成不透明；泪腺分泌停止，产生干眼病，严重时失明。

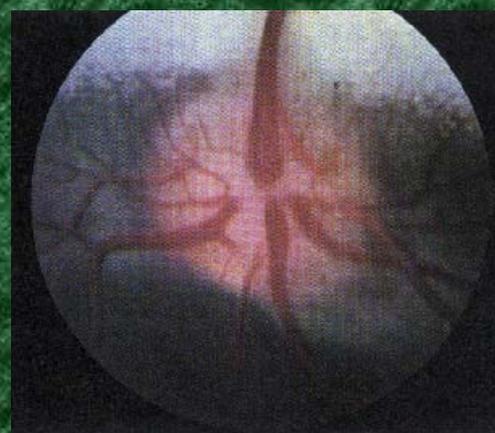




干眼病—眼睑
被白色乳酪状
渗出物封住



健康犊牛眼
底视神经



视乳头盆视神
经乳头水肿



犊牛眼瞎

b. 呼吸道和消化道

生长动物下痢、肺炎



粘膜角质化—
对微生物抵抗力减弱



口腔及食管黏膜过度角化



一、维生素A和胡萝卜素



c. 尿道 产生结石，排尿障碍。

d. 生殖道 母畜子宫黏膜病变，常导致流产、胎儿畸形、死胎及产后胎盘滞留。



仔猪畸形



一、维生素A和胡萝卜素



(3)、繁殖

维生素A缺乏，鸡和其它动物可发生胎儿吸收、畸形、死胎、产蛋率下降、睾丸退化等症状。

目前研究发现，维生素A酸（视黄酸）在胚胎发育中起着重要的作用。



(4)、骨的生长发育

维生素A缺乏

成骨C、破骨C的活动受到影响

骨变形

影响肌肉和神经

压迫神经，视神经萎缩

水牛的夜盲症

听神经受损

狗耳聋

牛、羊、猪运动不协调、步态蹒跚



一、维生素A和胡萝卜素



(5)、免疫力

- ★免疫器官和细胞的生长与分化、粘膜免疫、体液免疫、细胞免疫受损,如胸腺(鸡为法氏囊)萎缩,鸡法氏囊过早消失;
- ★动物的抗原抗体的应答下降,粘膜免疫系统机能减弱,病原体易于入侵等。



一、维生素A和胡萝卜素

(6)、促进激素如肾上腺皮质酮、性激素分泌

目前认为，维生素A酸有与类固醇激素相似的作用。



5周龄小鸡
VA缺乏---发育
受阻、虚弱。



一、维生素A和胡萝卜素



(五) 过量症

- ✿ 骨骼变形、器官退化、生长缓慢、皮肤受损等。
- ✿ 中毒剂量是需要量的4-10倍以上，反刍动物则30倍的需要量。





一、维生素A和胡萝卜素



(六) VA营养水平的鉴定方法

★VA的营养状况可根据肝脏中VA含量判断；直接测肝脏中VA浓度较难，可用如下公式推算：

$$Y = 513 + 0.808(X - 646)$$

式中：Y--肝脏VA含量 (IU/g)；

X--血清VA含量 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)





一、维生素A和胡萝卜素



(六) VA营养水平的鉴定方法

★动物VA营养判断标准(肝脏含量):

奶牛 > 500 IU

新生仔猪 > 50 IU

2月龄仔猪 > 60IU

生长肥育猪 > 100 IU





一、维生素A和胡萝卜素

(七) VA来源

- ★ VA主要存在于鱼肝油、全奶、蛋黄等动物性饲料中，
- ★ 胡萝卜素主要存在于多汁幼嫩的青绿饲料，胡萝卜、黄玉米、优质干草、青贮料等植物性饲料中。





二、维生素D

1、 V_D 特点

(1) V_D 稳定性比 V_A 强，不易被酸、碱、氧化剂破坏。冷、暗环境下稳定，紫外线过度照射、酸败的脂肪以及矿物质元素可迅速使之氧化失效。





二、维生素D

1、 V_D 特点

(2) V_D 有许多种，其中以 VD_2 、 VD_3 对畜禽有营养意义。

动植物体内只存在 V_D 原，经日光紫外线照射后转变成 VD 。

动物体：7—脱氢胆固醇经紫外线照射后转变成 V_{D_3}
(胆钙化醇)

植物体：麦角固醇经紫外线照射后转变成 V_{D_2} (麦角钙化醇)





二、维生素D



(3) 活性

$$1\text{IU VD} = 0.025\mu\text{g VD}_3$$

猪：维生素D₃的效价可能高于维生素D₂。

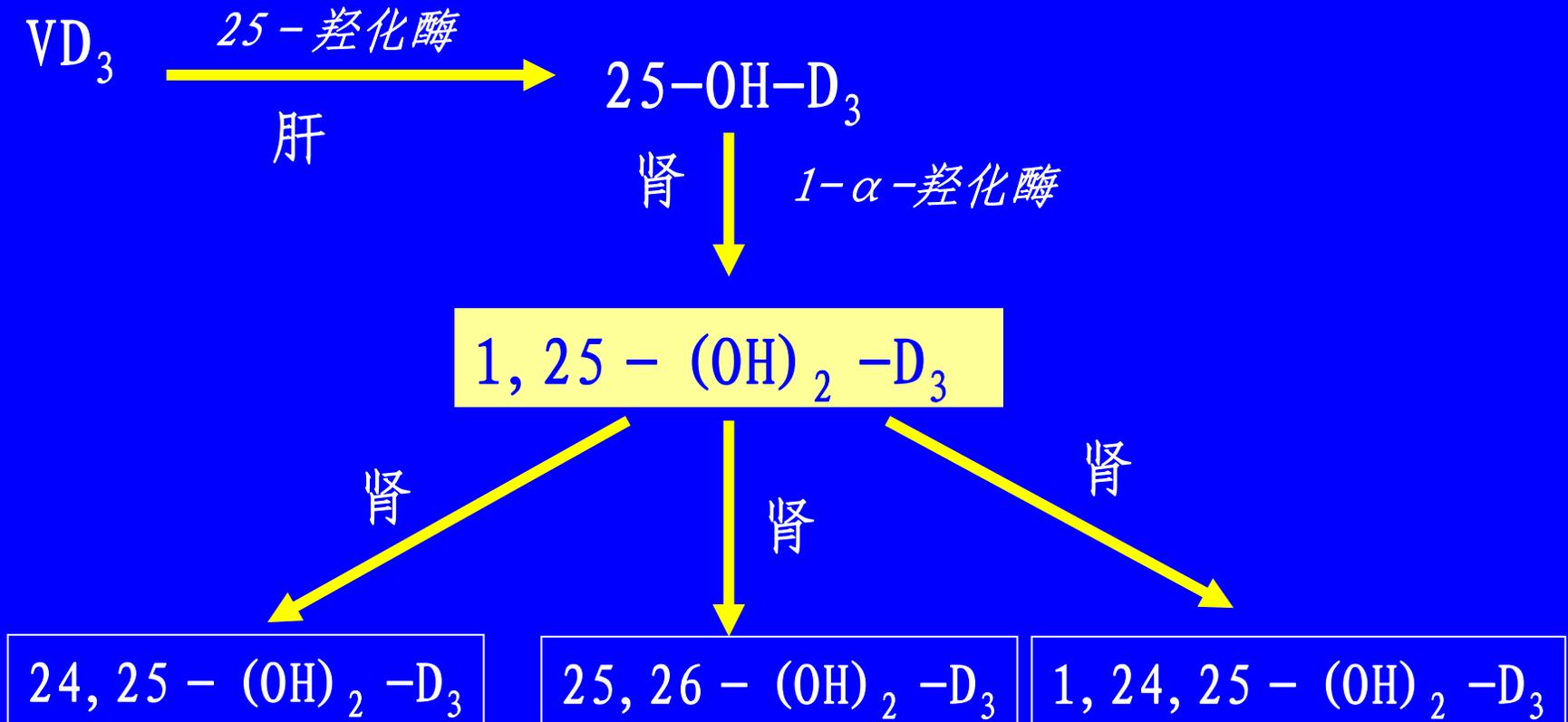
奶牛：维生素D₂的效价可能只有维生素D₃的1/2-1/4，用维生素D₂满足鱼对维生素D的需要至少3倍于维生素D₃。

家禽：维生素D₃的效价比维生素D₂约高30倍。



二、维生素D

(4) VD的活性形式





二、维生素D



2、功能与缺乏症

(1) 功能

A 促进肠道钙、磷的吸收，提高血液钙、磷水平，促进骨的钙化；

B 与肠粘膜细胞的分化有关；

VD缺乏的大鼠和雏鸡的肠粘膜微绒毛长度仅为采食正常饲料的70-80%。

C 促进肠道中Be、Co、Fe、Mg、Sr、Zn及其它元素的吸收。



(2)、缺乏症

A、佝偻病—生长动物



VD缺乏的羊——
腿向两侧弯曲
(X腿)



小鸡佝偻病，喙软化



猪——佝偻病

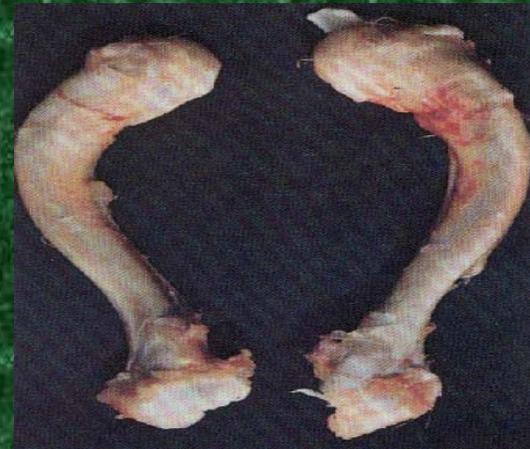
二、维生素D

B、 骨软症、骨质疏松症——成年动物

C、 产蛋禽——产蛋量和孵化率，使蛋壳薄而脆



肢腿变形



青年蛋鸡股骨严重弯曲



二、维生素D



D、 缺乏症产生的原因

- ① 畜禽冬季密闭饲养;
- ② 大量长期饲喂劣质干草或秸秆时;
- ③ 高产畜禽和生长时期的幼畜;
- ④ 缺乏脂肪或脂肪吸收障碍时容易发生 V_D 缺乏症。





二、维生素D



(3)、VD的过量

特征: 血液钙过多，动脉中钙盐及组织和器官广泛沉积，骨损伤

剂量: 连续饲喂超过需要量4-10倍以上的VD₃可出现中毒症状。

猪: 每天摄入超过25万IU，持续30天

鸡: 每kg饲粮超过400万IU

婴儿: 每天摄入3000-4000IU





二、维生素D



4、来源

① 畜禽日光照射是VD的主要来源，也是最经济的来源。

② 优质干草中，含有丰富的 V_D 。

除供给含 V_D 丰富的饲料外，对密闭饲养，应在畜舍内装置紫外线灯进行适当的人工照射，来补充 V_D 。





三、维生素E



V_E 又称生育酚, 自然界存在 α 、 β 、 γ 、 δ 、 ζ_1 、 ζ_2 、 η 和 ε 八种具有VE活性的生育酚. 以d- α -生育酚活性最高. 通常所说的VE是指 α -生育酚。





三、维生素E



1、功能与缺乏症

(1)、功能

- A. 生物抗氧化作用：与Se协同，维持细胞膜正常脂质结构；防止过氧化产物形成；保护细胞膜——抗氧化的第一道防线
- B. 免疫：影响前列腺素、类廿烷的合成等
- C. 其他功能：组织呼吸、性激素合成等





三、维生素E



(2)、缺乏症

A. 原发性: 饲料中缺少VE引起

B. 继发性: 其他因素引起VE失活而导致





三、维生素E

A. 肌肉损伤---犊牛、羔羊、猪、兔、禽

表现： 肌肉营养不良---白肌病

骨骼肌变性，后躯运动障碍；严重时，
不能站立；

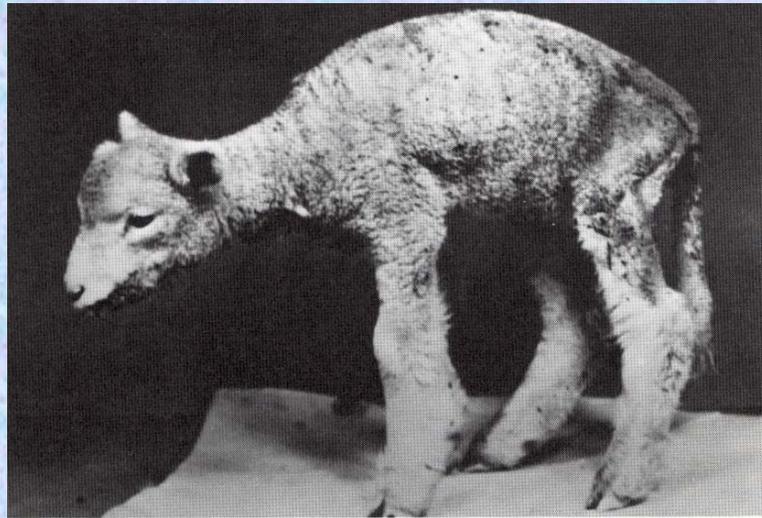




幼鸭VE缺乏症：典型的“海豹”姿势---肌肉营养不良



幼鸭VE缺乏症---肌肉瘦弱，发育受阻



羔羊VE缺乏---肌肉营养不良

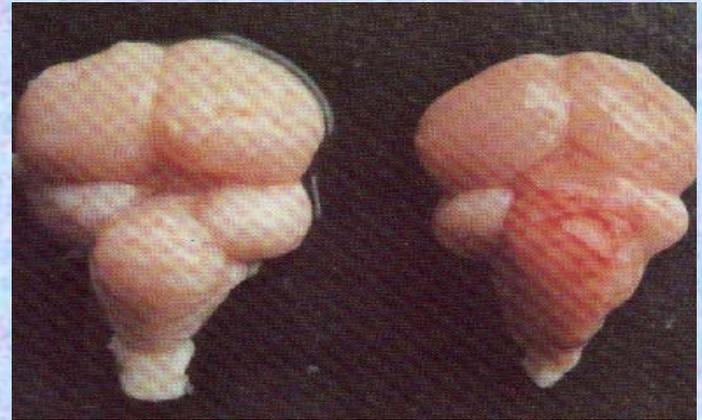
三、维生素E

B. 血管和神经系统病变

雏鸡： 渗出性素质病、脑软化



小脑软化（狂鸡病）



小脑出血（左为健康对照）

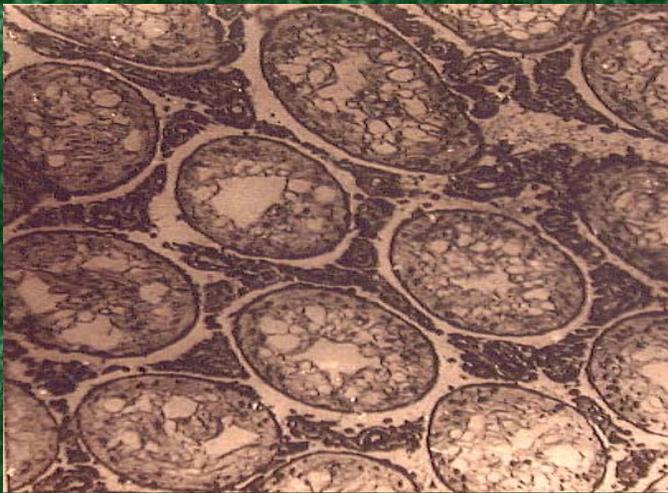
三、维生素E

C. 肝坏死：禽

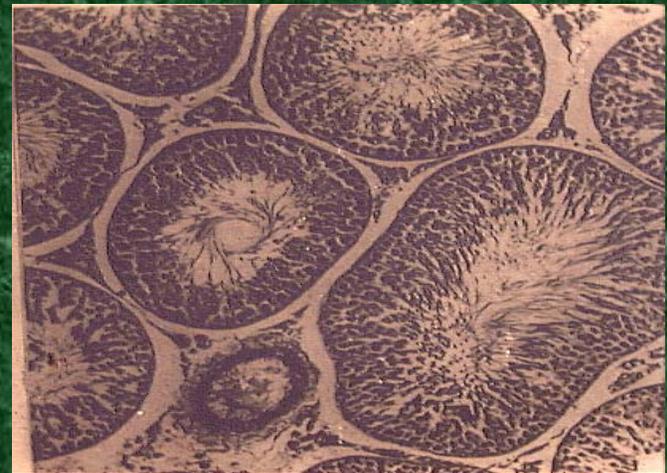


三、维生素E

D. 繁殖障碍——睾丸退化、胚胎退化和死亡

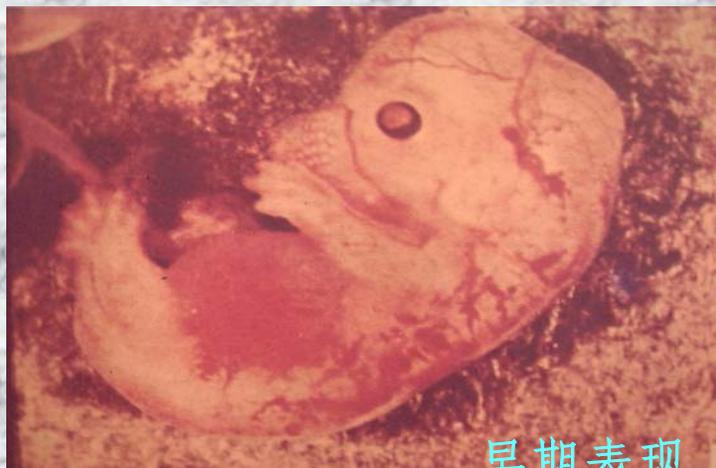


患病大鼠睾丸退化情况



正常老鼠的睾丸切片

VE缺乏引起
胚胎畸形，
软组织出血



早期表现



后期表现



死胎

三、维生素E

E. 免疫及其他——免疫力下降、体脂变黄等



水貂VE缺乏症“黄脂病”



三、维生素E



2、需要特点

- (1) 分布广泛，一般不需额外补充。
- (2) 需要量随饲料不饱和脂肪酸、氧化剂、维生素A、类胡萝卜素和微量元素的增加而增加，随脂溶性抗氧化剂、含硫氨基酸和硒水平的提高而减少。
- (3) 为了提高肉质和延长贮藏时间，推荐的维生素E的需要量已有所提高。

猪、禽：由5 - 10mg/Kg 10 - 20mg/Kg

鱼类：50 - 100mg/Kg。





三、维生素E



3、来源

- (1) 含量较高的饲料：青饲料和优质干草
谷类（胚芽）
- (2) 植物油：小麦胚油、豆油、花生油和棉籽油，但油饼中 V_E 很少。
- (3) 动物性饲料中含量很少，尤其是蛋白饲料中 V_E 贫乏。





四 维生素K



1、 V_K 特性

- V_K 是萘醌的衍生物，在自然界中主要有两种： V_{K1} 和 V_{K2} 。
- V_{K1} —植物中形成称为叶绿醌。
- V_{K2} —可在消化道由微生物合成。
- V_K 易被光和碱破坏，应避光保存。





四 维生素K



2、功能与缺乏症

(1) 功能

催化肝脏中凝血酶原及凝血活素的合成。通过凝血活素，凝血酶原转变为凝血酶，凝血酶使可溶性血纤维Pr原转变为不溶性血纤维Pr，使血液凝固。





四 维生素K



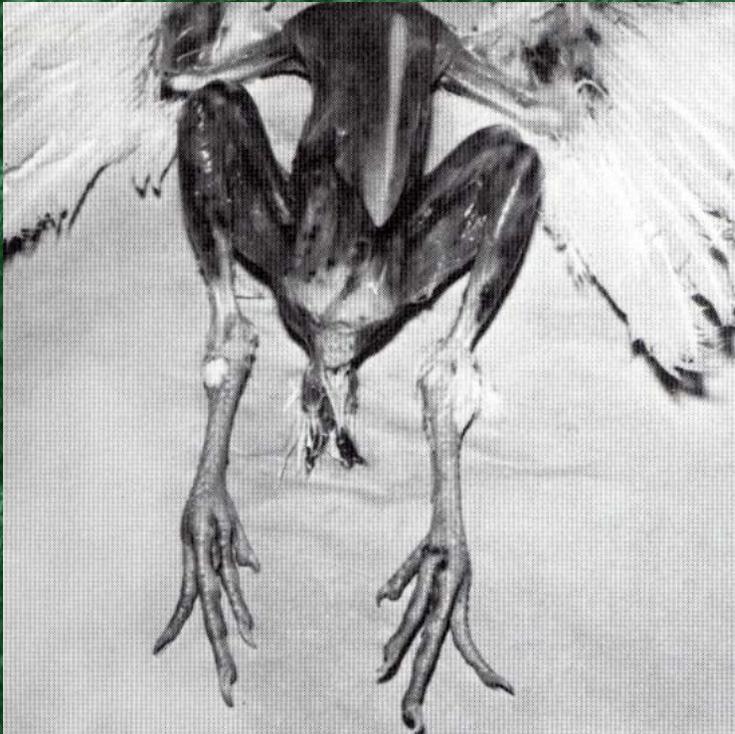
(2) 缺乏症

- 限制凝血酶原的合成，使凝血作用延长，严重时出血不止、死亡。
- 常见于家禽，因家禽合成 V_K 的量少且吸收差，特别在集约饲养的情况下，不能利用粪便中的 V_K 做补充，雏鸡尤为严重。



四 维生素K

(2) 缺乏症



皮下组织出血



鸡的贫血



3、注意事项

(1) 除家禽外，一般不需补充维生素K。

畜、禽：每千克饲料0.5-1mg

鱼类：VK需要还未确定

(2) 饲料中维生素K的拮抗物

放牧反刍动物——VK拮抗物（双香豆素）

(3) 抗菌素及磺胺类药的使用





四 维生素K



4、来源

- 青绿饲料、苜蓿草粉: VK含量丰富
- 动物性饲料: 富含 V_{K2}
- 家畜粪便: 富含 V_K
- 籽实, 饼粕及块根块茎类饲料含量较少





第三节 水溶性维生素

再见