

Konu 48. VİTAMİNLER
Konu 49. MİNERALLER
Süresi: 2 Saat
Zamanı: 2. Hafta

Konu 48. VİTAMİNLER
Süresi: 45 dk
Prof. Dr. Sezai KAYA

- Vitamin(ler) normal metabolik olayların sürdürülmesi için gereklidir. Protein, şeker ve yağların metabolizmasına giren birçok enzimin yardımcı-faktörü (ko-faktör) olarak iş görürler.
- Noksanlıklarında, hayvanlarda birçok hastalık veya ölüm, gelişme geriliği, verim düşüklüğü, üremenin zayıflaması gibi durumlara sebep olurlar.
- Genellikle vücutta sentezlenmezler (vitamin D3 ve C hariç); dışarıdan alınırlar.
- Bazıları hayvanların sindirim kanalında bulunan bakteriler tarafından sentezlenirler.

Sınıflandırma

Vitaminler çözünme özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

- **Yağda çözünenler:** Vitamin A, D, E ve K.
- **Suda çözünenler:** Vitamin C, B vitaminleri (tiamin, riboflavin, nikotinik asit, pridoksin, pantotenik asit, biotin, folik asit, karnitin, kobalaminler, kolin, inositol, pangamik asit, PABA gibi).

48.1. Yağda Çözünen Vitaminler

Vitamin A

Kaynakları

- Taze ve iyi kurutulmuş ot ve baklagiller, yumurta sarısı, tereyağı, karaciğer ve balık yağları zengin vitamin A kaynağıdır.
- Evcil hayvanlar vitamin A ihtiyacını karotenlerden (vitamin A ön-maddeleri) sağlar.

Dayanıklılığı

- Vitamin A ve karotenler hava, ışık ve yükseltgen maddelerle hızla parçalanır.
- Kalsiyum ve fosforlu mineral karışımları ile diğer iz elementleri ihtiva eden yem ilavelerinde vitamin A'nın parçalanması hızlanır.

Özellikleri

- Vitamin A, retinolun biyolojik etkisine sahip bileşikler için kullanılan genel terimdir.
- Saf halde vitamin A; tatlı su balıklarının karaciğerinden elde edilen soluk sarı renkte, yağda çözünen sıvıdır.
- Vitamin A çeşitli şekillerde (vitamin A1, A2 gibi) bulunur.
- Vitamin A'nın sentezi yapılmıştır; tıbbi ürünlerin çoğu sentetik vitamin A ihtiva eder.

Birimi ve etkinliği

- Vitamin A'nın etkinliği Ü veya ağırlık (mg veya µg) esasına göre değerlendirilir; buna göre miktarı retinol eşdeğeri veya β-karoten eşdeğeri ile ifade edilir.
- 1 Ü vitamin A (retinol) eşdeğeri aşağıdaki gibidir.
 - 0.3 µg kristal retinol (vitamin A eşdeğeri)

- 0.6 µg β-karotenin biyolojik etkinliği
- 1 µg retinol eşdeğeri 3.33 Ü
- 1 β-karoten eşdeğeri 0.5 µg retinol eşdeğerine ve 1.677 Ü eşittir.

Vitamin A ihtiyacı ve karotenin vitamin A'ya çevrilmesi

- Hayvanlar arasında vitamin A ihtiyacı ve karotenlerin vitamin A'ya çevrilmeleri bakımından önemli fark vardır.
- Çoğu hayvan yeminde bulunması gereken vitamin A miktarı 1500-4000 Ü/kg'dır.
- At, sığır, koyun, keçi, köpek, kedi gibi bazı hayvanlarda günlük vitamin A ihtiyacı 60-66 Ü/kg ca olarak kabul edilir.
- Karotenler; hayvanların sindirim kanalında %10-100 arasında vitamin A'ya çevrilir; çevrilme, kanatlılarda %100, atlarda %10 dolayındadır.

Farmakokinetik

- Vitamin A ve karotenlerin sindirim kanalından emilmesi hayvan türüne, vitamin kaynağına veya vitamin ön-maddesine göre önemli ölçüde değişir.
- Sindirim kanalından yağların emilmesinde bozukluk, vitamin A'nın emilmesini de azaltır.
- Dolaşımında alkol şeklinde bulunur; emilirken ve/veya dokulardan dolaşıma geçmeden önce esterleri hidrolize uğrar.
 - Plazmadaki toplam vitaminin %5 kadarı **retinil esteri** halindedir; lipoproteinlerle birlikte taşınır.
- Verilmesini takiben yaklaşık 4 saatte plazmada doruk yoğunluğa ulaşır; bu değer karaciğerde depolandıkça azalır.
 - Memelilerin vücudundaki toplam vitamin A'nın yaklaşık %95'i karaciğerde retinil esterleri halinde depolanır.
- Karaciğerin vitamin A'yı depolama yeteneği 150-300 µg/g (2 mg retinol/kg ca)'dır.
- Karaciğer vitamin A'yı hızlı depolarken, depolanmış olanı yavaş salıverir (depolanma yarı ömrü 50 gün dolayında).
- Hayvanları birkaç ay süreyle korumaya yetebilecek ölçüde vitamini tek sağaltım dozunda (1.2 milyon ünite/sığır) vermek mümkündür.
- Gebelik; plazma vitamin A düzeyini önemli ölçüde etkiler.
 - Gebeliğin ilk 1/3'ünde plazma vitamin A düzeyi önce azalır, sonra artar, doğumda da dik bir düşme görülür.
- Kolostrum yavru için önemli bir vitamin A kaynağıdır.

Plazma ve doku yoğunlukları

- Vitamin A plazmada normal olarak 0.2-1 µg/ml arasında bulunur.
 - Plazmadaki miktarı 0.1-0.2 µg/ml'ye veya karaciğerdeki miktarı 5-20 µg/g'a düştüğünde noksanlık belirtileri görülür.
- Normalde;
 - Karaciğerde 150-300 µg/g, akciğer, böbrek, adrenal bezlerde 1 µg/g vitamin A bulunur.

Etkileri

Vitamin A

- Görme, büyüme, epitel dokunun farklılaşması ve bütünlüğünü koruması, kemiklerin gelişmesi, üreme ve embriyonun gelişmesi için önemli görevler yapar. Biyolojik zarların dayanıklılığını artırır.
 - Mannoza ve galaktoza içeren glikoprotein ve glikolipidlerin sentezinde görevi vardır.

- Mukopolisakkaridlerin sentezi, sülfatın etkinleşmesi, hidroksisteroidlerin dehidrojenasyonu, kolesterolün sentezi, ilaçların karaciğerde ME'le hidroksillenmesi ve demetillenmesinde yardımcı-faktör olarak iş görür.
- Güçlü bir anaboliktir.
- Kanseri önleyici etkisi de vardır.
- Vitamin A'nın vücuttaki fizyolojik görevlerinde en önemlileri ve ilk dikkat çekenleri görme, gelişme, üreme ve epitel dokunun bütünlüğünün korunmasıyla ilgili olanlardır.
 - Görme olayı dışında, diğer etkilerine nasıl yol açtığı tam bilinmemektedir.

Noksanlığı

- Normal gelişme ve büyüme bozulur.
- Dokularda vitamin A deposu uzun süreli noksanlığı karşılayabilecek ölçüde yüksektir.
- Karaciğer depolarının tükenmesini takiben kandaki vitamin A düzeyleri 0.05-0.2 µg/ml'ye düşer.

Kullanılması

- Vitamin A hayvanlarda hem sağaltıcı hem de koruyucu olarak kullanılır.
- Vitamin A temel besin unsurlarından birisi olduğundan, koruyucu yönden yemlerin bu vitaminle desteklenmesi gerekir.
- Hayvanlarda sağaltıcı olarak kullanılacak vitamin A miktarları hakkında yeterli bilgi yoktur.
 - Bir genelleme yapılarak, günlük ihtiyacın (60-66 Ü/kg ca olarak kabul edilir) 10-20 katı dozlarda ilk uygulamanın yapılması, sonra daha küçük miktarlarda verilmesi tavsiye edilir.
 - İyi kalitede ot ve yem verilmesini takiben, 7-10 gün süreyle, günlük alım miktarının 3-4 katının her gün verilmesiyle, noksanlık giderilmeye çalışılır.
- Kİ büyükçe bir dozu hayvanın birkaç aylık ihtiyacını karşılayabilmektedir; sığırlarda sağaltım dozu 1.2 milyon Ü (veya 600 mg)/hayvan retinol eşdeğeri ölçüsünde büyük olabilir.
- Vitamin A noksanlığının olabileceği durumlarda (gebelik, sağım, ateşli hastalıklar gibi) hayvanlara ya iyi kaliteli ot ve baklagil bitkileri verilerek veya yemlere sürekli vitamin A katılarak ya da yükleme dozunda Kİ enjeksiyonlarla koruyucu uygulama yapılır.
- Özellikle genç ve kasaplık hayvanların yemlerine vitamin A veya karotenli ön-karışımlar katılmalıdır; besi hayvan yemlerine günde 20.000 Ü vitamin A katılması canlı ağırlık kazancını %16-18, yemden yararlanmayı %8-11 artırabilir.
- Gebe, sağılan, genç ve besi hayvanlarının ihtiyacı fazladır; koruyucu vitamin A desteği yapılmalıdır.

Vitamin D

Kaynakları

- Raşitizmaya etkili, birbirine son derece yakın bir dizi steroid bileşiğin genel ismidir.
- Hem bitkilerde hem de hayvanlarda vitamin D ön-maddesi (sırası ile ergokalsiferol, kolekalsiferol) halinde bulunurlar.
- Vitamin D tabiatla yaygın şekilde bulunmaz.
- Bitki kaynaklı vitaminin (vitamin D2 ve ergokalsiferol) etkisi kanatlılarda zayıftır (D3'ün %6-6.5'i kadar); buna karşılık memelilerde etkilidir.
- Hayvan kaynaklı vitamin D (vitamin D3 veya kolekalsiferol) deride kolesterolden şekillenen 7-dehidrokolesterolün UV ışığa maruz kalması ile oluşur.
 - Çevrilme birçok durumdan (derinin inceliği/kalınlığı, kıl örtüsü, ışık gibi) etkilenir.

- Kanatlılar veya süt hayvanları vitamin D bakımından yeterli yem yiyorlarsa, yumurta sarısı ve tereyağı vitamin D yönünden oldukça zengindir.
- Balık yağları zengin vitamin D kaynağıdır.
- Baklagil otları doğal veya yapay UV ışıkta uygun şekilde kurutulduklarında önemli miktarda vitamin ihtiva ederler.
- Hayvansal veya bitkisel sterollerin güneş ışığına tutulması ile doğal vitamin D hazırlanır.
- Bugün genellikle sentetik olarak hazırlanan vitamin D₃'den yararlanılmaktadır.

Özellikleri

- Birçok bitki ve hayvan kaynaklı sterolün UV ışığına tutulması vitamin D etkinliği gösteren maddelerin şekillenmesine yol açar.
- Hayvansal dokulardaki vitamin D ön-maddesi olan 7-dehidrokolesterol deride sentezlenir; derinin UV ışığa maruz kalması ile bu madde vitamin D₃'e çevrilir.
- Vitamin D etkinliğine sahip ve yarı-sentetik olarak hazırlanan birçok madde daha vardır; bunlar: dihidrotaşisterol (DHT), kalsifediol (25-hidroksivitamin D₃, 25-OHD₃), 1 α -hidroksikolekalsiferol (α -Kalsidiol, 1 α -OHD₃)

Birimi ve etkinliği

- Vitamin D; Ü veya ağırlık esasına göre değerlendirilir.
- 1 Ü'si 0.025 µg vitamin D₃'ün biyolojik etkinliğine denktir; 1 µg vitamin 40 Ü'dir.

Günlük ihtiyaç

- Hayvanların çoğu yemleriyle günlük ihtiyaçlarına yetebilecek kadar vitamin D alırlar.
- Dolayısıyla, durum büyük ölçüde güneş ışığına maruz kalıp kalmamaya bağlıdır.
- Hayvanların yemlerinde 200-1200 Ü/kg miktarlarda vitamin D bulunması önerilir.
- Kanatlılarda, vitamin D₂'nin etkisi zayıftır; sağaltıcı ve koruyucu olarak vitamin D₃ kullanılmalıdır.

Farmakokinetik

- Vitamin D genellikle ağızdan verilir ve sindirim kanalından iyi emilir.
- Emilme için safra asitlerine gerek vardır.
- İnce bağırsakların üst kısımları alt kısımlarına göre daha fazla miktarda vitamin D ihtiva eder. Bu durum; kalsiyum emilmesi ile vitamin D'nin etki noktaları arasında uyum olduğunu gösterir.
- Plazma yarı ömrü 20-25 saat arasındadır.
- Vücutta, başta yağ dokuda olmak üzere, dokularda uzun süre (6 ay) depolanır.
- Vitamin D önce karaciğerde, sonra böbrekte birbirini izleyen iki hidroksillenme tepkisi ile etkinleşir; daha sonra hedef doku ve organlarda etkisini oluşturur.
 - Karaciğerde 25-hidroksikolekalsiferole (25-OHD₃) çevrilir. 25-OHD₃, karaciğerden kan dolaşımına girer; vitamin D bağlayıcı proteine bağlanır. 25-OHD₃'ün plazma yarı ömrü oldukça uzundur (20-30 gün).
 - Proteine-bağlı olarak böbreklere taşınan 25-OHD₃, PTH kontrolünde özel bir tübül hidroksilazı ile (1- α -hidroksilaz, 25-OH-D-1 α -hidroksilaz) C1'de hidroksillenecek 1,25-dihidroksikolekalsiferole [1,25-(OH)₂D₃] çevrilir. Etkin vitamin D'nin plazma yarı ömrü 3-5 gün arasındadır.
- Kolekalsiferolon uğradığı değişikliklerin tamamına ergokalsiferol de maruz kalır.
- ME'lerin etkinliğini artıran ilaçlar vitamin D'nin BT'unun hızlanmasına, böylece plazma yarı ömrünün kısalmasına yol açarlar.

- Vitamin D ve metabolitlerinin çoğu safrayla atılır; bu şekilde sindirim kanalına gelen vitamin molekülleri bir ölçüde geri emilir.
- Vitamin sütle de çıkarılır.

Normal değerleri

- Plazmadaki normal vitamin D yoğunluğu 1-3 Ü/ml arasındadır.

Etki şekli

- Steroid yapılı hormonlarda olduğu gibi, hedef hücrelerde (kemik, bağırsak epiteli, böbrek tubül hücreleri) vitamin D'yi yüksek ilgiyle bağlayan reseptörler vardır.
- Vitamin D-reseptör bileşiği çekirdeğe taşınır; özel mRNA'ların sentezine sebep olur.
- mRNA'lar stoplazmaya geri döner; ribozomlarda vitamin D'nin etkisi veya kalsiyumun emilmesi için gerekli bazı proteinlerin (bağırsaktan emilme için kalsiyum bağlayıcı protein, CaBP) sentezi artar.
- Vitamin D tüm etkilerini PTH ile birlikte yapar.

Etkileri

Vitamin D memeliler ve kanatlılarda;

- Bağırsaklardan kalsiyum ve fosforun emilmesi, kan kalsiyum, fosfor ve fosfataz dengesinin sağlanması ve sürdürülmesi, gelişme hızı, kemiklerin şekillenmesi ve üreme ile ilgili görevleri-etkileri olan bir maddedir.
- Vitamin etkinleştikten sonra üç yönlü etki oluşturur.
 - Bağırsak epitel hücrelerine girer; yukarıda açıklanan mekanizmayla CaBP'in sentezini artırarak, kalsiyum ve fosforun bağırsaklardan emilmesini hızlandırır; bu iyonların plazmadaki düzeylerinin normal sınırları içinde sürdürülmesini sağlar.
 - Vitamin D böbrek tubül hücrelerinden kalsiyum ve fosforun geri emilmesini artırır.
 - Kemiklerden kalsiyumun salıverilmesine yol açar.

Noksanlığı

- Vitamin D'nin noksanlığında;
 - Gençlerde raşitizma (rickets), yetişkinlerde-erginlerde osteomalasi (kemik erimesi, yetişkin raşitizması) oluşur.

Kullanılması

- Vitamin D gençlerde başlıca raşitizmin önlenmesi ve PTH yetmezliğinin sağaltımı için kullanılır.
- Kullanılacak doz günlük ihtiyacın 10-20 katı (D3 500-2000 Ü/kg) hesaplanmalıdır.
- Koruyucu ve sağaltıcı olarak vitamin D'den başarılı sonuçlar alabilmek için, her zaman fosfor ve kalsiyum ile destekleme yapılmalıdır.
- Vitamin D, doğum felcinin önlenmesi için de kullanılır.
- Vitamin D noksanlığının sağaltımında kullanılacak vitamin D miktarları hakkında doz şeması yoktur.
 - Koruyucu olarak uygulanan miktarın birkaç katının verilmesi yeterlidir.
 - Raşitizmin sağaltımındaki dozu oldukça yüksek tutulmalıdır.

Kalsitriol (1,25-Dihidroksikolekalsiferol, 1,25-(OH)2D3)

- Vitamin D3'ün etkin şeklidir.
- Etkileri bakımından vitamin D'ye benzer.
 - Etkinliği onun 5-10 katıdır.
 - Etkisi daha hızlı (1 gün) başlar ve kısa sürelidir (1.4-5.6 gün).

- İneklerde süt hummasının önlenmesi, köpek ve kedilerde akut ve kronik böbrek hastalığında yardımcı madde olarak kullanılır.
- İneklerde doğuma 1-2 gün kala KI yolla 0.35-0.5 mg/hayvan miktarlarda uygulanır.
 - Bu süre içinde doğum oluşmazsa, ikinci bir uygulama daha yapılabilir.

Vitamin K

Kaynakları

- Vitamin K vb etkisi olan maddeler, özellikle sebzelerde olmak üzere, yaygın olarak bulunur.
- Balık unları, karaciğer ve kazein zengin vitamin K kaynağıdır.
- Kanatlıların dışında tüm hayvanların sindirim kanalındaki bakteriler tarafından ihtiyacı karşılayacak ölçüde vitamin K (vitamin K2) sentezlenir.

Özellikleri

- Vitamin K açık sarı renkte yağlı sıvıdır.
- Vitamin K etkinliği gösteren birçok doğal ve sentetik madde vardır.
- Doğal olanlardan;
 - Vitamin K1 (fillokuinon veya fitonadion; 2-metil-3-fetil-1,4-naftokuinon) bitki,
 - Vitamin K2 (menakuinon) bakteri kaynaklıdır.
- Kuinon (veya naftokuinon) ana çekirdeğini ihtiva eden pek çok sentetik vitamin K türevi hazırlanmıştır.
 - Bunlardan en önemlisi vitamin K3 (menadion veya menafton)'dür. Vitamin K3, vitamin K1'den 3.3 kez daha etkindir.
 - Menadionun suda çözünen menadion sodyum bisülfid, menadiol sodyum difosfat (dört sodyumlu difosforik asit tuzu) gibi tuzları da vardır; vücuda girdikten sonra menadiona çevrilirler.
 - Bunun menadiondiaseto (diasetomenafton) türevi de vardır; etkisi daha zayıftır ve bu sebeple pek kullanılmaz.

Vitamin K ihtiyacı

- Kanatlılar dışında, hayvanlar günlük vitamin K ihtiyaçlarını sindirim kanalındaki bakterilerce hazırlanan vitaminle karşılayabilirler.

Farmakokinetik

- Vitamin K'nın suda çözünen bileşikleri ağızdan ve parenteral, yağlı çözeltileri KI veya sulandırıldıktan sonra DI yolla verilirler.
- KI uygulanmasını takiben etkisi yaklaşık 2 hafta devam eder; bu süre içinde ağızdan kullanılan pıhtılaşmayı engelleyici ilaçların etkisini önler.
- Vitamin K'nın sindirim kanalından emilmesi çözünürlüğüne bağlıdır.
 - Vitamin K1 ve K2'nin emilmesi safra tuzlarına gerek gösterir.
 - Menadion ve suda çözünen tuzları safra tuzlarına gerek olmaksızın da emilirler.
- Hem doğal hem de sentetik vitamin K türevleri KI verildikten sonra hızlı emilir; karaciğerde önce birikir, sonra yoğunlukları hızla azalır.
- Vitamin K karaciğerde yükseltgenerek, kısmen epoksit türevine çevrilir; vitamin K-2,3-epoksit vitaminin esas görevini yapan şeklidir.
- Vitamin K kısmen glukuronid ve sülfat bileşikleri halinde vücudu idrarla terk eder.
 - Menadion başlıca diol (hidrokuinon) şekline indirgenerek glukuronid ve sülfat bileşikleri halinde atılır.

Etkileri/Etki şekli

- Vitamin K'nın en önemli etkisi bazı pıhtılaşma proteinleri (Faktör II, VII, IX ve X) ve pıhtılaşmayı engelleyen proteinlerin (Protein-C ve -S) etkinleşmelerini gerçekleştiren enzimlerin yardımcı-faktörü olmasıdır.
 - Bunlar; kalsiyumla tepkimeye girmeden önce γ -karboksillenmeye maruz kalırlar.
 - Tepkime ile pıhtılaşma proteinlerindeki glutamik asit kalıntıları γ -karboksilglutamata çevrilerek etkinleşirler.

Kullanılması

- Evcil hayvanlarda vitamin K'nın klinik kullanımını değerlendirmek zordur.
 - Safra oluşumu veya akışını engelleyen olaylar (safra fistülü, tıkanma sarılığı, karaciğer bozuklukları vb) ile sindirim kanalından vitaminin emilmesini önleyebilen durumlarda (sürgün gibi), sindirim kanalındaki bakteriyel florada değişikliğe yol açabilen kemoterapide, pıhtılaşmayı engelleyici maddelerle zehirlenmelerde (afla-toksinler, koumarin vb maddeler gibi) uygulama alanı bulur.
 - Özellikle pıhtılaşmayı önleyen maddelerle zehirlenmelerde olmak üzere, ağızdan veya parenteral olarak küçük ve büyük baş hayvanlara 0.25-2.5 mg/kg miktarlar-da verilir.
 - Kanatlılarda yeme 0.5-1 mg/kg, içme suyuna 2-4 mg/L miktarda katılır.
 - Menadion at, sığır, koyun gibi hayvanlarda parenteral yollarla 1-2 mg/kg, kanatlı-larda içme suyuna 8 mg/L miktarda katılarak kullanılır.
 - Asetomenafton ağızdan köpekler 2-10 mg, büyük baş hayvanlara 100-400 mg dozlarda verilir.

Vitamin E

Kaynakları

- Bitkiler ve bitkisel besinlerde, bitkisel ve hayvansal yağlarda fazla miktarda bulunur.
- Vitamin E bugün daha ziyade sentetik olarak hazırlanmaktadır.

Özellikleri

- Vitamin E biyolojik yönden etkin bir grup tokoferole (tokotrienol) verilen genel isimdir.
- Vitamin E etkinliği olan ve α -, β -, γ -, δ -, ϵ -, ζ_1 -(zeta), ζ_2 - ve η -(eta)-tokoferol diye isimlendirilen 8 doğal tokoferol izomeri vardır.
- En fazla bulunanı α -tokoferoldur; bu madde hayvan dokularındaki tokoferollerin %90'ını oluşturur. Besinlerde bulunan tokoferollerin %80-90'ı da yine α -tokoferoldur.
- Tokoferoller; *d*- ve *l*-izomerleri halinde bulunur; *d*-şekilleri daha etkindir.
- Tokoferoller sağaltımda genellikle asetat esterleri şeklinde kullanılırlar.
- Kendiliğinden yükseltgenen bir ortam veya işlemden yükseltgenme önleyici (antioksidan) olarak iş görürler.
 - Ortamdaki vitamin E miktarı azaldığında yükseltgenme olayı tekrar başlar.
 - Vitamin E katılmamış yağ acılaştır.

Birimi ve etkinliği

- Vitamin E ağırlık veya Ü ile değerlendirilir.
 - 1 Ü vitamin E = 1 mg *d,l*- α -tokoferol asetat.

Vitamin E ihtiyacı

- Evcil hayvanlarda günlük vitamin E ihtiyacına ilişkin yeterli bilgi yoktur.
- Çoğu hayvan yemlerinde 5-50 Ü/kg miktarlarda vitamin E bulunması önerilir.

- Yemlere katılan yağlarda doymamış yağ asitlerinin (linoleik asit, linolenik asit gibi) fazlalığı vitamin E ihtiyacını artırır.

Farmakokinetik

- Vitamin E sindirim kanalından diğer yağda çözünen vitaminlere benzer şekilde emilir. Ağızdan biyoyararlanımı %20-40 arasındadır.
- Tüm dokulara dağılır; hayvanı uzun süre koruyabilecek ölçüde dokularda depolanır.
- Dİ yolla verildiğinde, %70-80 kadarı bir hafta içinde safrayla atılır.
- İdrarla çıkarılan metabolitlerinin (tokoferoik asitin glukuronidleri) biraz etkinliği vardır.

Plazma ve doku düzeyleri

- Hayvanların çoğunda plazmada normal olarak 1-5 µg/ml α-tokoferol bulunur.
 - Karaciğer ve kalpte bunun 2 katı, iskelet kaslarında yarısı miktarlarda bulunur.
- Plazmada <0.5 µg/ml bulunması tokoferol noksanlığı olarak değerlendirilir.

Etkileri

- Vitamin E'nin en önemli özelliği yükseltgenmeyi engellemesi ve serbest oksijen gruplarını etkisiz kılmasıdır.
- Vitamin E, vücutta yapılarında birden çok doymamış bağ bulunan yağ asitlerinin (linoleik, linolenik, araşidonik asit gibi) yükseltgenmesini önler ve yarı ömürlerini uzatır.
- Yağ asitlerinden serbest oksijen grupları ve peroksitlerin (ROOH) şekillenmesini önler veya bunların şekillenme hızını yavaşlatır.
- Sağaltım dozlarında vitamin E vücutta bağışıklık sistemini (hücreSEL ve sıvısal) güçlendirir.
- Vitamin A'nın emilme, depolanma ve kullanılmasını kolaylaştırır.
- Evcil hayvanlarda birbirlerine az-çok benzer birçok dejeneratif hastalık görülür. Bunların bazıları vitamin E'ye, bazıları selenyuma, bazıları da ikisine cevap verir.
- Vitamin E bakımından desteklenmiş yemlere katılan az miktarda selenyum piliç, buzağı ve kuzularda gelişmeyi hızlandırır.
- Anılan iç içe duruma rağmen, selenyum ve vitamin E ayrı ve gerekli besin unsurları olarak kabul edilir. İkisi de hücre zarındaki fosfolipidlerin dayanıklılığını artırır.
- Vitamin E meme hastalığı ve yavru zarlarının alıkonulma sıklığını azaltır.

Noksanlığı

- Evcil hayvanlarda vitamin E noksanlığı ile oldukça seyrek karşılaşılır; noksanlıkların çoğu da vitamin E bakımından yetersiz yem yiyen annelerin yavrularında görülür.
- Fazla miktarda doymamış yağ ihtiva eden ve uzun süreyle depolanmış yem veya yem hammaddelerindeki vitamin E miktarı önemli derecede azaldığından, böyle yemleri yiyen hayvanlarda vitamin E noksanlığı ile sık karşılaşılır.
- Vitamin E ve selenyum noksanlığında hayvanlarda karşılaşılan dejeneratif hastalıkların başlıcaları aşağıdaki gibidir.
 - Kuzu ve buzağılardaki beyaz kas hastalığı
 - Domuz ve civcivlerdeki hepatit
 - Piliçlerdeki eksudatif diatez ve kas distrofisi
 - Etçiller ve omnivorlardaki sarı yağ hastalığı
 - Piliçlerde ensefalomalasi

Kullanılması

- Kuzularda ilerlemiş kas distrofisi; 500 mg α-tokoferol verilmesini takiben, gün aşırı olarak vitaminin 100 mg dozda uygulanması ile 3 günde başarılı sonuç verir.

- Vitamin E ağızdan buzağı ve kuzularda günde 40 mg/kg, kedilerde 30 mg/kg, köpek ve kanatlılarda hayvan başına 300 mg'a kadar kullanılır.
- Parenteral olarak kuzu ve buzağılara 25 mg/kg, köpek ve kedilere 25-30 mg/kg dozlarında verilir.
- Bugün, gerek koruyucu gerekse sağaltıcı olarak vitamin E ile selenyum genellikle birlikte kullanılmaktadır; bu sebeple, aynı müstahzar halinde hazırlanırlar.
 - Bu amaçla ml'de 50-75 mg vitamin E + 1-5 mg selenyum içeren karışımlar 0.5-1 ml/100 kg dozlarında kullanılır.

48.2. Suda Çözünen Vitaminler

- Vitamin C ve B grubu vitaminler bulunur.

Vitamin C (Askorbik asit)

Kaynakları

- Turunçgiller, domates, yeşil yapraklı sebzeler, meyveler, süt önemli kaynaklardır.
- Sentetik olarak da hazırlanır.

Özellikleri

- Glikoz ve heksozlara çok benzeyen 6-karbonlu bir maddedir.
- Vücutta dönüşümlü olarak dehidroaskorbik aside yükseltgenir; anılan madde vitamin C'nin tüm etkilerini oluşturur.
- Vitamin C beyaz-soluk sarı renkte, kristalize, suda serbestçe çözünen tozudur.
- Optikçe etkindir; (-)-izomeri daha etkindir.
- Asit şartlarda daha dayanıklıdır.
- Alkali şartlarda havaya maruz kalınca ve ortamda bakır bulunduğu hızla parçalanır.

Birimi

- Vitamin C ağırlık esasına göre değerlendirilir.
- 0.05 mg'ı 1 Ü'e denktir; yani, 1 mg'ı 20 Ü'dir.

Vitamin C ihtiyacı

- İnsan dahil, kobay, maymun, yarası dışındaki hayvanlar günlük ihtiyaçlarını karşılayabilecek ölçüde sindirim kanalındaki bakteriler tarafından vitamin C sentezler.
- Vitamin C sentezini gerçekleştiremeyenlerde (insan, kobay, maymun, yarası), son tepkime olan (-)-gulanolaktone (-)-askorbik asite çeviren enzim bulunmaz.
- Gerilim vb durumda günlük vitamin C ihtiyacı çok artar.

Farmakokinetik

- Vitamin C gevişenlerin rumeninde parçalanır; diğer hayvanlarda ince bağırsaklardan enerjiye bağımlı ve doyurulabilir bir mekanizmayla hızlı ve tam emilir.
- Sodyumlu tuzu halinde parenteral olarak da kullanılabilir.
- Plazma proteinlerine düşük oranda (%25 kadar) bağlanır.
- (-)-Askorbik asit, dehidroaskorbik asit üzerinden okzalata çevrilir.
- Bazı ilaçlar (uyku ilaçları, ağrı kesiciler, antihistaminikler gibi) glikozdan askorbik asit sentezini önemli şekilde artırır.

Plazma ve dokulardaki yoğunluğu

- Kanatlılarda plazmada ortalama 1.4 mg/100 ml, adrenal bezlerde 180 mg/100 g dolayında bulunur.
- İnsanlarda normal olarak adrenal bezlerde 400-500 mg/100 g, plazmada 0.5 mg/100 ml miktarda bulunur.
 - Skorbütte plazmadaki miktarı 0.15 mg/100 ml'ye düşer.
 - Plazmadaki vitamin C miktarı bu değere veya altına indiğinde, skorbüt hastalığının belirtileri ortaya çıkar.

Etkileri

- Vitamin C'nin farmakolojik etkileri son derece azdır. Fizyolojik olandan fazla miktarlarda verildiğinde, skorbüt hastalar dışında, hemen hemen etkisizdir.
- Vitaminin kullanılması ile noksanlık hastalığı ile birlikte oluşan fakat tümüyle ikincil belirtiler olan klinik durum düzelir. Hastalıklara direnç artabilir. Metabolik olaylar düzelebilir. Anemi belirtileri hafifleyebilir.
- Vitamin C mezenşimal dokuların (bağ dokusu, kemik, kıkırdak, dentin gibi) yapımını ve bütünlüğünü korumaları için gereklidir.

Noksanlığı

- Vitamin C noksanlığında hücreler arasında kollajen iplikcikleri kaybolur, kanamalar ve kemik hasarı ile kendini gösteren skorbüt hastalığı görülür. Bu durum, vitamini daha ziyade dışarıdan almak zorunda olan, insan dahil, maymun, kobay, yarasa gibi hayvanların hastalığıdır.
- Hücreler arası maddesi depolimerize olarak sulu bir hal alır.
- Kapıllar damar hücrelerinde kolayca çatlamalar oluşur.
- Yaraların iyileşmesi gecikir.
- Hastalıklara direnç kırılır.
- Kemiklerin gelişmesi bozulur ve kolay kırılabilir.
- Normositik veya makrositik anemi gelişebilir.

Kullanılması

- Vitamin C skorbüt hastalığının sağaltımı; anemi, kanamalar, sindirim ve özellikle solunum yolları hastalıklarının sağaltımında destekleyici madde olarak kullanılır.
- Boğa: DA yolla 1-2 g miktarda, 3-4 gün arayla 8 hafta süreyle verilir.
- İnek: DA yolla bir sefer 1-2 g miktarda, haftada 1-2 kez 6 uygulama yapılır.
- At: DA olarak 2-4 g dozlarda verilir.
- Köpek: Ağızdan veya DA günde 1 kez 25-75 mg miktarlarda verilir.

Tiamin (Vitamin B1, Aneurin, Thiamine)

Kaynakları

- Yem ve yem ham maddelerinde fazla miktarda bulunur.
- Yeni doğmuş ve gençler dışında, hayvanların günlük ihtiyaçlarını karşılayabilecek ölçüde sindirim kanalındaki bakteriler tarafından da sentezlenir.

Özellikleri

- Hidroklörür tuzu halinde bulunur; suda serbestçe (1/1) çözünür.
- Tiaminin antimetabolitleri (pirtiamin, oksitiamin gibi) sentezlenmiştir.

- Vücutta fosforik asit esterleri şeklinde bulunur; yaklaşık %80'i tiamin pirofosfat (TPP, ko-karboksilaz), %10'u tiamin trifosfat (TTP), %10'u da tiamin monofosfat (TMP) ve serbest haldedir.

Dayanıklılığı

- Çok dayanıklıdır; 100°C'de 24 saat tutulduğunda bile parçalanmaz.
- Toz halinde nem çekicidir ve ışıktan etkilenir; hava ve ışık geçirmeyen kaplarda saklanmalıdır.

Tiamin ihtiyacı

- Hayvanlar ihtiyaçları olan tiamini yemlerinden sağlar. Gebelik, sağım ve gelişme çağında bile, yemlerde tiamin antagonistleri bulunmadıkça, noksanlığı görülmez. Isıl işlem görmüş yemler tiaminle desteklenmelidir.
- Tiamin öncelikle şeker metabolizmasında görev yapar; ihtiyaç, kalori tüketimiyle doğrudan ilişkilidir. Günlük ihtiyaç gebelik ve sağım esnasında daha fazladır.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalından sodyuma-bağımlı etkin taşıma ile emilir. Fazla miktarda verildiğinde basit geçişle de emilebilir.
- İhtiyaç duyulandan fazla miktarda alınıp emilirse, önce vücut depoları doyurulur, sonra parçalanmış veya değişmemiş halde idrarla çıkarılır.
 - Domuzların vücudunda hayvanın birkaç aylık (4-6 aya kadar) ihtiyacını karşılayabilecek ölçüde vitamin depolanır.

Etkisi

- Tiamin emildikten sonra vücutta (muhtemelen karaciğerde) TPP'a çevrilir.
 - Bu madde şekerlerin metabolizmasında önemli rol oynayan birçok enzim sisteminde (özellikle dekarboksilazlar) yardımcı-enzim olarak iş görür.
 - Bu enzimler; prüvik asit, α -ketoglutarik asit gibi α -keto asitlerin dekarboksilasyonu (prüvik asitten asetil-CoA, α -ketoglutarik asitten süksinil-CoA şekillenmesi) ve pentozun heksoz monofosfat yolunda kullanılmasını sağlarlar.
- Enzimatik dehidrojenasyonla laktik asitten şekillenen prüvik asitin dekarboksilasyonu şekerlerin enerji için kullanılmasında hayati önem taşır. Bu tepkime glikozun trikarboksilik asit döngüsü ile tam yükseltgenmesi için önemlidir.
- Enerji kaynağı olarak nişastalı-şekerli maddelerin kullanıldığı durumlarda tiamin ihtiyacı artar.

Noksanlığı

- Genç gevişenler ve tiaminaz (eğreltiotları, atkuyruğu gibi) ihtiva eden maddelerle zehirlenmeler dışında, hayvanlarda tiamin noksanlığına pek rastlanmaz.
- Herhangi bir sebeple oluşan tiamin noksanlığında α -keto asitlerin (prüvik asit, ketoglutarik asit gibi) yükseltgenmesi bozulur.
 - Kan, idrar ve BOS'daki prüvik asit ve laktik asit miktarı artar.
- Tiamin noksanlığı özellikle sinirsel belirtilerle seyredir; bu, kalp ve sindirim sistemi ile ilgili belirtilerden de kısmen sorumludur.
- Özellikle arka bacaklarda olmak üzere, kas güçsüzlüğü ve dengesizliği, başın geriye kıvrılması, çırpınmalar, kusabilenlerde kusma dikkat çeker.

Kullanılması

- Herhangi bir noksanlık veya zehirlenme halinde ağızdan veya parenteral olarak kullanılan miktarları: at: 100-1000 mg, sığır: 200-1000 mg, buzağı: 5-50 mg, koyun ve keçi: 20-200 mg, köpek: 5-50 mg, kedi: 1-20 mg, kanatlılar: 0.5-4 mg

Riboflavin (Vitamin B2)

Kaynakları

- Kaymağı alınmış süt, kesilmiş süt suyu, yeşil bitkiler, maya ve fermentasyon ürünlerinde fazla miktarda bulunur.
- Tahıllarda az miktarda vardır.
- Et, karaciğer ve böbrekte de mevcuttur.

Özellikleri

- Sarımsı renkte, kristalize, suda çok az çözünen, alkol, aseton, kloroform ve eterde çözünmeyen, alkali hidrokisit çözeltilerinde iyi çözünen tozudur.
- Vücutta iki flavoprotein enzim şeklinde bulunur.
 - Flavin mononükleotid (FMN, riboflavin monofosfat),
 - Flavin adenin dinükleotid (FAD) gibi iki yardımcı-enzim şeklinde bulunur.

Dayanıklılığı

- Pastörizasyon ve diğer işlemler sırasında sütteki riboflavin yaklaşık %20 azalır; süt doğrudan güneş ışığına maruz bırakılırsa riboflavinin çoğu parçalanır.
- Kuru ve kristalize halde hava ve ışığa karşı oldukça dayanıklıdır.

Riboflavin ihtiyacı

- İhtiyaç, enerji metabolizması ve enerjinin harcanmasıyla yakından ilişkilidir.
- Günlük olarak alınması gereken en az miktarı 0.3 mg/1000 Kkal'dir.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalının üst kısmından iyi emilir.
- Emilirken ve diğer dokularda flavokinaz vasıtasıyla FMN'e çevrilir.
- Vitamin tüm vücuda dağılır; böbrek, karaciğer ve kalpte yüksek miktarda bulunur.
- Plazma proteinlerine %60 bağlanır.
- Günlük ihtiyacı karşılayacak miktarlarda alındığında idrarla sadece %10 oranında çıkarılır; kalanın metabolik akıbeti bilinmemektedir.

Etkisi

- Vücutta FMN ve FAD isimli iki yardımcı-enzim şeklinde bulunur.
 - FMN; stokrom-c-redüktaz ve L-amino asit dehidrojenaz;
 - FAD; D-amino oksidaz, aldehid oksidaz, ksantin oksidaz, asil-koenzim A dehidrojenaz ve diğer bazı enzimlerin prostetik grubunu oluşturur.
- Bu flavoproteinler, diğer enzimlerle birlikte, karşılıklı olarak yükseltgenme-indirgenme tepkimelerine girerler; şeker, yağ ve proteinlerin metabolizmasında iş görür.

Noksanlığı

- Genç gevişenler dışındaki hayvanlarda riboflavin noksanlığı pek görülmez.
- Atlarda kalın bağırsaklarda fazla miktarda sentezlenir; ama, hayvanın ihtiyacını karşılayabilecek ölçüde emilmez ve bazı noksanlık belirtileri görülür.
 - Bunlardan en önemlisi periyodik göz hastalığı veya irido-siklitisdir.
 - Riboflavin bu hastalığı önlemesine rağmen iyileştiremez.

- Köpeklerde anemi, kas güçsüzlüğü, deri yangısı, göz ağrısı ve kısmi körlük oluşur; noksanlık uzun sürerse, 1-2 ay içinde şok ve ani ölüm şekillenebilir.
- Piliçlerde gelişme geriliği, sürgün ve bacaklarda felç gelişir; son belirti riboflavine özeldir.

Kullanılması

- Noksanlık hallerinde riboflavin yukarıda belirtilen miktarlarda uygulanır.
- Köpeklere günde 2-10 mg/hayvan miktarda verilebilir.

Nikotinic asit (Vitamin B3, Niasin, Nikotinamid)

Kaynakları

- Maya, ot, bitki ve tahıllarda fazla miktarda bulunur; tabiatta daha ziyade nikotinamid şeklindedir.
- Genellikle memeliler ve çok sayıda bakteri tarafından triptofandan sentezlenebilir.

Özellikleri

- Pridinli karboksilik asittir; nikotinamid ise amidli türevidir. İkisi de etkindir.
- Nikotinic asit; vücutta adenin, riboz ve fosforik asitle birleştirilerek iki yardımcı-enzime çevrilir.
 - Nikotinamid adenin dinükleotid (NAD, difosfopridin nükleotid "DPN", Ko-enzim I, Ko-dehidrojenaz I).
 - Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADP, triphosfopridin nükleotid "TPN", Ko-enzim II, Ko-dehidrojenaz II).
- Pridin nükleotidleri olarak da bilinirler.

Dayanıklılığı

- Nikotinic asit, amid şekline göre ısıya ve yükseltgenmeye daha dayanıklıdır; ikisinin çözeltileri ısı ile mikropsuzlaştırılabilir.

Nikotinic asit ihtiyacı

- Gevişenler ve köpekler dışarıdan nikotinic asit almaya gerek duymazlar.
- Özellikle ördek ve hindiler olmak üzere, kanatlılarda yemlerin desteklenmesi gerekir.
- Nikotinic asit ihtiyacını karşılamak için nikotinamid ve triptofan da alınabilir.

Farmakokinetik

- Nikotinic asit ve nikotinamid sindirim kanalı ve parenteral uygulama yerlerinden iyi emilir. Tüm vücut dokularına dağılır.
- Vücutta çok az depolanır; karaciğerde diğer doku veya organlara göre daha fazla miktarda bulunur.

Etkisi

- Vücutta NAD ve NADP şeklinde görev yapar.
- Özellikle şekerler olmak üzere, protein ve yağların metabolizması için çok önemlidir.
- Çok sayıdaki yükseltgenme-indirgenme enzim sisteminde (dehidrojenazlar gibi) yardımcı-faktör olarak iş görür.

Noksanlığı

- Besinlerle alınması gereken (gevişenler ve köpekler dışında) temel bir besin unsurudur.

- Noksanlığında pellegra diye bilinen hastalık oluşur.
 - Pellegra; bilhassa deri, mide-bağırsak kanalı ve MSS'ne ilişkin belirtilerle seyreden noksanlık hastalığıdır.
 - Daha ziyade bu vitamin yönünden desteklenmemiş mısır ve ürünleri verilen (triptofan bakımından fakirdir) hayvanlarda görülür.

Kullanılması

- Başlıca pellegranın önlenmesi ve sağaltımında kullanılır.
- Günlük olarak sağaltıcı dozları bazı hayvanlarda şöyledir.
 - Buzağı ve dana: 5-25 mg
 - Köpek ve kedi: Ağızdan 10-30 mg/kg, Kİ yolla 5-10 mg/kg

Pantotenik asit (Vitamin B5)

Kaynakları

- Hayvan ve bitki dokularında yaygın şekilde bulunur.
- En zengin kaynağı arı sütüdür; et, süt, yumurta, maya, fıstık, tahıllarda da bulunur.

Özellikleri

- Pantoiik asit ve β -alaninin peptid bağı ile bağlanmasıyla şekillenir.
- Optikçe etkindir; etkinliği (+)-izomeri ile ilgilidir.
- Genellikle kalsiyum tuzu şeklinde bulunur ve kullanılır.
- Vitamin vücutta Koenzim A'ya (CoA) çevrilir.
- Pantotenik asitin alkol şekli de (pantenol) mevcuttur.

Dayanıklılığı

- B vitaminlerinin hemen hemen en az dayanıklı olanıdır.
- pH 5-7 arasında oldukça dayanıklıdır.
- Isıtılınca parçalanır; ateş üzerinde pişirilen ette vitamin miktarı 2/3 oranında azalır.
- Alkol şekli daha dayanıklıdır.

Pantotenik asit ihtiyacı

- Pantotenik asit bitkisel ve hayvansal besinlerde yaygın şekilde bulunur.
- Buna rağmen, köpek, domuz, kanatlı, rat ve diğer bazı hayvan türlerinde besinlerle dışarıdan alınması zorunludur.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalından iyi emilir.
- Pantenol, deri yoluyla vücuttaki noksanlığı giderecek veya ihtiyacı karşılayacak ölçüde emilir.
- Tüm vücuda dağılır.
- Vücuda giren vitaminin yaklaşık %70'i değişmemiş halde idrarla atılır.

Etkisi

- CoA'nın esasını teşkil eder; enzimde sisteinle fosforlu ester şeklinde bulunur.
- CoA, şeker ve yağların ara-metabolizmasında önemli görevler yapar; iki karbonlu yapıların (asil- ve asetil-grupları) taşınmasını gerçekleştirir.

Noksanlığı

- Vitamin noksanlığından vücudun tüm organ ve dokuları az çok etkilenir; oluşan-görülen etkilerin başlıcaları şöyledir: nöro-musküler kavşaklarda soysuzlaşma, adrenal kabuk yetmezliği, deri yangısı, ağız ve göz civarındaki kıllarda dökülme, güçsüzlük, gelişme geriliği, sürgün, kıl örtüsünde bozulma

Kullanılması

- Noksanlık belirtileriyle seyreden durumlarda destekleyici olarak kullanılır.
- Hayvanlardaki doz şeması bilinmemektedir.
- Dışarıdan merhem şeklinde de (pantenol halinde) kullanılır.

Pridoksin (Vitamin B6)

Kaynakları

- Bitki ve hayvanlarda yaygın şekilde bulunur; maya, tahıllar, patates, lahana, et, balık, yumurta ve baklagiller zengin pridoksin kaynağıdır.
- Sentetik olarak da hazırlanmıştır.

Özellikleri

- Pridoksin üç şekilde (pridoksin, pridoksal ve pridoksamin) bulunur.
- Fizyolojik yönden etkin şekilleri pridin halkanın alkolün fosfatla esterleşmesi (pridoksal kinaz ile) ile oluşan pridoksal fosfat ve pridoksamin fosfattır.
- Üç şekli de pridoksal fosfata çevrilebilir.
- Pridoksin hidroklorür şeklinde kullanılır.

Dayanıklılığı

- Pridoksin; B grubu vitaminlerin en dayanıklılarından birisidir.
 - Asit çözeltileri oda sıcaklığında süresiz tutulabilir; >100°C'de ısıtılarak mikropsuzlaştırılabilir. Alkali ve nötral pH'da olmadıkça ısıya dayanıklıdır.

Pridoksin ihtiyacı

- Vitamin gevişenlerin rumeninde bir ölçüde sentezlenir.
- Bazı hayvan türlerinin yemleriyle almaları gereken günlük vitamin miktarı şöyledir: köpek: 1.5 mg, kedi: 6 mg, et tavuğu: 5.5 mg, yumurta tavuğu: 1.5 mg, balık: 10 mg; veya 0.2-0.4 mg/kg ca

Farmakokinetik

- Pridoksin, pridoksal ve pridoksamin sindirim kanalından iyi emilirler.
- Pridoksin emildikten sonra muhtemelen pridoksala çevrilerek yardımcı-enzimlerin şekillenmesinde kullanılır.
- Üç şeklinin de en önemli atılma ürünü 4-pridoksik asittir; aldehid oksidazın serbest pridoksala etkisiyle karaciğerde şekillenir ve idrarla atılır.

Etkisi

- Etkin pridoksin şekilleri proteinlerin metabolizmasına giren bazı enzimlerin yardımcı-faktörü olarak iş görür. Pridoksal-5-fosfat (ko-dekarboksilaz) önemli görevler yapar.
- Vücutta biyolojik yönden önemli birçok amino asitin (tirozin, L-DOPA, arginin, glutamik asit, 5-HT gibi) dekarboksillenmesi, amino asitlerin transaminasyonu, kükürtlü amino asitlerin metabolizması, amino asitlerin bağırsaklardan emilmesi ve vücutta taşınması ile triptofan metabolizması (kinureinin antranilik asite çevrilmesinin kinureinaz ile gerçekleştilmesi).

Noksanlığı

- Pridoksin noksanlığında hayvanlarda deri (keratinleşme, akantozis), MSS ve kan yapımına ilişkin bozukluklar görülür.
- Pridoksinle etkinleşip hayvanlarda noksanlık yapabilen birçok ilaç (hidralazin, izoniazid, sikloserin gibi) vardır.

Kullanılması

- Anem, deri ve MSS'ne ilişkin hastalıklar ve pridoksin noksanlığına yol açabilen bazı maddelerle doz aşımı veya zehirlenmelerde (siyanasetohidrazid gibi) kullanılır.
- Hayvanlar için doz şeması bilinmemektedir.
- Acil durumlarda Dİ yolla koyunlara 1000 mg'a, sığırlara da 5000 mg'a kadar verilebilir.

Folik asit (Vitamin B9, Folat)**Kaynakları**

- Hemen tüm besinlerde bulunur.
- Bira mayası, karaciğer, ıspanak, kuşkonmaz, pirinç unu, soya küspesi zengin folik asit kaynaklarıdır.

Özellikleri

- Yapısında pteridin çekirdeği, PABA, bir veya daha fazla sayıda glutamik asit kalıntısı bulunan maddelere folik asit (folat) adı verilir.
- Folik asit denilince akla ilk gelen pterilmonoglutamik asit (PteGlu₁)'tir.
- Emildikten sonra pterilmonoglutamik asit; 5,6,7,8-durumlarında hızla tetrahidrofolik asite (H₄PteGlu₁) indirgenir; bu metabolit folik asitin etkin şeklidir.

Dayanıklılığı

- Kuru halde dayanıklıdır.
- pH>5'de serbest asit oldukça dayanıklı, pH <4'de o ölçüde dayanıksızdır. Pişirme ve depolanma esnasında önemli ölçüde (%90) parçalanır.

Folik asit ihtiyacı

- Besin maddelerinin çoğunda fazla miktarda folik asit vardır.
- Kanatlı yemlerinde 10-20 mg/kg miktarlarda bulunması gerekir.

Farmakokinetik

- Besin maddelerindeki folatın büyük bir kısmı indirgenmiş çoğul-glutamatlar halindedir.
- Emilmeden önce, bir glutamik asit dışındaki diğer glutamik asit kalıntılarını kaybeder; serbest folik asit (pterilmonoglutamik asit, PteGlu₁) haline geçer.
- Son madde tüm ince bağırsaklardan emilir.
- Bağırsak mukozasında folik asit molekülü dihidrofolat redüktaz aracılığıyla etkin şekli olan H₄PteGlu₁ indirgenir.
 - Bu madde de hızla metillenerek, metil-tetrahidrofolik asite (CH₃H₄PteGlu₁; metilfolat) çevrilir ve dolaşıma salıverilir.
 - Plazmadaki folik asitin %90 kadarı metilfolat şeklinde ve proteinlere bağlı halde taşınır.
- Folat, hücrede depolanır; iyonize halde olduğu için hücreler arasına sızamaz.
- Kan dolaşımındaki folatın %90'dan fazlası alyuvarlar içinde bulunur.

- Vücuda az miktarda vitamin girdiğinde vücuttan atılması da azalır.
- Başlıca idrar ve safrayla atılır.

Etkileri

- H₄PteGlu₁ halinde çeşitli tek karbonlu birimlerin (-metil, -formil, -formaldehid gibi);
 - Enzimatik olarak yükseltgenmesi,
 - Yükseltgenme-indirgenme ile birbirlerine çevrilmesi,
 - Çeşitli alıcılara taşınmasında yardımcı-enzim olarak görev yapar.
 - Pürin sentezi, histidin metabolizması, homosisteinin metiyonine çevrilmesi, serinin glisine çevrilmesi, timidilat sentezi, format şekillenmesi, kolin sentezinde görev yapar.

Noksanlığı

- Folik asit noksanlığı genellikle sindirim kanalı hastalıklarını takiben ortaya çıkabilir.
- Kemik iliğinde alyuvar yapımının azalması sonucu makrositik anemi, sürgün, gelişme geriliği, deri hastalıkları, tüy veya kıl gelişmesinde aksama dikkati çeker.

Kullanılması

- Folik asit kendisiyle ilgili noksanlıkların sağaltımında kullanılır.
- Hayvanlarda kullanılacak vitamene ilişkin doz şeması yoktur.
- Kanatlı yemlerine 10-20 mg/kg miktarlarda katılabilir.

Kobalaminler (Siyanokobalaminler, Vitamin B12)

Kaynakları

- Kobalaminler, daha ziyade hayvansal besinlerde bulunurlar.
 - En zengin kaynakları kuzu, dana karaciğeri gibi organ etleri, böbrek, karaciğer ve midyedir; bu maddelerde yaş doku esasına göre 0.1 mg/kg miktarda vitamin vardır. Kas eti ve peynirlerde 0.01-0.03 mg/kg miktarlarda kobalamin bulunur.
- Vitamin bazı baklagillerde de mevcuttur.
- Sigara içenlerde, dumandaki siyanürün bir kısmı siyanokobalamine çevrilebilir.
- Kobalamin hayvanların sindirim kanalındaki bakteriler tarafından da sentezlenir.

Özellikleri

- Vitamin B12 molekülü korrin çekirdeği, 5,6-dimetilbenzimidazol çekirdeği, kobalt ve kobalta-bağlı çeşitli gruptan (-CN, -OH, -H₂O, -NO₂ gibi) şekillenir.
- Kobalta bağlanan gruba göre aşağıdaki gibi isimlendirilir.
 - Siyanür iyonunu içeren siyanokobalamin (vitamin B12)
 - Hidroksil grubu içeren hidrosikobalamin (vitamin B12a)
 - Su molekülü içeren akuvakobalamin (vitamin B12b)
 - Nitrit grubu içeren nitritkobalamin (vitamin B12c)
 - Metil grubu taşıyan metilkobalamin
 - Ko-enzim B12 (5'-deoksi-adenozilkobalamin)
- Siyanokobalamin koyu-kırmızı iğnecikler veya prizmalar halinde bulunur.
 - Rengi porfirin benzeri nitelikte kobalt ihtiva eden renkli bileşikten ileri gelir.

Dayanıklılığı

- Siyanokobalamin nem çekicidir.
- Ağır metaller, kuvvetli yükseltgeyici-indirgeyici maddelerle tahrip edilir.

- Isıtmaya bir ölçüde dayanıklıdır; 121°C'de 20 dk süreyle tutulabilir.

Birimi

- 1 Ü vitamin B12 1.33 µg'a eşittir.

Kobalamin ihtiyacı

- Hayvanların tümünde günlük kobalamin ihtiyacı bilinmemektedir.
- Sığırların serumundaki 2 µg/100 ml normal değeri ifade eder.
- Hayvanların çoğu günlük vitamin ihtiyaçlarını sindirim kanalında bakteriler tarafından sentezlenen vitaminle karşılar; bunun için de yeteri miktarda kobalt bulunmalıdır.

Farmakokinetik

- Siyanokobalamin DA ve Kİ verildiğinde, uygulama yerinden iyi emilir.
- Çeşitli proteinlere sıkıca bağlandıklarından, hidrokobalamin ve koenzim B12 vücuttan yavaş atılırlar.
- Vitamin B12 sindirim kanalından etkin taşıma ve basit geçişle emilir. Etkin biçimde emilmesi midenin korpus kısmından salgılanan intrinsik faktöre (İF) bağımlıdır.
- Kan dolaşımında giren vitamin B12; transkobalamin-II'ye (TkII) bağlanır; TkI ve TkIII de vardır.
- Vücuttaki vitamin B12'nin %90'ı karaciğerde bulunur; karaciğer önemli bir depolama organıdır. Buradaki vitaminin yarı-ömrü 1 yıl dolayındadır.
- Vitamin plasentayı aşarak yavruya da geçer.

Etkileri

- Vitamin B12'nin ara metabolizmada son derece önemli görevleri vardır; bu etkilerini metilkobalamin ve Ko-enzim B12 vasıtasıyla gerçekleştirir.
- Kobalaminler aşağıda belirtilen etkiler/görevler yapar.
 - Normal gelişme ve beslenme.
 - Kan şekilli hücrelerinin şekillenmesi.
 - Epitel hücreler de dahil, tüm hücrelerin gelişmesi ve çoğalması.
 - Sinir dokusunda miyelin sentezi ve bütünlüğünü koruması.
 - Pankreas görevleri.
 - Yumurta ve sperme üretimi.
 - Tüm kasların faaliyeti ve bunların sürdürmesi.
 - Bazı yardımcı-enzimlerin (süksinil-KoA gibi) sentezi.
 - Sülfidril gruplarının indirgenmiş halde tutulması.
 - Folik asitin kullanılması gibi.
- Vitamin B12 hücreler tarafından folik asitin kullanılmasına da aracılık eder. Plazma ve dokularda bulunan folatın çok önemli bir kısmı (%90) metil-tetrahidrofolat şeklindedir; hücreler sadece tetrahidrofolattan yararlanabilirler. Vitamin B12 ihtiva eden enzimler metil-tetrahidrofolattan aldıkları metil grubunu homosisteine aktararak, bir yandan folik asitin etkinleşmesine yol açarken, bir yandan da metiyonin sentezini gerçekleştirir. Vitamin B12 noksanlığında folik asit, metil-tetrahidrofolat şeklinde kalır ve etkinleşmez (metilfolat tuzağı). Vitamin B12 noksanlığı olanlarda folat noksanlığının tüm belirtileri de görülebilmektedir.
- Vitamin B12 DNA'nın şekillenmesinde önemli bir basamak olan riboz nükleotidlerinin deoksiriboz nükleotidlerine çevrilmesinde son derece önemlidir; hücre bölünmesi ve gelişmesini etkileyen temel bir maddedir.

Noksanlığı

- Kobalamin noksanlığı; kan hücrelerinin şekillenememesi, miyelin sentezinin bozulması, sindirim kanalı epitelinin gerilemesi, genel güçsüzlükle kendini gösterir.
- Vitamin B12 noksanlığında makrositik-normokromik (megaloblastik) anemi oluşur; pernisiyöz anemi olarak da bilinir.
- Evcil hayvanlar günlük ihtiyaçlarını besinleriyle ve sindirim kanalında sentezlenen vitaminle karşılarlar.
- Miyelin sentezinin aksamması, bilhassa bacaklarda uyuşukluk ve parezisle ortaya çıkan yaygın sinirsel belirtilere yol açabilmektedir.

Kullanılması

- Hayvanlarda anemi, genel durum bozukluğu, gelişme geriliği, güçsüzlük, çabuk yorulma, sinirsel bozuklukların sağaltımında kullanılır.
- Köpek ve kedilere ağızdan veya parenteral olarak 100 µg miktarda verilir.
- Genel güçlendirici olarak 2-4 µg/kg ca miktarlarda Kİ yolla verilebilir.
- Kuzu ve koyunlara 0.1-0.3 mg/hafta miktarlarda verilebilir.
- Kİ yolla verilen kobalamin kuzularda 14-40 hafta süreyle koruyucu etki oluşturur.
- Hayvan yemlerine 10 mg/kg kobalt katılması günlük ihtiyacın karşılanması ve noksanlığın engellenmesi için yeterli olmaktadır.

Biotin (Vitamin B7, Vitamin H, Ko-enzim R, bios Iıb)

- Tüm bitkisel ve hayvansal besinlerde bulunur; miktarı azdır.
- Bakteriler ve bitki yapraklarınca da sentezlenir.
- Hayvanların çoğu biotini dışarıdan almak zorundadır.
- Optikçe etkindir; etkinliği d-şeklinden ileri gelir.
- En önemlisi avidin olmak üzere, birçok antagonisti bulunur.
- Hayvanların günlük biotin ihtiyacı bilinmemektedir; etlik piliç yemlerine 0.075 mg/kg miktarda katılması önerilir.
- Besinlerde düşük düzeyde ama yaygın şekilde bulunması ve sindirim kanalındaki bakteriler tarafından da sentezlenmesi sebepleriyle, yemlerin biotinle desteklenmesine genellikle pek ihtiyaç duyulmaz.
- Ağızdan verildikten sonra sindirim kanalından hızlı emilir.
- Büyük ölçüde değişmemiş halde olmak üzere, idrarla atılır.
- Vücutta birçok enzimin aracılık ettiği karboksillenme tepkimesinde yardımcı-enzim olarak iş görür. Prüvat karboksilaz, propiyonil-CoA, β-metilkarotonil-CoA, asetil-CoA karboksilazın yardımcı-faktörü olarak şeker ve yağların metabolizmasında görev yapar.
- Hayvanlarda normal olarak biotin noksanlığı ile karşılaşmaz. Yemlerde avidin gibi antimetabolitlerin bulunması, fazla miktarda çiğ yumurta yenilmesi, antibiyotik sağaltımı sırasında sindirim kanalındaki bakterilerin baskı altına alınması durumlarında görülebilir.
- Biotin noksanlığında gelişme geriliği, deri yangısı, kılların dökülmesi, güçsüzlük ve süt veriminde azalma dikkat çeker.
- Piliç, kobay, rat, köpek, tavşan ve maymunlarda oldukça özel deri bozuklukları görülür; pullu deri yangısı, alopesi ve sebore dikkat çekicidir.
- Hayvanlarda adeta zırhla kaplanmış bir durum alırlar.
- Biotin noksanlığı halinde kanatlılara hayvan başına günde 0.1 mg miktarda verilir.
- Koruyucu olarak kanatlı yemlerine 0.075 mg/kg miktarda katılır.

Kolin

- Yumurta sarısı, karaciğer, maya, böbrek, kalp, buğday ve soyada fazla miktarlarda bulunur.
- Vücuttaki lesitin fosfolipidlerinin yapısına girdiğinden, vücudun her tarafında koline rastlanır.
- Ak'in sentezine de girer.
- Kolin bitartarat, -dihidrojen sitrat, -glukonat ve -klörür tuzları halinde bulunur.

- Yemlerde hayvanların ihtiyacını karşılayabilecek miktarlarda kolin bulunur.
- Yağ oranı düşük fazla miktarda tahılların verilmesi halinde kolin noksanlığı ile karşılaşılabilir.
- Sindirim kanalı ve parenteral uygulama yerlerinden iyi emilir.
- Tüm vücuda dağılır ve karaciğerde önemli miktarlarda birikir.
- Bir kısmı değişmemiş, bir kısmı da trimetilamine çevrilerek tüm atılma yollarıyla çıkarılır.
- Vücutta birçok görevi vardır; fosfolipidlerin yapısına girer, karaciğerden yağın salıverilmesine sebep olur, metil vericisi olarak iş görür, uçucu yağ asitleri ve Ak'in sentezine girer.
- Noksanlığında; karaciğer yağlanması, tibio-tarsal eklemden şişme (perozis) ve şekil bozukluğu dikkat çeker, gelişme geriliği, verim azalması ve üreme gücünde zayıflama görülür.
- En önemli kullanım yerlerini süt humması, ketozis ve karaciğer yağlanması oluşturur.
- Sığırlara ağızdan 25-50 g ve DA yolla 25 g miktarda verilir.
- Köpeklere 44 mg/kg dozda uygulanır.

İnozitol (Bios I)

- Tüm hayvansal ve bitkisel besinlerde bulunur.
- Sentetik olarak da hazırlanmıştır.
- Glikozun izomeridir; optikçe etkin bir çift stereo-izomeri ve etkin olmayan 7 izomeri vardır.
- Optikçe etkin olmayan miyo-inozitol beslenme bakımından önem taşır.
- Evcil hayvanlarda inozitola duyulan ihtiyaç bakımından yeterli bilgi yoktur.
- Balıklarda yeme 400 mg/kg katılır veya 18-20 mg/kg ca miktarda kullanılır.
- Ağızdan verildikten sonra inozitol sindirim kanalından iyi emilir.
- Vücutta hızla glikoza çevrilir; bunun tersi de söz konusudur.
- Beyin, kalp ve iskelet kasında 4-16 mg/g miktarlarda bulunur.
- İdrarla az miktarlarda çıkarılır.
- Etkileri yönünden kısmen koline benzer.
- Hücre zarı fosfolipidlerinde fosfatidil inozitol şeklinde ve plazma lipoproteinlerinde bulunur; bunlardan ilki vücuttaki birçok doku ve hücrelerde ikinci-haberci olarak iş görür.
- Karaciğerden yağların salıverilmesine yol açıcı etkisi de vardır.
- İnozitol kaynaklarının çeşitliliği, sindirim kanalındaki bakteriler ve vücutta sentezlenebilmesi sebepleriyle, hayvanlarda inozitol noksanlığı pek görülmez.
- Noksanlık hallerinde ise gelişme geriliği, alopesi, karaciğer yağlanması ve süt veriminde azalma görülebilir.
- Hayvanlarda belli bir kullanım yeri yoktur.
- Karaciğer sirozu ve yağlanması hallerinde insanlara ağızdan günde 1-3 g miktarlarda verilir.
- Fare yemlerinde 100 mg/kg miktarda bulunur.

Para-amino benzoik asit (PABA, Vitamin H')

- Hayvan ve bitki dokularında yaygın şekilde bulunur; karaciğer ve maya en zengin kaynaklarıdır.
- Oldukça dayanıklıdır; ama, ışık karşısında yavaş yavaş kararır.
- PABA esasta folik asitin sentezine giren bir maddedir. Folik asit memeliler tarafından sentezlenemez; hayvanlar tarafından dışarıdan hazır alınır. Bakterilerce sentezlenmiş folik asitten faydalanırlar. Dışarıdan besinlerle alınan PABA sindirim kanalındaki bakteriler tarafından folik asitin sentezinde kullanılır.
- PABA ağızdan ve parenteral olarak verince iyi emilir.
- Hayvanın vücudunda genellikle asetillenerek ve glisinle birleştirilerek (para-amino hipurik asit halinde) metabolize edilir.
- İki ürün de idrarla çıkarılır.
- Folik asitin sentezine girmesi dışında PABA'nın fizyolojik önemi yoktur.
- Yerel anesteziklerin yapısına girer ve sülfonamid antagonisti olarak etkir.
- PABA bakımından yetersiz yem yiyen hayvanların kollarında ağarma dikkat çeker; bu durum PABA sağaltımına oldukça iyi cevap verir.
- PABA beslenmeden ziyade, kemoterapi bakımından önemli bir maddedir.

Karnitin (Vitamin B₇)

- Bitkilerde çok az bulunur.
- En zengin kaynakları hayvan etleridir (koyun-kuzu eti 75-200 mg/100 g, sığır eti 60 mg/100 g gibi).
- Vücutta lizin ve metiyoninden hareketle sentezlenir; temel bir vitamin olarak nitelenmez.
- (+) ve (-)-izomerleri halinde bulunur; vücutta sadece (-)-şekli hazırlanır ve etkin olanı da budur.
- Suda çözünür ve son derece nem çekicidir.
- (-)-karnitin doyurulabilir bir mekanizmayla hemen tümüyle ince bağırsaklardan emilir.
- Hücrelere de etkin taşımayla girer; (+)-şekli, (-)-şeklinin hem taşınması hem de hücrelere girişini bozar.
- Plazmada normal olarak 20-70 µM/L karnitin bulunur.
- Vücutta özellikle iskelet kaslarında birikir; buralardaki miktarı plazmadakinin 40-50 katına çıkar.
- Vücutta çok az BT'a uğrar.
- İdrarla asilkarnitin metabolitleri halinde atılır; esterleşmemiş karnitin böbrek tubüllerinden büyük ölçüde (%90) geri emilir.
- Karnitin yağ asitlerinin yükseltgenmesi için önemlidir; enerji üretiminde β-yükseltgenmeye maruz kalması için asilkoenzim-A'nın stoplazmadan mitokondrionlara taşınmasına katılır.
- Vücutta bilhassa sitozol ve mitokondrionlarda yerleşmiş birçok karnitin asiltransferaz (karnitin asiltransferaz I, II gibi) vardır.
- Karnitin şekerli-niştastalı maddelerin erobik metabolizmasını kolaylaştırır, oksidatif fosforilasyonu hızlandırır ve bazı organik asitlerin atılmasını teşvik eder.
- Keton cisimlerinin kullanılmasına katılır.
- Bitkisel besinler karnitin ve karnitin öncüsü maddeler bakımından noksanıdır.
- Et yemezler dışında karnitin eksikliği ile pek karşılaşılmaz.
- Eksikliği durumunda da vücutta özellikle yağ metabolizması etkilenir.
 - Yağ; kalp ve iskelet kaslarında depolanır; bu durumun bir sonucu olarak kas güçsüzlüğü, karaciğer görevinde bozulma, keton cisimlerinin şekillenmesinde bozulma, açlık kan şekeri düşme oluşur.
- Karnitin noksanlığı ile giden olaylarda kullanılır.
- İnsanlara ağızdan günde 1-2 g, DI yolla 40-100 mg/kg,
- Çocuklara ağızdan 100 mg/kg miktarda verilir.

Vitamin B15 (Pangamik asit)

- Dimetilglisin (DMG) ve glukonik asit esteridir.
- Tahıllarda (buğday, pirinç gibi), ayçiçeği, kabak çekirdeği, mayalı içeceklerde bulunur.
- Güneş ışığı ve suda etkisini kısmen kaybeder.
- Vücutta esasta metil-grubu vericisi olarak etkir; bu özelliği ile metiyonin gibi amino asitlerin sentezine girer.
- Glikozun hücre içinde kullanılmasında ve hücre solunumunda iş görür.
- Vitamin E gibi, yükseltgenmeyi önleyici etkilidir.
- Yükseklik, fiziksel güç gerektiren, oksijen eksikliği veya noksanlığı gibi durumlara, özellikle kalp ve beyin olmak üzere, vücudun direncini artırır; bilhassa atletlet tarafından çok kullanılır.
- Karaciğer, koroner damarlar, kalp kası gibi yerler için koruyucu etkilidir.
- Hormonal sistem ve sinir sistemi için hafif uyarıcıdır.
- İnsanlarda günde 100-300 mg miktarlarda 3 gün süreyle kullanılır.

Kuru maya

- Zengin protein (%45), şeker-niştastalı madde (>%35) ve B vitamini kaynağıdır.
- Genellikle kanatlılarda yemden yararlanmayı artırmak, köpek ve kedilerde tonik olarak kullanılır.
- Köpek ve kedilere 7.5-15 g/gün (2.4-4.8 mg nikotinik asit, 0.8-1.6 mg tiamin, 0.32-0.65 mg riboflavin eşittir) miktarlarda kullanılır.
- Kanatlı yemlerine %3-5 oranlarında (30-50 g/kg yem) katılarak devamlı verilir.

Konu 49. MİNERAL MADDELER

Süresi: 45 dk

Prof. Dr. Sezai KAYA

- Mineral maddeler hayvanların sağlıklı gelişmeleri, büyümeleri, üremeleri, verimlilikleri için gerekli temel besin unsurlarındandır.
- Vücutta şekillenmezler; hepsi de su veya besinlerle dışarıdan alınırlar.

Minerallerin vücuttaki başlıca görevleri

- Mineral maddelerin vücutta çok sayıda ve önemli görevleri vardır.
 - Bazıları (kalsiyum ve fosforda olduğu gibi) vücudun kuruluşuna girerler.
 - Bazıları (kalsiyum ve magnezyum) sinir iletiminde,
 - Bazıları (kalsiyum gibi) kanın pıhtılaşmasında,
 - Bazıları (iyot gibi) hormon sentezinde,
 - Bazıları (çinko, bakır, manganez, selenyum gibi) enzimlerin yardımcı-faktörü olarak iş görür,
 - Bazıları (kobalt gibi) vitamin sentezine,
 - Bazıları (demir gibi) da stokrom oksidaz ve Hb'in yapısına girerler.

Noksanlık

- Mineral madde noksanlıklarında hayvanlar başlıca aşağıdaki etkiler görürler.
 - Normal gelişme, büyüme ve fizyolojik olaylar yavaşlar.
 - Verim düşer.
 - Üreme yeteneği zayıflar.
 - Hatta ölüm oluşur.

Vücudun ihtiyaç duyduğu mineraller

- Hayvanlar; yedisine (fosfor, kalsiyum, klor, kükürt, magnezyum, potasyum, sodyum) fazla miktarda, genellikle 17 mineral maddeye ihtiyaç duyulur.
- Bunlardan ilk gruptakiler makro-elementler, diğerleri iz-elementler diye bilinir.

Makro-elementler

Fosfor, kalsiyum, klor, kükürt, magnezyum, potasyum, sodyum

Kalsiyum ve Fosfor

Kaynakları

- Kalsiyum yer kabuğunda en fazla karşılaşılan 5nci elementtir.
- İkisi de bitki, toprak ve sularda yaygın şekilde bulunur.
- Kuru otta tahıllardan, baklagil kuru otunda çayır otundakinden daha fazla kalsiyum bulunur. Tahılların tümü kalsiyum bakımından fakirdir.
- Tahıllarda kuru ottakinden daha çok fosfor mevcuttur; en zengin fosfor kaynakları kepek (%1.1) ve pamuk tohumu küspesi (%1)'dir.
- Yemlerdeki fitik asit (inositol hekzafosfat), başta kalsiyum, magnezyum, çinko, demir olmak üzere, 2 ve 3 değerli mineralleri bağlayarak çözünmeyen bileşikler oluşturur.
- Yemlerde bulunan okzalit ve bazı asitler de benzer etkilidir.

Kalsiyum ve fosfor ihtiyacı

- Hayvanlar ihtiyaçları olan kalsiyum ve fosforu genellikle yemlerinden sağlar.

Farmakokinetik

- Besinlerle alınan kalsiyumun çoğu öncelikle ince bağırsakların ön kesiminden emilir.
- Fosfor emilmesi bazı hayvan türlerinde ince,atta öncelikle kalın bağırsaklardan olur.
- Kalsiyum sindirim kanalından etkin taşımayla emilir.
 - Etkin vitamin D (1,25-dihidroksivitamin D) doğrudan rol oynar.
 - Vitaminin kontrolünde sentezlenen CaBP emilmeyi gerçekleştirir.
 - Vitamin fosforun emilmesini de artırır.
- Vücuttaki kalsiyumun çok önemli bir kısmı (%99) kemik ve dişlerde bulunur.
 - Az miktarda HDS (1 mM veya 4 mg/100 ml), çok az miktarda HİS'da (0.1 mM veya 0.4 mg/100 ml) bulunur.
- Hayvanların çoğunda plazmadaki kalsiyum miktarı 9-11 mg/100 ml veya 5 mEq/L'dir.
 - Kalsiyumun yaklaşık yarısı iyonize (Ca^{++}), %45'i, başta albümin olmak üzere, plazma proteinlerine bağlı halde, az bir kısmı da diğer maddelere (sitrata, fosfat gibi) bağlı halde anyonik tampon şeklinde bulunur.
 - İyonize kalsiyum birçok fizyolojik (sinir uyarısının geçişi gibi) olayın gerçekleşmesinden sorumludur.
- Vücuttaki fosforun %80-85'i kalsiyumla birlikte kemik ve dişlerde bulunur; kalanı organik yapıda (NaH_2PO_4 ve $NaHPO_4$) olup, vücudun her tarafına dağılmıştır.
 - Plazmadaki inorganik fosfor miktarı 2-8 mg/100 ml arasında değişir.
 - Süt hummasında serumdaki inorganik fosfor seviyesi 1.5-3 mg/100 ml'ye düşer.
- Gelişmekte veya büyümekte olan hayvanlarda plazmada yeteri ölçüde yüksek yoğunlukta bulduklarında, kalsiyum ve fosfor kemiklerde depolanırlar.
- Vitamin D ve PTH plazmadaki kalsiyum ve fosfor düzeyini yükselterek kemikleşmeyi hızlandırır.

Etkileri

- Kalsiyum kemiklerdeki kristal hidroksi-apatitin önemli bir iyonudur.
- Kalsiyum; sinirlerde uyarının geçişi, kasların kasılması, hücre-içi haberleşmenin sağlanması, kanın pıhtılaşmasında rol oynar.
- Fosfor; lipid ve proteinlerle ester bileşikler yapar; bu maddeler birçok enzim sisteminde görev yapar.

Noksanlığı

- Kalsiyum ve fosfor metabolizmasının bozulması veya artan ihtiyacın (büyüme, sağım gibi) karşılanamaması durumunda oluşan noksanlık hallerinde (plazma kalsiyum seviyesi <3 mEq/L); süt hayvanlarında doğum humması, gençlerde raşitizma, yaşlılarda osteomalasi diye bilinen hastalıklar ortaya çıkar.
- Kanın pıhtılaşması ve sinirsel uyarının iletilmesi bozulur.

Kullanılması

- Kalsiyum ve fosfor yukarıda belirtilen durumlarda sağaltım veya korunma için kullanılır. Mineral sağaltımıyla birlikte vitamin D de her zaman düşünülmelidir.
- Doğumdan önce 3-8 gün süreyle ağızdan günde 20-30 milyon Ü (veya 500-750 mg) vitamin D verilmesi, yaşlı kemiklerden kalsiyumun salıverilmesine yol açarak, plazma kalsiyum seviyesini yükseltir ve hastalık sıklığını azaltır. 0.35-0.5 mg/hayvan miktarlarında 1,25-(OH) $_2$ D $_3$ veya 1 α -hidroksikolekalsiferol de yararlıdır.

- Yukarıdaki tedbirlerin alınmaması veya alınıp ta yetersiz kalmaları durumunda oluşan doğum hummasının sağaltımı için Dİ yolla kalsiyum uygulamalarına başvurulur.
 - Sığır, koyun ve keçilere kalsiyum noksanlıklarında, kalsiyum glukonat ve kalsiyum boroglukonatın %20, 25, 33 ve 50'lik çözeltileri, Dİ yavaş infüzyonla, 150-250 mg/kg veya 10-20 mg Ca/kg dozda (toplam 8-12 g Ca) başarıyla kullanılır.
 - %23'lük çözeltiden;
 - Sığırlara 600-800 ml,
 - Atlara 250-500 ml,
 - Koyun ve keçilere 50-150 ml verilmesi yeterlidir.
 - Bu uygulamaya hayvanlar kısa sürede cevap verir.
 - 5-8 saat içinde ayağa kalkamayanlarda, durum yeniden değerlendirilir ve kalsiyum sağaltımı tekrarlanır.
- Kalsiyum noksanlığı halinde atlarda da sığırlardakine benzer uygulama yapılır.
- Kanatlılarda da Dİ yavaş enjeksiyonla 50-100 mg/kg dozlarda kullanılır.
- Köpek ve kedide %10 kalsiyum boroglukonat çözeltisinin kullanılması tavsiye edilir.
 - Bunlarda 50-150 mg/kg veya 0.5-1.5 ml/kg dozlarda ve 10-30 dk hızda verilir.
 - Uygulama 6-8 saat aryla tekrarlanabilir.
- Kalsiyum DDT ve karbontetraklorür zehirlenmelerinin sağaltımında da kullanılır.

Butafosfan (Butaphosphan)

- Organik fosfor bileşimidir; 100 mg'ı 17.3 mg fosfora eşdeğerdir.
- Fosfor eksikliğinde kullanılır.
- Protein sentezini artırır, kemiklerin gelişmesini hızlandırır, bağıışıklığı güçlendirir.
- At, sığır ve domuzlarda parenteral yollarla 2.5-5 mg/kg, buzağılarda 5-10 mg/kg, kanatlılarda içme suyuna 100-300 mg/L miktarlarda katılarak kullanılır; gerekikçe günlük olarak tekrarlanır.

Toldimfos (Tonofosfan)

- Organik fosfor bileşimidir; 100 mg'ı 14 mg fosfora eşdeğerdir.
- Sodyum tuzu şeklinde bulunur.
- Etki şekli tam bilinmemektedir.
- Doğum ve doğum-öncesi dönemli ilgili hastalıkların, genç hayvanlarda beslenme ve gelişme bozuklukları, kemiklerde gelişme bozuklukları, fosfor, kalsiyum, magnezyum metabolizması bozukluklarında karşılaşılan tetani, felç gibi durumların önlenmesi ve sağaltımı için kullanılır.
- Hayvanlarda (at, sığır, koyun, keçi, domuz gibi) parenteral yollarla 10 mg/kg dozda kullanılır; uygulama 10 keze kadar tekrarlanabilir.

Magnezyum

Kaynakları

- Yer kabuğunun oluşumuna katılan ve en çok rastlanan 7nci elementtir; topraktaki miktarı 23 g/kg dolayındadır.
- Bitkiler, baklagiller ve çayır otlarında genellikle >1 g/kg magnezyum bulunur.
- Bazı durumlar dışında, hayvanlarda pek noksanlığı görülmez.

Magnezyum ihtiyacı

- Sağılanların dışındaki hayvanların yemlerinde ≥ 600 mg/kg magnezyum bulunduğunda, günlük ihtiyaçları hemen hemen karşılanır.
- Süt hayvanı yemlerinde 2000 mg/kg magnezyum bulunmalıdır.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalından az emilir; dolaşıma geçen iyon tüm vücuda dağılır.

- Başlıca HİS iyonudur (normal değerleri 5-30 mEq/L).
- Plazmadaki seviyesi HİS'dakinin 1/10'u kadardır. Plazmadaki magnezyumun 1/3 kadarı proteinlere (%25'i albumin, %8'i globulin) bağlıdır.
- Vücutta önemli bir kısmı (%60-70) kemiklerde bulunur. Kalanın önemli bir kısmı, özellikle çizgili kaslar olmak üzere, HİS'da, %1 kadarı da HDS'da bulunur.
- Vücudu büyük ölçüde idrarla terk eder.

Etkisi

- Vücuttaki önemi henüz tam bilinmemektedir.
- ATP üretimini veya kullanılmasına giren tüm enzimatik tepkimlerde magnezyum yardımcı-faktör olarak iş görür.
- Sinir uyarısının iletilmesinde ve nöro-musküler kavşaklardan geçişinde rol oynar.

Noksanlığı

- Gevişenlerde karşılaşılan önemli metabolik hastalıklardan birisidir.
- Normalde plazmada 1.5-2.2 mEq/L arasında magnezyum bulunur. <1.2 mEq/L'de özellikle çizgili kas ve kalp-damar sistemi bozuklukları ile giden noksanlık belirtileri (kas güçsüzlüğü, tetani, seyirme, tremor, çirpınmalar, koma gibi) ortaya çıkar.
- Bu durum esasta toprak, bitki, hayvan ve çevre arasındaki etkileşme sonucu ortaya çıkar.

Kullanılması

- Başlıca çayır tetanisinin önlenmesi ve sağaltımı için kullanılır.
- Toprağında düşük düzeyde magnezyum bulunan bölgelerde, toprağın magnezyum bakımından zenginleştirilmesine (3-4 kg magnezyum oksit/hektar) başvurulabilir.
- Çayır tetanisi genellikle yoğun beslemenin uygulandığı işletmelerde görülür.
 - Hayvanların meraya çıkmasına 2-4 hafta kala başlanarak, tüm ilkbahar boyunca hayvanlara günde 50-60 g magnezyum oksit yedirilmesi önerilir.
- Hayvanlarda ortaya çıkan tetaninin sağaltımında %20 magnezyum sülfat çözeltisinden 200-300 ml veya 100-200 g kalsiyum-magnezyum boroglukonat (%23 kalsiyum boroglukonat ve %6 magnezyum klorür ile hazırlanır) kullanılabilir.

Sodyum ve Klor

- Sodyum, toprak, bitki ve sularda yaygın şekilde bulunur. Noksanlığından ziyade, fazlalığı zaman zaman problem olan bir elementtir.
- Sodyum vücut sıvılarının son derece önemli katyonudur. HDS iyonudur; yoğunluğu hayvan türüne göre 132-156 mEq/L arasında değişir. HİS'daki miktarı <5 mEq/L'dir. Sodyumun fazla alınması durumunda, plazmadaki sodyum yoğunluğu >150 mEq/L'dir.
- Vücutta sodyum dengesinin sağlanması ve sürdürülmesinde renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi önemli rol oynar.
- Tuzun eksikliği kadar fazlalığı da önemlidir. Bazı hayvan türleri için içme suyunda bulunacak en yüksek sodyum miktarı (sodyum klörür, tuz olarak) %0.5-1.7 arasındadır.
- Hayvan yemlerinde %0.5 tuz bulunması ihtiyacın karşılanması için yeterlidir. Sığırlar için kuru ağırlık esasına göre yemlerde %0.06-0.1 sodyum yeterlidir.

- Sodyum genellikle tuz veya yemek tuzu şeklinde bulunduğundan, klorla birlikte düşünlür. Klor yemlerde %0.02-0.1 arasında bulunmalıdır. HDS'nin önemli anyonudur; normal olarak 102-110 mEq/L arasındadır.

Potasyum

- HİS'nin önemli bir katyonudur. Burada 145-150 mEq/L arasında bulunur.
- Plazmadaki (HDS) miktarı 3.5-5 mEq/L'dir. Plazmadaki potasyum miktarı <2.5-3 mEq/L ise (sürgün, açlık esnasında olduğu gibi), ciddi eksiklik belirtileri (genel güçsüzlük, gelişme geriliği, kalpte atım düzensizlikleri ve ölüm gibi), >6 mEq/L olduğunda zehirlenme belirtileri dikkat çeker.
- Yemde normal potasyum seviyesi gevişenler için %0.5'dir. Yemdeki potasyum seviyesi \leq %0.4 olduğunda yukarıdaki belirtiler ortaya çıkabilir.

Kükürt

Kaynakları

- Kükürt ve kükürt tuzları toprak ve sularda yaygın şekilde bulunurlar.
- Gevişenler içme suları ile günlük ihtiyaçlarının genellikle %10-45'ini sağlayabilirler.
- İnorganik kükürt bulunduğu, rumendeki bakteriler bundan kükürtlü amino asitleri sentezleyebilirler.

Kükürt ihtiyacı

- Gevişenlere ve atlara üre vb azotlu maddeler verildiğinde, protein kaynaklı olmayan kükürt de sağlanmalıdır. Bunlar arasında doğrudan bir ilişki mevcuttur. Bir kural olarak, yemlerdeki azot seviyesinin % 10'u oranında kükürt bulunmalıdır.
- Yemlerde bulunacak kükürt miktarı 2000 ppm dolayında olmalıdır.

Etkisi

- Vücutta, özellikle organik şekilde, kükürtlü amino asitler (metiyonin, sistein, sistin, taurin gibi) ve enzimler için gereklidir.
- Ko-enzim A, biotin ve mukopolisakkaridlerin yapısına girer.
- Bazı hormonların (insülin gibi) yapısında da bulunur.
- Sülfidril grupları ya doğrudan taşıyıcı olarak (glutasyonda olduğu gibi) ya da bazı olayların gerçekleştirilmesinde (elektron taşınması gibi) aracı olarak görev yaparlar.
- Fibröz proteinlerin (kondroitin sülfat, glikozaminoglikanlar gibi) yapısal özellikleri iki-kükürtlü köprülerden ileri gelir.
- Birçok enzim ve hormonun (insülin gibi) biyolojik etkinliği iki-kükürtlü bağlara bağlıdır.

Noksanlığı

- Kükürt veya kükürtlü amino asitlerin noksanlığı hayvanlarda gelişme geriliği ve verimde azalma dikkat çeker.

Kullanılması

- Gevişenlerin yemlerine protein kaynaklı olmayan azot katıldığında, yukarıda belirtilen miktarlarda, kükürt de ilave edilmelidir.
- Bu amaçla, elementer kükürt veya tuzları (sülfat gibi) ya da metiyonin gibi organik sülfatlar kullanılabilir.

İz-elementler

Bakır, çinko, demir, flor, iyot, kobalt, krom, manganez, molibden, selenyum

Bakır

Kaynakları

- Toprakta en çok rastlanan 26ncı elementtir; topraktaki miktarı 55 ppm dolayındadır.
- Bitkilerde hayvanların ihtiyacını karşılayacak miktarlarda (8-10 ppm) bulunur.
- Ülkemiz de dahil, dünyanın pek çok yerinde bu element bakımından fakir topraklar mevcuttur.

Bakır ihtiyacı

- Kuru ağırlık esasına göre yemlerde 8-10 ppm arasında bakır bulunması, hayvanların çoğunda noksanlığı önlemek için yeterlidir. Koyunlarda 5 ppm'i yeterlidir.
- Aralarında ters etkileşme olması sebebiyle, toprağı molibden yönünden zengin bölgelerde otlayan hayvanlarda bakır ihtiyacı normalin 3-4 katıdır.
- Çinko, demir ve kalsiyum ile de benzer (ters) etkileşme söz konusudur.
- Sütte çok az miktarda bakır bulunur. Sadece sütle beslenen hayvanlarda, bakırlı katkı maddeleri ile desteklenme yapılmalıdır. Koyun sütünde normal olarak 20-60 µg/100 ml miktarlarda bulunur.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalından çok sınırlı olarak emilir; emilmenin çoğu ince bağırsakların ön kısmında gerçekleşir.
- Dolaşımında bakır karaciğer tarafından tutulur ve bazı doku proteinlerine karışır. Karaciğerdeki miktarı 20-100 mg/kg arasında değişir.
- Plazmadaki bakırın çoğu (>%95), seruloplazmin diye bilinen α -globülin oksidaz şeklindedir.

Etkisi

- Bakır temel iz elementlerdendir.
 - Demir metabolizması, yeni doğanlarda miyelinin oluşması, kemiğin şekillenmesi, bağ doku metabolizması, deri veya kılların renginin oluşmasına doğrudan girer.
 - Stokrom oksidaz ve aromatik amino asitlerin metabolizmasına giren birçok enzimde (tirosinaz, dopamin hidroksilaz, MAO gibi) yardımcı-faktörü olarak görev yapar.
 - Bağ dokuda elastinin sentezine giren lisil oksidazın yardımcı-faktörüdür.
 - Hemen tüm hücrelerde bulunan bakırlı proteinler (kupreinler) süperoksid dismutaz (SOD) etkinliği gösterir.
 - Seruloplazmin, ferooksidaz olarak görev yapar; demirin taşınması ve depolanması bakımından önemlidir.

Noksanlığı

- Dolaşım ve karaciğer depolarındaki bakırın tükenmesi sonucu bakır noksanlığı ile karşılaşılır. Vücudun hemen tüm sistemleri (kıl, kemik iliğı, kan, bağ doku, kalp-damar, sinir sistemi, üreme, bağışıklık, pankreas gibi) az-çok etkilenir.
- Bakır noksanlığı bulunan gevişenlerde omurilikte miyelin kaybı ve beyinde nekrozla kendini gösteren enzootik ataksi diye bilinen bir noksanlık hastalığı ortaya çıkar.
- Kemiklerde kollajen ve damarlarda elastin sentezi bozulur.
- Bağışıklık sistemi yetmezliği dikkat çeker.

Kullanılması

- Bakır noksanlığı olan bölgelerde hayvanlara verilecek tuza %0.25-2 bakır sülfat katılır.
- Toprak bakır bakımından zenginleştirilebilir (5-6 kg bakır sülfat/hektar).
- Ağızdan bakır sülfat verilerek de (yeme 5-8 ppm arasında katıldıktan sonra) koruyucu uygulamalara başvurulur.
- Sağaltım için organik bakır bileşiklerinin (bakır methionat, bakır kalsiyum-EDTA "bakır kalsiyum edetat", bakır glisinat gibi) kullanılması tercih edilir.
 - Herhangi bir bakır bileşiği için bakırın dozu sığırlarda 50-400 mg, koyunlarda 45-150 mg arasındadır.
 - Tek doz halinde uygulanan bakır glisinat 60-90 gün süreyle yeterlidir; bu amaçla bakır olarak yetişkin etçi sığırlara 120 mg, buzağı-danalara 60 mg verilmesi önerilir.
- Doğumu takiben buzağılara uygulanan 50 mg bakır 6 hafta koruyucu etki oluşturur.
 - Noksanlığı halinde ortaya çıkan sürgün ağızdan 10 mg bakırla 12 saat içinde giderilebilir.
- Bakır eksikliği sebebiyle oluşan kısırılık durumu çiftleşmeden önce yapılan bakır uygulamasıyla büyük ölçüde giderilebilir; doğumdan hemen önce yapılacak uygulama da yeni doğan yavruda eksikliğin önlenmesi bakımından faydalı olmaktadır.
- Koyunlara gebeliğin ortasında uygulanan 45 mg bakır glisinat kuzularda noksanlığın önlenmesinde son derece yararlıdır.

Çinko

Kaynakları

- Yer kabuğunun oluşumuna katılan elementlerden birisidir; toprakta ortalama 70 ppm miktarda bulunur.
- Çinko hayvan ve bitkilerde bulunur. Süt ve balık unu başta olmak üzere, hayvansal besinlerde fazla miktarlarda mevcuttur. Besinlerdeki normal değerleri 1-100 ppm arasındadır; tarım ürünlerindeki miktarı 100 ppm'i geçebilir.

Çinko ihtiyacı

- Hayvan yemlerinde 20-80 ppm arasında çinko bulunmalıdır.
- Yemlere en fazla 250 ppm'e kadar katılabilir.
- Kalsiyum ve fitik asit çinko ihtiyacını artırır.

Farmakokinetik

- Sindirim kanalından iyi emilmez; emilme oranı vücudun ihtiyacına bağlıdır.
- Dolaşıma geçen çinko tüm vücuda dağılır.
- Özellikle kas, kıl, yün, erkek üreme organı sıvıları ve Tapedum lusidum'da fazla miktarda bulunur.
- Pankreas salgısında da fazla miktarda mevcuttur.
- Birçok iz elementle etkileşir; demir ve bakır çinkonun emilmesini azaltır.

Etkisi

- Çinko vücutta ihtiyaç duyulan temel iz elementlerden birisidir.
- Çok sayıda enzimin (karbonik anhidraz, alkol dehidrojenaz, RNA polimeraz, alkalın fosfatazın da aralarında bulunduğu 200 dolayında enzim) yapısına girer.
- RNA sentezi için gereklidir.
- Vücudun normal gelişmesi ve onarımı için çinkoya ihtiyaç duyulur.

- Hücre zarlarının bütünlüğünü koruması ve nükleik asitler için gereklidir.
- Cinsel olgunlaşma ve üreme, hücre gelişmesi ve bölünmesi, görme, yara iyileşmesi, bağışıklık sistemi için de gereklidir.

Noksanlığı

- Çinko noksanlığında hayvanlarda gelişme geriliği oluşur.
- Epitel hücrelerin metabolizması bozulur. Sığır ve domuzlarda deri ve yemek borusundaki epitel hücrelerin keratinleşmesi ile kendini gösteren parakeratoz gelişir.
- Boynuz, kıl, tüy gibi diğer keratinli yapılarda da şekil bozuklukları ortaya çıkar.
- Yaraların iyileşmesi gecikir ve üreme bozulur.

Kullanılması

- Parakeratozlu bozukluklar çinkolu merhem ve losyonlara iyi cevap verir.
- Tedbir olarak hayvan yemlerine 30-45 ppm arasında çinko katılmalıdır.
- Yağlı çinko oksit çözeltisinden KI yolla koyunlara 200 mg, kuzulara 50 mg miktarda çinko uygulanması 2 ay içinde iyi sonuç verir.

Demir

Kaynakları

- Yer kabuğunun oluşumuna katılan temel elementlerden birisidir; topraktaki miktarı 50-60 g/kg arasındadır.
- Yem ve bitkilerde hayvanların günlük ihtiyacını karşılayabilecek miktarlarda bulunur.
- Başta karaciğer olmak üzere, et ve ürünleri de fazla miktarda demir ihtiva eder.

Demir ihtiyacı

- Normal şartlarda hayvanlarda demir noksanlığı pek görülmez.
- Evcil hayvanların çoğu için günlük demir ihtiyacı tam bilinmemektedir. Yemlerde 40-100 ppm demir hayvanların ihtiyacını karşılamaya yeterlidir.
- Yemlerde bulunacak en fazla demir miktarı 1250 ppm'dir.

Etkisi

- Hb'in önemli bir kısmına oluşturur. Birçok enzimin (stokrom oksidaz gibi) yapısına girer.

Noksanlığı

- Normal şartlarda hayvanlarda demir noksanlığıyla pek karşılaşılmaz; olduğu zaman da hipokromik-mikrositik anemi görülür. Etkilenen hayvanlar kolay yorulur, güçleri zayıflar.

Kullanılması

- Aneminin önlenmesi veya sağaltımı için ağızdan veya parenteral yollarla demir tuzları (demir sülfat, -fumarat, -glukonat gibi) kullanılır.
- Bunlardan demir sülfat ağızdan köpeklere 300 mg/kg/gün, kedilere 50-100 mg/gün miktarlarda verilir.
- Süte ilaveten, buzağı ve kuzulara ot ve yem verilmesiyle beraber, 5.5 mg/kg dozda demir-dekstran bileşiğinin verilmesi çok faydalıdır.

İyot

Kaynakları

- Bitki, toprak ve sulara bulunur.
- Bitkiler, otlar ve samandaki miktarı tahıllardakinden daha yüksektir.
- Ülkemiz de dahil, dünyanın pek çok bölgesinde toprak ve sularında iyot noksanlığı bulunan, yer yer önemli problemlere yol açan bir elementtir.

İyot ihtiyacı

- Hayvan yemlerindeki 0.1-0.5 ppm iyot günlük ihtiyaçlarını karşılamak için yeterlidir.
- İyodun tiroid bezi tarafından tutulmasını engelleyen maddelerin (nitrat, klorat, tiyosiyanat gibi) bulunmadığı durumlarda 0.1 ppm iyot bile yeterlidir.
- Hayvanlara genellikle 70 ppm iyot ihtiva eden tuz veya yalama taşlarının verilmesiyle iyot ihtiyacı karşılanabilmektedir.

Etkisi

- İyot, tiroid bezi hormonlarının (T3, T4) sentezine girer.

Noksanlığı

- İyot noksanlığı tiroid bezi hormonlarının noksanlığına ve sonuçta vücudun tüm görevlerinde azalmaya yol açar. Protein, yağ ve şekerlerin metabolizması yavaşlar, MSS'nin görevi bozulur, hayvanlar durgunlaşır, gelişme geriler, üremeleri bozulur.

Kullanılması

- İyot noksanlığı olduğu bilinen bölgelerde yemlere iyotlu tuzların katılması veya hayvanların önünde sürekli olarak iyotlu yalama taşlarının bulundurulması tavsiye edilir.
- İyot KI enjeksiyonla da verilebilir; %40 bağlı iyot içeren yağlı çözeltiliden gebeliğin 3ncü ayından sonra koyunlara 1 ml verilmesi yeni doğmuş kuzularda ölüm ve guatrın oluşmasını önler.
- Ağızdan sığırlara 4 ml, koyunlara 2 ml miktarda 1 hafta arayla verilen iyot tentürü koruyucu etki için yeterli olmaktadır.

Kobalt

Kaynakları

- Yer kabuğunda en çok karşılaşılan 30ncu elementtir; toprakta 25 ppm dolayında bulunur.
- Kobalaminlerin yapısına girer.

Kobalt ihtiyacı

- Gevişenlerin yemlerinde bulunması gereken en düşük kobalt miktarı 0.1 ppm'dir; en yüksek güven sınırı 10 ppm'dir.
 - Kuru ağırlık esasına göre, <0.07 ppm kobalt ihtiva eden yemleri yiyen koyunlarda, <0.04 ppm kobalt içeren yemleri yiyen sığırlarda noksanlık belirtileri ortaya çıkabilir. Koyunlarda 0.08 ppm kobalt yeterlidir; kuzularda ihtiyaç 0.1 ppm dolayındadır.
- Hayvanlar, verilen kobalta hızla cevap verirler; 24 saat içinde kobalamin seviyesi yükselmeye başlar.
- Gevişenlerin dışındaki hayvanlar kobalaminleri genellikle dışarıdan hazır halde alırlar.
- Elementer kobalta pek ihtiyaç duymazlar; ama, bunların sindirim kanalında bulunan bakteriler de bir ölçüde vitamin sentezlenmektedir.

Etkisi

- Kobalaminlerin yapısına girer; böylece, aneminin önlenmesinde görev yapar.
- Rumen metabolizmasında kobalamin halinde önemli bir görevi vardır.
 - Rumende şekillenen ve en önemli glikojen kaynaklarından birisi olan propiyonik asitin karaciğerde glikoza çevrilmesine kobalamin gereklidir. Kobalt noksanlığında; propiyonik asit bu amaçla yeterince kullanılamaz.

Noksanlığı

- Gevişenlerde gelişme geriliği, ilerleyici şekilde iştahsızlık, zayıflama, büyüme, süt ve yapağı veriminde ileri derecede gerileme, son dönemde, sürgün, kısırılık, göz yaşı akıntısı ve kansızlık dikkat çeker. Hayvanlar zayıflar ve adeta bir deri-kemik kalırlar.
- Noksanlığın başlamasını takiben 3-12 ayda ölüm oluşabilir.

Kullanılması

- Yukarıda belirtilen noksanlık hallerinde koruyucu ve sağaltıcı olarak kobalt tuzları;
 - Yalama taşı, yem katkı maddesi, pelet şeklinde kullanılır.
 - Kobalt noksanlığı olan meralara kobalt tuzlarının serpilmesine de başvurulur.
- Kobalt; koyunlar için hazırlanan yalama taşlarına 150 mg/kg, sığırlar için hazırlanan yalama taşlarına 500 mg/kg miktarlarda katılır.
- Hayvanlara yutturulan kobalt peletleri (koyunlar için 3 g, sığırlar için 20 g) 3 yıla kadar koruma sağlayabilir.
- Koyunlara 0.1 mg/hayvan, sığırlara 0.3-1 mg/hayvan miktarda verilmesi yeterlidir. Kuzulara 300 mg/ay arayla verilecek kobalt ölümleri önleyebilir.
- Kİ yolla vitamin B12 de kullanılır.
 - Bir hafta arayla koyun ve kuzulara 0.1-0.3 mg miktarda verilmesi yeterli olur.
 - Vitamin B12 (hidroksikobalamin) kuzularda 14-40 hafta süreyle koruma sağlar.

Flor

- Tabiatta yaygın şekilde bulunur.
- Bazı su ve kayalar zengin flor kaynağıdır; fosfatlı kayalarda %3-4 flor bulunur; florospar (CaF_2), kriyolit ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$), spatit [$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$], topaz, taurmalin ve mikalar önemli flor kaynaklarıdır.
- Yemlerde yeteri miktarda flor bulunur; yemlerin flor bakımından desteklenmesine pek gerek yoktur.
- Çözünabilir flor bileşikleri (sodyum flörür, sodyum floroslikat gibi) sindirim kanalından çok iyi (%90), az çözünenler (kriyolit, florospar gibi) orta derecede (%60) emilirler.
- Sıvı halde veya toz, duman ve buhar halindeki flor veya hidrojen flörür (HF) solunum yollarından iyi emilir.
- Dolaşımında flor tüm vücuda dağılır; >%95'i diş ve kemiklerde kalsiyum florospatit halinde birikir. Tiroid bezi, aorta ve böbrekte de birikir.
- Vücudu büyük ölçüde idrarla terk eder; az miktarda ter, süt ve bağırsak salgısıyla da atılır.
- Dişlerin gelişmesi ve bütünlüğünü korumaları için gerekli bir maddedir.
- Saha şartlarında evcil hayvanlarda flor noksanlığına ilişkin her hangi bir problemle karşılaşmaz.

Krom

- Yer kabuğunda en çok rastlanan 21nci sıradaki elementtir; topraktaki düzeyi 100 ppm dolayındadır.

- Hayvan etleri, tahıllar ve bira mayasında vardır; etlerdeki miktarı 0.05-0.2 mg/kg arasındadır.
- Besinlerle alınması gereken kroma hayvanların günlük ihtiyacı bilinmemektedir.
- Vücutta nikotik asit, glutamik asit, glisin, sisteinden yapılmış küçük molekül ağırlıklı madde şeklinde görev yapar. Bu madde glikoza direnç faktörü diye bilinir; çevre dokularında glikozun kullanılması için insülinle birlikte gerek duyulur. Bu faktör bira mayasında bulunan üç değerli kromun (Cr-III) organik bir bileşimidir. Sülfidril grupları vasıtasıyla insülin ve insülin-reseptörleri arasındaki etkileşmeyi kolaylaştırır ve güçlendirir.
- Krom bakımından noksan yem yiyen hayvanlarda glikozun hücreleri girişi bozulur; şeker hastalığının belirtileri kötüleşir.
- Bu durum kromun ilavesiyle düzelir.
- Veteriner hekimlikte kromun önemi hakkında yeterli bilgi yoktur.
- Bilinen o ki, bazı bulaşıcı hastalıklarda glikoza direnç bozulmakta ve vücutta krom kullanılamamaktadır.

Manganez

- Yer kabuğunun oluşumuna katılan 12nci sıradaki elemettir; topraktaki miktarı 950 mg/kg dolayındadır.
- Besinlerin çoğunda değişik düzeylerde manganez bulunur.
 - Diğer iz elementlerin aksine karaciğerdeki seviyesi düşüktür.
- Hayvan yemlerinde bulunması gereken manganez miktarları 20-60 ppm arasındadır.
- Yemlere katılabilecek en fazla manganez miktarı 250 ppm'dir.
- Başlıca metabolik görevi kıkırdak dokunun temel unsuru olan mukopolisakkarid kondroitin sülfatın şekillenmesiyle ilgilidir.
- Prüvik karboksilaz (prüvatin okzalasetata çevrilmesine aracılık eder), diğer bazı enzimlerin (SOD gibi) yapısına da girer.
- Kanatlıların dışındaki hayvanlarda normal şartlarda manganez noksanlığı görülmez.
- Gelişme dönemindeki kanatlılarda karşılaşılan noksanlık hali perozis (tibia-tarsal ekleme şişme) olarak bilinir.
- Özellikle fazla miktarda mısır ve balık unu katılmış yemler (kanatlı yemleri) manganez bakımından desteklenmelidir.

Molibden

- Toprak ve bitkilerde hayvanların ihtiyacını karşılayacak miktarlarda molibden bulunur.
- Toprakta en fazla rastlanan elementler içine 54ncü sırada bulunur; topraktaki miktarı ortalama 2 ppm'dir.
- Molibdence zengin topraklarda yetişen bitkilerdeki düzeyi 250 ppm'e kadar çıkabilir. Normal topraklarda yetişen bitkilerdeki düzeyi 1-3 ppm arasındadır.
- Evcil hayvanların molibdene olan günlük ihtiyaçları iyi bilinmemektedir; bunun çok düşük olduğu (0.1 ppm gibi) sanılmaktadır.
- Yemlere katılabilecek en yüksek düzeyi 2.5 ppm'dir.
- Molibden; aldehid oksidaz, sülfid oksidaz, ksantin dehidrojenaz/oksidazın yardımcı-faktörüdür; son enzim, pürinin ürik asite çevrilmesini sağlar.
- Yangı veya doku iskemisi esnasında etkin oksijen gruplarının şekillenmesine aracılık eder.
- Normal şartlarda molibden noksanlığı pek görülmez.
- Noksanlıktan ziyade fazlalığına karşı tedbir alınması gereken bir elementtir.

- Molibden bakımından zengin yerlerde bulunan sığırlara ağızdan günde 1-2 g bakır tuzlarının verilmesi tavsiye edilir.
- Koyunlara bakır sülfattan 250 mg verilmesi yeterlidir.
- Kİ 60 mg/dana, 120 mg/inek dozda verilen bakır glisinat hayvanlarda aylarca koruyucu etki yapar.

Selenyum

Kaynakları

- Toprak ve bitkilerde yeterli miktarda bulunur; bu bakımdan noksan yöreler de mevcuttur.
- Topraktaki normal düzeyi 0.1-10 ppm, bitkilerde 0.01-0.1 ppm arasındadır.
- Toprakta >100 ppm selenyum bulunduğunda, bu yerlerde yetişen bitki ve tahıllardaki miktarı 50-100 ppm'e kadar çıkabilir.
- Yemlerdeki miktarı 4 ppm'i aşmamalıdır; hayvan yemleri genellikle 1 ppm, içme suları da 0.05 ppm'den az selenyum içerirler.

Selenyum ihtiyacı

- Yemlerle alınması gereken selenyum miktarı, kimyasal şekli, vitamin E gibi bazı maddelerin bulunmasına göre değişebilmektedir.
- Yemlerdeki 0.1 ppm selenyum (toprakta 0.5 ppm) noksanlığı önlemek için yeterlidir.
- Selenyum bakımından fakir topraklarda yetişen bitkiler ve tahıllarda genellikle <0.05 ppm miktarda bulunur.
 - Bu durum yemlerin selenyum bakımından desteklenmesi gerektiğini gösterir.
- Hayvan yemlerinde bulunabilecek en fazla miktarı 0.5 ppm'dir.

Farmakokinetik

- Bağırsakların ön kısmından emilir ve tüm vücuda dağılır.
- Rumende kısmen çözünmeyen şekle indirgenir; bu yolla basit mideli hayvanlarda gevişenlere göre daha yüksek oranda emilir.
- Kemik iliğinde alyuvarların şekillenmesi sırasında glutasyon peroksidaza (GSH-Px) katıldığından, enzim etkinliğindeki artış ancak 4-6 hafta sonra dikkat çeker.
 - Plazma GSH-Px miktarı daha hızlı yükselir.
- Selenyum vücutu büyük ölçüde idrarla terk eder.

Etkisi

- Vücudun gerek duyduğu temel iz elementlerden birisidir. Başta GSH-Px olmak üzere, birçok protein veya enzimin (selenoflagelin "kaslardaki selenyumlu protein", Setaşıyan proteinler, glisin redüktaz, format dehidrojenaz gibi) yapısına girer.
- Selenyum normal gelişme ve döllenme için gereklidir.
- Evcil hayvanlardaki birçok dejeneratif hastalığın önlenmesi ve sağaltımında etkilidir.
- Hücresel ve sıvısal bağıışıklığı güçlendirir.
- Etkileri birçok yönden vitamin E'ye benzer; iki madde birbirinin etkisini tamamlar.
- Selenyum ve vitamin E arasında bazı etkiler bakımından fark vardır; selenyum yükseltgenmeye duyarlı zarsız proteinleri hasara karşı korurken, vitamin E etkili değildir.
- Bazı dokular veya hücre-içi yapılarda GSH-Px miktarı düşüktür; selenyum veya enzim tarafından yeterince korunamazlar.
- Vücuttaki metabolik olaylar sırasında (ksantin oksidaz, amino asit oksidaz gibi enzim sistemlerinin etkisiyle) doku ve endotel hücrelerde hasara sebep olabilen oksijen grupları (süperoksit anyon grubu, singlet oksijen grubu, hidroksil grubu, hidrojen pe-

roksid gibi) açığa çıkar. Süperoksid anyon grupları; vücutta oksijen zehirlenmesi, aktyuvarlar veya fagositlerle aracılık edilen yangı ve iskemi-sonrası doku hasarıyla ilgili bozukluklara sebep olur.

- Ayrıca, çeşitli sebeplerle (endotoksinler gibi) etkinleşen aktyuvarlar veya trombositler birbirlerine veya damar endoteline yapıştıklarında; serbest oksijen grupları, lizozomal enzimler, PG'ler, Tx'lar gibi yine doku ve organlar için son derece zararlı olabilen ara-veya son-ürünler salıverilir.
- Serbest-etkin oksijen grupları vücutta bulunan birçok mekanizma (SOD, GSH-Px, diaforaz, glutasyon transferaz, vitamin E, vitamin C, karotenoidler, ürik asit) ile zararsız kılınmaya çalışılır.

Noksanlığı

- Noksanlık halinde genellikle yeni doğmuş ve genç hayvanlarda kas distrofisi, ensefalomalasi, hepatit, eksudatif diathez diye bilinen birçok hastalıkla karşılaşılır.
 - Bunların bazılarında vitamin E eksikliği de eşlik eder.
 - Sığırlarda yavru zarlarının alıkonulması, bağışıklık sisteminin zayıflaması, koyunlarda kemik iliği bozuklukları gibi durumlar da oluşur.
- Kandaki selenyum eksikliği ile GSH-Px arasında aynı yönde ilişki vardır.

Kullanılması

- Selenyum yönünden noksan yerlerdeki hayvanlarda noksanlığı önlemek için toprağın selenyum bakımından zenginleştirilmesi, yemlere selenyum katılması, yalama taşlarına selenyum ilave edilmesi, ağızdan veya parenteral yollarla selenyum verilmesi gibi uygulamalara başvurulur.
- Parenteral yolla selenyum koruyucu olarak kuzulara 0.5 mg, buzağılara 1 mg miktarlarda verilir.
- Sağaltıcı olarak aynı yolla kuzulara 1 mg, buzağılara 1-2 mg miktarlarda uygulanır.
- Koruyucu olarak; koyunlara gebeliğin 3-4üncü ayından itibaren, 15 gün arayla, 1-2 mg (5 mg'a kadar çıkılabilir), ineklere gebeliğin 5-6ncü ayından itibaren, 1 ay arayla, 6-8 mg (30 mg'a kadar çıkılabilir) selenyum uygulamaları yapılır.
- Selenyumun koruyucu ve/veya sağaltıcı olarak tek başına kullanılması yerine, genellikle vitamin E ile birlikte hazırlanmış müstahzarları halinde daha çok kullanılmaktadır.
- Sağaltıcı olarak Kİ uygulama için buzağı, kuzu ve oğlaklarda 65 µg selenyum + 3.3 mg (±)-α-tokoferol/kg yeterli olur.
- İneklerde yavru zarlarının alıkonulması;
 - Doğumdan 3 hafta önce 50 mg selenyum + 680 Ü vitamin E'nin birlikte verilmesi veya
 - 2 ay kala 1 mg/hayvan/gün miktarda selenyumun uygulanmasıyla önlenabilir.
- Tavuklarda eksudatif diathez karşı yemlere 0.08 ppm miktarda katılması yeterlidir
 - Vitamin E ile birlikte de (0.04 ppm selenyum + 44 mg vitamin E/kg yem) kullanılabilir.