



Kanatlılarda Boşaltım Sistemi

Prof. Dr. Hakan ÖZTÜRK

Giriş

- Veteriner hekimliği açısından karada yaşayan kuşlardan tavuklar ve hindiler ile su kuşlarından ördekler ve kazlar önemlidir. Son yıllarda devede kuşu yetiştiriciliği de artmıştır.
- Kuşların üriner sistemi böbrekler ve üreterlerden oluşmaktadır. Ağırlığın azaltılması amacıyla idrar kesesi bulunmamaktadır, ancak **idrarlarını kloakada, kolonda** ve bir çift olan **sekumlarında** depolarlar.
- Böbrekler nispeten büyüktür ve kaudal sinsakrumdan kraniale yönde akciğerlere kadar uzanır. Çoğu türde, abdominal aortun dış iliak ve işiadik dalları tarafından kabaca kranial, orta ve kaudal kısımlara ayrılırlar (ötücü kuşlarda orta kısım genellikle bulunmazken penguenler ve balıkçılar gibi bazı türlerde orta kısım kaynaşmış bir kaudal böbrek bölümü bulunur). Üreter, kloakanın ürodeum bölgesinde sonlanır.
- **KLİNİK BİLGİ:** Lomber ve sakral pleksusların spinal sinirleri böbrek parankiminden geçer. Bu nedenle birçok böbrek rahatsızlığı (tümörler gibi) ilk olarak topallık sorunu olarak ortaya çıkabilir.



Giriş

- Kuşlar ve sürüngenler yumurtlarlar. Azot metabolizmasının ozmotik etkiye sahip olmayan son ürününü yumurtada depolayabilmek için, bu hayvanlar özellikle ürik asit salgırlarlar. Sürüngenler gibi kuşlar da ürikoteliktir, yani azotlu atıklarının %60'ını kireçli beyaz üratlar şeklinde atarlar. Üre sadece böbrekte ve daha az oranda karaciğerde detoksifikasyonun bir yan ürünü olarak oluşur. Üratların atılımı daha az su gerektirir, ancak kuşlar için asıl avantajı, yumurtadaki gelişmekte olan embriyonun çözünmeyen bir atık ürün üretebilmesi ve su fraksiyonunu yeniden emilmek üzere serbest bırakmasıdır. Ürik asit karaciğerde sentezlenir ve glomerüler filtrasyonla (%10) ama esas olarak tübüler sekresyonla (%90) böbrekten atılır. Üratlar ayrıca sürüngen tarzı kortikal nefronlar tarafından salgılanarak idrar akışından bağımsız olarak üretilir ve bu nedenle çok susuz kalmış kuşlar tarafından bile üretilmeye devam eder.



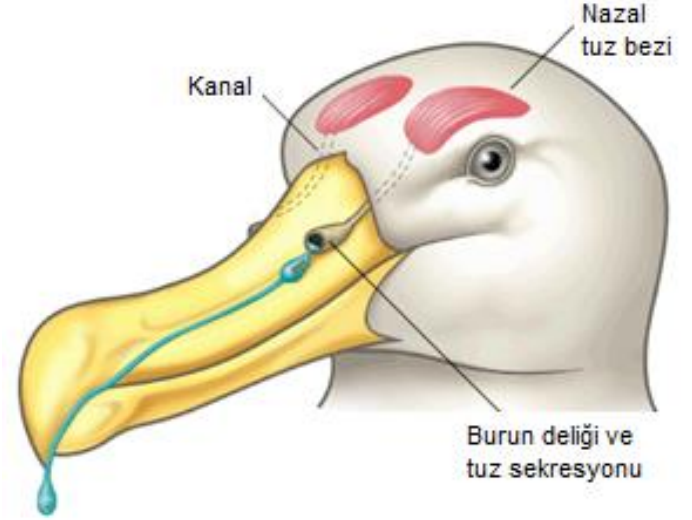
Giriş

- **KLİNİK BİLGİ:** Gut hastalığı; gut bir hastalık değil, hiperürisemi veya böbrek hasarının bir belirtisidir. Proksimal tübüller hasar görürse ürik asit atılamaz, dolayısıyla ürat seviyesi kanda yükselir. Üratların atılma hızı glomerüler filtrasyondan nispeten bağımsız olduğundan, susuz kalmış kuşlarda bile yüksek seviyelerde ürat üretilebilir. Ancak böbrekler tarafından dışarı atılamazlarsa çökerek böbrek gutuna neden olurlar. Yüksek ürik asit kan seviyeleri eklemlerde, böbreklerde, dalak ve perikart gibi organlarda da gut hastalığına neden olur.
- Kuşlarda dehidrasyon, hızla geri dönüşü olmayan gut hastalığına yol açabileceğinden ciddidir. Dehidrasyonu tahmin etmek için üre seviyeleri izlenebilir, ancak kan ürik asit seviyelerinin yükselmesi için böbreğin %70'inin hasar görmesi gerekir. Yırtıcı kuşlar gibi etçil kuşlar da yanlış pozitif sonuçlardan kaçınmak için 24 saat aç bırakılmalıdır.



Giriş

- Memeliler gibi kuşlar da böbreklerinde ters akım sistemine sahiptirler. Bu sayede kuşlar plazmaya göre hipertonic bir idrar oluşturabilirler. Ancak kuşlarda olası **maksimum idrar konsantrasyonu** çoğu kara memelilerindekinden daha **düşüktür**.
- Kuşların tipik bir özelliği, üreterden kloakaya ve kalın bağırsağa boşaltılan idrarı **postrenal** olarak **değiştirebilme** yetenekleridir. Bu durum kuşlardaki ozmoregülasyon için önemli bir özelliktir.
- Bunun dışında deniz kuşları **tuz bezleri** yoluyla yüksek derecede hipertonic salgılar oluşturabilir ve salgılayabilir. Bu yetenek bazı kuş türleri ile bazı sürüngenlerin deniz suyu ile yaşamalarına izin verir.

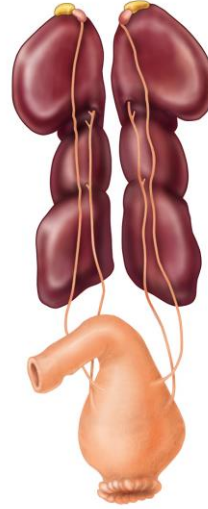
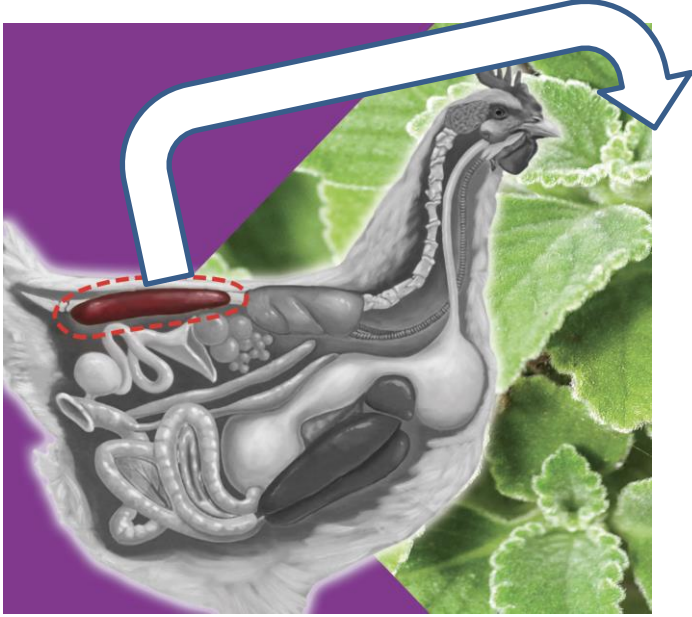


Giriş

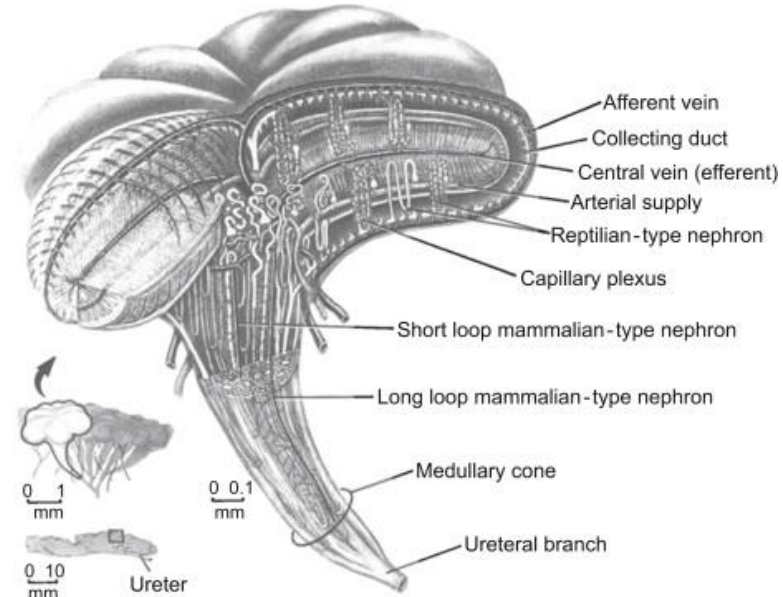
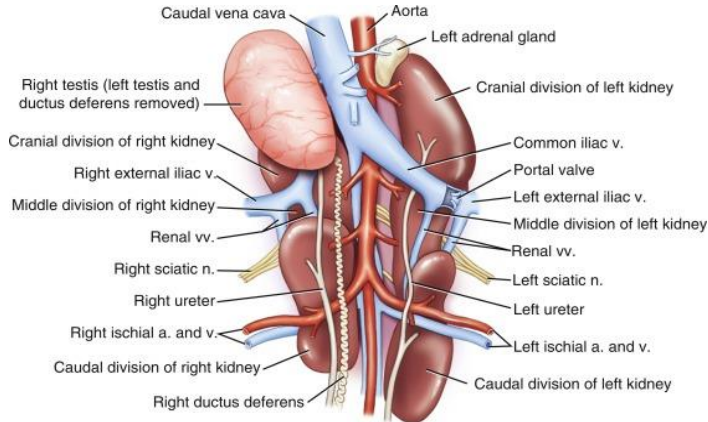
- Kuşların çoğu meyve, nektar veya et gibi sulu gıdaları içerek veya yiyerek su kazanır. Kurak iklimlerde yaşayan bazı kuşlar (örneğin Zebra ispinozu) bunun yerine metabolik su üretebilir ve az miktarda idrar üreterek suyu muhafaza edebilir. Çöl kuşlarının dışkıları sadece %55 su içerirken, suya erişimi bol olan kuşların dışkıları %75-90 oranında su içerir. Ayrıca, sıcak havayı burun deliklerinden geçirirken soğutarak da su tasarrufu sağlarlar.
- Göçmen kuşlar genellikle 72 saat boyunca su içmeden uçarlar. Yüksek irtifalar buharlaşmayla su kaybını önlediğinden ve yağ depolarından metabolik su üretildiğinden dehidrasyon önlenir. Geceleri uçmak da havanın daha serin olduğu zamanlarda suyun korunmasına yardımcı olur.



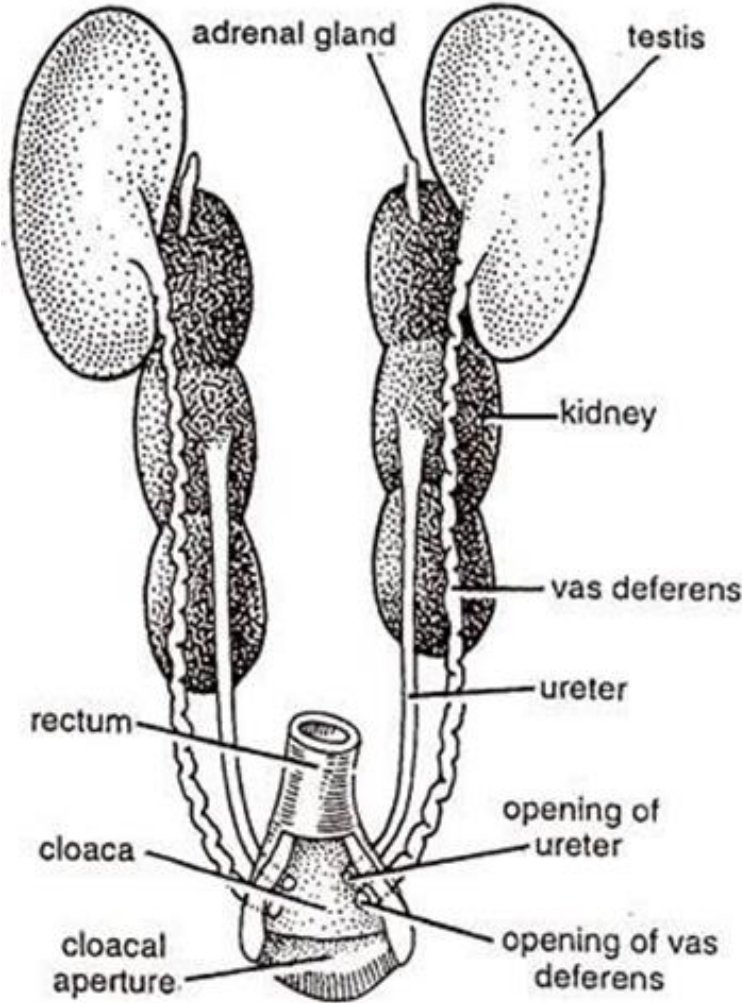
Üriner Sistem



Kuş böbreğinde korteks ve medulla arasında belirgin bir sınır yoktur ve renal pelvis de bulunmaz. Bunun yerine üreter böbreğin ventral tarafı boyunca uzanır ve her biri geniş bir kortikal doku alanı ve küçük bir medüller doku konisinden oluşan bir lobülü drene eden toplama kanallarına dallanır. Kortikal doku her iki nefron tipini de içerirken, medüller koni sadece Henle kulpları, toplayıcı kanalları ve vasa rekta kapiller ağını içerir.



Renal Ekskresyon



Erkek güvercinin ürogenital sistemi

KISACA

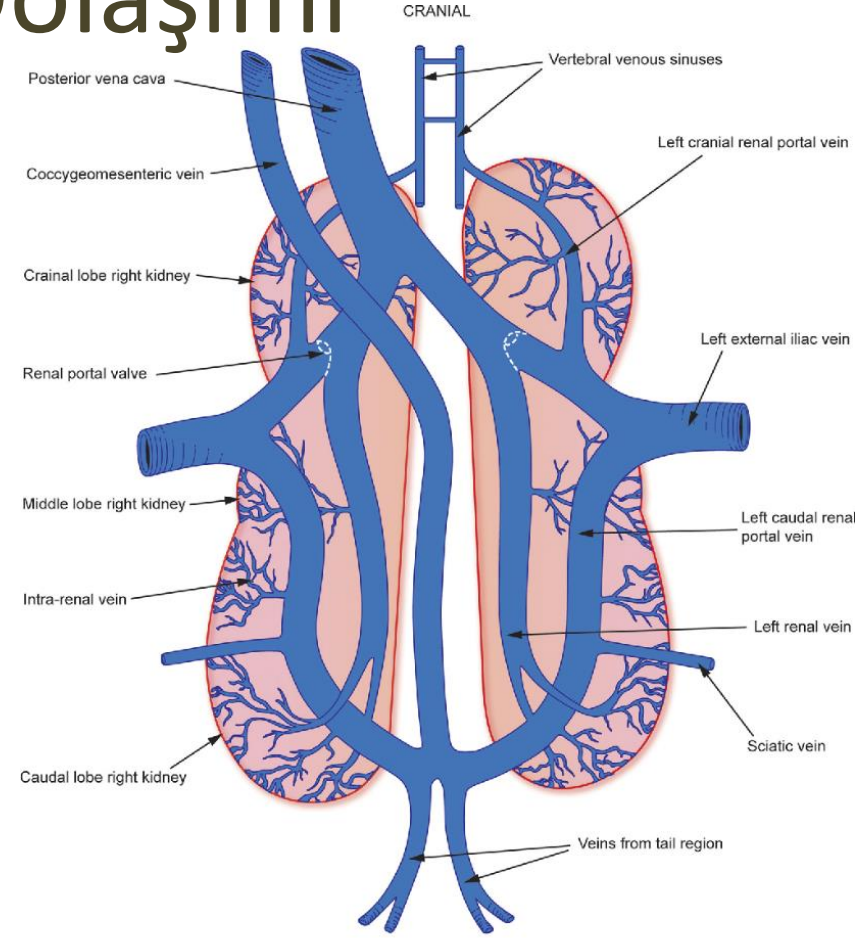
Kuşların idrar kesesi yoktur. Üreterden çıkan idrar kloakaya, kısmen de kalın bağırsağa gider.



Renal Kan Dolaşımı

➤ Renal Dolaşım ve Glomerüler Filtrasyon Hızı:

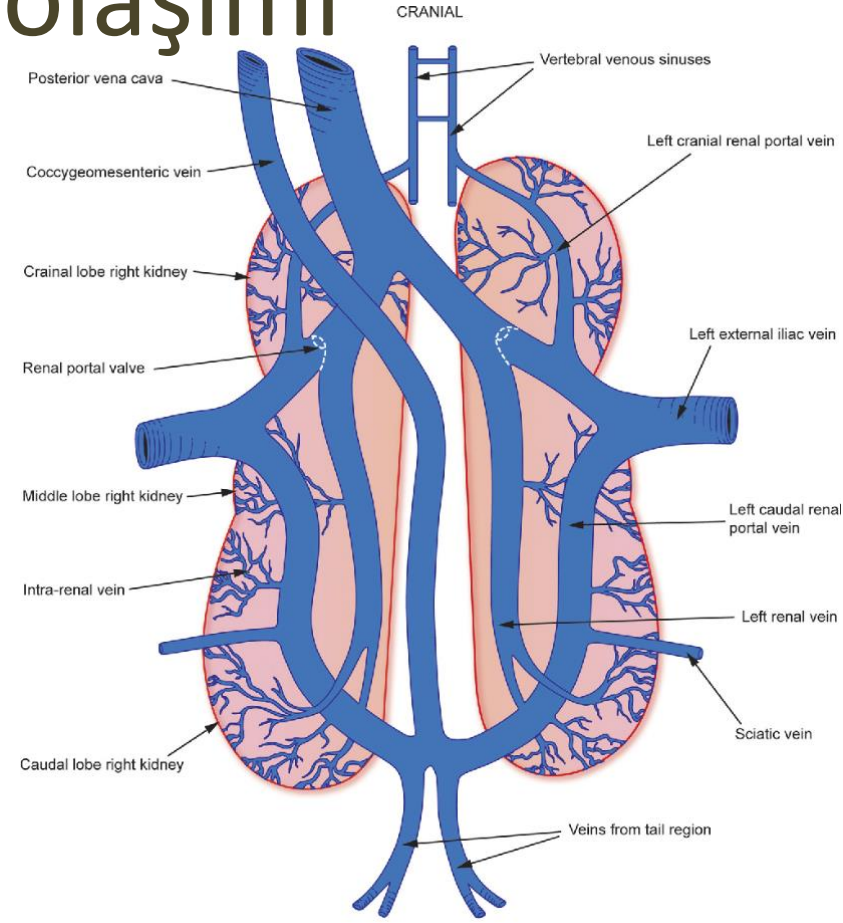
Kuşlarda ve memelilerde idrar üretimi birçok yönden birbirine benzer. Ancak kuşlarda böbreğe hem arteriyel kan hem de portal kan gelir. Yüksek basınçlı kraniyal, orta ve kaudal renal arterler, glomerüler filtratı sağlayan afferent glomerüler arterleri oluşturmak üzere dallanır. Bu damarlar, hidrasyon durumundan ve arka hipofiz bezinden üretilen arginin vazotosinden (AVT) etkilenir. Pelvik ekstremiteleri drene eden eksternal iliak ven, ortak iliak ven ve kaudal renal portal veni oluşturmak üzere dallanır. Bu renal portal ven böbreklere giden renal kan akışının üçte ikisini sağlar ve üratların salgılanmasından sorumlu olan proksimal kıvrımlı tübülleri besler.



Renal Kan Dolaşımı

➤ Renal Dolaşım ve Glomerüler Filtrasyon Hızı:

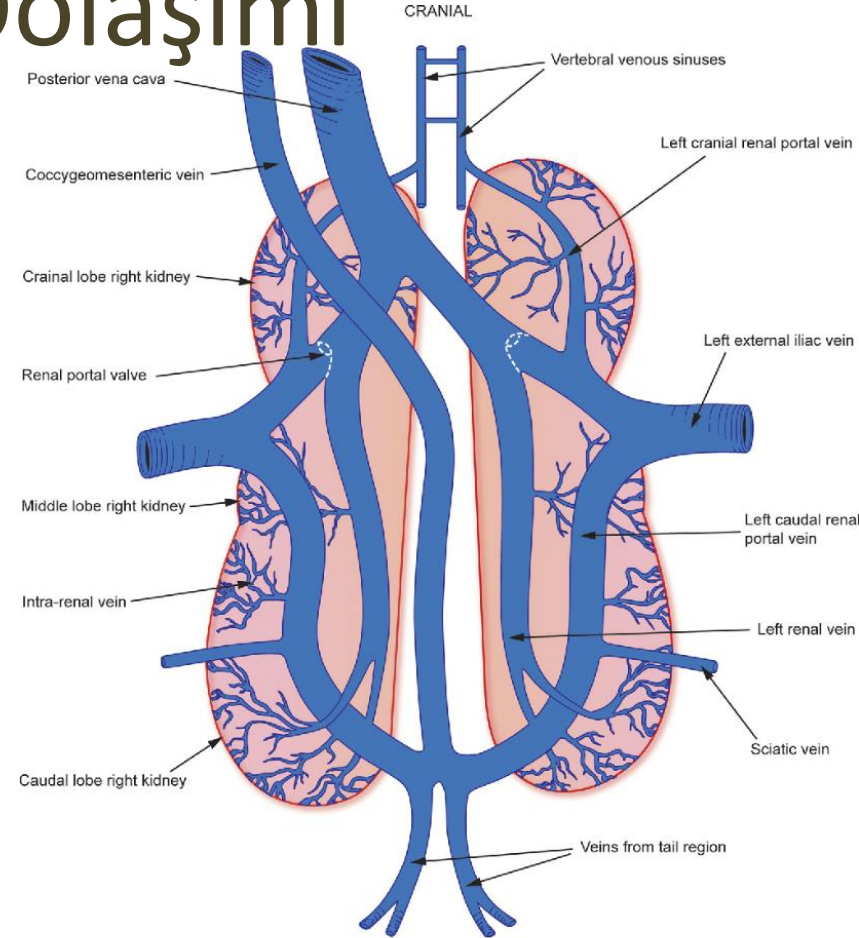
Böbreğin kanlanması, glomerüler filtrasyon hızı (GFH) ve fraksiyonel filtrasyon oranı memelilerdekine benzer. Susamış kuşlarda ve deniz suyu içtiği için yüksek tuz yüklenmesine maruz kalan kuşlarda GFH düşüktür. Kuşlar, hipofiz arka lobundan salınan arjinin-vazotosin (AVT) vasıtasıyla GFH'ı azaltabilirler.



Renal Kan Dolaşımı

KISACA:

Glomerüler kılcal damarlar arteriyel kan ile perfüze edilir, ancak peritübüler kılcal damarlar, efferent arteriyollerden postglomerüler kan ve renal portal sistemden gelen venöz kan karışımı ile perfüze edilir.

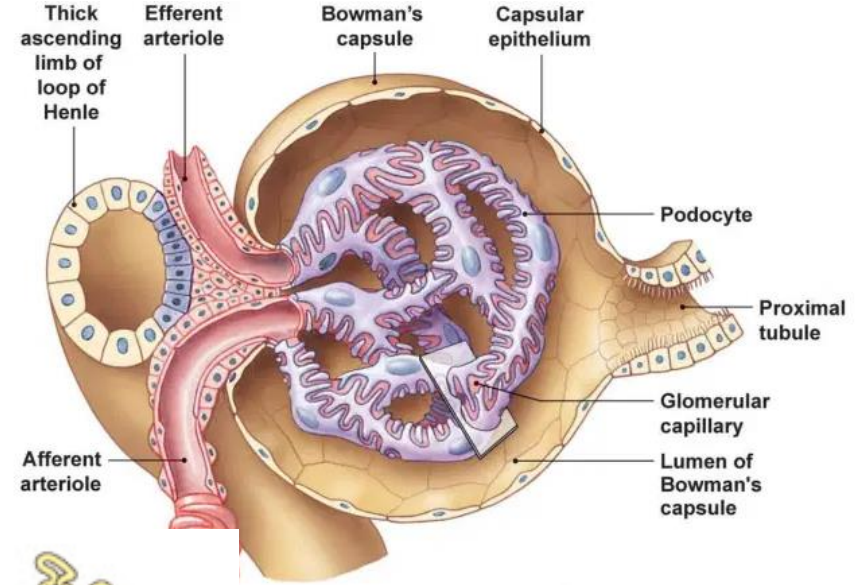


Renal Ekskresyon

➤ Nefron ve İdrar Ozmolaritesi:

Kuş böbreğinde de temel birim memelilerde olduğu gibi nefrondur, ancak kuşlar sürüngenler ve memeliler arasında bir geçiş formu sergiler ve iki tip nefrona da sahiptir.

Kortikal nefronlar
sürüngenlerdekine, medüller
nefronlar ise memelilerdekine
benzer.



Memeli tipi



Sürüngen tipi

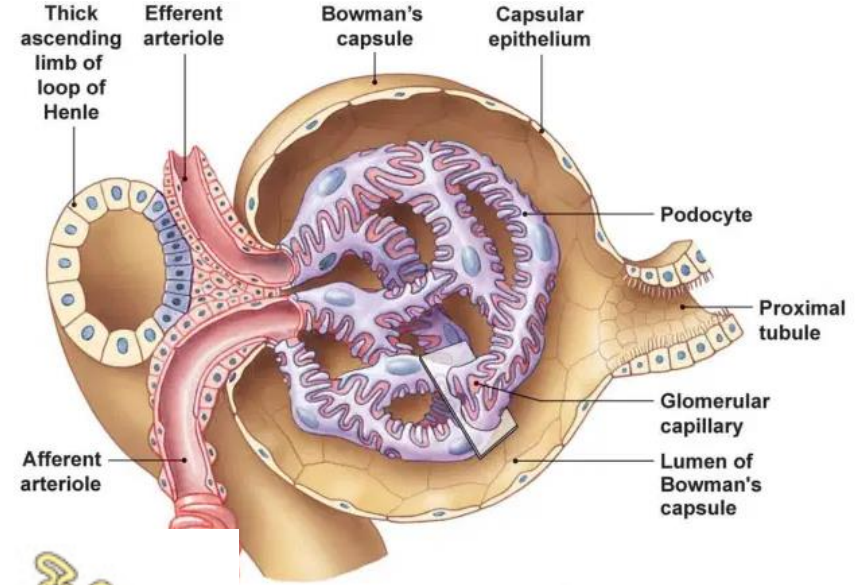


Renal Ekskresyon

➤ Nefron ve İdrar Ozmolaritesi:

Kortikal nefronlar (**sürünge tipi, RT**) sayıca en fazla olanlardır (yaklaşık %90) ve böbreğin kortikal bölgesiyle sınırlıdır. Ürik asidi glomerüllerden süzerek ve proksimal kıvrımlı tübüllere salgılayarak atarlar. Henle kulpları yoktur.

Medüller nefronlar (**memeli tipi, MT**) da kortikal bölgede bulunur, ancak Henle kulpları medüller bölgede yer alır. İdrarın oluşturulması ve konsantre edilmesinden sorumlu olanlar bunlardır. Kurak bölgelerdeki kuşlar bu nefronlardan daha fazla bulundurma eğilimindedir.



Memeli tipi



Sürünge tipi

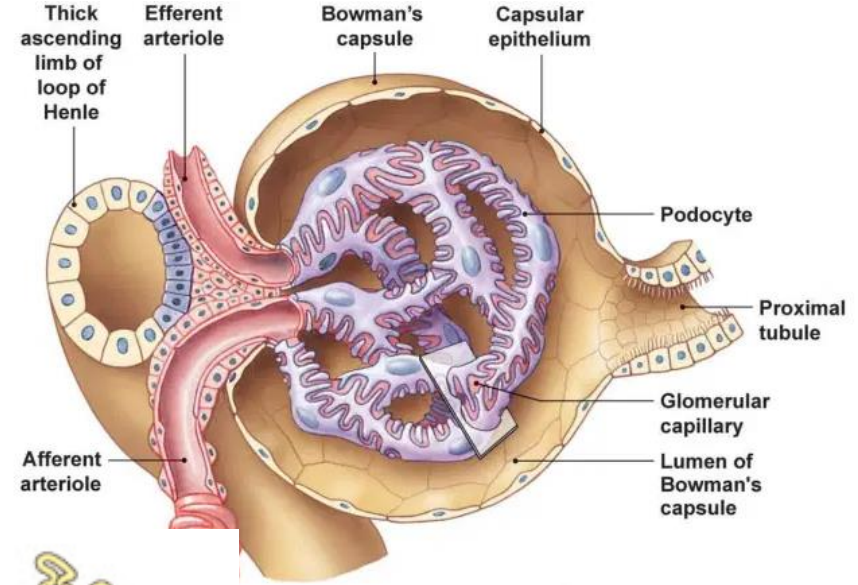


Renal Ekskresyon

➤ Nefron ve İdrar Ozmolaritesi:

AVT, hem RT hem de MT nefronlarında GFH'ı azaltır. Ancak sadece MT nefronları idrarın daha yüksek ozmolariteye sahip olmasında rol oynar. Tavuk, hindi ve ördeklerde su ve iyonların atılması görece olarak geniş bir aralıkta dalgalanır.

Dehidratasyonda idrar ozmolaritesi $600 \text{ mosmol/l}^{-1}$ 'ye, deve kuşunda ise $800 \text{ mosmol/l}^{-1}$ 'ye kadar yükselebilir.



Memeli tipi



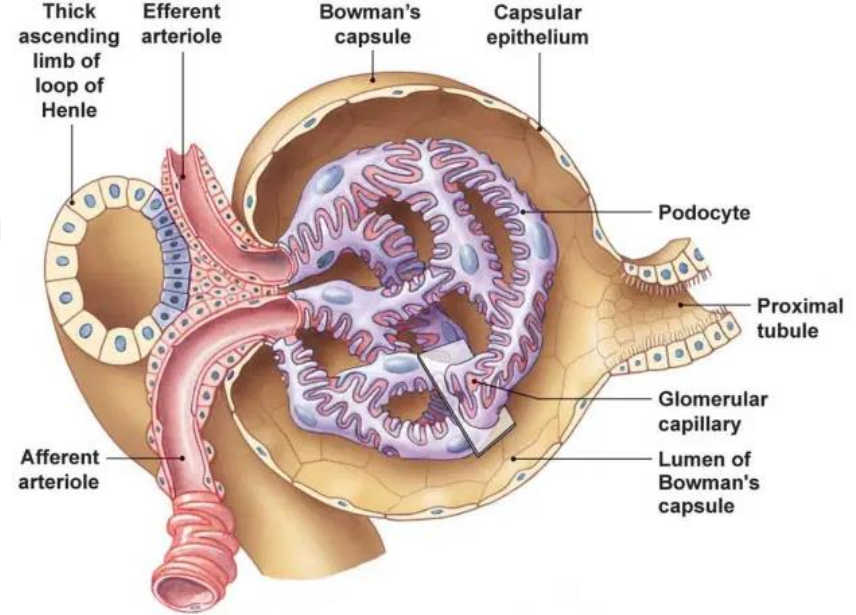
Sürünge tipi



Renal Ekskresyon

Kuş idrarı, böbreklerin yarı katı ürünüdür ve bekletildiğinde beyaz bir çökeltiye (üratlar) ve süpernatant sıvıya (idrar) ayrılır. Kuşlar idrarlarını konsantre etme yeteneğine sahiptir ancak bu memelilere göre daha az gelişmiştir. İdrar glomerüler filtrattan üretilir ve %90'ı tübüller tarafından geri emilir. Bu nedenle, memelilerde olduğu gibi, idrar çıkışının ana kontrolü tübüler rezorpsiyondur.

KLİNİK BİLGİ: Yumurtlamadan önce, paratiroid hormonu (PTH) medüller kemiği demineralize ederek kalsiyumun yumurta sarısı ve kabuğunda birikmesini sağlar. Fazla fosfat böbrekler yoluyla atılarak diürece neden olur. Bu nedenle, birçok tavuk yumurtlamadan önce poliürik hale gelir.



Memeli tipi



Sürünge tipi



Renal Ekskresyon

➤ İdrarla Azot Atılması:

Tavuklarda üreter idrarıyla azot atılması başlıca **ürik asit** formunda olur. Ürik asit atılan azotlu bileşiklerin yaklaşık %80'ini, amonyak yaklaşık %15'ini oluşturur. Atılan azotun geri kalanı ise üre ve kreatin/kreatinin şeklindedir. Düşük proteinli diyetlerde amonyağın oranı artar, ürik asidin oranı ise azalır. Ürik asidin **çözünürlüğü çok az** olduğu için, kuşlar ve sürüngenler azot atılımı için **suya çok az** ihtiyaç duyarlar. Ürik asit idrarın ozmolaritesine çok az etki yapar. Sıcaklık azaldıkça **ürik asit kristalleri çöker**. Bu ürik asit kristalleri kuş dışkısı üzerinde sıklıkla görülen ince beyaz tabakanın nedenidir.

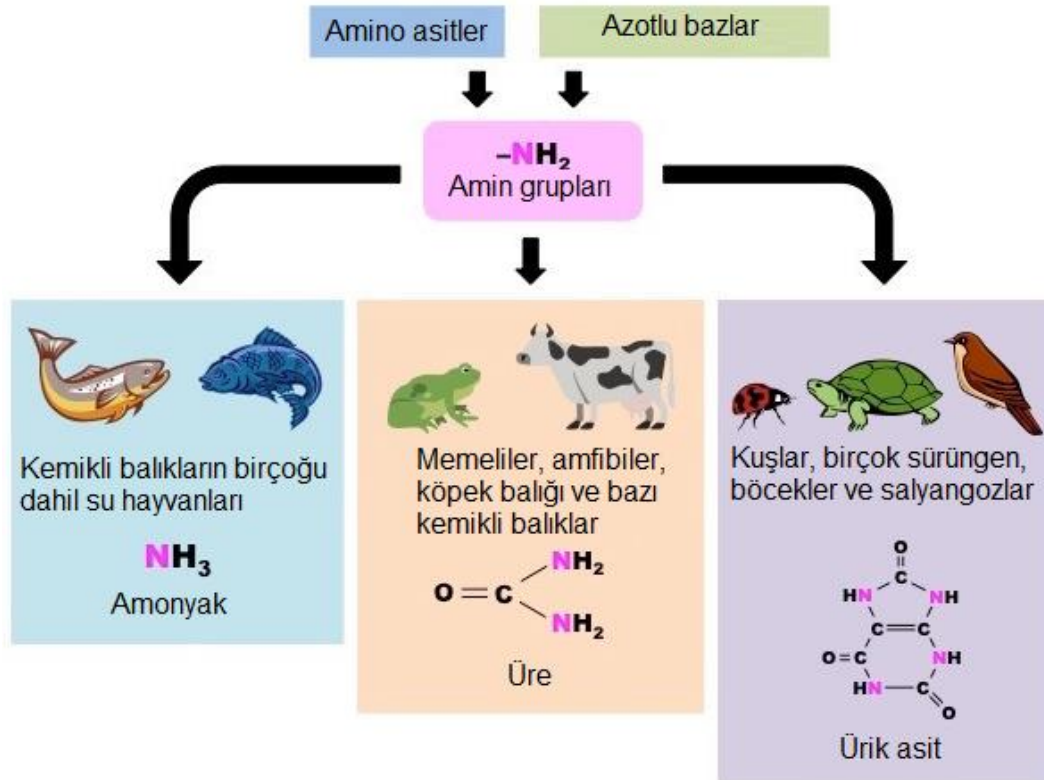
EK BİLGİ: Eskiden azot gübresi olarak Guano kullanılırdı. Guano, deniz kuşu dışkısının ürik asit bakımından zengin bir bozulma ürünüdür ve özellikle Peru kıyılarından elde edilmektedir.



Renal Ekskresyon

KISACA

Kuş idrarının ozmolaritesi çoğu kara memelisinin idrarına kıyasla daha düşüktür. Kuşlarda N-metabolizmasının en önemli son ürünü ürik asittir.



Renal Ekskresyon

➤ Asit ve Bazların Atılması:

Üreter idrarının pH değeri memelilerde olduğu gibi pH 5-8 arasındadır (ortalama 6,5-7,0). Metabolik asidoz nedeniyle yumurta kabuğunun yapımı sırasında pH daha düşüktür, bu durumda kalsiyum konsantrasyonu da azalır ve klor ile fosfat konsantrasyonları artar. Kalsiyum ve fosfat atılımı parathormon tarafından düzenlenir.



Renal Ekskresyon

➤ Tuz ve Su Atılmasının Hormonal Düzenlenmesi:

Suyun renal atılımı esas olarak **arjinin-vazotosin (AVT)** tarafından düzenlenir. Ayrıca böbrekte sodyumun geri emilmesi memelilerde olduğu gibi aldosteron tarafından kontrol edilir. **Aldosteron**, **koprodeum** ve **kolonda** apikal membranlara sodyum kanallarının entegrasyonunu ve açılmasını sağlayarak sodyum geri emilimini artırır. Sodyum eksikliği durumunda kandaki aldosteron konsantrasyonu artar. Dehidratasyonda AVT konsantrasyonu da yüksektir ve daha az üreter idrarı oluşturulur. Memelilerde olduğu gibi kuşlarda da kalbin atriyal duvarında renal sodyum ve su atılımını artıran **atrial natriüretik peptit (ANP)** sentezlenir. Kuşlar da renin-anjiyotensin sistemine sahiptir, ancak kuşlarda bu sistemin sodyum dengesindeki önemi henüz tatmin edici düzeyde aydınlatılamamıştır.



Renal Ekskresyon

KISACA

Kuşlarda bulunan arjinin-vazotosin (AVT), fonksiyonel açıdan memelilerin antidiüretik hormonuna (vazopressin) karşılık gelir.



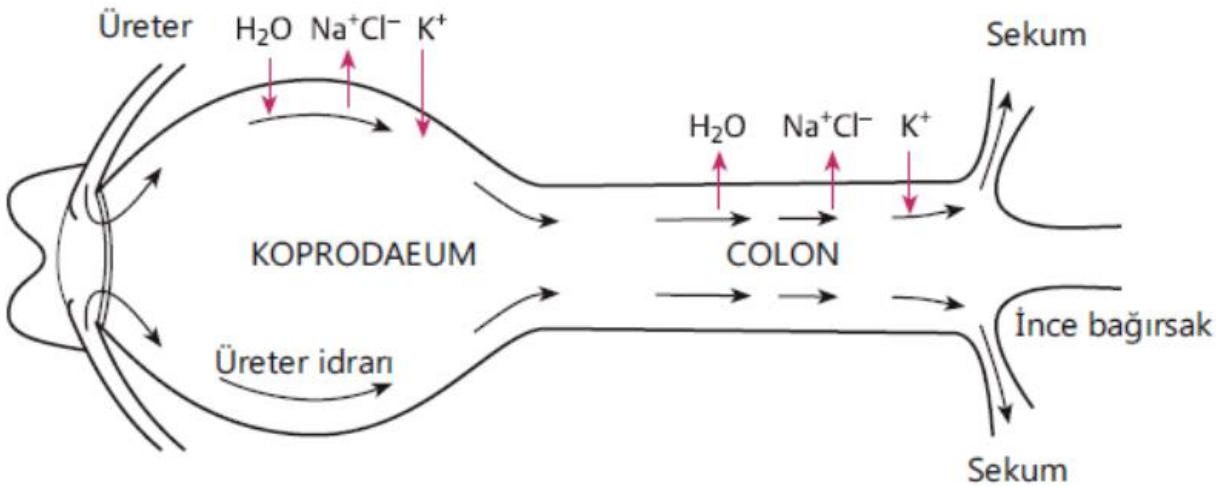
Üreter İdrarının Kloaka, Kolon ve Sekumda Değiştirilmesi

İdrar üreterden üredeuma boşaltılır. Antiperistaltik hareketlerle bu idrarın bir kısmı koprodeumdan kolona geçer, hatta küçük bir kısım sekuma kadar ulaşır. Defekasyon sırasında koprodeum ve kolon içeriği boşaltılır, sekum içeriği ise daha nadiren çıkartılır. Devekuşunda da idrar tamamen üredeuma verilir, ancak idrarın dışarı atılması dışkılamadan ayrı gerçekleştirilir.



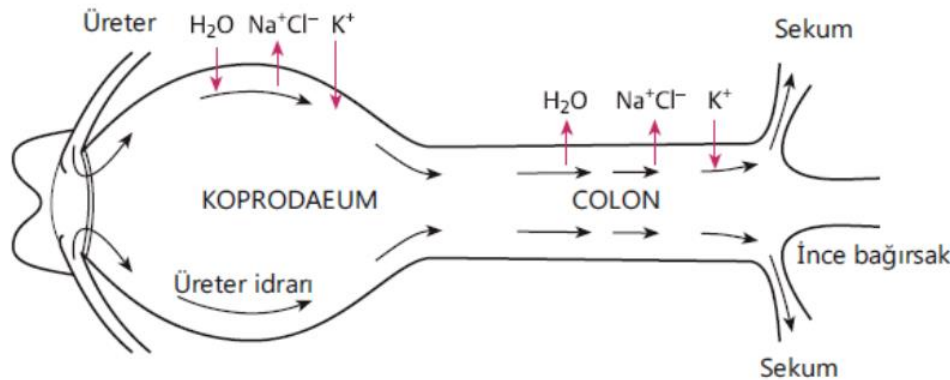
Üreter İdrarının Kloaka, Kolon ve Sekumda Değiştirilmesi

Kuşlarda üreter idrarının kalın bağırsağa retrograd akışı: Üreter idrarı ürodeuma boşaltılır, oradan da koprodeuma geçer. Antiperistaltik kasılmalarla idrarın bir kısmı mukozanın yüzeyi boyunca kolona ve kısmen de sekuma kadar taşınır. Kolonun lümeninde ve koprodeumun merkezinde bağırsak içeriği büyük parçacıklar bakımından daha zengindir. Bu içeriğin (digesta) transportu bağırsağın ortasında aboral yönde gerçekleşir ve dışkı olarak dışarıya atılır. Koprodeumda sodyum ve klor geri emilimine rağmen su sekresyonu da gerçekleşir, çünkü dehidratasyonda özellikle koprodeum içeriğinin ozmolaritesi yüksektir. Ayrıca kolonda da NaCl emilimi olur. Kolon içeriğinin ozmolaritesi düşük olduğundan sodyum emilimini su izler, bu nedenle kolonda su emilimi olur.



Dehidratasyon ve Sodyum Eksikliği

Aşağıdaki şekilde koprodeum ve kolondan sodyum, klor ve suyun geri emildiği ve potasyumun salgılandığı şematik olarak gösterilmiştir. Düşük sodyumlu bir diyetle koprodeumda sodyumun geri emilimi artar. Ancak bu artmış sodyum geri emilimi (gastrointestinal sistemin çoğu bölümünde olduğu gibi) su emilimi ile bağlantılı değildir. Aksine, koprodeumda kan ile koprodeum içeriği arasındaki ozmotik gradiyent nedeniyle çoğu zaman su sekresyonu gerçekleşir. Buna karşın kolon içeriğinde ozmolarite koprodeum içeriğinden daha düşüktür ve sodyumun geri emilmesini su izler. Dehidratasyonda üreter idrarıyla atılan sodyumun yaklaşık %70'inin ve idrarla atılan suyun %15'inin koprodeum ve kolonda geri emilebilmesi, tavuklar için bir kıstas olarak kabul edilebilir.



Hidratasyon ve Tuz Yüğü

Fazla su alımında düşük ozmolariteye sahip fazla miktarda idrar oluşturulur. Yüksek tuz alımında koprodeumda sodyumun geri emilimi baskılanır, ancak kolonda sodyum yine önceki gibi geri emilir. Koprodeumda ve kolonda NaCl'nin geri emilmesi NaCl alınmasına bağılıdır. Düzenleme özellikle apikal sodyum kanallarını açan aldosteron tarafından yapılır. Yüksek NaCl alımında aldosteron konsantrasyonu düşüktür, bu durumda koprodeum ve kolondaki sodyum kanalları büyük ölçüde kapalıdır. Ancak tuz bakımından zengin bir diyetle beslenmede sodyum, glikoz ve amino asitlerin kolonda dışkı ile taşınmasının indüklendiğı görülmektedir. Böylece sodyum burada geri emilmeye devam eder. Sodyum ve suyun sekumdan geri emilmesi de önemlidir, buradaki süreçler koprodeum ve kolondakilere benzer.



Tuz Bezleri

Kuşlar daha az Henle kulpuna yani memeli tipi nefronlara sahip olduklarından, idrarlarını kan seviyelerinin çok üzerinde konsantre etme yetenekleri azalmıştır. Sonuç olarak, yüksek tuz alımına sahip olan deniz kuşları, tuz bezleri adı verilen ekstra böbrek yapılarına güvenmek zorundadır.

Tuz bezleri boşaltım kanallarına açılan çok sayıda ağdan oluşmuştur. Tuz bezlerinin salgısı berraktır, burun boşluğuna salınır ve sonunda gaganın ucundan damlar. Yüksek düzeyde NaCl alımı tuz bezlerinin büyümesini uyarır, böylece tuzun dışarıya atılma kapasitesi artırılır.

Devekuşu, karabatak, ördek, kaz, şahin, martı ve penguenlerin hepsinde işlevsel tuz bezleri vardır. Ötücü kuş türlerinde bu bezler bulunmaz ya da körelmiştir.



Tuz Bezleri

Dışarıya atılma ozmosensörler tarafından uyarılır. Salgı neredeyse saf NaCl içerir. Ördeklerde ve kazlarda 1.100 mosmol/l⁻¹'ye kadar bir ozmolarite ölçülmüştür. Bu değer plazma ozmolaritesinin 3-4 katı, maksimum üreter idrarı konsantrasyonunun ise neredeyse iki katı demektir. Uyarılan tuz bezi aldığı NaCl'nin %75'ine kadarını dışarı atabilir. Geleneksel ticari kaz ve ördek yetiştiriciliğinde tuz bezleri aktif değildir. Bu bezler eğer hayvanlar tatlı su yerine tuzlu su içerse aktif hale gelir.



Tuz Bezleri

KISACA

Kaz ve ördeklerin geleneksel ticari yetiştiriciliğinde tuz bezleri aktif değildir. Yüksek tuz alınması durumunda kazlar ve ördekler ozmolaritesi 1.100 Mosmol/l⁻¹'ye kadar olan salgılar üretirler ve bunu dışarı atarlar.



