

ALEV HÜCRELERİNDEN NEFRON'A  
**BOŞALTIM SİSTEMİ**

EDİTÖR: **PROF. DR. ŞAHİN ASLAN**

YAZARLAR

**PROF. DR. TURGAY DEPREM**  
**DR. ÖĞR. ÜYESİ SERAP İLHAN AKSU**  
**DR. ÖĞR. ÜYESİ DILEM GÜLECE ERMUTLU**

**EĞİTİM**  
yayınevi

## ALEV HÜCRELERİNDEN NEFRON'A BOŞALTIM SİSTEMİ

Editör: Prof. Dr. Şahin Aslan

**Genel Yayın Yönetmeni:** Yusuf Ziya Aydoğın (yza@egitimyayinevi.com)

**Genel Yayın Koordinatörü:** Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

**Sayfa Tasarımı:** Kübra Konca Nam

**Kapak Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

**Yayıncı Sertifika No:** 76780

**E-ISBN:** 978-625-5971-46-3

1. Baskı, Aralık 2024

### Kütüphane Kimlik Kartı

## ALEV HÜCRELERİNDEN NEFRON'A BOŞALTIM SİSTEMİ

Editör: Prof. Dr. Şahin Aslan

IV+62 s., 135x215 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-5971-46-3

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

**EĞİTİM**  
yayınevi

**Yayınevi Türkiye Ofis:** İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah.  
Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

**Konya:** Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok,  
No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42  
bilgi@egitimyayinevi.com

**Yayınevi Amerika Ofis:** New York: Egitim Publishing Group, Inc.  
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America  
americaoffice@egitimyayinevi.com

**Lojistik ve Sevkiyat Merkezi:** Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.  
10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
sevkiyat@egitimyayinevi.com

**Kitabevi Şubesi:** Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye  
+90 332 499 90 00  
bilgi@egitimkitabevi.com

**İnternet Satış:** www.kitapmatik.com.tr  
+90 537 512 43 00  
bilgi@kitapmatik.com.tr

*“Ben manevi miras olarak hiçbir ayet, hiçbir dogma, hiçbir kalıplaşmış kural bırakmıyorum. Benim manevi mirasım bilim ve akıldır. Zaman süratle ilerliyor; milletlerin, toplumların, kişilerin mutluluk ve mutsuzluk anlayışları bile değişiyor. Böyle bir dünyada asla değişmeyecek hükümler getirdiğini iddia etmek, aklın ve bilimin gelişimini inkâr etmek olur.” (Cumhuriyet Bayramı Açılış Konuşması, 1933)*

***Mustafa Kemal ATATÜRK***

## İÇİNDEKİLER

### 1. BÖLÜM

#### İLKEİ ANLILARDA BOŞALTIM SİSTEMİ..... 1

Dr. Öğr. Üyesi Serap İlhan Aksu

### 2. BÖLÜM

#### KANATLI HAYVANLARDA BOŞALTIM SİSTEMİ.....16

Dr. Öğr. Üyesi Dilem Gülece Ermutlu

### 3. BÖLÜM

#### MEMELİLERDE BOŞALTIM (ÜRİNER) SİSTEMİ-1 ..... 30

Prof. Dr. Turgay Deprem

### 4. BÖLÜM

#### MEMELİLERDE BOŞALTIM (ÜRİNER) SİSTEMİ-2..... 40

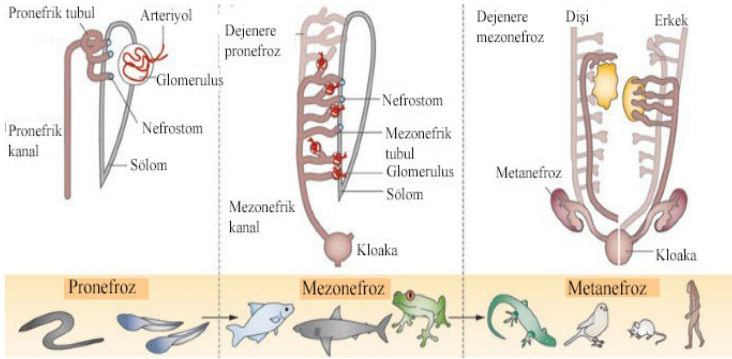
Prof. Dr. Turgay Deprem

# 1. BÖLÜM

## İLKEL CANLILARDA BOŞALTIM SİSTEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Serap İlhan Aksu

Böbreklerin hücresel yapısı ve işlevi hayvanlar arasında büyük farklılıklar gösterir. Hayvanların karada, tuzlu suda ya da tatlısuda yaşaması, su dengesi, iç sıvılarıyla dış ortamı arasındaki çözünmüş madde hareketlerinin düzenlenmesine bağlıdır. Bu hareketin çoğu boşaltım sistemleriyle sağlanır. Bu sistemler homeostasis için elzemdir; çünkü, onlar metabolik atıkları uzaklaştırır ve vücut sıvısının kompozisyonunu kontrol ederler.

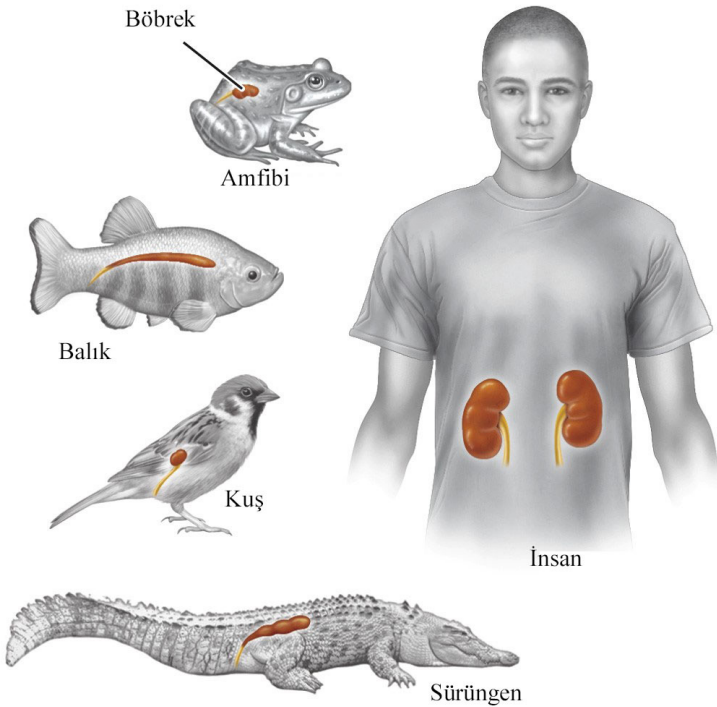


Şekil 1: Omurgalıların nefroz gelişimi (Romagnani ve ark. 2013'den uyarlanmıştır)

Birçok hayvan türünde boşaltım olayının temel oluşum aşamasını atık olarak idrar denen bir sıvı oluşturur. İlk aşamada, vücut sıvısı (kan, solom sıvısı, ya da hemolenf) bir taşıma epitelinin seçici geçirgen zarıyla temasa geçer. Çoğu zaman hidrostatik basınç (çoğu hayvanda kan basıncı), filtrasyon (süzülme) işlemini yönetir. Hücreler, proteinler ve diğer büyük moleküller, epitel zarını geçemez ve vücut sıvısında kalır. Bunun aksine, su ve tuzlar, şekerler, amino asitler ve azotlu

atıklar gibi çözünmüş küçük maddeler, zarı geçerek filtrat (süzüntü) adı verilen bir çözelti oluştururlar.

Filtrat, içerisindeki maddelerin içeriye ya da dışarıya özgül olarak taşınması sayesinde atık sıvıya dönüştürülür. Seçici bir geri emilim süreci, yararlı moleküllerin ve suyun filtrattan geri alınmasını ve vücuda kazandırılmasını sağlar. Değerli olan çözünmüş maddeler olan glukoz, bazı tuzlar, vitaminler, hormonlar ve amino asitler gibi maddeler aktif taşımayla geri emilirler. Gerekli olmayanlar ve atıklar ise ya süzüntü içerisinde bırakılırlar ya da yine aktif taşımayla gerçekleştirilen seçici salgılamayla filtrata eklenirler. Çözünmüş olan çeşitli maddelerin pompalanması, suyun filtrat içerisine ya da dışarısına olan ozmotik hareketini ayarlar. Son aşama olan boşaltımda, azotlu atıklar içeren işlenmiş filtrat, idrar olarak vücuttan atılır.

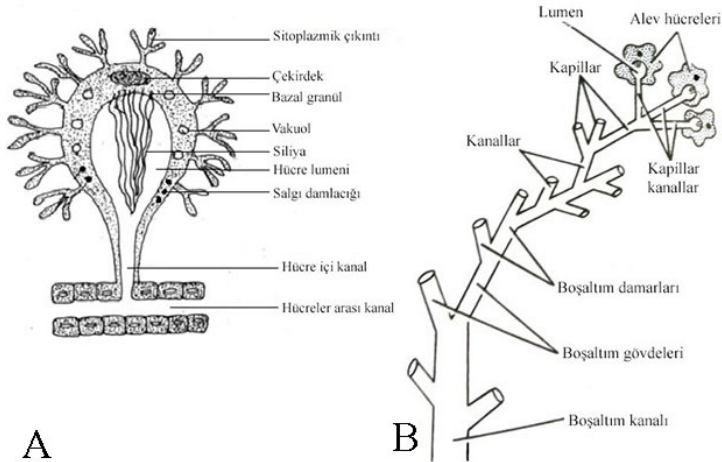


Şekil 2: Farklı türlerde böbrek yapısı ([https://digfir-published.macmillanusa.com/morris2e/morris2e\\_ch41\\_12.html](https://digfir-published.macmillanusa.com/morris2e/morris2e_ch41_12.html))

## Omurgasızlarda Boşaltım Sistemi

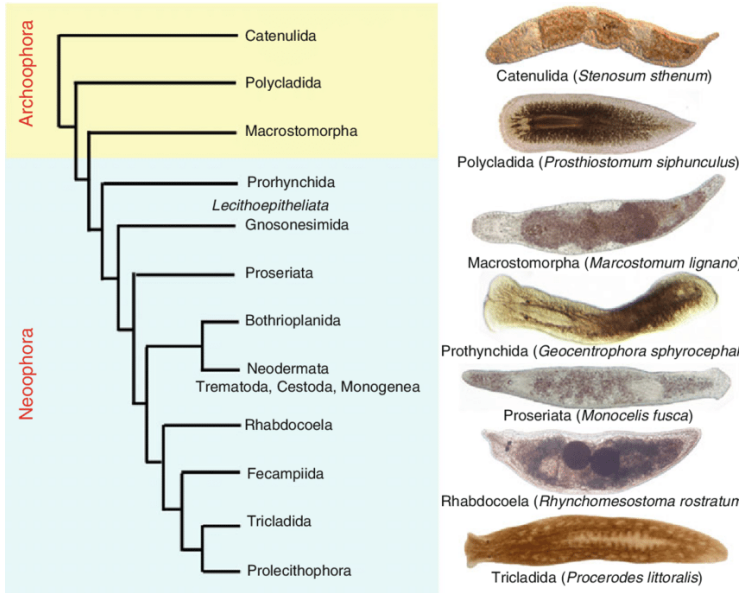
### Protonefridyumlar (Alev hücreleri)

Çok hücreli sistemler, vücudun metabolik ihtiyaçlarını bölen organ sistemlerine sahip olacak şekilde evrimleştiğinde, bireysel organlar da boşaltım işlevini yerine getirecek şekilde evrimleşmiştir. Yassı solucanlarda alev hücreleri olarak bilinen boşaltım hücreleri gelişirken, annelidlerde boşaltım hücreleri olarak nefridyumlar gelişmiştir. Platyhemintes (yassı kurtlar), Mollusca (yumuşakçalar) ve Annelida (halkalı kurtlar) da görülen alev hücreleri bu canlıların boşaltım sistemini oluşturmaktadır. Planaryalar tatlısuda yaşayan yassı kurtlardır. Boşaltım sistemleri, vücudun her tarafında bulunan gözeneklere yol açan oldukça dallanmış bir kanal sistemine bağlı iki tubulden oluşur. Süzüntü bu gözeneklerden salgılanır. Tubullerdeki hücelere alev hücreleri denir çünkü mikroskop altında bakıldığında titreyen bir aleve benzeyen bir kirpik kümesine sahiptirler. Alev hücrelerinin fincan şeklinde bir çıkıntısı vardır ve bu çıkıntının içerisini siller kaplamaktadır. Bu çıkıntı bölümü tüp hücre ile devam etmektedir. Tüp hücre bölümü ise boşaltım kesesine açılır.



Şekil 3: Alev hücrelerinin yapısı A: Alev hücresi, B: Alev hücresi ve boşaltım kanalları (<https://www.zoologytalks.com/excretion-in-lower-invertebrates/>)

Alev hücresi demetlerine 'protonephridia' denilmektedir. Protonefridyumlar iç açıklığı olmayan boşaltım tüpleri olarak tanımlanmaktadır. Alev hücreleri böbrek gibi işlev görür ve atık maddeleri filtrasyon yoluyla uzaklaştırır. Siller atık maddeleri tubullerden aşağı ve vücut yüzeyinde açılan boşaltım gözeneklerinden vücut dışına iter ayrıca interstisyel sıvıdan su çekerek filtrasyona da olanak sağlar. Boşaltımdan sonra, yararlı metabolitler hücre tarafından yeniden emilir. Alev hücreleri, parazitik tenyalar ve serbest yaşayan planaryalar da dahil olmak üzere yassı solucanlar gibi tatlısu omurgasızlarında bulunur.

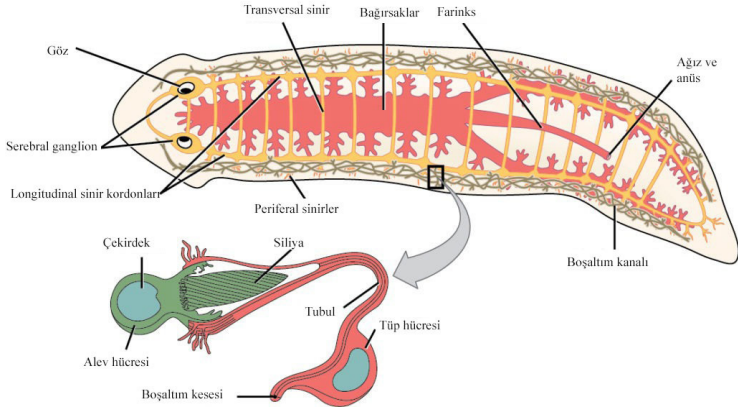


Şekil 4: Platyhelminthes'in filogenetik ağacı (Adell ve ark. 2015)

Protonefridyumlar, aynı zamanda rotiferlerde, bazı halkalı solucanlarda, yumuşakça larvalarında ve amphioksuslarda bulunur. Bu hayvanlar arasında, protonefridyumların işlevi farklılıklar göstermektedir. Tatlısu yassı solucanlarında protonefridyumların esas görevi ozmoregülasyonda işlev görmesidir. Yassı solucanların kendi türleri içerisinde dahi protonefridyumlarının işlevi farklılık gösterebilir. Çoğu metabolik atık bu canlılarda, hayvanın derisinden difüzyonla dışarıya



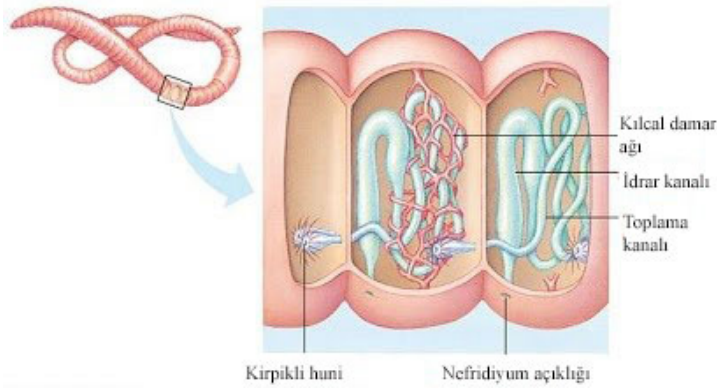
verilir ya da gastrovasküler boşluğa verilerek ağız yoluyla dışarı atılır. Bununla birlikte, bazı parazit yassı solucanlarda, protonefridyumların ana işlevi, azotlu atıkları uzaklaştırmaktır. Böylece doğal seçilim ile protonefridyumlar farklı ortamlarda farklı işler yapacak şekilde uyum sağlayabilmektedir.



**Şekil 5: Yassı solucanlarda (Planarya) boşaltım sistemi (Fowler ve ark. 2013'den uyarlanmıştır).**

### **Metanefridyumlar**

Metanefridyum; eklembacaklılar, halkalı solucanlar ve yumuşakçalar gibi omurgasızlarda bulunan bir boşaltım organıdır. Bir kanala bağlı vücut boşluğuna açılan kırıpkılı huni yapılarına sahiptir. Bu yapının son bölümü omurgasızın dışına açılır. Kanın süzülmesiyle elde edilen boşaltım ürünü daha sonra idrara dönüşür. Bu değişiklik, metanefridyumu kaplayan hücrelerdeki seçici geri emilim nedeniyle gerçekleşir. Toprak solucanları gibi çoğu halkalı solucan, sölomdan doğrudan sıvı toplayan metanefridyum adı verilen boşaltım organlarına sahiptir. Solucanın her segmentinde, sölom sıvısına batmış ve kılcak damar ağıyla sarmalanmış durumda olan bir çift metanefridyum bulunur. Silli bir huni, içeriye açılan deliği çevreler. Siller hareket ettiğinde, sıvı toplama tubulünün içerisine çekilir; tubul, dışarıya açılan bir depolama kesesi olan idrar torbasına sahiptir. Metanefridyumlar alev hücresine sahip değildir.



**Şekil 6: Toprak solucanlarında metanefridyum (Kenneth ve Joseph 2004'den uyarlanmıştır)**

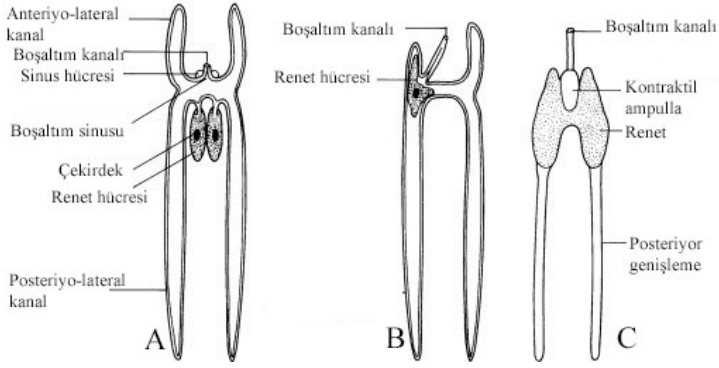
Toprak solucanının metanefridyumları, hem boşaltım hem de ozmoregülasyon işlevlerini yerine getirir. İdrar, tubul boyunca ilerledikçe, tubulün boşluğunu çevreleyen taşıma epiteli, çözünmüş durumdaki çoğu maddeyi geri emerek tekrar kılcallardaki kana verir. Azotlu atıklar, tubul içerisinde kalarak dışarıya atılır. Toprak solucanları nemli topraklarda yaşarlar ve genellikle suyu ozmos yoluyla derilerinden alırlar. Onların metanefridyumları, seyreltik idrar (vücut sıvılarına göre hipoozmotik) oluşturmak suretiyle içeriye su girişini dengelerler.

Bu ilkel böbreklerin hücresel yapıları omurgasızlar arasında büyük ölçüde değişir, ancak bir protonefridiyum ile bir metanefridyum arasındaki temel fark, hücre içi sıvılarla olan ilişkisidir. Protonefridiyumlar, interstisyel sıvıyı tubulün lümenine çekmek için sallanan kamçıları ve sillerini kullanırlar. Buna karşılık, bir metanefridyumun kanalı, vücut sıvılarını, kan veya sölom sıvısını toplayan bir iç açıklığa sahiptir.

### **Nematodlarda Rennet Hücreleri**

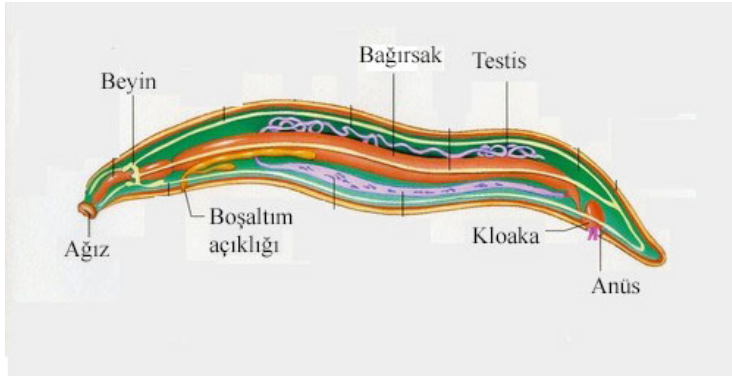
Omurgasızlar arasında sıra dışı bir grup ise nematodlardır. Diğer solucanların aksine, nematodlar nefridiyumdan tamamen yoksundur. Boşaltım sistemleri, atıkları bir boşaltım

gözeneğinden boşalan bir kanala salgılayan rennet hücreleri tarafından gerçekleştirilir.



**Şekil 7: Nematodlarda boşaltım sistemi. (A) Rhabditoid tip, (B) Ascaroid tip, (C) Juvenile Ancylostoma (Burton ve ark. 2019'dan uyarlanmıştır).**

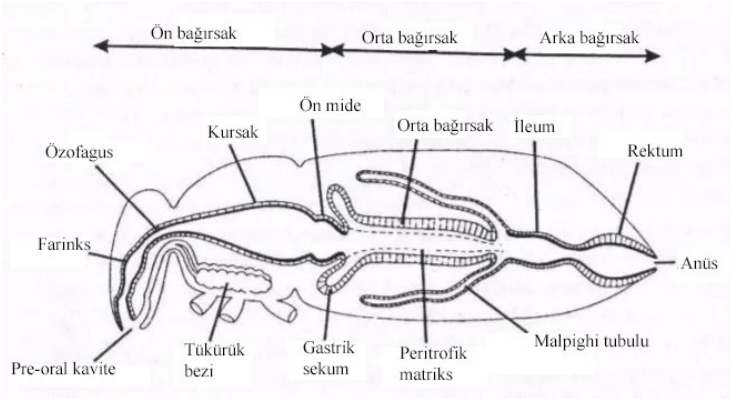
Nematodlar, rennet hücrelerinin morfolojisi (bez veya tubuler) ve rennet hücrelerini boşaltım gözeneğine bağlayan kanal sisteminin kapsamı bakımından farklılık gösterir. *Ascaris* gibi yuvarlak solucanlar “H” şeklinde boşaltım sistemine sahiptir. Tüm vücut uzunluğu boyunca tek bir Rennet hücrelerinden oluşur. Enine kanallardan oluşan bir ağ ile anterior bölüme bağlanan iki uzunlamasına boşaltım kanalından oluşur. Kısa bir terminal kanalı boşaltım gözenekleri aracılığıyla dışarı açılır.



**Şekil 8: Nematodun uzunluğu boyunca boşaltım sisteminin perspektif görünümü (https://biology4b.weebly.com/structure-of-nematoda.html)**

## Malpighi Tüpleri

Malpighi tubulleri ilk olarak 17. yüzyıl anatomisti Marcello Malpighi tarafından ipek böceği *Bombyx mori* üzerine 1669 tarihli monografisinde tanımlanmıştır. Böcekler ve diğer karasal eklem bacaklılar, Malpighi tüpleri denen, azotlu atıkları uzaklaştıran ve aynı zamanda ozmoregülasyon işlevi gören organlara sahiptir. Malpighi tüpleri, sindirim kanalına açılan ve diğer kapalı uçları hemolenf (dolaşım sıvısı) içerisine uzanan borucuklardır. Her tubul, distal uçta kapalı olan ve proksimal ucu orta bağırsak ile arka bağırsak arasındaki birleşim noktasında sindirim kanalına katılan tek bir hücre katmanından oluşur. Çoğu tubul kıvrımlıdır. Tubul sayısı türler arasında değişiklik gösterir. Malpighi tüplerinde çok sayıda başka hücre tipi bulunur. Histolojik olarak ayırt edilebilir her hücre tipinin tubuller içinde farklı bir işlevi yerine getirdiği bilinmektedir.

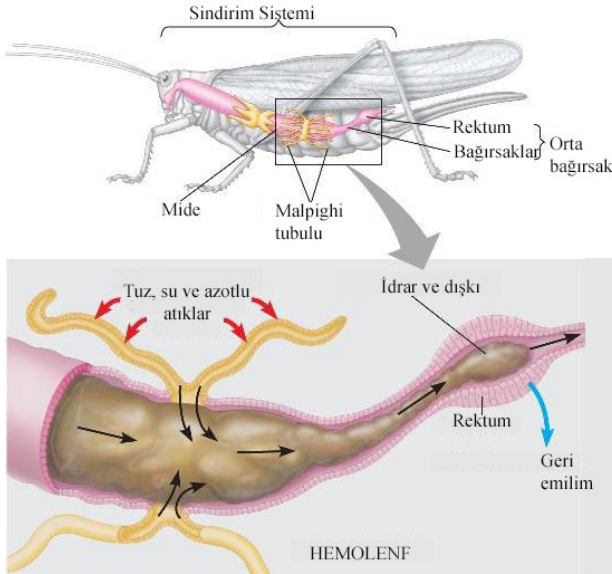


**Şekil 9: Böceklerin boşaltım sistemi (Govindarajulu ve ark. 2020'den uyarlanmıştır).**

Malpighi tubullerinde yaygın bir hücre tipi yıldız hücre veya sekonder hücredir. Bu hücre tipi, birincil hücrelerden daha küçük mikrovilluslara sahiptir ve bu mikrovilluslar mitokondri içermez.

Çoğu Malpighi tubulünde, birincil idrar oluşumu genellikle birincil hücre olarak adlandırılan hücre tipinde meydana gelir. Bu hücre tipi genellikle mikrofilamentlerin merkezi bir

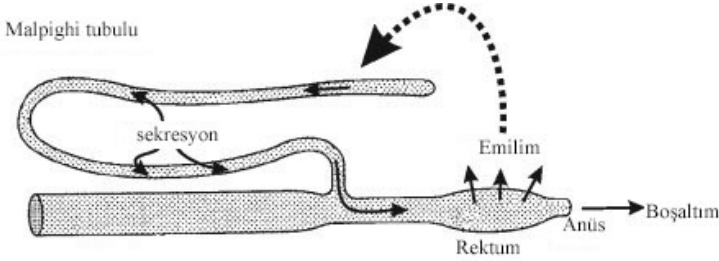
çekirdeğini içeren geniş ve apikal mikrovilluslara sahiptir. Sıklıkla, bu mikrovilluslar mitokondrileri ve endoplazmik retikulumun da bulunduğu parmak benzeri uzantıları içerir. Hücrelerin bazal yüzeyi, genellikle skaleriform bağlantılar adı verilen yapılar sayesinde mitokondrilerle yakından ilişkili olan derin kıvrımlar sergiler. Hücreler arası boşluklar apikal olarak septalı veya sürekli bağlantılarla çevrelenmiştir.



**Şekil 10: Malpighi tubullerinin mide-bağırsak kesişimindeki yerleşimi ve boşaltım mekanizması. (<http://bio1152.nicerweb.com/Locked/media/ch44/malpighian.html>)**

Diğer boşaltım sistemleri için ortak bir işlem olan filtrasyon aşaması Malpighi tubullerinde bulunmaz. Bunun yerine, tüpleri döşeyen taşıma epiteli, azotlu atıklar da dahil olmak üzere çözülmüş olan bazı maddeleri hemolenften tüp boşluğuna salgılar. Su, çözülmüş maddeleri izleyerek ozmos yoluyla tüp içerisine girer; bu sıvı, daha sonra rektuma geçer. Çözülmüş maddelerin çoğu, burada, hemolenfe geri pompalanır ve su ozmos yoluyla geri emilir. Azotlu atıklar esas olarak çözünür olmayan ürik asit hemen hemen kuru madde sayılacak şekilde dışkıyla dışarıya atılır. Su kaybını engellemede çok başarılı

olan böcek boşaltım sistemi, hayvanların karasal yaşamdaki başarılarını yansıtan anahtar bir adaptasyondur.



**Şekil 11: Böcek boşaltımının genel mekanizması. (Klowden 2013' den uyarlanmıştır).**

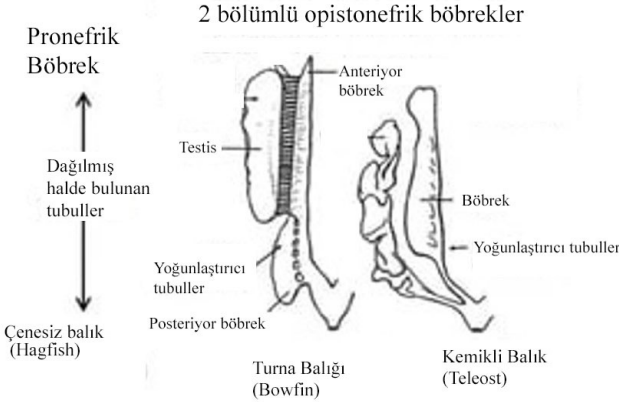
Bazı karasal böceklerin su dengesi için ilave bir adaptasyonu daha vardır; bu adaptasyonla onların sindirim kanallarının rektum ucu, havadan su alınmasına olanak tanır. Bazı türler havadaki suyu (hava sadece çok nemli olduğu zaman) absorbe edebilmelerine karşın, pire (*Xenopsylla* cinsi) gibi bazı hayvanlar, nispi nemlilik %50 gibi düşük değerlerde olduğu zamanda bile suyu atmosferden alabilmektedir.

### **Balıklarda Boşaltım Sistemi**

Kemikli balıklarda; iki eş böbrek, iç vücut boşluğunun dorsal yüzeyi boyunca uzanır. Böbreğin işlevi suyun ozmolaritesine bağlıdır. Birincil idrarı üreten glomerulus, tatlısu balıklarında deniz türlerine göre çok daha büyüktür. Tuzun geri kazanımında ve su atılımında görev yapan distal tubul çok daha büyük olabilir. Tatlısu balıklarının böbrekleri büyük miktarlarda hipoosmotik idrar üretir.

Denizde yaşayan kemikli balıkların dokuları, çevrelerinden fazla tuzu alır ve su kaybederler. Bu durum, tatlısuda yaşayan kemikli balıklarda ise tam tersidir. Tatlısu balıklarıyla kıyaslandıklarında deniz balıklarında daha az sayıda ve daha küçük nefronlar bulunur ve bu balıkların nefronları distal tubul kısmından yoksundur. Buna ilave olarak, bu balıkların böbrekleri, küçük glomeruluslara sahiptir ya da tamamıyla

glomeruluslardan yoksundur. Bu özelliklere uygun olarak, süzülme hızı çok düşüktür ve çok az idrar atarlar.



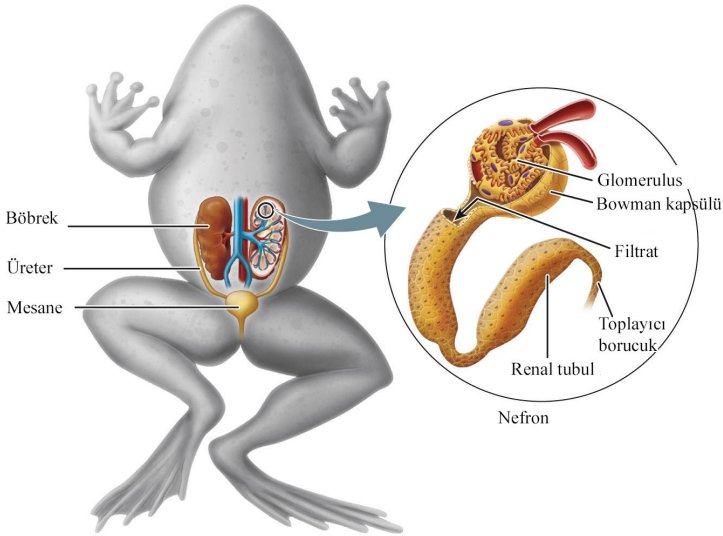
**Şekil 12: Balıklarda boşaltım sistemi** (<https://www.slideshare.net/slideshow/excretory-system-of-fishes/75350463>)

Tatlısu balıkları çevrelerine oranla hiperozmotiktir; bu nedenle, fazla suyu sürekli olarak vücuttan uzaklaştırmalıdır. Memeli ve kuşların aksine, tatlısu balıkları çok miktarda seyreltik idrar üretirler. Onların çok sayıda nefron içeren böbrekleri, yüksek oranda süzüntü oluşturur. Tatlısu balıkları, distal tubullerindeki süzüntüden iyonları geri emmek suretiyle tuzları koruyup suyu atarlar.

Deniz balıklarının böbrekleri iyon ve su dengesinde çok daha az rol oynar. Vücut sıvılarına izoosmotik olan çok az idrar üretirler. Deniz balıklarının nefronları daha az karmaşık bir glomerulusa, daha kısa proksimal tubullere ve küçülmüş veya yok olan distal tubullere sahiptir. Bazı deniz balıklarında ise glomerulus bulunmaz. Bu aglomerüler böbrekler, üç ilgisiz taksondaki türlerde de görülür. Bu taksonlardaki diğer türler glomerüler böbreklere sahip olduğundan, aglomerüler durum balıklarda en az üç ayrı zamanda evrimleşmiştir.

### Amfibilerde Boşaltım Sistemi

Amfibi böbrekleri, tatlısu balıklarınıninkine çok benzer şekilde işlev görür. Kurbağalar tatlısuda bulunduğu zaman, böbrekleri, seyreltik idrar atar; derileri ise belirli tuzları sudan aktif taşıma yoluyla alır. Karada olduklarında ise su kaybı ozmoregülasyonun en nemli sorunu olduğundan, kurbağalar idrar keselerinin epitelinden suyu geri emerek vücut sıvısını korurlar.



Şekil 13: Amfibilerde böbrek ve nefron. [https://digfirpublished.macmillanusa.com/morris2e/morris2e\\_ch41\\_12.html](https://digfirpublished.macmillanusa.com/morris2e/morris2e_ch41_12.html)

Tatlısu balıkları gibi, suda yaşayan amfibilerin çoğu, son derece geçirgen deri yoluyla çevreden emilen fazla suyu atmalıdır. Su yaşamlarında su tutma mekanizmalarına çok az ihtiyaç duyarlar. Ancak amfibiler karada olduklarında suyu muhafaza etmelidirler. Tatlısu balıkları gibi amfibiler, memeli böbreğinin hiperozmotik idrar üretmesini sağlayan bir yapı olan Henle halkasından yoksun bir böbreğe sahiptir. Bir amfibi, su kaybı oranını kontrol etmek için glomerüler filtrasyon hızını düzenleyerek ve idrar kesesinde depolanan idrardan suyu geri kazanarak karada ve suda yaşamın dengelenmesini sağlar. Çoğu karasal hayvan mesaneyi sadece idrar yapmadan önce kısa



sürelî idrar depolamak için kullanırken, amfibiler mesaneyi su depolamak için kullanırlar. Yeniden emilim süreci, vazopressin hormonunun amfibilerdeki homologunun kontrolü altındadır.

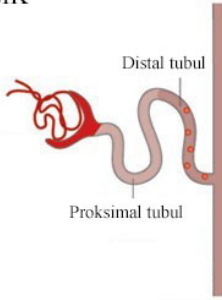
Amfibi böbreğinin doğası gelişim sırasında değişir. Larval amfibiler ve larval balıklar, pronefroz adı verilen basit bir nefrona sahiptir. Memeli böbrek tubülü (metanefroz) sıvıyı dolaşımdan alarak doğrudan Bowman kapsülü aracılığıyla nefronun içine boşaltmaktadır. Pronefrik bir böbrekte ise, süzüntü önce söloma girer, ardından nefrostomal huniler aracılığıyla pronefrik tubullere verilir. Gerçek nefronlarda olduğu gibi, su, iyonlar ve organik moleküller tubulde yeniden emilir ve kana geri döndürülür. İdrar daha sonra pronefrik kanal boyunca gönderilerek kloaka yoluyla dışarı atılır. Memelilerde bir böbrekte bir milyon civarı nefron bulunurken, kurbağa larvasında ise sadece bir çift pronefroz vardır. Larva bir yetişkine dönüşürken, pronefroz memelidekine çok benzeyen bir böbreğe dönüşür.

### **Böbrekler**

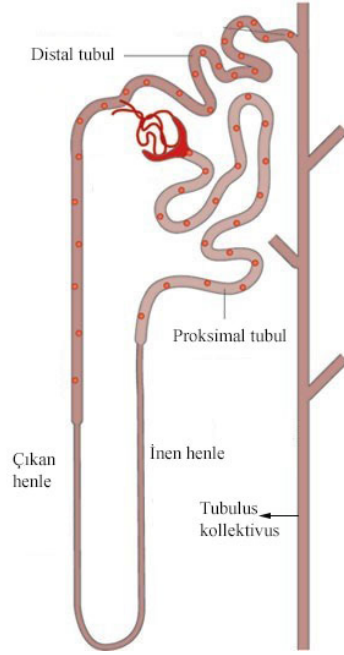
Omurgalılarda ve bazı diğer kordalılarda, böbrek adı verilen özelleşmiş bir organ hem ozmoregülasyonda hem de boşaltımda işlev görür. Çoğu hayvan türlerinde olduğu gibi, böbrekler tubullerden oluşmaktadır. Böbrekte bulunan tubuller, çok yüksek düzeyde organize olmuş durumdadır ve bir kılcal damar ağıyla yakından ilişkidir. Omurgalı boşaltım sisteminde idrarı tubullerden böbreğin ve vücudun dışına taşıyan kanallar ve diğer yapılar bulunur.

Omurgalı böbrekleri, tipik olarak segmentli değildir. Bununla birlikte, omurgasız kordalılar olan Myxini üyeleri, segmental olarak dizilmiş boşaltım tubulleri içeren böbreklere sahiptir. Bu durum, omurgalı atalarının boşaltımla ilgili yapılarının da segmentli olmuş olabileceğine işaret etmektedir.

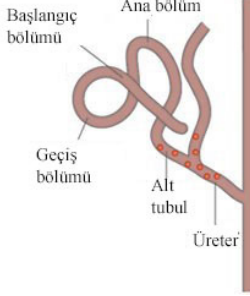
## BALIK



## MEMELİ



## BÖCEK



Şekil 14: Balık, böcek ve memeli nefronlarının yapısı (Romagnani ve ark. 2013'den uyarlanmıştır).

## KAYNAKLAR

- Adell T, Martín-Durán JM, Saló E, Cebrià F: Platyhelminthes. In: Wanninger, A. (eds) *Evolutionary Developmental Biology of Invertebrates 2*. Springer, Vienna., 2015.
- Buechner M, Yang Z, & Al-Hashimi H: A Series of Tubes: The *C. elegans* Excretory Canal Cell as a Model for Tubule Development. *Journal of developmental biology*, 8(3), 17, 2020.
- Burton J. Bogitsh, Clint E. Carter, Thomas N. Oeltmann, Chapter 15 - General Characteristics of the Nematoda, Editor(s): Burton J. Bogitsh, Clint E. Carter, Thomas N. Oeltmann, *Human Parasitology (Fifth Edition)*, Academic Press, Pages 257-276, 2019.
- Burton, Derek, and Margaret Burton, 'Excretion', *Essential Fish Biology: Diversity, structure, and function* (Oxford, 2017; online edn, Oxford Academic, 21 Dec. 2017).
- Campbell NA, Reece JB: *Biology*, Benjamin Cummings-Pearson Education, 2008.
- Gąsiorowski L, Andrikou C, Janssen R, et al.: Molecular evidence for a single origin of ultrafiltration-based excretory organs. *Curr Biol.*;31(16):3629-3638.e2, 2021.
- Govindarajulu SN, Varier KM, Jayamurali D, Liu W, Chen J, Manoharan N, Li Y, & Gajendran B: Insect gut microbiome and its applications. In *Recent advancements in microbial diversity* ( 1st ed., pp. 379–395). Elsevier, 2020.
- Kenneth RM, Joseph: *Biology*, Prentice Hall, Hardcover Student Edition, 2004.
- Klowden MJ: *Physiological systems in insects*. Academic press, 2013.
- McMillan DB. *Histology of the Kidney*. In: Farrel AP, editor. *Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment*. Vol. 2. The Gut. Role of the Kidneys. Elsevier, p.1395–410. 2011.
- Moyes CD, Schulte PM: *Principles of Animal Physiology*, Pearson/Benjamin Cummings, 2008.
- Romagnani P, Lasagni L, & Remuzzi G: Renal progenitors: an evolutionary conserved strategy for kidney regeneration. *Nature reviews. Nephrology*, 9(3), 137–146, 2013.
- Terra WR, & Ferreira C: Evolutionary trends of digestion and absorption in the major insect orders. *Arthropod structure & development*, 56, 100931, 2020.
- Fowler S, Roush R and Wise J: *Concepts of Biology*, 2013.
- [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_and\\_General\\_Biology/General\\_Biology\\_\(Boundless\)](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/General_Biology_(Boundless))
- [https://digfirepublished.macmillanusa.com/morris2e/morris2e\\_ch41\\_12.html](https://digfirepublished.macmillanusa.com/morris2e/morris2e_ch41_12.html)
- <https://www.slideshare.net/slideshow/excretory-system-of-fishes/75350463>
- <http://bio1152.nicerweb.com/Locked/media/ch44/malpighian.html>
- <https://biology4b.weebly.com/structure-of-nematoda.html>
- <https://www.zoologytalks.com/excretion-in-lower-invertebrates/>

## 2. BÖLÜM

### KANATLI HAYVANLARDA BOŞALTIM SİSTEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Dilem Gülece Ermutlu

---

Kuş böbrekleri, diğer omurgalıların böbrekleri gibi filtrasyon, boşaltım, salgılama ve emilim görevlerini yapar. Kandaki suyu ve metabolizmanın atık ürünleri ve idrarla atılan iyonlar gibi birçok maddeyi filtrelerler. Böbrekler ayrıca suyun korunmasında ve ihtiyaç duyulan maddelerin (glukoz gibi) yeniden emilmesinde önemli bir rol oynar. Memeli böbreği gibi kuş böbreği de büyük miktarda sıvıyı filtreler (100 g ağırlığındaki bir kuş için her gün vücudun toplam su içeriğinin yaklaşık 11 katı) ve ardından filtrelenen suyun çoğu tubuler reabsorpsiyonla geri emilir. Sucul kuşlarda bu miktar %95'ten fazladır.

#### **Kanatlı Böbreğinin Embriyonik Gelişimi**

Dorsal mezodermden gelişen böbrekler kranio-kaudal yönde sırasıyla pronefroz, mezonefroz ve metanefroz olmak üzere üç aşamalı bir gelişme gösterir.

Servikal bölgede şekillenmeye başlayan nefron tubuluslarının yerini, fonksiyonel bakımdan daha gelişmiş olan yapılar alır. Kaudalde yer alan yapılar gelişip fonksiyonel hale geldikçe pronefroz ve mezonefroz tüpçükleri atrofiye olarak yerini kalıcı böbrek olan metanefroz'a bırakır.

**Pronefroz**, amphioxus gibi canlılarda daimi böbrek iken kanatlılarda, memeli hayvanlarda ve insanlarda kısa süreli görev görür ve embriyonik gelişimin 3. gününde farklılaşmaya başlayarak yerini mezonefrozlara bırakır.

**Mezonefroz**, morfolojik olarak 3-4. günlerde oluşur, 5-11. günlerde işlevsel olup civciv embriyolarında 11. günde

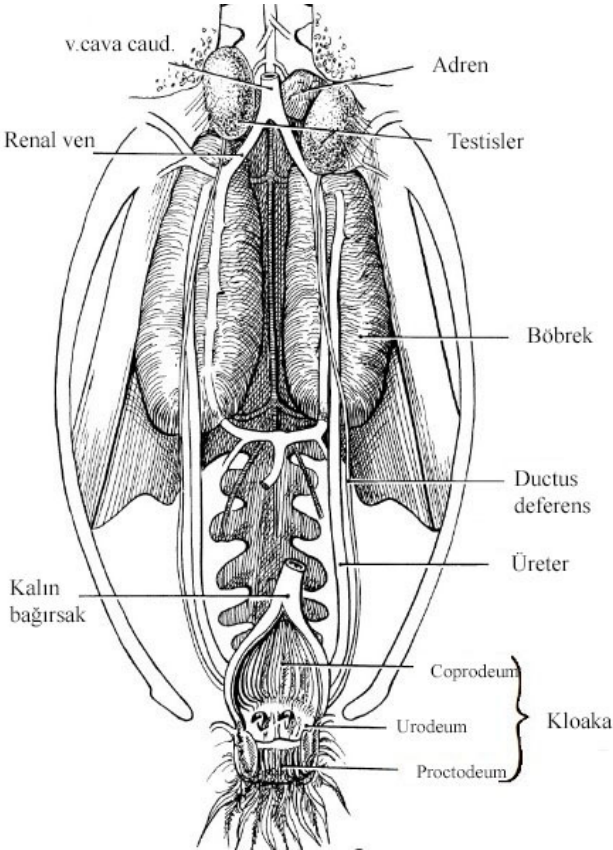
gelişiminin zirvesine ulaşarak yerini 15. günde metanefroza bırakarak dejenere olur.

**Metanefroz** civcivlerde embriyonik 12. günde renal korpuskulumlar ve proksimal kıvrımlı tubuller vasıtasıyla aktif bir sıvı emilimi sürecini başlatır.

### **Kanatlı Böbreğin Yapısı**

Kanatlı hayvanlarda üriner sistem, uzun ve loplu yapıda iki adet böbrekten ve lopların her birinin açıldığı üreterlerden oluşmaktadır. Anatomik olarak ise böbrekler os lumbosakrale ve os ilium içindeki çukurluğa yerleşmiştir. Vücut ağırlığının %0,20-0,28' ini oluşturan böbrekler kolumna vertebralis' in ventralinde akciğerin arka bölümü ile rektum arasında yer almakta olup, lobus kranialis, lobus medius ve lobus kaudalis olmak üzere 3 loptan oluşmaktadır.

Böbreğin dış yüzünü örten bağ doku kapsülü organın içine yayılarak intersitisyumu oluşturur. Lopçuklardan oluşan kanatlı böbreğinde her lopçukta korteks ve medulla bulunmaktadır. Her kortikal lopçuğun tek bir medullar yola akması sebebiyle kortikal bölüm medullar bölümden daha fazladır. Memeli böbreğinden farklı olarak bağ doku içinde yer yer lenfoid odaklar görülebilir.



**Şekil 1: Kanatlı hayvanlarda üriner sistem (McSweeney and Stoskopf 1989'dan uyarlanmıştır)**

Kanatlılarda böbreğin temel birimi memelilerde olduğu gibi nefrondur. Ancak kuşlar memelilerden farklı olarak iki tip nefrona sahiptir. Kortikal tip nefron (sürüngen tip nefron) sürüngenlere benzer, medullar tip nefron ise memelilerle benzerlik gösterir. Ancak bazı kaynaklarda üç tip nefron olduğu da bildirilmektedir.

Medullar tip nefronun korteksinde; korpuskulum renis, tubulus proksimalis konvoluta, tubulus distalis konvoluta, tubulus kollektivus ve perilobuler duktus kollektivus bulunurken medullada; medullar halkanın (henle kulpu) ince ve

kalın bölümleri ile medullar duktus kollektivuslar ve üreterin sekonder kolları bulunmaktadır.

Korpuskulum renis, korteksde bulunur ve sürüngen tipindekine oranla daha büyüktür. Memeli hayvanlara benzer şekilde glomerulus ve Bowman kapsülünden oluşur.

Tubulus proksimalis konvoluta, korpuskulum renisin idrar kutbundan çıkan kübik epitele sahip bir kanaldır. Geri emilimin büyük bir kısmı bu bölümde gerçekleşir.

Tubulus distalis konvoluta, korteksde v.sentralis çevresinde yoğun olarak bulunur. Kübik epitele sahiptir ve medullar halkanın kalın bölümünün devamıdır.

Tubulus kollektivus, nefronun son kısmını oluşturur. Tubulus distalis konvoluta ve perilobuler duktus kollektivuslar arasında bulunur.

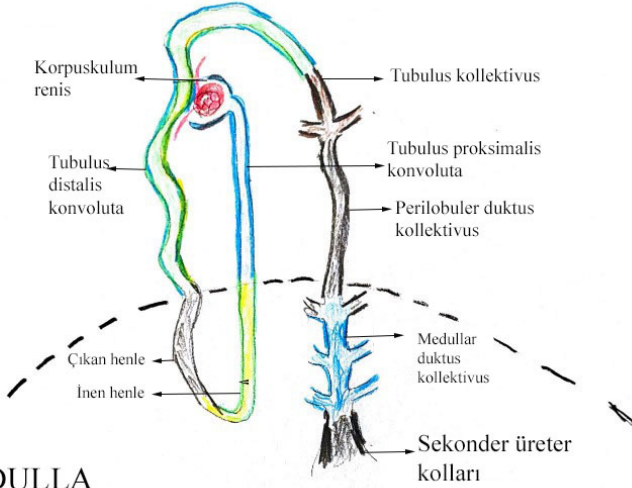
Perilobuler duktus kollektivuslar, tubulus kollektivusların açıldığı kanallardır.

Medullar halkanın ince bölümü olan inen henle yassı epitelle kaplıdır ve tubulus proksimalis konvolutanın devamıdır. Kalın bölüm olan çıkan henle ise inen henlenin devamıdır ve kübik epitel özelliğine sahiptir.

Medullar duktus kollektivuslar, perilobuler duktus kollektivusların açıldığı kanaldır. Bu bölgede epitel özelliği tek katlı kübik yapıda iken, üreterin sekonder kollarına yaklaştıkça epitel yalancı çok katlı prizmatik yapıya dönüşür.

Üreterin sekonder kolları, medullar duktus kollektivusların açıldığı kanaldır. Epitel yapısı başlangıçta yalancı çok katlı prizmatik epitel olup daha sonra çok katlı prizmatik epitele dönüşür.

## KORTEKS

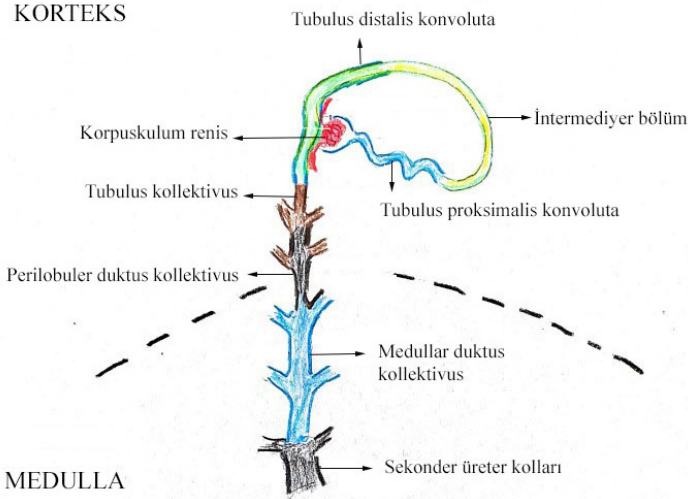


## MEDULLA

**Şekil 2: Kanatlı hayvanlarda medullar tip nefron (Aslan Ş 2018'den uyarlanmıştır).**

Sürünge tip nefronunda ise kortekste; korpuskulum renis, tubulus proksimalis konvoluta, tubulus distalis konvoluta, intermediyer tubuluslar, tubulus kolektivus ve perilobuler tubulus kolektivus bulunurken medullada, medullar duktus kolektivuslar ve üreterin sekonder kolları bulunmaktadır. Sürünge tip nefronunda memeli tip nefrondan farklı olarak henle kulpu bulunmaz bunun yerine ise kısa bir intermediyer bölüm bulunur.



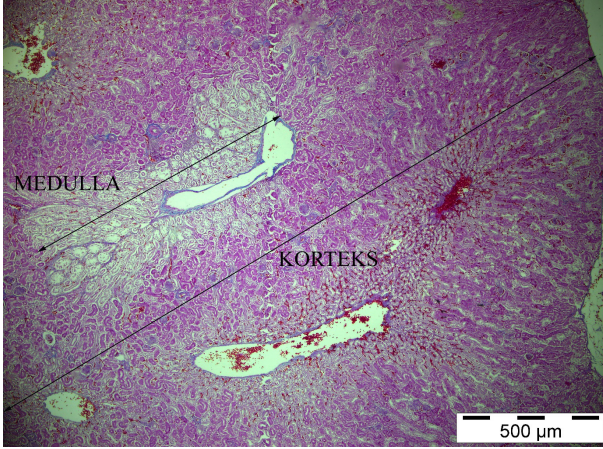


**Şekil 3: Kanatlı hayvanlarda sürüngen tip nefron (Aslan Ş 2018'den uyarlanmıştır).**

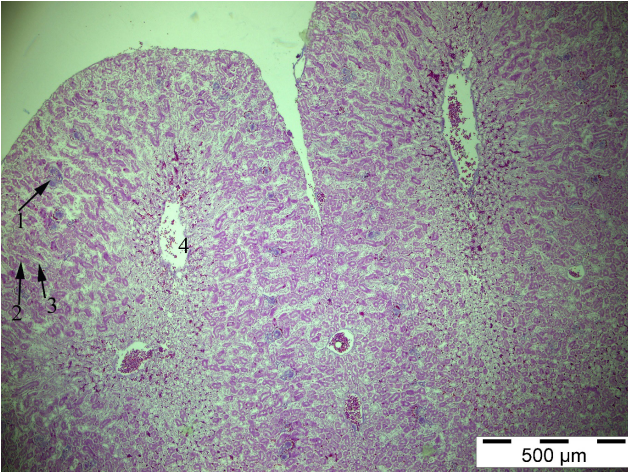
Medullar tip nefronlar medullanın yanı sıra kortekste de yer alır ancak medullar bölgesinde henle sistemine sahiptir. İdrarın oluşturulmasından ve konsantre edilmesinden sorumludur. Kurak bölgelerde yaşayan kuşlarda bu nefronlar daha fazladır. Sürüngen tip nefronlar memeli tipe oranla sayıca daha fazladır ve böbreğin korteksinde yerleşim gösterir. Henle kulpunun olmadığı bu tip nefronda ürik asit glomerullardan süzülerek tubullere aktarılır. Memeliler gibi, kuşların da böbreklerindeki jukstamedullar aygıt, suyun emilimini düzenlemek üzere özelleşmiştir. Ancak, kuşların nefronları, memelilerinkine oranla medulla içinde çok daha az Henle kulplarına sahiptir. Bu yapılarından dolayı kuş böbreklerinin idrarı yoğunlaştırma derecesi, memeli böbrekleri tarafından gerçekleştirilen yüksek osmolariteye erişemez. Kuşlar hiperosmotik idrar oluşturabilmelerine karşın, asıl su korumada azotlu atık olarak ürik asit atılımı en önemli adaptasyonlarıdır. Ürik asit macun kıvamında atılabildiğinden, idrar hacmini de azaltmaktadır.

Yetişkin kuşlarda görülen memeli tipi ve sürüngen tipi nefronlar embriyonik metanefrozlarda bulunur. İlk oluşan nefron tipi memeli tipi nefron olup daha uzun tubuller ve daha

büyük glomerullardan oluşmuştur. Bunları, genellikle daha kısa tubuller ve daha küçük glomerullar ile karakterize sürüngen tipi nefronlar izler. Ayrıca kanatlı böbreğinin üç parçalı olması ve damarlaşmasıyla memelilerden daha çok sürüngenlere benzerlik göstermektedir.

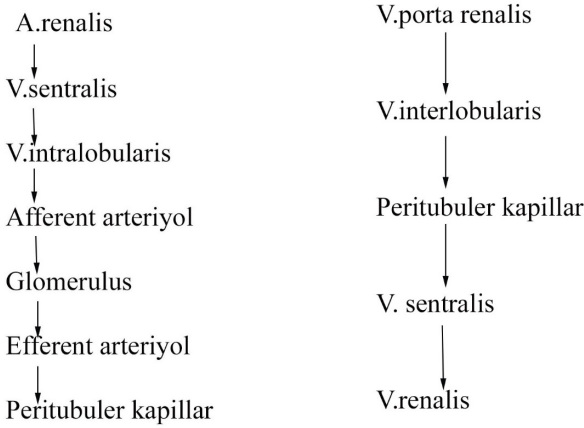


Resim 1: Kazlarda böbreğin histolojik yapısı (Dr. Öğr. Üyesi Dilem ERMUTLU'nun arşivinden)



Resim 2: Kazlarda böbreğin histolojik yapısı 1: Sürüngen tip glomerulus, 2: Tubulus proksimalis, 3: Tubulus distalis, 4: V. centralis (Dr. Öğr. Üyesi Dilem ERMUTLU'nun arşivinden)

Kanatlı hayvanların böbreklerinde memelilerden farklı olarak renal portal sistem vardır. Bu sistemde arteriyel beslenme a.renalis ile aorttan gelir. Böbreğin içine giren renal arterler, organın içinde dallara ayrılır. Renal arterlerin terminal dalları lopçukların korteksi boyunca v. sentralis ve v. intralobularislerin ortasından geçerek glomeruluslara arteriyoller verir. Renal portal venlerin dalları ise kortikal toplayıcı tubuller arasından geçerek v. interlobularisleri oluşturur. İnterlobuler venler kılcallara ayrılarak tubullere portal kan sağlar ve her lopçuğun ortasında bulunan v. sentralise girer, oradan da efferent renal venin dallarıyla vena renalise açılır.



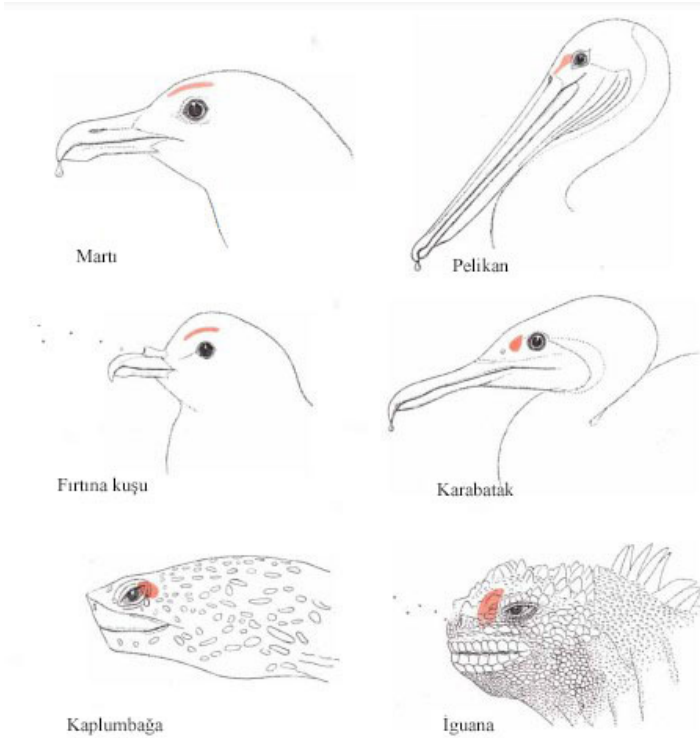
**Şekil 4: Renal portal sistem**

Kuşlar, sürüngenler gibi üroteliktir. Yani azotlu atıklarının % 60'ını kireçli beyaz üratlar şeklinde atarlar. Ürik asit karaciğerde sentezlenir ancak esas olarak böbrek ile atılır. Üratların atılımı daha az su gerektirir, ancak kuşlar için ana avantaj, yumurtada gelişmekte olan embriyonun çözünmeyen bir atık ürün üretebilmesi ve su fraksiyonunu yeniden emilmek üzere serbest bırakmasıdır. Ürik asit, nükleik asitlerde bulunan purinlere benzer bir bileşiktir. Ürik asit üretimi, üre (üre döngüsünden) veya amonyak gibi diğer azotlu atıkların işlenmesine kıyasla enerji açısından maliyetli olan karmaşık bir

metabolik yol içerir; ancak, su kaybını azaltma ve dolayısıyla su ihtiyacını azaltma avantajlarına sahiptir. Kuşlarda idrar kesesi yoktur ve çoğu türde üreteral idrar, ürodeumdan geriye doğru peristaltizm yoluyla hem koprodeuma hem de kolona (rektum) akar.

### Tuz Bezleri ve Ozmoregülasyon

Genel olarak omurgalılarda ozmoregülasyondan böbrekler sorumludur. Ancak yoğun tuzlu ortamlarda yaşayan ve beslenen canlılarda bu görevi gerçekleştiren böbreklerden farklı bazı yapılar gelişmiştir. Örneğin Elasmobranch'larda rektal bezler, deniz yılanlarında dilaltı bezi, deniz kuşlarında ve kertenkelelerde nazal bezler ve deniz kaplumbağalarında ise tuz bezleri ozmoregülasyon işlevini gerçekleştiren yapılardır.



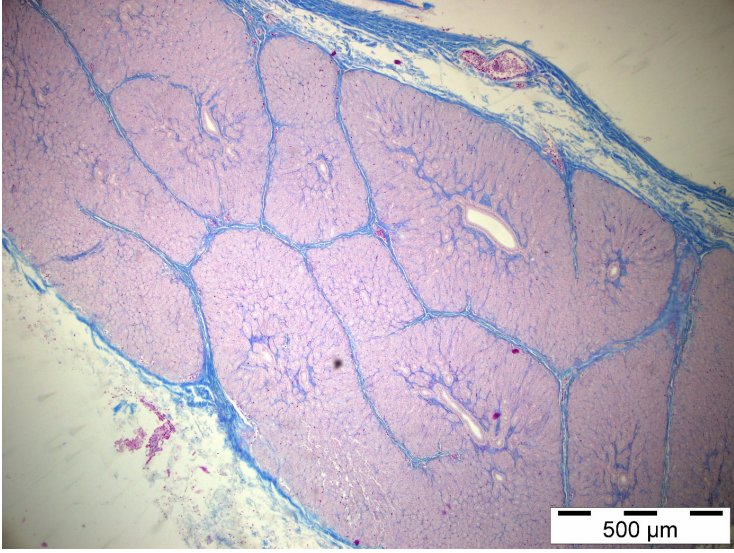
**Şekil 5: Farklı türlerde tuz bezinin yerleşimi (Schmidt-Nielsen 1959'dan uyarlanmıştır).**

Kuşların böbrekleri hipertonic idrar (sodyum gibi çok sayıda iyon) üretmediğinden, aşırı tuzun atılması potansiyel bir sorundur. Birçok kuş türü, özellikle deniz kuşları ve kıyı kuşları, tek su kaynakları olarak deniz suyunu içebilirler. Bu durum, kuşların aşırı tuzu atmanın başka bir yolu olan tuz bezlerine sahip olmaları ile sağlanır.

Kuşların tuz bezleri muhtemelen Geç Paleozoik dönemde sürüngenlerin burun bezlerinden evrimleşmiştir. Charadriiform kuşların kafatasındaki frontal kemiğin supraorbital çöküntülerinde derinin hemen altında bulunurlar, ancak diğer gruplarda damağın üstünde veya göz yörüngesinin içinde yer alabilirler. Fosil kuşların, Ichthyornis ve Hesperornis'in kafatasları benzer çöküntülere sahiptir, bu da bu kuşların deniz yaşam alanlarında yaşadığını düşündürmektedir. Deniz kuşlarının (ayrıca bazı şahin ve çöl kuşlarının) tuz bezleri, tüketilenden daha az su kullanarak bu bezler aracılığıyla aşırı NaCl salgılar ve bu da serbest su üretir. Kuşların tuz bezleri tarafından salgılanan sıvı 500 ile 1.000 mM arasında neredeyse saf NaCl çözeltisidir. Atılan sodyumun %75'inden fazlası tuz yüklemesi veya dehidratasyon koşulları altında tuz bezleri aracılığıyla gerçekleşir.

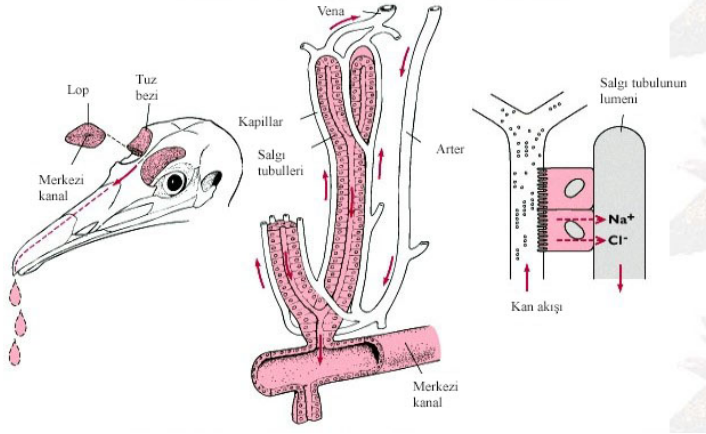
Tuz bezlerinin çeşitli kuş takımlarında (Spheniciformes, Procellariiformes, Charadriiformes, Pelecaniformes, Anseriformes ve Phoenicopteriformes) bulunduğu bildirilmiştir. Ancak ötücü kuşlarda köreldiği ya da bulunmadığı düşünülmektedir. Kuşlarda ozmoregülasyon çalışmalarının çoğu deniz taksonlarıyla yürütülmüş olsa da tuz bezlerinin varlığı çeşitli karasal takımlarda belgelenmiştir. Örneğin, Roadrunners-Koşar Guguklar (*Geococcyx californianus*) ve Savana Şahinleri (*Heterospizias meridionalis*) aktif tuz bezlerine sahiptir ve protein açısından zengin diyetlerine yanıt olarak hipertonic salgılar üretebilirler. Bu türler yüksek tuzlu su yükünden dolayı strese girmese de, tuz bezinin salgıları sayesinde su kayıplarını en aza indirgemektedirler. Kum Kekliği (*Ammoperdix heyi*) ve Deve Kuşu (*Struthio camelus*)

gibi diğer çöl kuşları, yüksek sıcaklığa yanıt olarak uyarılan işlevsel tuz bezlerine sahiptir. Bu nedenle tuz bezleri sadece tuzlu veya denizel ortamlarda yaşayan kuşlarla sınırlı olmayıp, az su tüketen bazı karasal kuşlarda da bulunmaktadır.



**Resim 3: Kazlarda tuz bezinin histolojik yapısı (Prof. Dr. Şahin ASLAN'ın arşivinden)**

Tuz bezleri, kandaki tuz iyonlarını uzaklaştırmak ve yoğunlaştırmak için ters akımlı kan akışı sistemine sahiptir. Çift, hilal şeklindeki bezlerin her biri yaklaşık 1 mm çapında birkaç uzunlamasına lob içerir. Her lob, kan damarlarına sarılmış binlerce tubulun yayıldığı merkezi bir kanal içerir. Bu minik kılcak damarlar, kanı bezin tubulleri boyunca taşır. Tubullerin duvarları tek katlı epitelten oluşur ve tubullerin içindeki tuzlu sıvı ile kan dolaşımı arasında basit bir bariyer oluşturur. Tuz atılımı burada gerçekleşir.



**Şekil 6: Tuz bezinde ters akım mekanizması [https://projects.cos.ncsu.edu/bio370/exercises2021/activity10/salt\\_gland.html](https://projects.cos.ncsu.edu/bio370/exercises2021/activity10/salt_gland.html) uyarlanmıştır**

Kuşlarda, tuz bezinin salgısı gaga boyunca uzanan ve burun deliklerine açılan bir kanaldan boşalır. Tuz bezi salgısı plazmadan üç kat daha yoğun olabilir. Bu nedenle, bir kuş 30 mililitre deniz suyu içerse, 10 mililitre tuzu dışarı atabilir ve 20 mililitre saf su elde edebilir. Tuz bezleri bu durumu, karşı akım çarpanı oluşturmak için metabolik enerjiyi kullanarak gerçekleştirir. Tuz bezi, peritubuler sıvı ve kılcak bir ağ ile çevrili bir dizi salgı tubulünden oluşur. Tubulün bir kapalı ucu bir de toplayıcı kanala boşalan uzun bir ucu vardır. Sıvılar tubulün kapalı ucundan açık ucuna doğru akar. Kılcak bir ağ tubule paralel olarak düzenlenmiştir, ancak kan akışının yönü lumen sıvılarının yönünün tersidir. Bu karşı akım düzenlemesi tuz bezinin yoğun bir salgı üretme yeteneği için merkezi öneme sahiptir. Karşı akım çarpanı mekanizması şu şekildedir: Kan, tubulün kapalı ucuna doğru akarken, tuzlar intersitysel sıvıya geçer ve tubul hücreleri tarafından alınarak lumene aktarılır. Sonuç olarak, kan giderek daha seyreltik hale gelir. Tubul hücrelerinin çevresindeki interstisyel sıvı, tubulün üzerinden geçen kanla denge halindedir (kapalı uca yakın düşük ozmolarite ve açıklığa yakın yüksek ozmolarite şeklinde). Böylece, tubulün kapalı ucuna yakın tubul hücreleri

seyreltik bir interstisyel sıvıya maruz kalır ve seyreltik bir lumen sıvısı oluşturur. Lumen sıvıları kapalı uçtan açık uca aktıkça, çevredeki interstisyel sıvılar giderek yoğunlaşır ve tuzların tubul hücreleri boyunca transselüler taşınması lumen sıvılarının daha yoğunlaşmasına neden olur. Salgı tubulunu kaplayan epitel hücreleri, tubul hücreleri ile kan arasında bulunan interstisyel sıvıdan tuzları çıkarır. Bazolateral membran ve apikal membran, hiperosmotik bir salgı üretmek için birlikte çalışır. Epitel hücrelerinin bazolateral membranı, düzenleyici hacim artışında rol oynayan taşıyıcı takımlarını kullanarak iyonları hücreye getirir. Tersine, apikal membran, düzenleyici hacim azalmasında rol oynayan taşıyıcılara sahiptir. Kesin mekanizmalar henüz net olmasa da,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  ATPaz,  $\text{K}^+$  kanalları ve  $\text{Cl}^-$  kanallarının hepsi hiperosmotik salgılamanın oluşumunda rol oynar. Bu aktivitelerin net sonucu,  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  un plazmadan alınması ve tubulün lumenine salgılanması şeklindedir.



**KAYNAKLAR**

- Aslan Ş: Kanatlı Histolojisi, Üriner Sistem, Dora Yayıncılık, 2018
- Bolin G, Burggren WW: Metanephric kidney development in the chicken embryo: Glomerular numbers, characteristics and perfusion. *Comparative Biochemistry and physiology*, 2013.
- De Melo L, Leon M, Rodrigues, AC, Turquetti, A, Silva, AF. André L, & Edris, RR: Morphophysiology of the green - turtle salt gland cheloniamydas. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(2), 723-731, 2020.
- Goldstein DL: Sturkie's Avian Physiology, Renal and extrarenal regulation of body fluid composition, Academic Press, 2022.
- Hodges RD: The histology of fowl, Academic Press, 1974.
- Hughes MR: Regulation of salt gland, gut and kidney interactions. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 136(3), 507-524, 2003.
- J. Eduardo PW. Bicudo, William A. Buttemer, Mark A. Chappell, James T. Pearson, and Claus Bech: Ecological and Environmental Physiology of Birds, *Oxford University Press*, 2010 .
- Karadağ H, Nur İK: Evcil Kuşların Anatomisi, Medisan Yayınevi, 2007.
- McGeady TA, Quinn PJ, Fitzpatrick, Ryan MT: Veterinary Embryology, 2006.
- McSweeney, T and Stoskopf MK: Selected features of the abdominal and thoracic anatomy of the Brown Pelican (*Pelecanus occidentalis*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 20: 184-190, 1989.
- Moyes CD, Schulte PM: Principles of Animal Physiology, Pearson/Benjamin Cummings, 2008.
- O'Malley B: Clinical Anatomy and physiology of exotic species, Elsevier Saunders, 2005.
- Özfiliz N: Veteriner Embriyoloji, Üriner Sistem, Nobel Yayınevi, 2010.
- Reece WO: Kanatlılarda böbrek fonksiyonları, Dukes Veteriner Fizyoloji, Medipress Yayıncılık, 2008.
- Schmidt-Nielsen, K: Salt Glands. *Scientific American*, 200(1), 109-116. doi:10.1038/scientificamerican0159-109, 1959.
- Sinowatz F: Development of Urogenital System, Essentials of domestic animal embryology, Elsevier Saunders, 2010.
- Zık B: Üriner Sistem, Özel Histoloji, Dora Yayıncılık, 2016.
- [https://projects.cos.ncsu.edu/bio370/exercises2021/activity10/salt\\_gland.html](https://projects.cos.ncsu.edu/bio370/exercises2021/activity10/salt_gland.html)

## 3. BÖLÜM

### MEMELİLERDE BOŞALTIM (ÜRİNER) SİSTEMİ-1

Prof. Dr. Turgay Deprem

---

#### A. Memelilerde Böbreğin Anatomisi

##### *Böbreklerin anatomisi*

Üriner Sistem organları ile genital organların embriyolojik gelişim süreci beraber olduğundan dolayı yakın ilişki halindedirler. İki sistem bir arada genellikle ürogenital sistem olarak adlandırılır. Üriner sistemi oluşturan organlar: Böbrekler, ureterler, sidik kesesi ve üretra'dır.

Büyük köpeklerde günlük olarak böbreklerden 1000-2000 litre kanın 200 ila 300 litresi ilk idrar olarak filtre edilir, filtre edilen bu kısım geri emilim işlemi ile 1-2 litreye kadar düşürülür. Yani geri emilimden sonra sadece 1-2 litresi idrar olarak dışarı atılır.

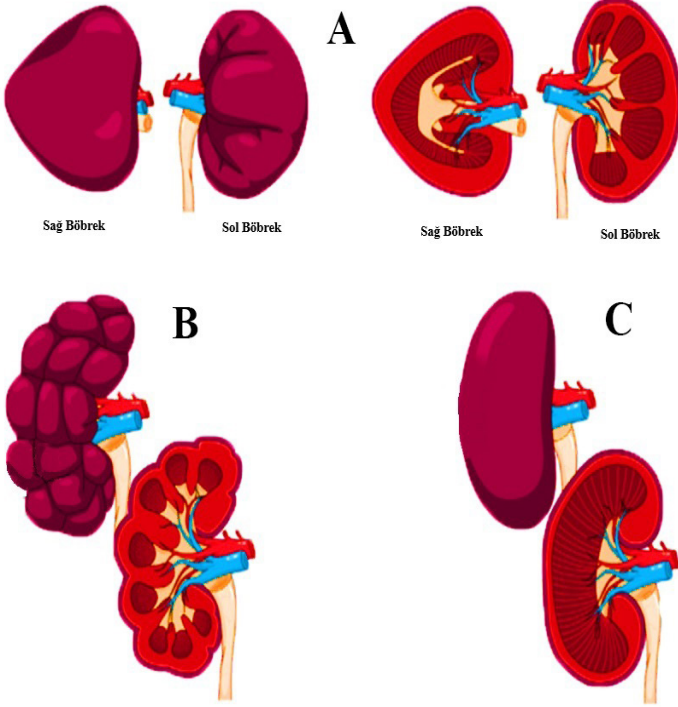
##### *Böbreklerin yerleşimi*

Böbrekler; retroperitoneal olarak yerleşmiş, dorsal abdominal duvar ile columna vertebralis arasında bulunan bir çift organdır. Domuz dışında diğer evcil hayvanlarda sağ böbrek, sol böbrekten daha önde yer alır. Böbreklerin karaciğerin impressio renalis çukurluğuna doğru girerek yerleşmesiyle hareketleri daha sınırlı hale gelmiştir. Sol böbrek, sağa göre daha hareketlidir.

##### *Böbreklerin şekli*

Böbreklerin rengi kırmızıdan kahverengiye kadar değişen renklindedir. Böbreğin şekli hayvanlarda değişiklik gösterir. Köpek, kedi, koyun ve keçide fasulye şeklindedir. Domuzlarda böbrekler çok yassılaştırmış yapıda görülür. Atın sağ böbreği ise özel bir görünüme sahiptir ve kalp biçimindedir. Diğer birçok hayvanda ise fasulye şeklinden piramit şekline kadar

farklı yapılarda görülebilir. Büyük ruminantların (İnek, Camız vs.) böbrekleri ise düzensiz oval şekillidir ve dış yüzeyi loblu yapıdadır. Diğer evcil memeli hayvanların böbreklerinin dış yüzeyi ise düz yapıdadır.



**Resim 1: Memeli böbreklerindeki tür çeşitliliği: (A) Atlarda kalp şeklinde sağ böbrek ve fasulyeye benzer sol böbrek, (B) Sığır böbreği (C) Köpek böbreği (Keogh ve ark. 2021'den düzenlenmiştir).**

Böbreklerin büyüklükleri hayvan türlerine göre değişir. Yaklaşık olarak at böbreği 450-750 g, sığır böbreği 520-720 g, domuz böbreği 200-280 g ağırlığındadır. Böbreklerin ağırlıkları vücut ağırlığı ile karşılaştırılınca; Atta 1:500-700, köpekte 1:14-200, domuzda 1:150, sığırdada 1:300 oranları elde edilir.

At ve koyun böbreklerinde % 1,6-1,7, sığırdada %2,2-2,8, köpekte % 4,2-5,2 ve kedide ise % 3,6-6,5 yağ vardır.



**Resim 2. At böbreği soldaki fasulye şeklinde sağ böbreği tipik kalp şekilli görünümü. (Prof.Dr. Şahin Aslan'ın arşivinden)**



**Resim 3. Koyun böbreği. (Prof.Dr. Şahin ASLAN'ın arşivinden)**



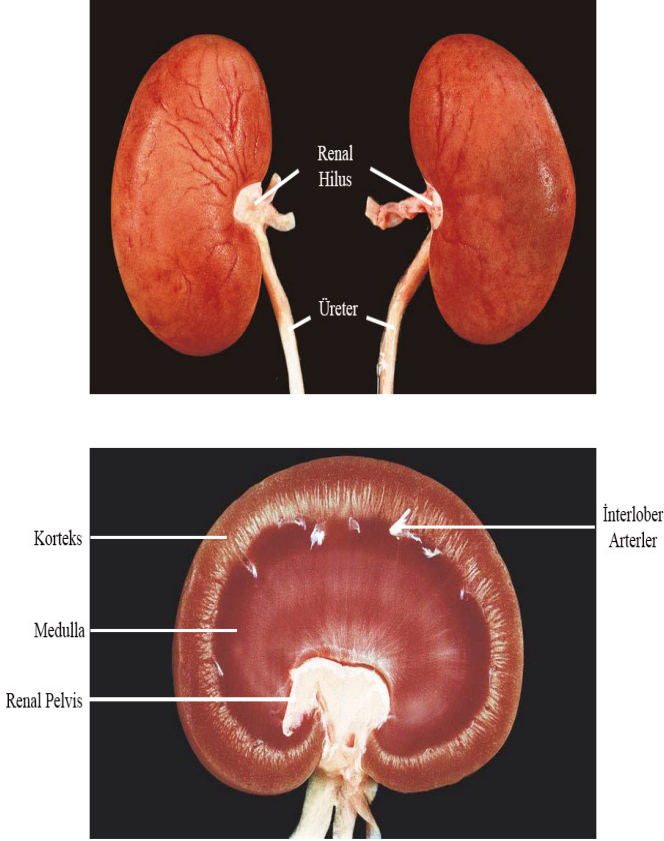
**Resim 4. Sığır multilobuler böbreği. (Prof.Dr. Şahin ASLAN'ın arşivinden)**

Bazı deniz hayvanlarında lobulus renalesler tamamen ayrı yapıda görülür, bu böbrekler üzüm salkımı şeklindedir. Böbreğin medial tarafında hilus renalis denilen girinti vardır, böbrek damarlarının ve sinirlerinin girip çıktığı yer burasıdır. Bu bölgede üreterin genişlemesiyle oluşan pelvis renalis bulunur.

Embriyonal gelişim sürecinde tüm memelilerde böbrekler multilobar yapıda oluşum süreci geçirir. Lobların birleşmesiyle birçok hayvan türünde lob sayısı önemli derecede azalır. Lobların birleşme düzeyi memeli türleri arasında değişiklik gösterir.

Büyük ruminantlar ve domuzda medulla ve korteks, piramit şekilli loblara ayrılır. Böbrekler bu şekliyle multilobar ve multipiramidal böbrekler olarak ifade edilir. Domuzların böbrek yüzeyi düz bir yapıya sahiptir. Büyük ruminantlarda ise böbrek multilobar yapıdadır, ancak dış yüzeyinde farklı loblar arasında yarıklar görülür.

Köpek, at ve koyunda tüm böbrek lobları birleşmiş yapıdadır. Papillaların hepsi tek bir krista renalise açılır.

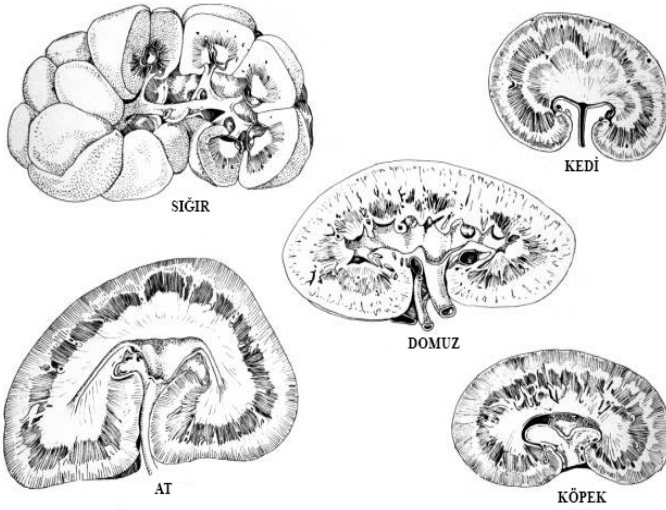


**Resim 5. Köpek düz, ünilobuler böbrek ve ekvatorial kesiti (König ve Liebich 2020'den düzenlenmiştir).**

Birleşme yapılarına göre böbrekler şöyle sınıflandırılabilir:

Tek loblu böbrekler, yüzeyleri düz yapıda görülür ve tek bir papilla renalise açılır. At, kedi, köpek ve küçük ruminantlarda bu tip böbrek bulunur.

Çok loblu böbrekler ise düz bir yüzeye sahiptir ve birçok papillaya açılır. Bu tip böbrek yapısı domuzda görülür.



**Resim 6. Memelilerde unilobuler ve multilobuler böbrekler. (https://content.lib.auburn.edu/digital/collection/vetmed1/id/255/. Erişim Tarihi: 04.12.2024)**

## **B. Memelilerde Böbreğin Temel Görevleri**

### ***Su ve Elektrolit Dengesinin Düzenlenmesi***

Vücuda herhangi bir madde için alım ve atılım eşit olursa denge durumu var demektir. Alım ve atılım arasında oluşacak bir değişim o maddenin vücutta birikimine ya da eksikliğine neden olur. Vücuda su ve elektrolit alım durumu değişkendir, canlının ihtiyacına göre belirlenir. Normalde ihtiyaç duyduğumuzda su içmemize rağmen, hidrasyon amacı dışında da su vücuda farklı yollarla alınır. Şöyleki tüketilen içeceklerde ve yiyeceklerde de su bulunur. Canlı ihtiyacı olan enerjiyi besin tüketerek sağlar, alınan besinlerde de fazla miktarda su vardır. Böbrekler, su tüketim düzeyindeki değişime bağlı olarak idrarda su atılımını değiştirerek yanıt verir. Bu yolla vücudun su dengesi sağlanır (toplamda su oranı sabit kalır). Sodyum, potasyum, magnezyum gibi mineraller ve gıdalarda bulunan diğer maddeler canlının ihtiyacından daha fazladır. Suyun atılımında yaptığı gibi, böbrekler farklı düzeyde mineralleri atabilirler ve bu sayede

alım ve atılım düzeyinde bir dengelenme sağlarlar. Böbreklerde herbir mineralin atılımındaki düzenlenme, birbirinden bağımsız olarak gerçekleşir. Tüketilen gıdaların mineral içeriği değişik düzeylerde olabilmektedir, bu duruma karşı böbrekten atılımda buna göre sağlanır.

Sodyum seviyeleri, hücre dışı sıvı ozmolaritesinin önemli bir belirleyicisidir. Hayvanlarda, kandaki sodyum ( $\text{Na}^+$ ) çok yüksekse hipernatremi, çok düşükse hiponatremi adı verilen sıvı dengesizlikleri görülür. Potasyum dengesi önemlidir çünkü potasyum ( $\text{K}^+$ )'daki değişiklikler, kaslar ve nöronlar gibi uyarılabilir dokuların işlevini etkileyen dinlenme zar potansiyelini değiştirebilir. Kan potasyumu çok yüksek ise hiperkalemi gelişir ve uyarılabilir dokular kendiliğinden depolarizasyona uğrayabilir. Bu durum kalp aritmilerine ve kas seğirmelerine neden olabilir. Düşük potasyum (hipokalemi) düzeyi kas güçsüzlüğüne neden olabilir. Böbrek ayrıca kalsiyum, demir ve eser metaller gibi mikronutrientler olarak önemli rolleri olan iyonların kaybını da kontrol eder.

### ***Metabolik Artıkların Atılımı***

Vücutta her metabolik fonksiyonun sonucunda bir son ürün ortaya çıkmaktadır. Genellikle, bu oluşan ürünler bir görev yapar ancak yüksek konsantrasyonlar da olmaları vücut için zararlı olabilir. Üre ve ürik asit bu artık oluşumlara örnek verilebilir. Vücuda alınan bir maddenin normalden fazla olması için geçici olarak pozitif denge durumunda bulunması gerekir. Alınan bir maddenin oranı eşit girdi ve çıktı sunucunda sabit bir dengeye ulaştığında, tekrar maddenin düzeyi vücutta normalleşir. Ürenin atılımına baktığımızda, bu madde karaciğer tarafından düzenli bir şekilde sentezlenir. Normal durumlarda böbreklerimiz vücudumuzda sentezlenen miktara eşit oranda üreyi dışarı verirler. Vücudumuz üre açısından dengeli olarak çalışır. Böbreklerimizde herhangi bir bozukluk ortaya çıkarsa üre atılımı geçici olarak düşer ve üre vücudumuzda artar. Kanımızda artmış üre miktarı, renal üre atılımının düzenlenmesiyle, yeniden denge durumuna geçer.



Bu düzenlenme, asitler ve bazlar gibi daha karışık maddeler içinde yapılır. Metabolik asidoz ortaya çıktığında asitin girişi, kısa süreli asit çıkışından fazla olur. Bu nedenle asit artışı ve bunun sonucu olarak ta böbrekten asit atılmasının uyarımı sağlanır. Atılan asit miktarı, alınan miktara eşit olunca tekrar denge durumu olur.

### ***Vücut İşlevlerini Etkileyen Biyoaktif Maddelerin Atılımı***

Doktorlar ilaçların böbrekten atılımına bakarak hastalara reçete yazmalıdır. Vücuttaki hormonlar farklı yollarla vücuttan atılırlar. Temel olarak karaciğer aracılığıyla dışarı verilirken bazı hormonlarda böbrek aracılığıyla atılırlar.

### ***Arteriyel Kan Basıncı Ayarlanması***

Böbrekler, oluşturulan üre ve tuz gibi son ürünlerin vücudumuzdan dışarı verilmesini sağlarlar. Kan basıncındaki düzenlemede önemli görevleri vardır. Kanın basıncı, kanın vücuttaki miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Böbreklerimiz, su ve kanın miktarının dengesinin ayarlanmasını yaparlar. Kan hacminin ayarlanması sonucunda böbrekler kanın basıncını kontrol ederler. Bununla beraber böbrekler, damarları uyaran çeşitli maddeler üreterek perifer kan damarlarının düz kaslarını etkileyerek kan basıncını düzenleme yaparlar.

Hücre dışı sıvının hacmi, kardiyovasküler koşullar ile kardiyovasküler kontrol merkezinin etkisiyle bütünleşen hormonlar ve sinirler aracılığıyla böbreğin kontrolü altındadır. Düşük kan basıncı (hipotansiyon), beyin ve kas gibi yüksek enerji ihtiyacı olan dokulara yakıt iletimini tehlikeye atar. Yüksek kan basıncı (hipertansiyon), hayati dokulardaki mikro damar sisteminin bütünlüğünü tehlikeye atarak canlıyı miyokard enfarktüsü, felç veya emboli riski altına sokabilir. Birçok antihipertansif ilaç diüretik etki göstererek kan hacmini azaltmak amacıyla idrar üretimini artırır.

### ***Eritrosit Üretiminin Ayarlanması***

Bir peptid hormon olan eritropoietinin, kemik iliğinde eritrosit oluşumunda fonksiyonu vardır. Eritropoietinin

esas sentez yeri böbrektir ancak azda olsa karaciğerde de yapılır. Eritropoietinin sentezini yapan böbrekteki hücreler bağdokuda yer alırlar. Oksijenin basıncının azalması, böbrekte eritropoietin sentezini tetikler. Eritropoietinin görevinde kemik iliğinde eritrosit yapımını uyarmaktır. Böbrekteki hasarlar sonucu eritropoietin yapımı ve sentezinin bozulması nedeniyle kemikliliği aktivitesi azalır ve anemi gelişir.

#### ***D Vitamini Yapımının Ayarlanması***

D vitamini sentezi konusunda akla ilk gelen güneş ışığının etkisi ve süt tüketimidir. Ancak in vivo D vitamini salınımı bir seri reaksiyonla gerçekleşir ve son aşamada böbreklerde tamamlanır. D vitamininin aktif formu böbreklerde sentezlenir. Salgı hızının düzenlenmesi, kalsiyum ve fosforun dengelenmesini sağlayan hormonlar aracılığıyla yapılır.

#### ***Glukoneogenez***

Beyin, beyincik gibi sinir sistemleri zorunlu olarak glukoz kullanırlar. Karbonhidrat tüketimi yarım günden çok kesilirse, bu durumda vücudumuz karbonhidrat dışındaki proteinlerdeki aminoasitlerden veya trigliseridlerden glukozu sentezlemek zorunda kalır. Glukoneogenez genellikle karaciğerde yapılır ancak uzun süreli açlıkta böbrekte de yapılabilir.

#### ***pH Dengesinin Ayarlanması***

Böbrekler, vücut sıvılarının pH'sını kontrol etmede solunum sistemini de güçlendirir. Böbrekler,  $H^+$  veya  $HCO_3^-$ 'ı tutarak veya atarak hücre dışı sıvının pH'ını düzenler. Amonyak metabolizmasının metabolik ve taşıma yollarının çoğu asit veya baz üretimini de içerir. Üre sentezi, vücutta pH'nın düzenlenmesi için bikarbonat tüketimine yol açar.

#### ***Böbrek Tarafından Salgılanan Ve Değiştirilen Hormonlar***

*Eritropoietin*; Böbrek korteksindeki fibroblastların bu hormonu salgıladığı kabul edilmektedir. Eritropoietinin etkileri esas olarak kemik iliğinde görülür. Eritrositlerin oluşması ve olgunlaşmasını sağlar.

*Rennin*; Juxtaglomerular hücreler tarafından sentezlenir. Bu hormon, rennin-anjiyotensin-aldosteron sisteminin aktivasyonunu sağlar.

*Trombopoietin*: Genellikle karaciğerde sentezlenir, ancak böbreklerde de bir miktar sentezlenir. Trombosit üretimini uyarır.

*Urodilatin*: Natriüretik bir peptid olan urodilatinin distal tubullerde sentezlendiği düşünülmektedir. Sodyum ve suyun yeniden emilimini azaltır.

*Kalsitriol (Aktif D Vitamini)*: Dönüşüm yeri proksimal tubuldür. Bağırsakta kalsiyum emiliminin ve kemikte kalsiyum salınımının artmasına yol açar. Distal kıvrımlı tubulde ise kalsiyumun geri emilimini sağlar. Ayrıca böbrekler tarafından insülin ve gastrin hormonları metabolize edilir.

#### **KAYNAKLAR:**

Bu bölüme ait kaynaklar, ikinci bölümün kaynakları ile birlikte ortak olarak ikinci bölümün son kısmında verilmiştir.

## 4. BÖLÜM

### MEMELİLERDE BOŞALTIM (ÜRİNER) SİSTEMİ-2

Prof. Dr. Turgay Deprem

---

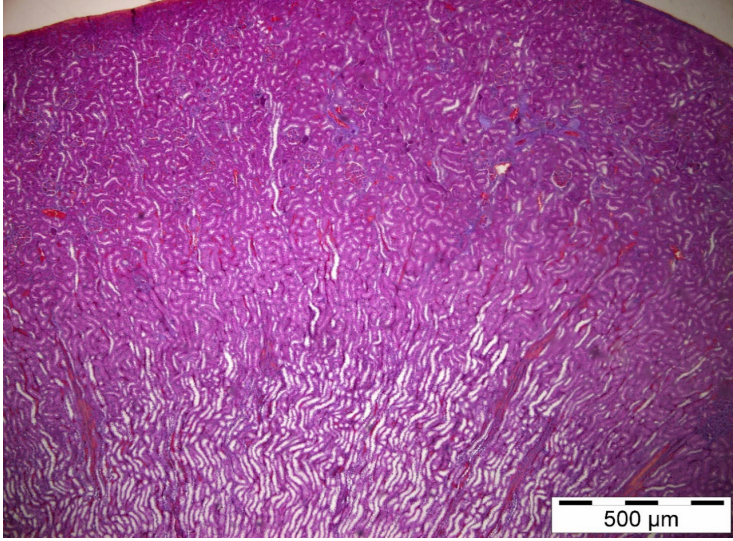
#### I. Memelilerde Böbreğin Histolojik Yapısı

Memelilerde üriner sistemi idrarı yapan (böbrekler) ve ileten organlardan (üreterler, vezika ürinarya ve üretra) oluşmaktadır. Organizmada hassas filtre görevi yapan böbreklerde salgılama ve homeostaz fonksiyonu nefron denilen fonksiyonel üniteler tarafından gerçekleştirilir. Böbreğin en küçük işlevsel birimi olan nefronun sayıları türler arasında değişkenlik göstermektedir.

Böbrekler karın boşluğunun arka bölgesinde sağlı sollu olarak bulunurlar. Bağdokudan bir kapsül ile sarılıdır. Kapsül başlıca kollagen fibrillerden ve çok az düz kastan oluşur. Fibröz kapsül, böbreğin medial yüzünde hilus (göbek) denilen içbükey kısımdan organın içine girer. Hilus bölgesi; sinirlerin girdiği, arter, vena ve lenf damarlarının girip çıktığı ve üreterin çıktığı yerdir. Böbrekte intersitisyum ve parenşim olmak üzere iki kavramdan bahsedilir. Bağdoku kısımları böbreğin intersitisyumunu oluştururken, intersitisyumun içerisinde barındırdığı bölümler ise parenşim üniteleridir. Böbrek parenşimi (idrar tubulleri), memelilerde ve kanatlılar hayvanlarda embriyolojik gelişimine göre iki bölümden oluşur.

1. Nefron: Böbreklerde idrarı oluşturan en küçük ünitelerdir. Nefrogen mezenşimden (metanefrotik taslaktan) gelişir.
2. Toplayıcı borucuklar: Nefronlarda oluşturulup gönderilen idrarı toplayarak, böbreğin pelvisine gönderen borucuklardır. Toplayıcı borucuklar Wolff kanalından (mezonefroz kanalından) gelişir.

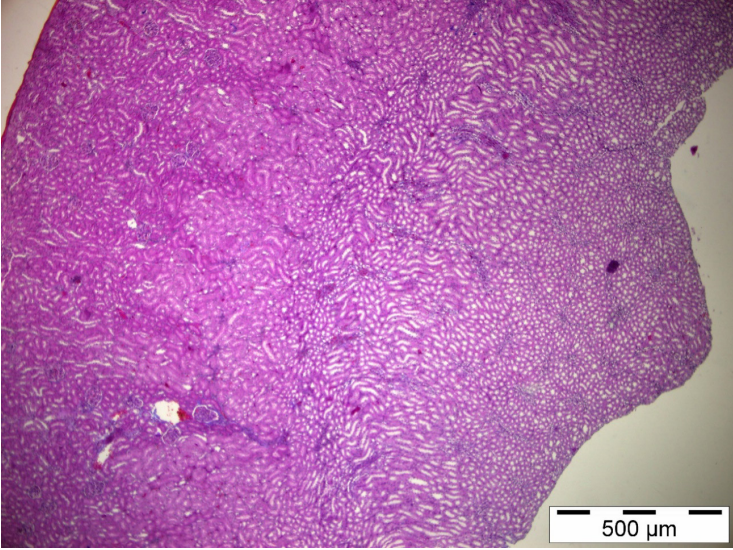
Parenşim ve intersitisyum, böbrekte kendine has bir yapılanma gösterir. Böbrek dokusunda korteks ve medulla olmak üzere iki bölge ayırt edilir. Böbreğin longitudinal kesitinde, dışta koyu kırmızı renkte görülen kısmı korteksi, içte açık renkteki kısım ise medullayı oluşturur.



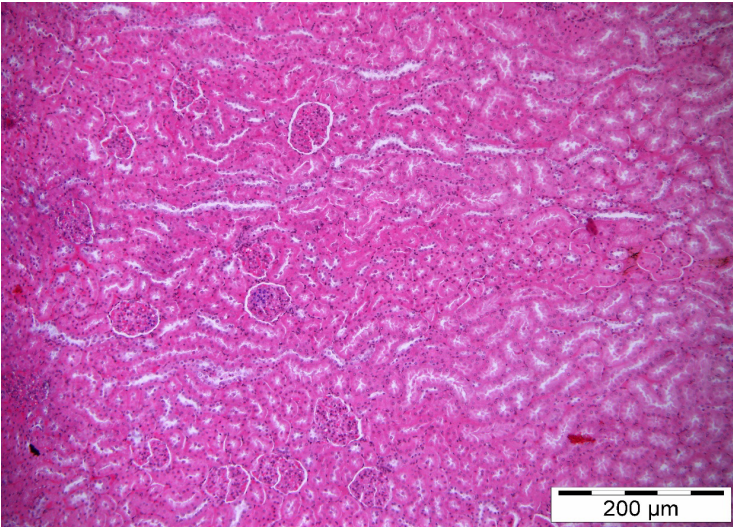
**Resim 1. Rat böbreğinde genel histolojik görünüm. (Prof. Dr. Turgay DEPREM'in arşivinden)**

Korteks ve medulla arasındaki geçiş bölümü girintili çıkıntılı yapıdadır. Bu durum birbirinin arasına girmiş iki elin parmaklarını andırır. Bunlardan medullaya doğru uzananlar kortikal labirintler, kortekse doğru uzananlar ise medullar radyuslar olarak adlandırılırlar. Kortikal labirint, damarlardan zengin renal cisimcikler ve kıvrımlı tubullerden oluşur. Medullar radyuslar ise böbreğin yüzeyine paralel olarak uzanan düz tubullerden oluşur.

Embriyonal gelişim sürecinde böbrek, birbirinden ayrı lopçuklar (renkulus: böbrek piramitleri) halinde meydana gelir. Embriyonal gelişim boyunca korteks ve medulla bölgelerinin kısmi olarak kaynaşması sonucu, evcil hayvanlarda farklı şekillerde erişkin böbrek formu şekillenir.



**Resim 2. Rat böbreğinde genel histolojik görünüm. (Prof. Dr. Turgay DEPREM'in arşivinden)**



**Resim 3. Rat böbreğinde genel histolojik görünüm. (Prof. Dr. Turgay DEPREM'in arşivinden)**

Böbreğin parenşimini oluşturan üniteler; korteks ve medulla içinde değişik yerlerde bulunur. Nefron ve süzüntünün

aktığı toplayıcı kanal böbreğin fonksiyonel birimi olan böbrek tubulünü (renal tubul) oluşturur. Nefron ve toplayıcı borucukları oluşturan yapılar aşağıda belirlenmiştir.

### 1. NEFRON

#### A. Korpuskulum Renis (Renal cisimcik, Malpighi cisimciği)

- Glomerulus
- Glomerular kapsül (Bowman kapsülü)

#### B. Tubulus Proximalis

- Proximal kıvrımlı tubul
- Proximal düz tubul (kalın inen kol)

#### C. Henle Kulpu

- İnen Henle (desending bölüm)
- Çıkan Henle (assending bölüm)

#### D. Tubulus Distalis

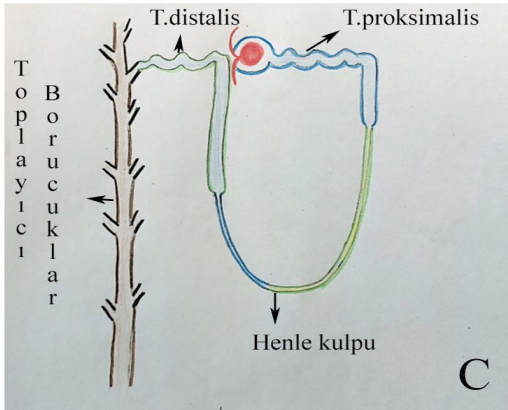
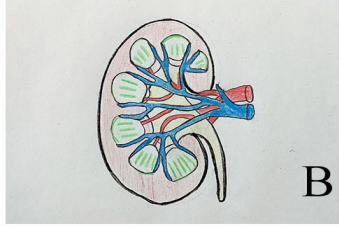
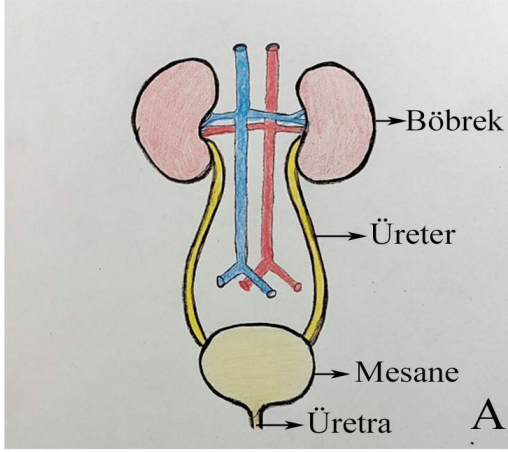
- Distal düz tubul (Makula densayı oluşturan- kalın çıkan kol)
- Distal kıvrımlı tubul

### 2. TOPLAYICI BORUCUKLAR

#### A. Tubulus Konnektivus

#### B. Tubulus Kollektivus

- Duktus Papillaris



Şekil 1. A: <https://biruni.com.tr/wp-content/uploads/2018/02/Adsiz.png>. Erişim tarihi: 18.12.2024. B: <https://blog.ekonsey.com/wp-content/uploads/2020/12/Screen-Shot-2020-12-24-at-12.26.38.png>. Erişim tarihi: 18.12.2024. C: <https://www.biyolojiyreni.com/wp-content/uploads/2021/02/Resim22-19.png>. Erişim tarihi: 18.12.2024. uyarlanmıştır



## 1. NEFRON

Her bir böbrekte binlerce nefron bulunur. Nefron sayısı türlere göre değişir (Tablo 1). Karnivor ve domuzlarda nefron oluşumu, doğumdan sonra birkaç hafta devam eder. Erişkin böbrek yapısı tam olarak oluştuktan sonra yeni nefronlar şekillenmez. Nefronlar, korteks içindeki bulunduğu yere göre, ya da nefronun uzunluğuna göre sınıflandırılır.

| Türler | Nefron / Böbrek |
|--------|-----------------|
| Sığır  | 4.000.000       |
| Domuz  | 1.250.000       |
| Köpek  | 415.000         |
| Kedi   | 190.000         |
| İnsan  | 1.000.000       |

**Tablo 1. Bazı evcil hayvanlarda ve insanlarda her bir böbrekteki nefronların yaklaşık sayıları.**

Memeli böbreğinde, glomerüllerin yerleştiği yere ve Henle kulplarının medulla içerisine giriş derinliğine göre, iki tip nefron vardır. Bunlar kortikal nefronlar ve jukstamedullar nefronlar olarak isimlendirilir. Kortikal nefronlarda glomerüller orta ve dış kortekste bulunur. Kortikal nefronlar, korteks ve medullanın birleşim yerine ya da medullanın dış kısmına kadar uzanan Henle kulplarının bulunmasıyla ayırt edilirler. Jukstamedullar nefronlar da ise glomerüller, medullanın yakınında yerleşmişlerdir. Jukstamedullar nefronlar, medullanın içine uzanan daha uzun Henle kıvrımları ile ayırt edilirler. Bu tip nefronların Henle kulpları unipiramidal böbreklerin tepe kısmına (küçük ruminantlar, karnivorlar ve atlarda) ve multipiramidal böbreklerin (büyük ruminantlar ve domuzlarda) ise papillalarına kadar uzanır.

Kedi ve köpek gibi bazı türlerde yalnız uzun nefronlar bulunurken, kunduz gibi türlerde ise sadece kısa tubullü nefronlar bulunur. Türlerin çoğunda ise hem kısa hem de uzun nefronlar görülür. Nefron tiplerindeki bu değişimin temelinde fonksiyonlarındaki farklılıklar yatmaktadır. Nefronu oluşturan bölümler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

### **A. *Korpuskulum Renis (Renal cisimcik):***

Malpighi cisimciği adı da verilir. Kortekste bulunur. Glomerulus ve Bowman kapsülü olmak üzere iki bölümden oluşur. Malpighi cisimciğinin, glomerulus'u oluşturan afferent ve efferent arteriyollerin oluşturduğu bölümüne damar kutbu denir. Damar kutbunun karşısında yer alan ve süzüntüyü ileten yapının ilk bölümüne idrar kutbu adı verilir. Damar kutbunda, afferent arteriyolden geçen kan miktarının düzenlenmesini sağlayan bir mekanizma vardır.

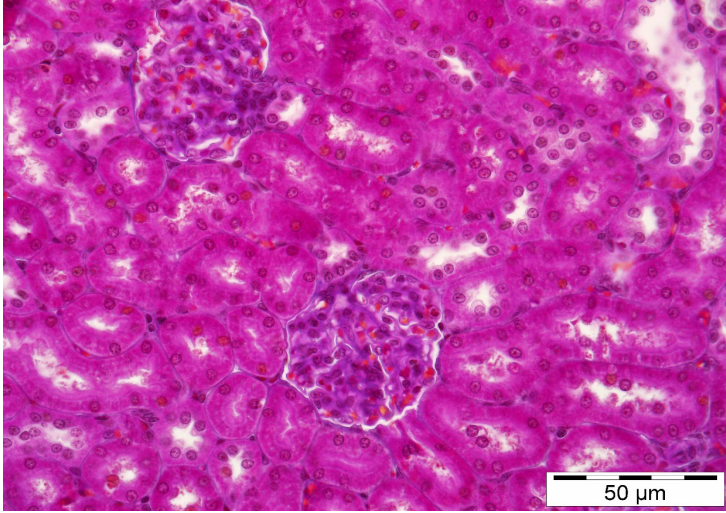
#### **- *Glomerulus:***

Böbreğin lopçukları arasında yer alan A. İnterlobularis damarı kortekse dallanır. A. interlobularisler afferent arteriyol adlı özel bir arteriyel kılcalı oluşturur. Arteriyel kılcal damar kendi üzerinde birçok kıvrım ve anastomozlar da yaparak bir yumak şeklinde glomerulus ağını oluşturur. Glomerulustan çıkan ve tekrar arteriyole dönüşen damara efferent arteriyol denir. Glomerulusun kılcallarının duvarını ince bir bazal membranı bulunan çok dar sitoplazmalı endotel hücreleri oluşturur. Endotel hücrelerinin yan taraflarında kalan çok ince sitoplazması bulunan kısımları delikçikli yapıdadır ve bunlar pencereci kılcal olarak adlandırılırlar. Glomeruluslardaki kılcalların yapısından dolayı içindeki sıvı, yüksek hidrostatik basınç durumunda kolaylıkla dışarı çıkarak kanın filtrasyonuna olanak sağlar.

#### **- *Glomerular kapsül (Bowman kapsülü)***

Bowman kapsülü, iki yapraktan oluşur ve bunları epitel hücreleri oluşturur. İçteki yaprağa visseral yaprak denir ve bu katman kılcal damarları sarmış durumdadır. Visseral yapraktaki hücrelerin, kılcallar üzerine oturan sitoplazma uzantıları bulunur. Bu uzantılı hücreler ayak biçiminde oldukları için bunlara podosit adı verilir. Podositlerin sitoplazmalarında yoğun mikrotubuluslar vardır. Bowman kapsülünün dıştaki yaprağına pariyetal yaprak denir. Pariyetal yaprak, yassı epitel hücrelerinden oluşur. İki yaprak arasında

bulunan boşluğa kavum glomeruli ya da Bowman aralığı adı verilir. Glomerulustan süzülen sıvı podositlerin arasındaki açıklıklardan ya da mikrotubuluslar yoluyla Bowman aralığına verilir.

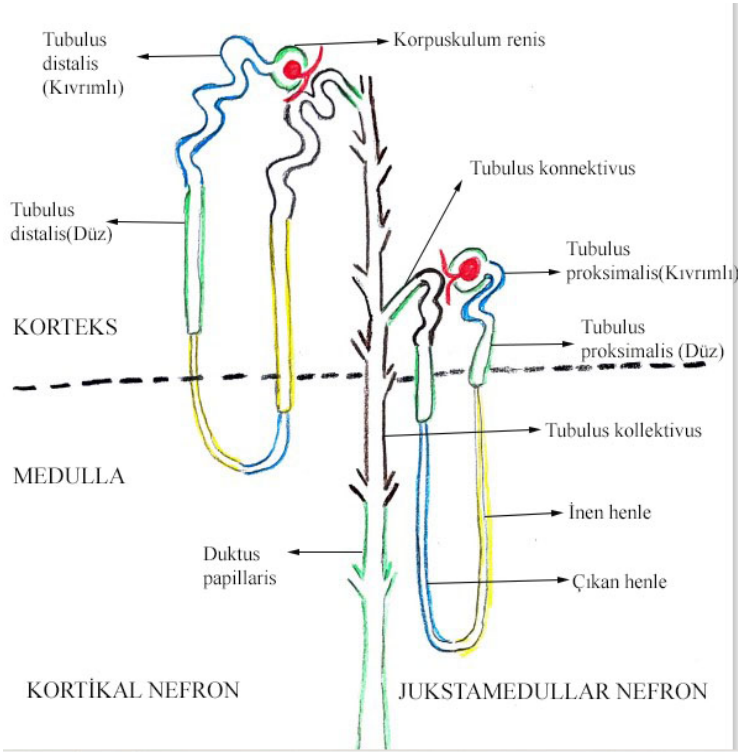


**Resim 4. Rat böbreğinde genel histolojik görünüm.(Prof. Dr. Turgay DEPREM'in arşivinden)**

### ***B. Tubulus Proximalis***

Tubulus proksimalis, Bowman aralığına süzülen filtratın aktarıldığı kısımdır ve idrar kutbundan sonraki ilk tubuldür. Pariyetal yaprağın devamı şeklinde ortaya çıkar. Başlangıçta çok kıvrımlı biçimde olduğu için pars kontorta adını alır ve daha sonra korteksten medullaya doğru düz parça halini alır ve bu bölümüne de pars rekta denir. Proksimal kıvrımlı tubuller kortekste tubulus distalisten daha fazla bulunur. Proksimal kıvrımlı tubul, pariyetal yaprağın yassı epitelinin tek katlı kübik epitele dönüşmesiyle idrar kutbunun devamında oluşur. Tubulus proksimalisin epitelinin apikal yüzünde çok fazla sayıda mikrovillus bulunmasından dolayı fırçamsı kenar görünümündedir. Mikrovillusların fazla bulunması proksimal tubulde geri emilimin çok fazla olduğunun kanıtıdır.

Tubulus proksimalisin epitel hücrelerinin lateral yüzleri komşu hücrelerin uzantılarıyla ve hücreler arası bağlantılarla birbirlerine bağlanmasından dolayı hücre sınırları net seçilemez. Epitel hücrelerinin apikal kısmının sitoplazmasında çok sayıda veziküller ve lizozomlar bulunur. Tubulus proksimalislerde peroksizomlar yoğun olarak bulunan organellerdir. Tubulus proksimalislerde fazla organel olmasından dolayı bu tubuller distal tubullerden daha koyu boyanır.



**Şekil 2. Memeli böbreğinde nefronun seyri.(Moyes'ten uyarlanmıştır.)**

Proksimal tubulde geri emilim çok fazladır, filtratın 2/3 veya 1/3'ü burada tekrar emilir. Proksimal tubullerin epiteli kübik ya da basık prizmatik hücrelerden oluşur. Epitelin iç yüzünde bulunan fırçamsı kenar, tubulün lümenini de daraltır. Fırçamsı kenarı mikrovilluslar oluşturur. Mikrovilluslar emilim

yüzeyini genişleten yapılardır. Böbrekte çok fazla miktarda sıvı hareketi bulunduğu için ileri derecede özelleşmiş bir damar ağ sistemi vardır. Tubulus proksimalisin temel görevi su, glikoz, küçük moleküllü proteinler ve bazı iyonların reabsorbsiyonunu yapmaktır. Su ve protein moleküllerinin geri alınması, örtülü veziküller aracılığıyla pinositoz yoluyla gerçekleştirilir. Pinositotik veziküllerde yüksek bir fosfataz içeriği vardır ve lizozomlarla kaynaşmış yapıdadır. Protein, enzimatik parçalanmaya uğradığı için atılan idrarda protein görülmez. Sodyum ve klorun geri Emilimi, su ile birlikte olur. Sodyum ve klorun geri Emiliminde bazal labirintin (BL) yapısının önemli rolü vardır. Bazal labirintteki genişlemiş olan aralıklara, süzüntünün geri emilecek sodyum iyonları pompalanır; böylece hipertonic duruma gelen aralıklardan hücre su çeker. Bu olayda süzüntüdeki maddelerin geri Emilimi sodyumun geri Emilimiyle bağlantılıdır. Epitel hücrelerinin bazal kısmındaki iyon yoğunluğu, hücrelerden dışarıya devamlı bir sıvı akımına yol açar. Tubulus proksimalis yakınındaki efferent arteriyolden köken alan kılcallar da bu geri Emilime yardımcı olurlar. Peritubuler kılcalların duvar yapısı ince olup sıkı bir ağ örgüsü biçiminde kortekste bulunur. Süzüntünün oluşumundan sonra efferent arteriyolde kalan yüksek yoğunluktaki kan, tubulus proksimalis epitel hücrelerinin bazalinde onkotik basıncın artmasına yol açar, bunun sonucunda artmış olan bu onkotik basınç geri Emilim sırasında etkili bir biçimde transsellüler sıvı akımına yardımcı olur.

#### ***A. Henle Kulpu (Tubulus intermediyus)***

İnen ve çıkan olmak üzere iki bölümü bulunur. Bu bölümün görevi primer idrarın hipertonic durumdaki sekonder idrara dönüşmesini sağlamak ve yoğunlaştırmaktır. Çölde yaşayan hayvanlarda Henle kulpu çok uzun yapıdadır. Buna bağlı olarak da pelvis renalise doğru çok çıkıntı yapan papilla renalisler ve uzun bir medullaya sahiptirler. Suyun geri Emiliminin fazla olmasından dolayı Henle kulpu uzun yapıdadır.

### - *İnen Henle*

Tubulus proksimalisin düz parçasından sonra gelen nefron kısmıdır. İnen henle kulpu, dış medullanın dış ve iç çizgilenme bölgesi arasındaki sınırdan başlar. İnen Henle kulpu, nefronun tipine ve hayvan türüne göre farklı uzunluklarda olabilir. Bu tubul U şeklinde kıvrım yaparak medulladan kortekse doğru yönelir. Dış ve iç medulla arasındaki sınırdan sonlanır. İnen Henle kulpu medullada bulunan çapı en dar olan tubuldür. İnen Henle kulpunun epitel yassı yapıdadır. Yassı epitelten oluşan hücrelerin çekirdekleri, lumene doğru şişkin şekilde görülürler. İnen Henle kulpunun histolojik görüntüsü kılcal damarlar ile karıştırılabilir. Ancak, kılcalların çekirdekleri heterokromatik yapıdadır ve sitoplazmaları çok daha azdır, içlerinde de kan hücreleri görülebilir.

İnen Henle epitel hücrelerinin membranları, fazla miktarda suyun geçişine uygun yapıdadır. Bu epitel hücrelerinin membranları suda erimiş durumdaki maddeler için ise geçirgen yapıda değildir. Suyu karşı geçirgen olup, üre ve sodyuma ise daha az geçirgen yapıdadır. Süzüntü medullaya doğru giderken, su tubulün dışına pompalanır ve süzüntünün yoğunluğu artar.

### - *Çıkan Henle*

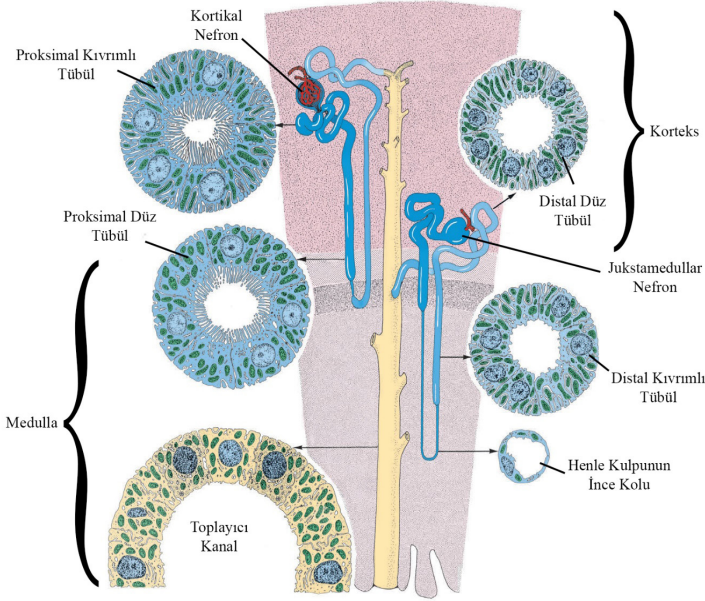
Çıkan Henle de medullada yer alır. Çıkan Henlenin çapı inen Henleden daha geniştir. Bu tubuldeki kübik epitel hücrelerinin sınırları belirgin yapıda görülmez. Epitel hücrelerinin sitoplazmaları asit boyalarla koyu boyanır. İnen Henlede epitel hücrelerinin membranları sadece suyun geçişi için uygunken, çıkan Henle bölümü su için geçirgen yapıda değildir, suda erimiş maddeler için (tuz, üre) geçirgendir. Böbreğin korteks bölümünde kan plazmasında olduğu gibi izotonik yapıdaki intersitisyel sıvı, medullada papilla yönüne doğru ilerledikçe hipertonic bir yapıya sahip olur. Tubullerdeki primer idrar, papillaya doğru ilerledikçe tuz ve üre gibi maddelerden zenginleşir ve yoğunluğu artar. Çıkan Henle'de aktif transport fazla olduğu için epitel hücrelerinde çok sayıda mitokondriyon görülür. Çıkan Henlede tuz ve üre aktif olarak

intersitisyuma pompalanır ve ara dokuda tuz konsantrasyonu artar. Çıkan Henle medulladan çıkıp kortekse girerek tubulus distalise açılır.

### ***B. Tubulus Distalis***

Çıkan Henle, tubulus distalise açılır. Tubulus distalis iki parçadan oluşur. Birincisi düz parça yani pars rektadır. İkincisi ise düz parçanın devamı olan kıvrımlı parça yani pars kontortadır. Tubulus distalisin düz parçası çıkan Henle'den sonra medulla sınırında başlar ve kortekse doğru yönlendirilerek dış medullanın her iki katmanını geçer ve böbrek cisimciğinin damar kutbuna yaklaşır. Distal düz tubul glomerulusa yaslandığında duvarında özelleşmiş makula densa adı verilen epitelyal hücreler meydana gelir. Kortekste bulunan tubulus distalislerin boyu, tubulus proksimalisden daha kısadır. Tubulus distalisteki epitel hücrelerinin sınırları belirgin görülmez, sitoplazmaları da soluk renkte boyanır. Belirgin bir fırçamsı kenar görülmez. Bu nedenle lumenleri, tubulus proksimalislere göre daha geniş yapıda görülür. Epitelinde madde transportunu düzenleyen yapılar olarak, hücrenin derinlerine kadar uzanan çok belirgin bazal labirintleri görmek mümkündür. Epitel hücrelerinin sitoplazmasında çok sayıda mitokondriyon bulunur. Hücresel yapı, damar sistemine doğru aktif bir sıvı taşınması olduğunu göstermektedir. Bu epitelde aktif bir sodyum iyonu transportu vardır. Tubulus distaliste, adren korteksinden salgılanan aldosteron ve hipofiz arka lobundan gelen antidiüretik hormonun etkisiyle öncelikle elektrolitlerin (Na, K, Cl) ve suyun atılmasında duyarlı bir ayarlama gerçekleşir. Tubulus distalis, asit-baz dengesinin ve su metabolizmasının düzenlenmesinde çok önemli görev yapar. Asit-baz dengesinin ayarlanması, tüm organizmada iç ortamın sabit tutulmasında büyük önem taşır. Tubulus distalisin glomerulusa giren afferent arteriyole komşu olan duvarında epitel hücreleri yanyana sıkı şekilde yerleşmiş, yüksek prizmatik yapıda ve tubulün lumenine doğru uzanan bir plak oluşturmuşlardır, tubulus distalisin bu kısmına makula densa denir. Damar kutbunda yer alan makula densa, afferent

arteriyolden geçen kan miktarının düzenlenmesinde rolü olan oluşumlardan biridir.



Şekil 3. Böbrekte nefron ve toplayıcı kanal sistemi bileşenlerinin korteksi ve medulla'daki dağılımı (Liebich 2019'dan düzenlenmiştir).

## 2. TOPLAYICI BORUCUKLAR

### A. *Tubulus konnektivus*

Bu tubul tubulus distalislerden sonra tubulus kollektivuslarla bağlantı kuran kısa tubul bölümüdür. Tubulus konnektivusun epiteli, iyi boyalı olmayan kübik hücrelerden oluşur. Korteks ile medulla sınırında bulunan bu tubuller birleşerek medullaya geçer ve tubulus kollektivuslara açılır.

### B. *Tubulus kollektivus*

Tubulus konnektivusların birleşerek oluşturduğu borucuklardır. Medullanın kortekse komşu olan kısmından başlar. Tubülü oluşturan epitel hücrelerinin sınırları belirgindir. Tubul epiteli başlangıçta basık prizmatik yapıdayken, pelvis



renalise doğru yüksek prizmatik bir şekle dönüşür ve buralarda çapları da genişler. Özellikle su için reabsorbsiyon yetenekleri bulunur.

#### - *Duktus papillaris*

Tubulus kollektivusların birleşmesiyle oluşur. Tubul epiteli genellikle tek katlı yüksek prizmatik yapıdadır. Ancak, tek tırnaklı ve büyük ruminantlarda ise değişken epitel görülür. Sekonder idrarı taşıyan bu tubul böbreğin içini terkederek pelvis renalise açılır.

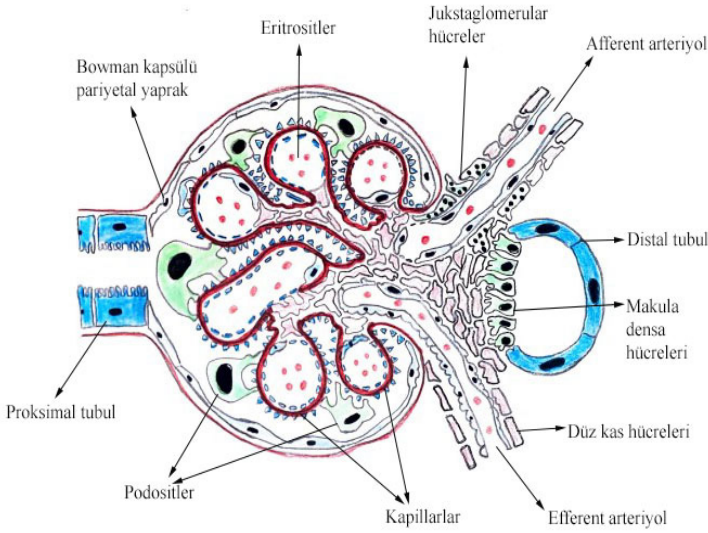
#### **Jukstaglomeruler Aparat**

Jukstaglomeruler aparat böbrekte kan akımının ve glomeruler filtrasyon hızının geri bildirim yoluyla düzenlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Jukstaglomeruler aparat, korpus renalisin (Malpigi cisimciği) damar kutbuna yerleşir. Bu aparat;

1. Makula densa,
2. Jukstaglomerular (JG) hücreler,
3. Ekstra glomerular mezangiyal hücreleri içerir.

Henle kulpunun çıkan kolunun kalın kısmı kortekste glomerüle doğru ilerleyerek afferent ve efferent arteriyollerin oluşturduğu açığı içerisinden geçer ve distal tubul olarak devam eder. Bu tubulün glomerüle bakan yüzü arteriyolle temas kurar. Tubulün arteriyol ile temas halinde bulunan hücreleri diğer epitel hücrelerine göre daha yoğundur ve sıkıca paketlenmişlerdir. Buradaki yapı makula densa adını alır. Makula densayı oluşturan hücreler ince, uzundur ve tayt cankşınlarla bağlıdırlar. Bu hücreler bazalde ekstra glomerular mezangiyal hücrelerle temas halindedir. Böylelikle makula densa distal tubulün de başlangıcını belirlemiş olur. Makula densa hücrelerinin, tubulus sıvısındaki Na ve Cl iyonları konsantrasyonunun değişimine karşı özel uyarı sistemleri vardır. Glomeruluslardaki filtrasyon hızı değiştiğinde makula densanın yanında geçen tubuldeki sıvının iyon konsantrasyonu

da değişime uğrar. Bu durumda makula densa hücreleri, büyük olasılıkla bunlara komşu olan jukstaglomerular hücreleri rennin salgılayma yönünde uyarılır ve buda kan akımını düzenleyen angiotensin sisteminin devreye girmesine yol açar.



**Şekil 4. Böbrek cisimciği ve jukstaglomerular aparatın yapısı (Ross'tan uyarlanmıştır).**

Temas bölgesindeki afferent arteriyolün düz kas hücreleri, jukstaglomeruler (özelleşmiş düz kas hücreleri, JG) hücreler adını alır. JG hücreleri, afferent arteriyolün glomerula girmeden önceki kısmında, damarın mediya tabakasındaki düz kas hücrelerinin değişikliğe uğramasıyla oluşur. Bu hücrelerin granülleri renin hormonu içerir. Renin hormonu kanda bulunan angiotensinogene etki ederek onu angiotensin 1'e çevirir. Bu madde de akciğer kapillarlarında yapılan konverting enzim aracılığı ile angiotensin 2'ye dönüşür. Angiotensin 2 damar daraltıcı etki gösterir. Vazokonstriksiyon etki ile filtrasyon hızı düşürülür.

Makula densa ile afferent ve efferent arteriyol arasındaki alan ve glomerüler kapillarlar arasındaki alan mezangial bölge olarak adlandırılır. Mezangiyal bölge, mezangiyal hücreler ve mezangiyal matriksten oluşur. Mezangiyal hücreler, matriks ile glomeruler bazal membranı salgılamakta, fagositik aktivite göstermekte, ayrıca prostaglandinleri de salgılamaktadır. Mezangiyal hücreler kontraktil aktivite göstererek glomeruler kapillerlerdeki kan akımını da etkileyebilmektedirler. Makula densa ile arteriyoller arasında yerleşmiş bu özel hücreler; ekstraplomeruler hücreler (Lasis, Polkinsen, Goormaghtight hücreleri) adını alır. Bu hücreler glomerulus içerisinde mezangiyal hücrelerle devam eder. Hücreler yassı ve birkaç tabakalıdır.

Son zamanlarda jukstaglomeruler aparata dahil olduğuna inanılan peripolar hücrelerden bahsedilir. Renal korpüskülün damar kutbunda, glomerular kapsülün pariyetal ve visseral yaprağı arasındaki bağlantıya yerleşik, koyu renkte boyanan ve membranla çevrili granüller içeren bu hücrelerin fonksiyonları bilinmemektedir.

## II. Böbreğin Kan Dolaşımı

Böbreklere kan abdominal aortadan köken alan, renal arterden gelir. Renal arterler, hilusta veya renal sinus içerisinde dallara ayrılır. Dallanmalar sonucu korteks medulla sınırına doğru interlober arterler (Arteria interlobaris) meydana gelir. Daha sonra korteks medulla sınırında ise arteria interlobarisler dallanarak, arkuat arterleri (Arteria arkuata) meydana getirirler. Arkuat arterler daha sonraki süreçte interlobuler arterleri (Arteria interlobularis) oluştururlar. Arteria interlobularisler kortekste afferent arteriyolleri oluşturur. Afferent arteriyoller ise böbrekte süzme işleminin gerçekleştiği temel yapı olan glomerulusu oluşturur. Glomerular kapillar ağ daha sonra efferent arteriyole açılır. Korteksin böbrek kapsülüne yakın kısmında ve orta kısmında yer alan glomerulusların oluşturduğu efferent arteriyoller peritubular kapillar ağı meydana getirir.

Korteksin medullaya yakın bulunan glomeruluslarından ayrılan efferent arteriyoller medulla içine yönelirler. Medullaya giren efferent arteriyoller vaza rektaları oluşturur. Vaza rektalar medulladaki tubuller çevresindeki kapillar ağlara dağılır.

Tubuller çevresindeki kapillarlar, medulladan kortekse doğru yönelen ve çıkan vaza rektalara açılır. İnen vaza rektalar arteriyol, çıkan vaza rektalar pencereci endotelyuma sahip venüllerdir. İnen ve çıkan vaza rektalar birlikte hareket ederek medulla içinde dağılır. Medullada vaza rektalar daha sonraki süreçte arkuat venlere veya interlobuler venlere açılır. Kortekste peritubuler kapillarlar interlobüler venlere veya arkuat venlere açılır. Korteks ve medullada venöz kanı alan arkuat venler, interlobuler venlere aktarır. İnterlobuler venler ise vena renalis açılırlar ve tek damar olarak hilustan çıkıp vena kava kaudalis katılır.

Hayvan türlerinde temel sistem aynı olsa da yer yer farklılıklar görülebilir. Karnivorlarda korteks yüzeyi veya alt kısmındaki kapillarlar bir araya gelerek daha büyük venleri oluşturur. Yüzeyde bulunan kortikal venler yüzeye doğru kanı taşıyarak ve yıldız şeklinde birleşerek satellit venlere (Vena stellata) açılırlar. Ayrıca köpeklerde korteksin alt kısımlarındaki venlerde karşı yönde kanı taşıyıp arkuat venlere ağzlanırlar. Satellit venler karnivorlarda büyük yapıda görülür. Bu damarlar, köpeklerde böbreğin yüzeyindeki kortikal doku içerisine gömülmüş olarak izlenir. Satellit venler, kedilerde ise böbreğin yüzeyinde bulunur ve kapsüler ven adını alır. Köpeklerde de birçok hayvan türünde olduğu gibi satellit venler interlobuler venlere açılır. Ancak, kedilerde kapsüler venler renal venle doğrudan birleşip böbreğin hilusu üzerinde kıvrılır.

### Böbrekte Arterlerin ve Venaların Seyri

1-A. renalis

2-A. interlobaris

3-A. arkuata

4-A. interlobularis

5-Afferent arteriyol

6-Glomerulus

6-Efferent arteriyol

7-Peritubuler kortikal kapillar ağ oluşumu

8-Medullaya yakın yer alan glomeruluslardan inen vaza rektaları oluştururlar ve medullanın peritubuler kapillar ağını oluştururlar

Medullada vaza rektalar – arkuat venlere veya interlobuler venlere açılır

8-Kortekste peritubuler kapillarlar

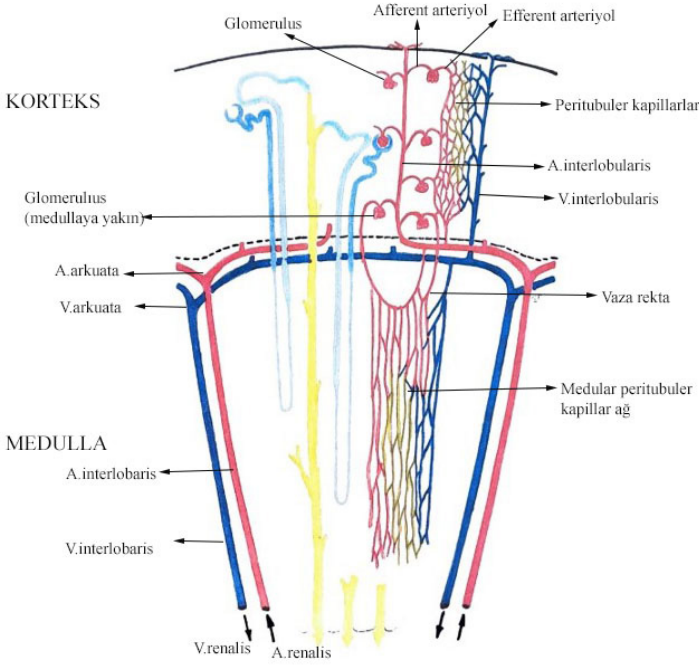
a-Satellit venler

b-İnterlobuler venler veya arkuat venler

9-Korteks ve medullada arkuat venler ise interlobuler venlere açılır

10-İnterlobuler venler

11- V. renalis



**Şekil 5. Böbrek dokusunda kan damarlarının dağılımı (Liebich'ten uyarlanmıştır)**

### III. Lenf Damarları

Böbreklerde iki adet lenfatik damar ağı bulunur. Bu lenfatik ağlardan ilki korteksin dış bölümüne yakın yer alır ve kapsüldeki lenf damarlarına açılır. İkinci lenfatik damar ağı ise böbreğin daha iç kısmında yer alır ve renal sinusteki daha büyük lenf damarlarına açılır. Lenf damarları, böbrek içi ve böbrekten ayrılan arterleri saran intersitisyumda bulunur. İki lenfatik damar ağı arasında çok sayıda anastomoz görülür.

### IV. Sinirler

Böbrekteki sinir ağını oluşturan lifler çoğunlukla otonom sinir sisteminin sempatik bölümünden köken alır. Bunların temel görevi damar düz kaslarının kasılması ve buna bağlı olarak vazokonstriksiyon şekillendirmektir.

Böbrekler hem afferent hem de efferent olarak innerve edilirler. Sempatik sinirler; arterleri, inen ve çıkan vaza rektaları, afferent ve efferent arteriyollerin düz kaslarını innerve eder. Rennin üreten afferent arteriyollerin jukstaglomerular hücrelerinde de sinir sonlanması gözlenir.

Glomeruluslara giren afferent arteriyollerdeki konstriksiyon sonucu filtrasyon hızında ve idrar üretiminde düşüş olur. Glomeruluslardan çıkış yapan efferent arteriyollerdeki konstriksiyon sonucu ise filtrasyon hızında ve idrar oluşumunda artış olur. Sempatik uyarım yokluğunda ise idrar üretiminde artış görülür.

Böbreğin normal fonksiyonu için ekstrinsik sinir desteği şart değildir. Böbrek naklinde böbreğe giden sinirler kesilmesine rağmen nakledilen böbrekler normal olarak fonksiyonunu yapabilmektedir.

## **V. İdrarı İleten Organlar**

Böbrekte oluşturulan idrar, çok papillalı böbreklerde sırasıyla; duktus papilaris, kaliks renalis ve pelvis renalise aktarılır. Tek papillalı böbreklerde ise duktus papillarilerden doğrudan pelvis renalise aktarılmasıyla gerçekleşir.

### ***Kaliks Renalis***

Çok papillalı böbreklerde görülen bu yapıda her papilla ayrı ayrı bu oluşumlar tarafından çevrelenmiştir. Kaliks renalislerin her biri küçük birer pelvis renalise karşılık gelir.

### ***Pelvis Renalis***

Tunika mukoza, tunika muskularis ve tunika adventisya katmanları vardır. Tunika mukozasında çok katlı değişken epitel bulunur. Bu katmanın lamina propriyasında tek tırnaklılarda müköz bezler görülür. Tunika muskulariste düz kas hücreleri vardır. Tunika adventisya, en dışta yer alan bağdoku yapısıdır.

### ***Üreter***

İdrarı keseye ileten sağlı sollu iki borudan oluşan yapıdır. Pelvis renaliste olduğu gibi tunika mukoza, tunika muskularis ve

tunika adventisya katmanlarından oluşur. Tunika mukozasında lumene doğru uzunlamasına plikalar görülür. Bu plikalardan dolayı enine kesitlerde lumenin şekli yıldıza benzer. Lamina epitelyalis katmanı çok katlı değişken yapıdadır. Epitelin özellikle üst sırasındaki hücreler, organın boş ve dolu oluşuna göre değişkenlik gösterir. Üreter boş iken epitel katmanı kalın yapıda, yüzlek hücreler ise çoğunlukla prizmatik görülür. Organın doluluk durumunda ise epitel katmanı ince yapıda, yüzlek hücreler ise yassı görünümündedir. Üreterin başlangıç kısmındaki lamina propriyada tek tırnaklılarda müköz bezler bulunur. Tunika muskulariste üç kas katmanı gözlenir. İç ve dışta uzunluğuna, ortada ise enine seyreden düz kaslar bulunur. Bu kasların kontraksiyonu ile idrar, peristaltik hareketlerle vezika üriinaryaya iletilir. Bağ dokudan oluşan tunika adventisya (sidik kesesi yakınında ise tunika seroza adını alır) en dıştaki katmandır.

### ***Vezika Üriinarya (Sidik Kesesi)***

Sidik kesesi, idrarın toplandığı yerdir. Duvarı tunika mukoza, tunika muskularis ve tunika seroza katmanlarından oluşur. Tunika mukoza üreterdekine benzer özelliklere sahiptir. Çok katlı epitel katmanının en kalın ve çok sıralı hücreleri içeren bölümü sidik kesesidir. Lamina muskularis katmanı burada oldukça belirgin görülür. Tunika muskulariste yine üreterde olduğu gibi üç katlı kas katmanı bulunur. Tunika serozayı peritonun visseral yaprağı oluşturur.

### ***Üretra***

Dişide ve erkekte farklı özellikleri bulunan üretranın dişideki görevi sadece idrarı boşaltmaktır. Erkekte ise üretra iki bölümden oluşur. Birinci bölümü pars pelvina (insandaki pars prostatika ve pars membranaseya karşılığı) adını alır ve sadece idrar boşaltma görevini görür. İkinci bölümü pars penis adını alır ve bu bölüm ejakulatın atılmasında görevlidir. Çok katlı değişken epiteli bulunan üretra, orifisyum üretra eksterna yakınına geldiğinde çok katlı yassı epitele dönüşür.



Penis içinde yer alan üretra bölümünün mukozasında venöz pleksuslar yaygın olarak yerleşmiştir. Venöz pleksuslar, kendilerini çevreleyen süngersi oluşumlarla ilişkide olup daha dıştan elastik iplikler ve özellikle de düz kas hücreleriyle desteklenmişlerdir.

Her iki cinsiyetin üretrasında mukozanın sık sık uzunluğuna kıvrımlar oluşturduğu görülür. Bu kıvrımlar lumenin genişlemesine yardımcı olur. Kıvrımların yaptığı uzunlamasına gerilme, özellikle erkekte ereksiyonda etkilidir. Üretranın tunika mukozasında küçük, alveoler bezler görülür. Bu bezlere Gl. üretralis ya da Littre bezleri denir. Littre bezleri seksüel uyarımlar da üretra lumenine alkali bir mukus salgılar.

**KAYNAKLAR:**

- Alpern, R. J. (2012). Seldin And Giebisch's The Kidney Physiology And Pathophysiology, Fifth Edition, Volume 1, Yale University School of Medicine New Haven, CT, USA.
- Banks, W.J. (1993). Applied Veterinary Histology (Third edition). Williams and Wilkins, Baltimore, USA.
- Dantzler, W. H. (2016). Comparative Physiology of the Vertebrate Kidney, 2nd edition, The American Physiological Society.
- Dorrestein, G. M., & Wolschrijn, C. F. (2018). Textbook of veterinary and anatomy, Fourth edition, Çeviri editörleri: Hazıroğlu, R., M., Çakır, A.: Veteriner Anatomi Konu anlatımı ve atlas, 4. Baskı, Güneş tıp kitabevleri, Ayrıntı Basım ve Yayın Matbaacılık Ltd. Şti. ANKARA
- Eaton, D. C. & Pooler, J. P. (2005). Vanderin Böbrek Fizyolojisi Altıncı Baskıdan Çeviri, Çeviri Ed.: Gültekin Süleymanlar, Aykut Sifil, Palme Yayıncılık.
- Ellenberger, W., & Baum'un, H. (1965). Evcil hayvanların komparatif splanchnologiesi, Çeviri editörü: Doğuer, S., Erençin, Z.: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı. Ankara Üniversitesi Basınevi.
- Eroschenko, V. P. (2013). diFiore Histoloji Atlası, fonksiyonel ilişkileriyle. Çeviri Editörü: Ramazan DEMİR. Palme Yayıncılık, Ankara. 12(18), 313-323.
- Eurell, J.A., & Frappier, B.L. (2006). Dellmann's Textbook of Veterinary Histology. Can Vet J. 6th ed. 48(4), 414-415.
- Junqueira, L. C., & Carneiro, J. (2009). Basic Histology, text & atlas, eleventh edition. çeviri editörleri: Solakoğlu, S., Aytekin, Y., Nobel Tıp Kitabevleri.
- Kierszenbaum, A.L., & Tres, L.L. (2021). Histology and Cell Biology: An Introduction to Pathology. 4. Baskı, Palme Yayınevi.
- König, H. E., & Liebich, H. G. (2022). Evcil Hayvanlar Veteriner Anatomi Konu Anlatımı ve Renkli Atlas. 7. Baskı. 10, 419-421.
- Liebich, H. G. (2019). Veterinary histology of domestic mammals and birds. Textbook and Colour Atlas, 5th edition, Stuttgart, Germany. 12, 258-275.
- McGeady, T.A., Quinn, P.J., FitzPatrick, E.S., & Ryan, M.T. (2006). Veteriner Embriyoloji, Çevirenler: Çelik, İ., Öznurlu, Y., 2011, Medipres Yayıncılık. 17, 243-245.
- Moyes, C. D., & Schulte, P. M. (2006). Principles of Animal Physiology. Pearson Education, Benjamin Cummings, San Francisco, USA.
- Müller, A. F. (1969). The Kidney Morphology, Biochemistry, Physiology. ,Edited By Charles Rouiller, Institut D'histologie Et D'embryologie Ecole De Médecine Geneva, Switzerland, Volume I, Academic Press New York And London.
- Özer, A., & Zık, B. (2018). Veteriner Özel Histoloji 3. Baskı, Bölüm 10, Üriner Sistem, 197-218.
- Reece, W.O. (2004): Dukes Veteriner Fizyoloji I-II cilt, 12. baskı, Çeviri editörü: Sedat Yıldız, (Türkçe Birinci Baskı, 2008), Medipres Matbaacılık Ltd.Şti.
- Ross, M.H., & Pawlina, W.(2014) Histology; A Text and Atlas. Palme Yayıncılık. 6. th. 20, 698-720
- Tanyolaç, A. (1999). Özel Histoloji, Üriner Sistem. 121-129.
- <https://derangedphysiology.com/main/cicm-primary-exam/required-reading/renal-system/Chapter%20007/endocrine-functions-kidney>