Boşaltım Sistemi

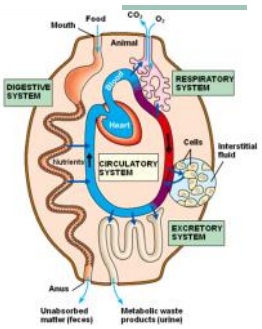
Doç. Dr. Hasan KOÇ

Boşaltım ile ilgili kavramlar

- Haemostasis
- Osmoregülator hayvanlar
- Osmoconformer hayvanlar
- Boşaltım mekanizmaları ve işlevleri
- Boşaltım ve boşaltım sistemi

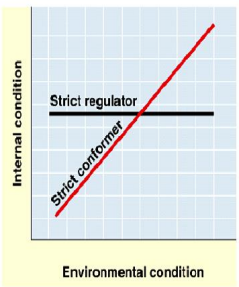
Haemostasis

- Hücreler canlılığını ve işlevlerini çok sınırlı koşullarda sürdürebilir.
- Boşaltım sistemi, bunu sağlamak için bazı maddeleri vücutta atarken bazılarını da vücut içinde tutar.
- Hücrelerin normal işlevlerini sürdürebilmeleri için iç ortam koşullarının sabit tutulmasına hemostasis denir.
- Homeostasisin sağlanmasındaki önemli olaylar
  - Termoregülasyon
  - Osmoregülasyon
  - Boşaltım

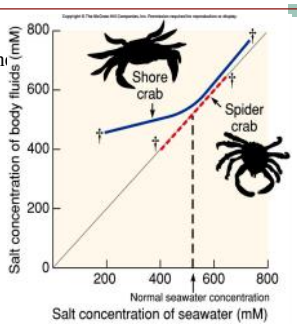


Osmoconformer ve osmoregülatör hayvanlar

- Osmoconformers most marine invertebrates
  - most marine invertebrates
  - May still need to regulate internal composition of specific ions.
  - Usually slight, but may be significant.
- Osmoregulators
  - most marine, freshwater an terrestrial vertebrates, some invertebrates
  - hypotonic osmoregulator
  - hypertonic osmoregulator



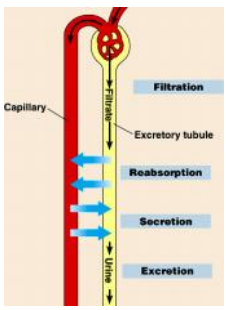
Euryhalin



Stenohaline

Boşaltım sistemi

- Dispose of metabolic wastes
- Regulate solute concentrations in the body
- Transport epithelia arranged in tubes
- 4 major processes
  1. Filtration, pressure-filtering of body fluids producing a filtrate (water, salts, sugars, amino acids, N-wastes)
  2. Reabsorption, reclaiming valuable solutes (glucose, salts, amino acids) from the filtrate
  3. Secretion, addition of larger molecules like toxins and other excess solutes from the body fluids to the filtrate
  4. Excretion, the filtrate leaves the system



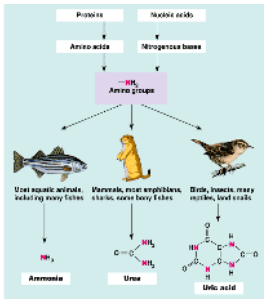
Boşaltım

- Sindirim sistemi artıkları herhangi bir vücut hücresine girmediği ve hücre metabolizmasına katılmadığı için metabolik artık değildir.
- Boşaltım, artık vücutta kullanılma imkanı bulunmayan maddelerin dolaşım sistemi ile hücrelerden uzaklaştırılmasıdır.

Boşaltım

- CO_2 ve suyla oksitlenebilen bir aminoasitin amino grubu konsantrasyonunun artması toksik etkinin yükselmesine neden olur.
- Bunu engellemek için amin grubu vücutta atılmalı veya başka aminoasitin sentezinde kullanılmalıdır.
- Atık amin grupları (Nitrojen boşaltımı)
  - Amonyak
  - Üre
  - Ürik asit

  şeklinde atılır.



Nitrojen boşaltımı

- protein and nucleic acid metabolism produce nitrogenous wastes
  - primarily ammonia
- ammonia
  - aquatic animals are ammonotelic
  - diffuses across gills
- urea
  - mammals, amphibians, cartilaginou fish are ureotelic
  - soluble in water
- uric acid
  - insects, reptiles, birds are uricotelic
  - insoluble in water

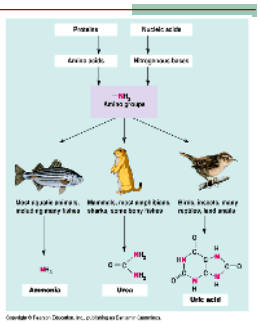
Urea synthesis occurs in the liver



$2\ NH_3 + CO_2 + 4\ ATP \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$

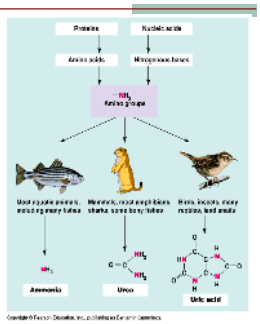
Ammonia

- TOXIC
- Lots of water to excrete (dilute)
- Aquatic species
- NH4+ ion



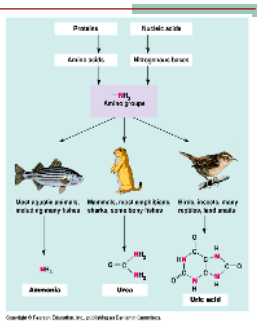
Ürea

- Produced in LIVER
- Energetically costly
- Low toxicity
- Water soluble
- Transport in high concentration (less water needed)



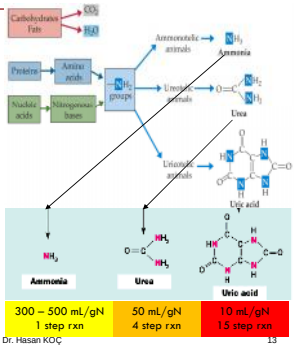
Ürik asit

- Low toxicity
- Water Insoluble
- Solid like excretion
- VERY costly
- Important in SHELLED eggs



Nitrojen boşaltımı

- Deamination – protein and nucleic acid metabolism
- Three main types differing in terms of:
  - Toxicity
  - Amount of water needed for excretion
  - Energy needed for synthesis

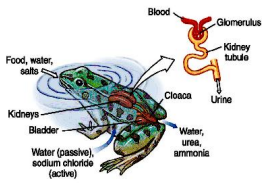


Type of Organism	Structure	Product of excretion	Other features
Plathelminthes			
Annelida			
Mollusca	Nephridia or metaphridia		
Crustacea	Antennal/green gland		
Insects	Malpighian tubules and digestive tract	Uric acid	

Type of Organism	Structure	Product of excretion	Other features
Marine fishes	Gills	Ammonia	
Elasmobranchs (sharks, skates, rays)	Kidneys	Urea	Rectal glands – excrete excess NaCl
Freshwater fishes	Gills	Ammonia or urea	
Amphibians and mammals	Kidneys	Urea	Liver converts ammonia to urea
Reptiles and birds	Kidneys	Uric acid	Salt glands

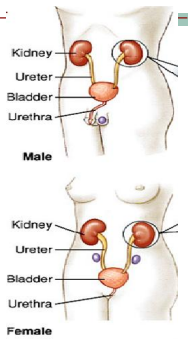
Boşaltım sistemlerinin işlevleri

- Primer fonksiyonu
  - Artık ürünlerin vücut sıvılarından uzaklaştırılması
- Sekonder fonsiyonları
  - Vücut sıvısının su ve tuz dengesi,
  - Kısmen pH ve
  - Vücut sıvısının hacminin düzenlenmesini sağlamak



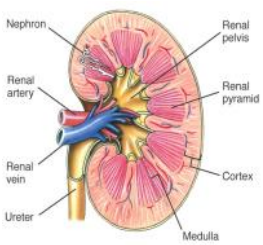
Memeli boşaltım sisteminin işlevleri

- Regulates:
  - Osmolarity
    - Total body water
    - Volume of extracellular fluid
    - Cell volume (osmotic pressure)
  - Individual ions
  - Acid-base balance
- Eliminates:
  - Metabolic waste products
    - Urea
    - Uric acid
    - Creatinin (from muscle)
  - Foreign chemicals
    - Drugs, pesticides, food additives, etc.



Memeli böbreğinin fonksiyonları

- Maintain water balance
- Regulate concentration of ions in the ECF
- Maintains long term arterial pressure
- Maintains acid-base balance
- Maintain proper ECF/ICF osmolarity
- Excrete end products of metabolism
- Excrete foreign compounds
- Secrete erythropoietin and renin
- Converts vitamin D into its active form



Hayvanlarda Boşaltımla İlgili Karşılaşılan Sorunlar ve Adaptasyonlar

Deniz omurgasızları için sorunlar

- Amino asitlerin, deaminasyonu sonucu ilk ortaya çıkan azotlu atık amonyaktır. Son derece zehirli bir bileşik olan amonyak su bulunması halinde hücre zarından kolayca difüze olur. Böylece uzaklaştırılması büyük sorun yaratmaz.
- Birçok deniz omurgasızı (sünger, yengeç ve denizyıldızı vs) özel boşaltım organlarından yoksun olmasına rağmen su dengesinin sağlanmasında nadiren sorunlar yaşar; çünkü hücrelerin tuz yoğunluğu deniz suyunun yoğunluğuna eşittir.
- Denizde kaldıkları sürece deniz omurgasızları için iç ortamın değişmez tutulması nispeten kolaydır. Ancak nehir ağızlarında tuzlu sudan, nehir ve göllerin tatlı suları gibi hipotonik bir ortama geçtiklerinde bir takım sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Birçok deniz omurgasızı bu tür habitatlara geçememektedir; çünkü bunların vücut sıvıları tatlı su ortamıyla aynı tuzluğa ve ozmatik değere gelinceye kadar tuz kaybeder.

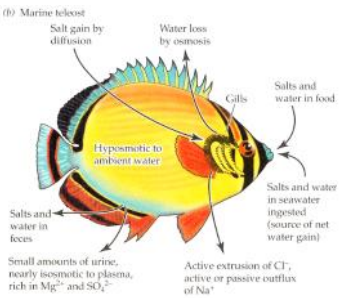
Deniz omurgalıları için sorunlar

- Denizlerde yaşayan kemikli balıklarda yukarıdaki sorunun tam tersi görülmektedir. Bunlar sularda yaşamalarına rağmen yine de su kaybederler. Bunun sonucu olarak sürekli bir dehidrasyon tehlikesi içindedirler.
- Deniz kemikli balıkları içinde bulundukları ortamdan nispeten daha hipotonik olup fazla suyun kaybedilmesi ile fazla tuzun alınması sorunları vardır.

Deniz Kemikli Balıklarında Su - Tuz Düzenlenmesi

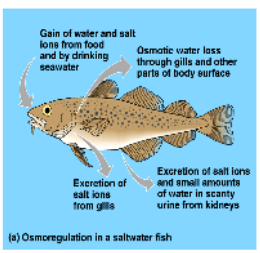
SW
Na+: ~ 480 mM
Cl- : ~ 550 mM
K+ : ~ 10 mM
Ca2+ : ~ 10 mM
(~ 1000 mOsm)

Plasma
Na+: ~ 170 mM
Cl- : ~ 150 mM
Ca2+ : ~ 4 mM
(~400 mOsm)



Deniz Kemikli Balıklarında Su - Tuz Düzenlenmesi

- Nispeten geçirgen olmayan deri ve pullar sayesinde sağlanan özel adaptasyon yanında bu hayvanlar iki uyum mekanizmasına daha sahiptirler:
- Devamlı olarak kaybedilen suyun yerine sürekli olarak su alınması ve solungaçlardaki özelleşmiş hücreler yoluyla suyla birlikte alınmış tuzun aktif olarak atılması.
- Azotlu atıkların büyük bir çoğunluğu, solungaçlardan amonyak şeklinde atılır; böylece böbrekler yoluyla çok az bir idrar oluşumu dolayısı ile çok az su kaybı görülür.



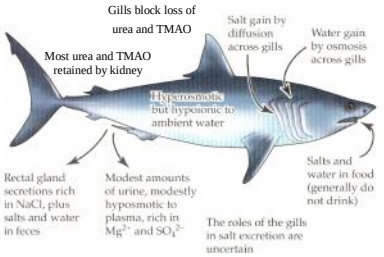
Deniz Kıkırdaklı Balıklarında Su–Tuz Düzenlemesi

- Kıkırdaklı deniz balıklarının kanları, kemikli deniz balıklarının kanları ile yaklaşık olarak aynı tuz derişimine sahiptir, fakat onlardan farklı olarak yüksek derişimde üre de içerir.
- Bu ürenin atılması yerine tutulması sayesinde deniz kıkırdaklı balıkları deniz suyundan bir miktar daha fazla su tutabilirler.
- Yani su kaybetmek gibi bir sorunları yoktur.
- Fakat tuz rektumda bulunan rektal bezler tarafından atılır.

Deniz Kıkırdaklı Balıklarında Su–Tuz Düzenlemesi

SW (~1000 mOsm)
Na+: ~ 0.39 mM
Cl- : ~ 0.23 mM
K+ : ~ 0.04 mM
Ca2+ : ~ 0.52 mM

Plasma(1100 mOsm)
Na+: ~ 250 mM
Cl- : ~ 240 mM
Ca2+: ~ 4 mM
Urea ~ 350 mM

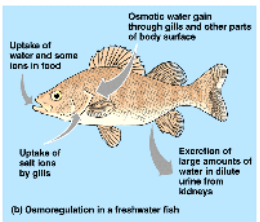


Tatlısu balıkları için sorunlar

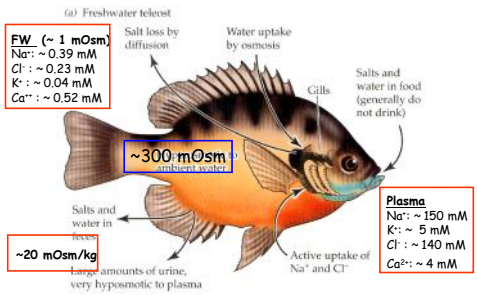
- Tatlısuda yaşayan hayvanların vücut sıvıları, deniz suyundan nispeten hipotonik, fakat tatlı sudan hipertoniktir. Eğer tatlı su hayvanları bulundukları ortama göre hipertonik olurlarsa su büyük bir hızla organizmanın vücudu içerisine girme eğilimi gösterecek ve tuz da tatlı suya geçecektir.
- Bu tür hayvanlar vücut sıvıları ile yaşadıkları su ortamı arasında geçirgen olmayan bir set oluşturabilirler. Fakat bütün deniz hayvanları bu özel korunma yöntemini kullanamazlar.

Tatlı Su Kemikli Balıklarında Su–Tuz Düzenlenmesi

- Bu tür hayvanlar vücutları ile su artamı arasında geçirgen olmayan bir set oluşturmaları yanında aktif ozmoregülasyon mekanizmalarına da sahip olmalıdırlar.
- Bu mekanizmalar genellikle suyu içeri girdiği hızda dışarı atan boşaltım organlarını, seyreltik idrar oluşturma veya tuzun geri emilimi içerir.
- Günümüzde yaşayan tipik kemikli balıklarda vücudun büyük bölümü nispeten geçirgen olmayan deri ve pullarla örtülüdür. Ancak solungaç zarlarından ve ağızdan suyun alımı ozmotik kurallara göre sabit ve pasif olarak gerçekleşirken tuz da aynı zarlarda difüzyon kurallarına göre suya geçer.
- Oluşan dengesizlik iki yolla düzeltilir. Birincisi fazla su böbreklerde son derece seyreltik ve bol idrar şeklinde çıkartılır, tuz da solungaçlarda özelleşmiş hücreler tarafından aktif olarak emilir.



Tatlı Su Kemikli Balıklarında Su–Tuz Düzenlenmesi



Karasal hayvanlar için sorunlar

- Karasal hayatta yaşam için en önemli tehlike kuraklıktır. Su, solunum yüzeylerinden ve genel vücut yüzeyinden buharlaşmayla, dışkı içinde eliminasyonla ve idrarla boşaltım yoluyla kaybedilir. Yaşamın devamı açısından kaybedilen su yerine konmalıdır.

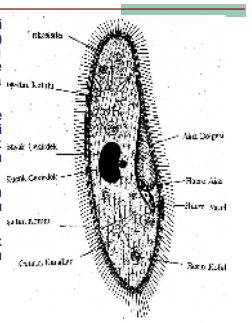
- Azotlu atıklar sınırsız su sağlamanın mümkün olmadığı karasal ortamlarda amonyak halinde uzaklaştırılmaz.
- Amfibi ve memelilerde hızla, üreye dönüştürülür. Üre çok çözünebilen bir madde olmasına karşın amonyağa göre daha az toksik bir maddedir.
- Eğer ürenin yerine çözünürlüğü çok az olan ürik asit şeklinde atılırsa hemen hemen hiç su kaybı olmaz. Bu nedenle birçok karasal hayvanın (sürüngen, kuş, böcek ve karasalyangozları) ürik asit veya bunun tuzları şeklinde atması şaşırtıcı değildir.
- Ürik asit metabolizmasının başka bir avantajı daha vardır. Bu hayvanların hepsi nispeten geçirgen olmayan bir kabuk veya zarla çevrili yumurtalar bırakır. Eğer embriyolar boşaltım ürünü olarak amonyak atsalardı, hızla zehirleneceklerdi ve eğer üre meydana getirselerdi yumurta içindeki ürenin derişimi gelişimin sonraki aşamalarında kesinlikle zararlı hale gelecekti. Diğer yandan ürik asit çok az çözündüğü için hemen hemen katı hale gelerek çökebilir ve atılmadan yumurta içinde toksik veya ozmotik etki göstermeksizin depolanabilir.

Hayvanlarda Görülen Boşaltım Organları

Boşaltım Organları	Hayvan Grubu	
Kontraktil kofullar	Protozoa: Ciliata: Silliler	
Protonefridium	Plathelminthes: Yassı solucanlar; Nemathelminthes: Yuvarlak solucanlar	
Nefridiumlar	Annelida: Halkalı solucanlar	
Anten Bezi	Arthropoda: Eklembacaklılar	Crustacea (Malacostraca)
Maksil Bezi		Crustacea (Entomostraca)
Koksa Bezi		Chelicerata
Malpigi tüpleri		Insecta (Böcekler)
Böbrekler	Chordata: Omurgalılar	

Protozoonlarda ve tatlısu süngerlerinde boşaltım

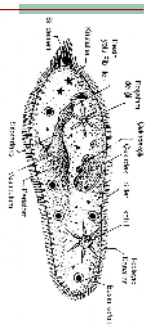
- Birçok bir hücreli ve basit çok hücreli hayvanlarda (Süngerler ve Sölenterler) özel boşaltım organları bulunmaz. Azotlu atıklar amonyak halinde bütün hücre zarından içinde bulundukları ortama basitçe boşaltılır.
- Tatlı sularda yaşayan protozoonlar ve bazı tatlı su süngerlerinin hücre içerikleri bulundukları ortama göre hipertonik olduğu için sürekli olarak içlerine su alırlar.
- Bu suyun düzenli olarak dışarıya atılması gerekir. Aksi halde, hücre içine devamlı su alır, şişer ve neticede patlar.
- Bu durumu engelleyici bir organel olarak tatlı su protozoonları ve bazı tatlı su süngerlerinde kontraktil kofullar vardır.



Kontraktil kofullar

- Kontraktil kofullar, ozmoregülasyon yanında sitoplazmadaki bazı suda eriyebilen artık maddelerin (üre ve bilhassa amonyak ve CO_2) de hücreden uzaklaştırılmasını sağlar.
- Bu organelin hücredeki yerleşimi, sayısı, çalışma biçimi, çalışma sıklığı türlere ve türlerin boyutlarına, yaşadığı ortama ve morfolojik özelliklerine göre değişir.
- Temelde merkezi bir vakuol ve bu vakuole suyu toplayan kanallar ile dış ortama açılan bir kanal + por'dan ibarettir. Toplama kanallarının merkezi vakuole bakan kısmına ampul adı verilir.
- Her koful sırasıyla;
  - Sıvıyla dolma,
  - Şişkin hale gelme ve
  - Kasılma

  evresini içeren bir faaliyet döngüsüne sahiptir.



Kontraktil kofullar

- Hücre içindeki sıvı genellikle iki yolla koful içine alınır:
  - Kofulun etrafındaki veziküllerin koful ile birleşmesi ile;
  - Birkaç silli bir hücrelide ise ışınsal yerleşmiş olan besleme kolları ile
- Ktenoforlarda (Ctenophora) sindirim kanalları üzerinde yer yer rozet denilen yapılar bulunur. Bunların boşaltımla ilgisi olduğu sanılmaktadır.

Sölenterlerde boşaltım

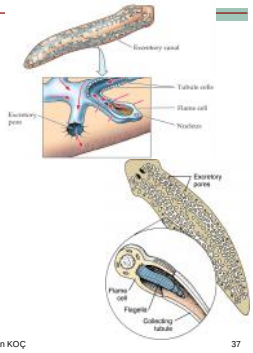
- Hidra ve diğer sölenterlerde (Cnidaria) artıklar doğrudan doğruya hücre zarından difüzyonla uzaklaştırma özelliğine sahiptirler.
- Ancak hücre yüzeyinden uzaklaştırmada mesoglea tabakasında yer alan amöboid hücrelerin bu maddeleri gastroderm tabakasındaki beslenme hücrelerine taşır.
- Bu tip boşaltıma "hücrelerarası boşaltım" denir.

Difüzyon boşaltım için yeterli midir?

- Daha gelişmiş ve büyük organizmalarda;
  - Difüzyon, metabolizma artıklarının birikimini engelleyemez,
  - Ayrıca kalın ve geçirgen olmayan vücut örtülerinde difüzyonun gerçekleşmesi mümkün değildir.
- Bunun için böyle canlılarda çeşitli solunum organları gelişmiştir.

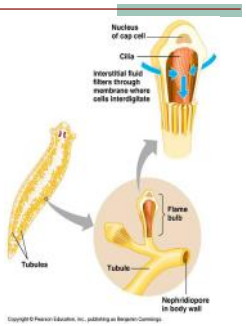
Yassı ve yuvarlak solucanlarda boşaltım

- Yassı solucanlarda (Plathelminthes), Hortumlu solucanlarda (Nemertini), Tekerlekli hayvanlar (Rotatoria) ve Karnı kıllı solucanlar (Gastrotrichia)'da rastlanılır.
- Bu sistem genellikle vücut boyunca uzanan iki veya daha fazla sayıda dallanmış boyuna tubüllerden oluşmuştur.
- Planarya ve yakın akrabalarında (Turbeleria) bu tubüller birkaç küçük por ile vücut yüzeyine açılır. Karaciğer kelebeklerinde (Trematoda) ise tubüller dışarıya açılan büyük bir idrar torbası oluşturmak üzere birleşir.
- Bu sistemin en önemli kısmı tubüllerin yan dallarının ucunda yer alan birçok ampul benzeri alev hücreleridir.



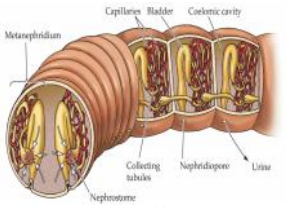
Yassı ve yuvarlak solucanlarda boşaltım

- Yuvarlak solucanlarda (Nemathelminthes) üç kanalın birleşmesi ile oluşmuş H harfi şeklinde bir boşaltım sistemi bulunur.
- Vücudun sağ ve solunda uzanan iki kanal ön tarafta enine bir kanalla birleşir ve bu enine kanaldan kısa bir boşaltım kanalı ventral olarak boşaltım poru ile ağzın gerisinden dışarı açılır.



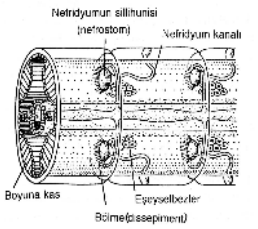
Halkalı solucanlarda boşaltım

- Toprak solucanları (Annelida), Onikofor (Onichophora) ve Tentakülatlarda (Tentaculata) rastlanılır.
- Alev hücreleri sistemi ürünleri yalnızca doku sıvısından toplar, çünkü bunlar dolaşım sistemi olmayan hayvanlarda işlev yapar.
- Her bir segment doğrudan doğruya dışarı açılan ve nefridium adı verilen bir çift boşaltım organına sahiptir.

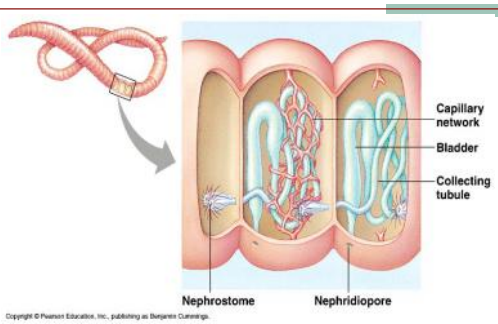


Nefridiumlar (Annelida: Halkalı solucanlar)

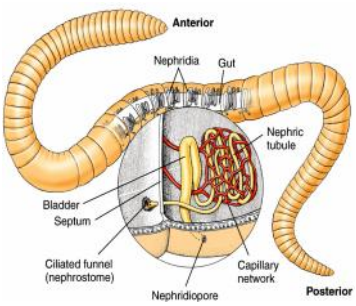
- Tipik bir nefridium;
  - Ucu açık sili huni şeklinde bir nefrostom (Protonefridiumların alev hücrelerine karşılık gelen),
  - Bundan ayrılan kıvrımlı bir tubül,
  - Tubülün içeriğini boşalttığı genişlemiş bir idrar torbası ve
  - materyallerin idrar torbasından dışarı atıldığı bir nefridiyopor içerir.



Nefridiumlar (Annelida: Halkalı solucanlar)

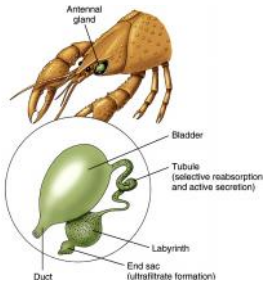


Nefridiumlar (Annelida: Halkalı solucanlar)



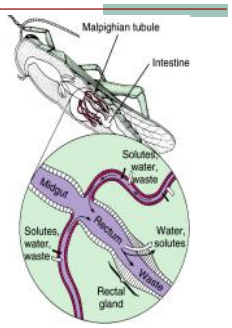
Eklembacaklılarda boşaltım

- Eklembacaklılarda Crustacea'da antenlerin dibinde kan damarlarıyla donatılmış "antennal bez" (Malacostraca'da) ya da maksillanın altında "maksiller bez" (Entomostraca'da) ya da koksaların altında "koksal bez" (Chelicerata'da) boşaltımda görevlidir.
- İlk iki bez; bir sölomik kese, yeşilimsi bir bez boşluğu ve kaslı bir kanal olmak üç kısımdan oluşmuştur.
- Artık maddeler kandan sölomik keseye, oradan bez boşluğuna geçer. Bu sıvı kan sıvısıyla izotoniktir.



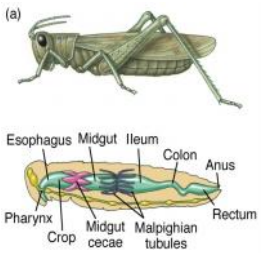
Malpigi tüpleri (Arthropoda: Insecta)

- Böceklerdeki boşaltım organına malpighi tüpleri adı verilir.
- Bunlar orta barsak ile son barsağın birleştiği yere açılan ve diğer ucu kapalı uzun ince tüpler şeklindedir. Sayıları birkaç çiftten birkaç yüze kadar çıkabilir.
- Malpighi tüpleri hayvanın vücudundaki boşluklarda bulunan kanla doğrudan temas halindedir.
- Tüplerin distal uçları ile emilen vücut sıvısı, proksimal uca doğru hareket ederken azotlu atık maddeler ürik asit olarak çökeli ve su ile çeşitli tuzların büyük çoğunluğu geri emilir.
- Yoğunlaştırılmış, fakat halen sıvı olan idrar, önce son barsağa gelir, buradan da rektuma geçer. Rektum çok fazla su geri emebilme kapasitesine sahiptir ve idrar ile dışkı son derece katı bir madde olarak rektumdan atılır.



Malpighian tubules

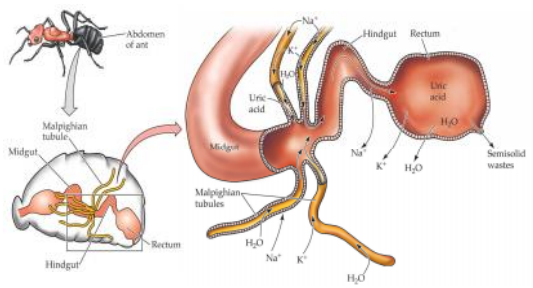
- MTs empty into the alimentary canal between the midgut and hindgut
- The number of MTs varies from 4-200 depending on the species
- 2-100 mm in length and 30-100 μm in diameter
- Walls of the MTs consist of a single layer of epithelial cells
- Process ECF at high rates to regulate composition and volume of ECF
- MTs are not innervated and fluid secretion is controlled by the action of hormones



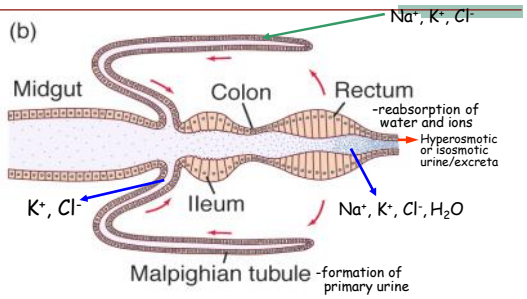
Malpighian tubules

- MTs lie free in hemocoel and are not supplied with blood vessels
- Insect circulatory system is at relatively low pressure, therefo re urine is formed entirely by secretion
- NaCl and KCl are transported from the hemolymph into the lumen of the MT
- MTs secrete K^+ in herbivorous insects and Na^+ in blood-feeders
- NaCl and KCl are returned to the hemolymph across the rectal wall

Malpigi tüpleri (Arthropoda: Insecta)



Malpigi tüpleri (Arthropoda: Insecta)



Malpigi tüpleri (Arthropoda: Insecta)

