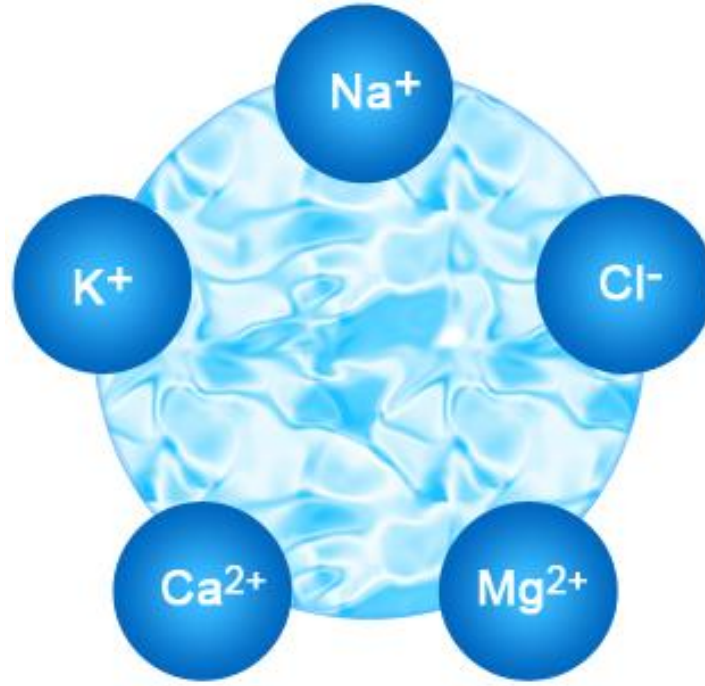




VÜCUT SIVILARI VE ELEKTROLİTLER

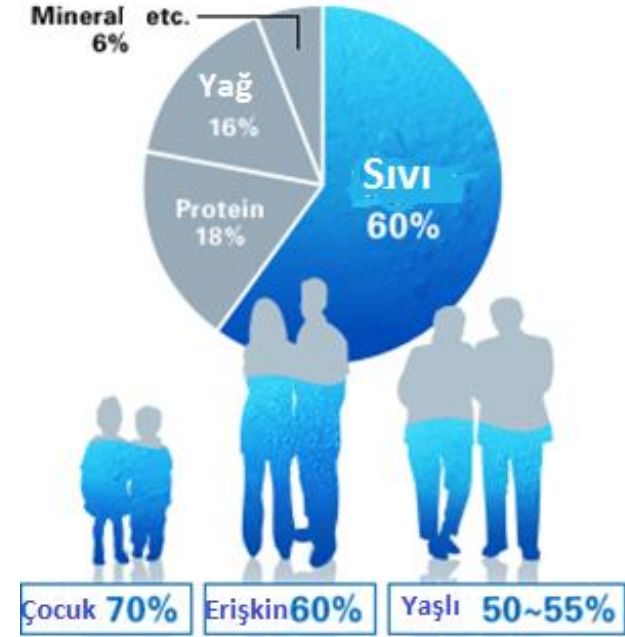
Dr. Öğr. Üyesi Ahu DEMİRTAŞ

Suyun Yaşam için Önemi

- Su yaşamın temel koşullarından biridir ve canlılar için gerekli maddelerin büyük bir bölümünü içeren elverişli bir ortamdır.
- Organizmada inorganik ve organik maddeler için iyi bir **çözücü ve taşıyıcıdır**.
 - Sindirim kanalından alınan **besin maddeleri** ancak suda çözünmüş halde hücrelere taşınabilirler.
 - Hücrelerin **elektrolitlerden** (iyonlardan) yararlanabilmesi için bunların suda çözünmüş olmaları gerekir.
 - Hücre solunumu için gerekli **oksijen** ve atık madde olan **karbondioksit** bir kısmı kanda çözünmüş olarak bulunur.
- **Hücre içi reaksiyonlarda** ve biyolojik olayların çoğunda en önemli etmen sudur.
- Metabolizma sonucunda oluşan artıkların ve **toksik maddelerin vücuttan atılmalarında** rol oynar (ter ve idrar).
- Kan plazması, beyin-omurilik sıvısı, safra, mide, bağırsak salgıları, sidik, süt, ter, gözyaşı, tükürük gibi **beden sıvılarının oluşumu** için suya gereksinim vardır.
- **Isı tutma ve iletme** özelliği ile **beden ısının ayarlanmasında** önemli rol oynar.

Vücut su miktarı

- Toplam vücut suyu değişkendir ve vücuttaki **yağ** oranına bağlı olarak değişir. Yağ dokuda su içeriği düşük olduğundan **şişman** bir hayvanda vücut ağırlığının **%45'i** sudan oluşurken **zayıf** bir hayvanın vücut ağırlığının **%70'i** sudur.
Ortalama bir hayvanın (ne şişman ne zayıf) vücut ağırlığının **%60'ı** sudan oluşur (70 kg ağırlığındaki bir erkeğin vücudunda yaklaşık 40 l su bulunur).
- Vücut su oranı **cinsiyete** göre de farklılık gösterir. **Dişilerde** yağ oranı yüksek kas oranı daha düşük olduğu için vücut su oranı **%50'ler** civarındadır.
- **Yeni doğmuşlarda** düşük yağ ve kemik yüzdesi nedeniyle vücuttaki su miktarı yetişkinlere göre daha fazladır (**%73'ten fazla**). Toplam su miktarı **yaş** ilerledikçe azalır.

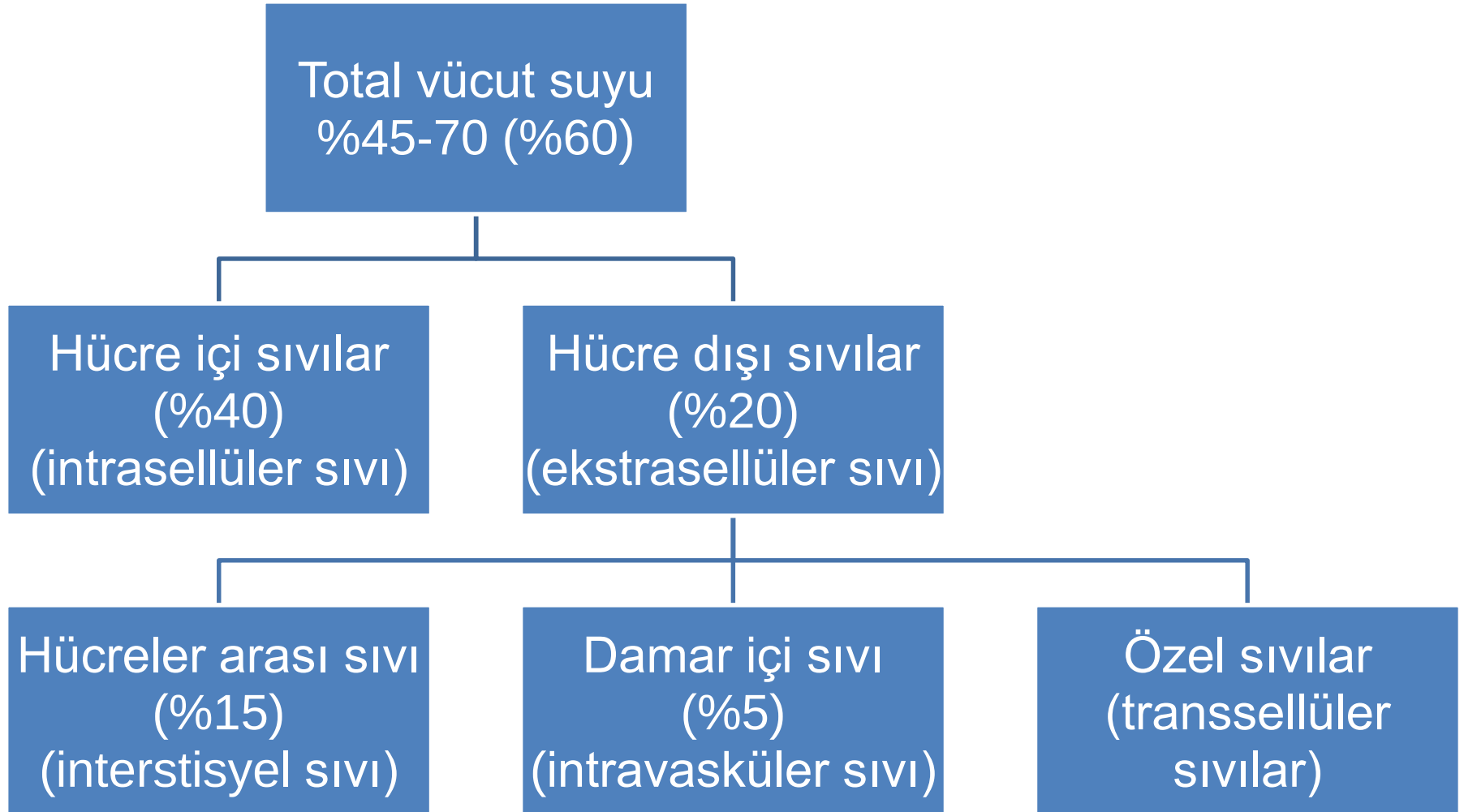


Çeşitli Dokulara ve Yaşa Göre Su Oranları

Doku	Su %
Kan	83,0
Böbrek	82,7
Kalp	79,2
Akciğer	79,0
Dalak	75,8
Kas	75,7
Beyin	74,8
Deri	72,0
Karaciğer	68,3
Kemik	31,0
Yağ	10,0
Tüm vücut	62,0

Yaş	Su %
15 günlük embriyo	92
30 günlük embriyo	80
Yenidoğan	77
9 günlük	76
14 günlük	73
3 aylık	66
10-18 yaş	59
18-40 yaş	61
40-60 yaş	55
60 yaş üstü	52

Suyun vücuttaki dağılımı



Özel Sıvılar (Transsellüler sıvılar)

- Sindirim kanalı sıvıları

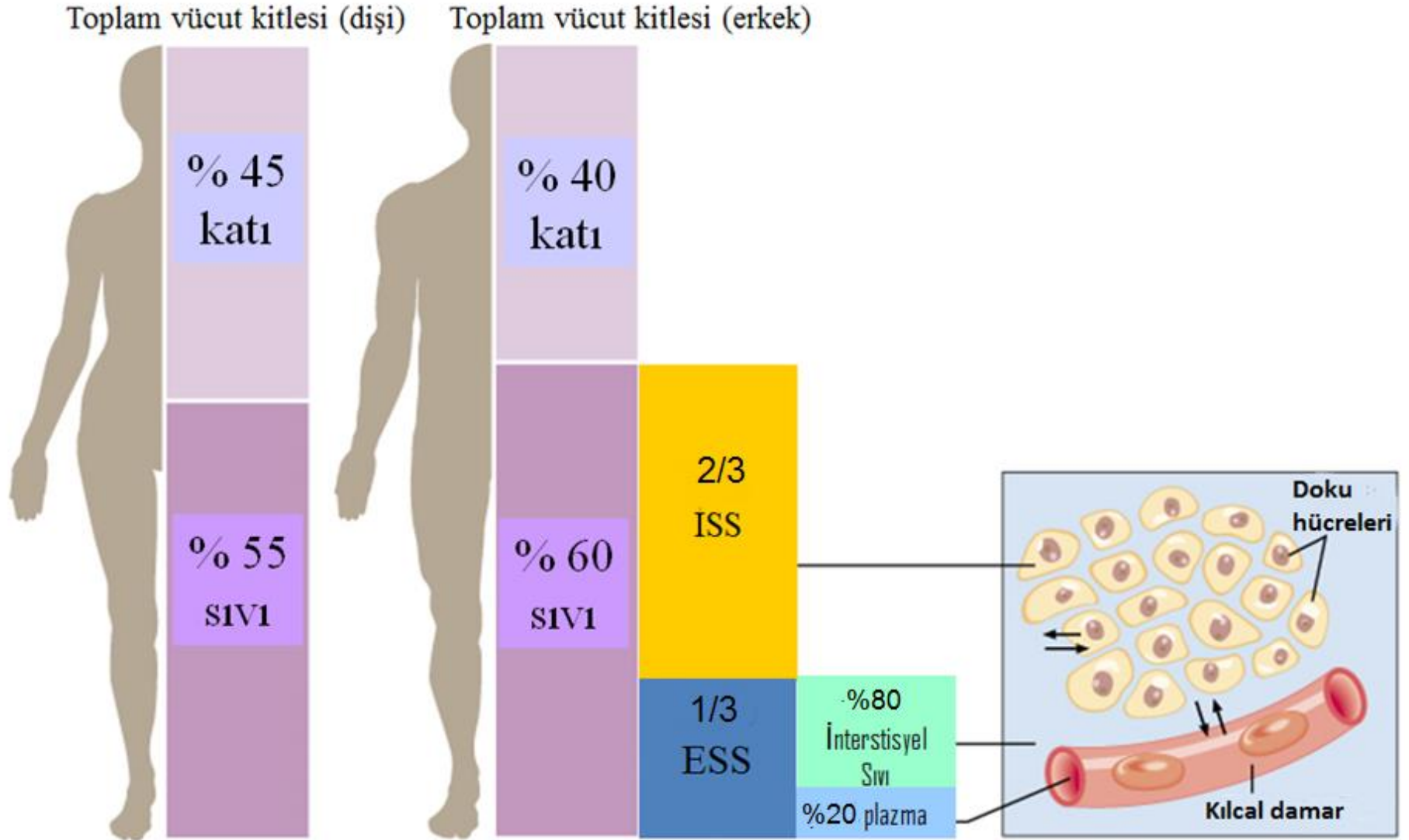
- incebağırsak salgısı günde 3 l
- mide özsuğu günde 2,5 l
- safra günde 1 l
- tükürük günde 700 ml - 1 l
- pankreas salgısı günde 650 ml

- Diğer özel sıvılar

- beyin-omurilik sıvısı 100 ml
- plevra boşluğu sıvısı 35 ml
- kalp kesesi sıvısı 25 ml
- göz suyu 65 ml
- üreme sistemi sıvıları (fötusta amnion sıvısı, folikül sıvısı, vulva vajinal bezlerin sıvıları, ersuyu ya da meni, süt bezleri salgısı, süt, kolostrum)
- burun salgısı, solunum yolları salgısı
- böbrek salgısı, sidik

Transsellüler sıvılardan özellikle sindirim kanalı sıvılarının miktarı hayvanlar arasında büyük farklılıklar gösterir. Örneğin insanların mide kapasitesi 2,5 l iken **ruminantların** ön midelerinden biri olan rumenin kapasitesi orta boy bir sığırdan **60-80 l'ye**, iri bir sığırdan ise **100 l'ye** ulaşmaktadır. Yine yetişkin bir sığır günlük **75-190 l** tükürük salgılamaktadır.

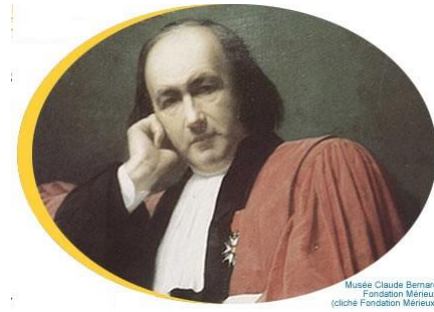
Suyun vücuttaki dağılımı



A-Normal bir yetişkinde vücut sıvılarının dağılımı

B-Suyun vücut bölümlerindeki değişimi

Homeostaz



Musée Claude Bernard
Fondation Mérieux
(cliche Fondation Mérieux)

Hücre içi sıvı
(İntrasellüler sıvı)

Plazma

Cleud Bernard yüz yıl önce hücre dışı (ekstrasellüler) sıvının bir **iç ortam** oluşturduğunu ve hücrelerin bu sıvı içerisinde yüzdüğünü belirtmiştir.

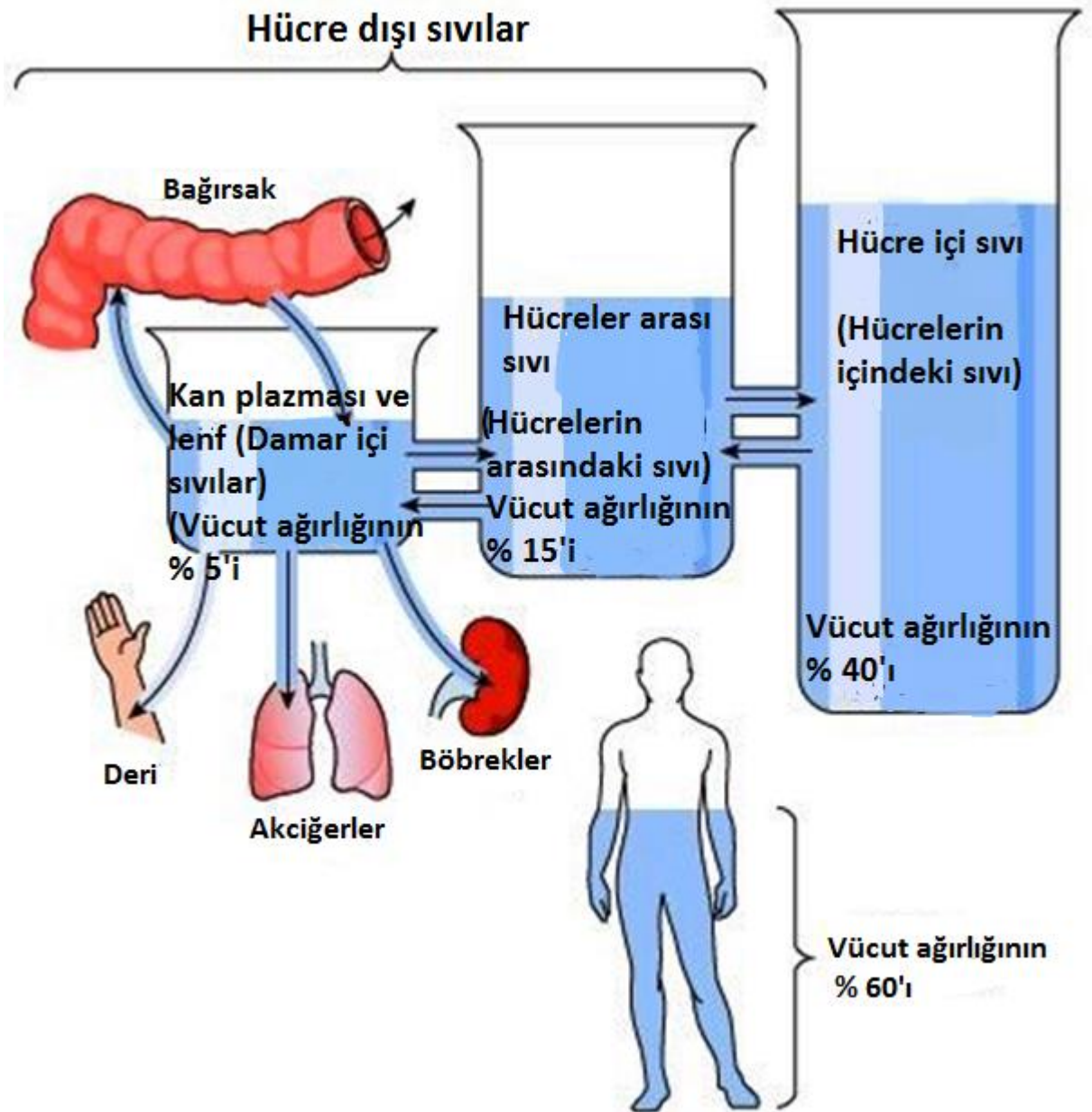
Hücreler yaşamları için gerekli besin maddelerini, su ve oksijeni hücrelerarası sıvıdan alır, artık maddeleri de bu sıvıya verirler. Hareketsiz hücrelerin aksine, hareketli olan hücrelerarası sıvı sürekli kendini yeniler. Bu, hücresel yaşamın sürekliliği için gereklidir.

Hücreler arası sıvı
(İntersitisyel sıvı)

Hücrelerarası sıvıdaki (iç ortamdaki) besin maddelerinin, gazların, organik ve inorganik maddelerin belirli sınırlar içinde değişmez tutulmasına 'homeostaz' denir (W.B. Cannon).

Homeostaz

- Vücuttaki su kompartmanları **bileşik kaplar** gibidir. Birindeki su miktarı azalır, bu hemen diğer kompartmanlarca telafi edilir.
- Sıvılar bir bölümden diğerine sürekli olarak hareket etse de her bölümdaki sıvı miktarı sıkı bir şekilde sabit tutulur – **homeostaz!**
- Su elektrolitleri takip edeceğinden elektrolitlerin de sabit tutulması gereklidir (Sodyum, klor vb.)



Vücutta su dengesi

- Vücut su dengesinin korunabilmesi için alınan suyun dışarı atılan suyla aynı miktarda olması gerekir.

Alınan Su (günlük)

1,3l (%60) İçeceklerle
0,9 l (%30) Besinlerle
0,3 l (%10) Metabolizma ile (metabolik su)

Atılan Su (günlük)

1,5 l (%60) İdrarla
0,65 l (%8) Ter ile
0,1 l (%4) Dışkı ile
0,35 l (%28) Solunum ve deri yoluyla
(hissedilmeyen kayıp)

2,5 l SU ALINIR

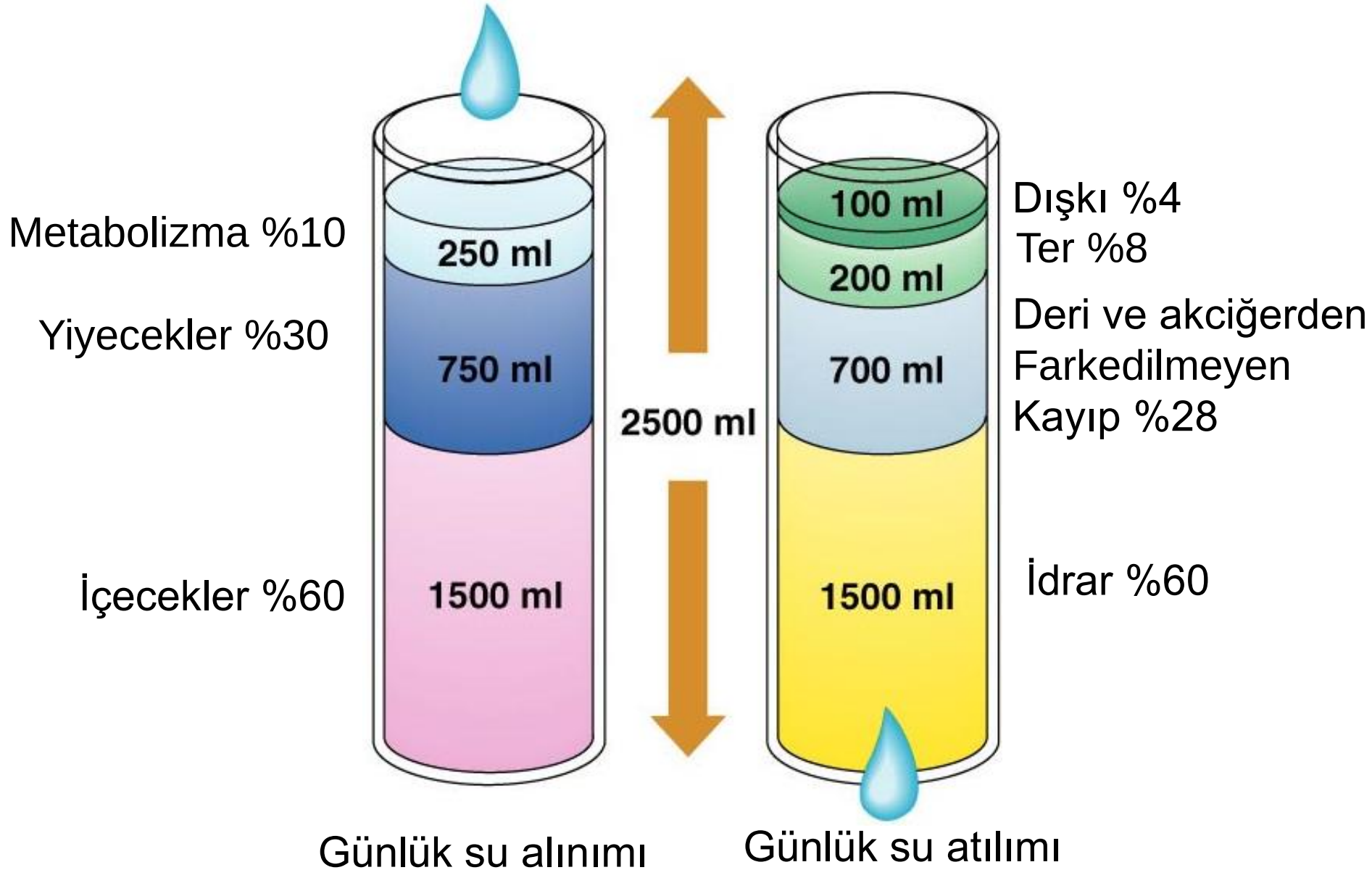
=

2,5 l SU ATILIR



Alınan su = Atılan su

Su Alımı ve Atılımı



Vücut su dengesi

- Besin maddelerinin özellikle sebze ve meyvelerin **% 80'i sudur.**
- Metabolik yolla sağlanan su miktarı insanda yaklaşık olarak **300 ml**'dir.
 - 100 g **yağın** oksidasyonu ile 107 ml su
 - 100 g karbonhidratın oksidasyonu ile 55 ml su
 - 100 g proteinin oksidasyonu ile 41 ml su açığa çıkar.
- İçilerek alınan günlük su miktarı çeşitli hayvan türlerinde farklıdır ve insanlarda yaklaşık **1,5 l**'dir.

Baklagil samanı yiyen Holştayn ineklerin günlük su dengesi (litre)

	Kuru dönemde	Laktasyon döneminde
Giriş		
İçilen su	26	51
Yemle alınan su	1	2
Metabolik su	2	3
Toplam	29	56
Çıkış		
Dışkı	12	19
İdrar	7	11
Buharlaşma	10	14
Süt	0	12
Toplam	29	56

Vücutta su dengesi



- **Gençlerde** erginlere göre suya olan gereksinim daha fazladır, yaşlandıkça azalır.
- Günlük su gereksinimi organizmadaki su kaybı ile yakından ilgilidir. **Terleme, ıshaller, şeker hastalıklarında** (diabetes mellitus ve diabetes insipidus), **kolera** vb. patolojik durumlarda suya olan gereksinim artar.
- **Ağır kassel çalışmalarda** terle yitirilen miktarı karşılamak üzere su alınması gerekir.
- Vücut ağırlığının **%10'u kadar su** yitirilince önemli bozukluklar oluşur. Yaklaşık **% 11'i** kadar kaybedildiğinde ise ölüm meydana gelir.
- **%1:** susuzluk hissi, ısı düzeninin bozulması, performans azalması
- **%2:** ısı artması, artan susuzluk hissi
- **%3:** vücut ısı düzeninin iyice bozulması, aşırı susuzluk hissi,
- **%4:** fiziksel performansın %20-30 düşmesi
- **%5:** baş ağrısı, yorgunluk
- **%6:** halsizlik, titreme
- **%7:** fiziksel etkinlik sürerse bayılma
- **%10:** bilinç kaybı
- **%11:** olası ölüm

SUSUZLUK

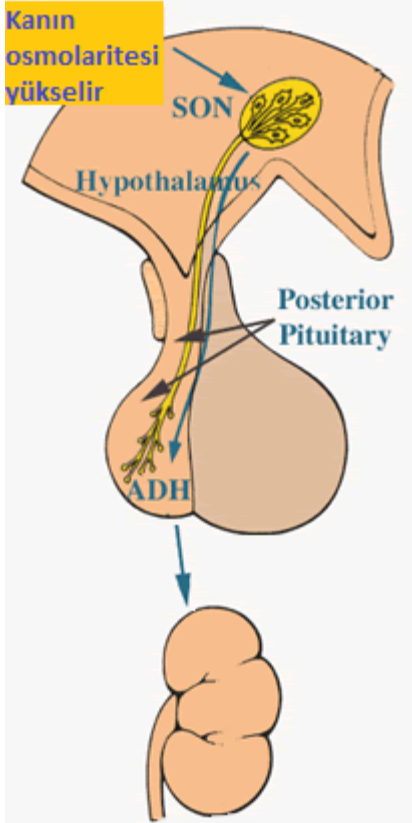
- **Suya karşı duyulan bilinçli bir arzudur.**
- Su depolanabilir bir madde olmadığından susuzluk duyumu açlığa göre daha sık oluşur.
- Su kaybı vücut ağırlığının **%1**'i kadar olduğunda susuzluk başlar.



Su alımının kontrolü-susuzluk

Yetersiz su alımı
Dehidrasyon

Kaybedilen su > Alınan su



<http://www.colorado.edu/epob/epob1220/lynch/image/figure14h.jpg>

Damar içi su miktarı azalır
Kanın osmotik basınç artar
(hipertonikleşir)

Hücre içi ve hücreler arası sıvıların miktarı azalır

HİPOTALAMUS'taki osmoreseptör hücrelerde (median preoptik nukleus) osmotik basınç artışı

Tükrük salgısı azalır

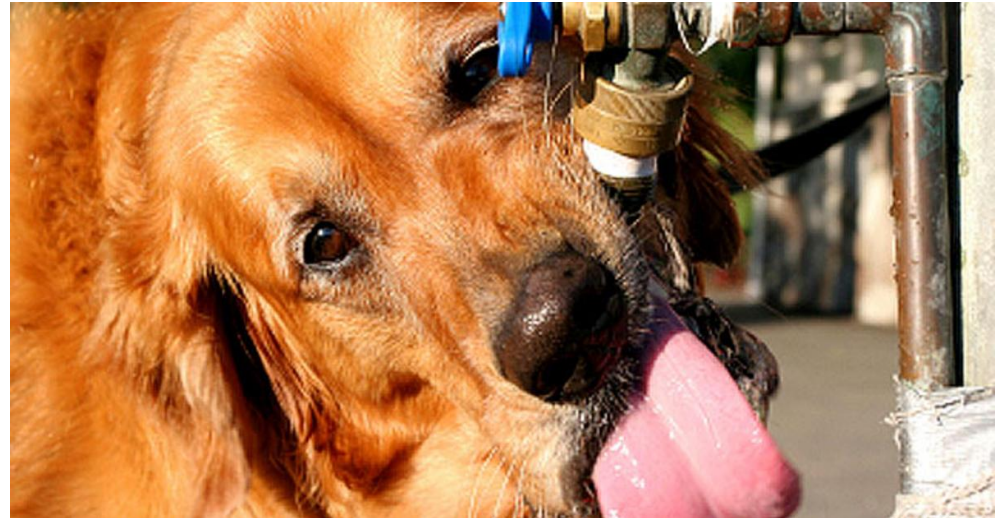
Ağız kuruluğu

SUSUZLUK DUYUMU

- Vücuda su alımı
- Vücutta su tutulumu
 - ADH salınımı (hipotalamus-supra optik çekirdek)-böbreklerden su geri emilimi

Su alımının kontrolü-susuzluk

- Su içilmeye başlanınca susama hissi kaybolur
 - Ağız mukozasının ve boğazın su içerken nemlenmesi
 - Mide ve barsakta bulunan gerilim reseptörlerinin uyarılması

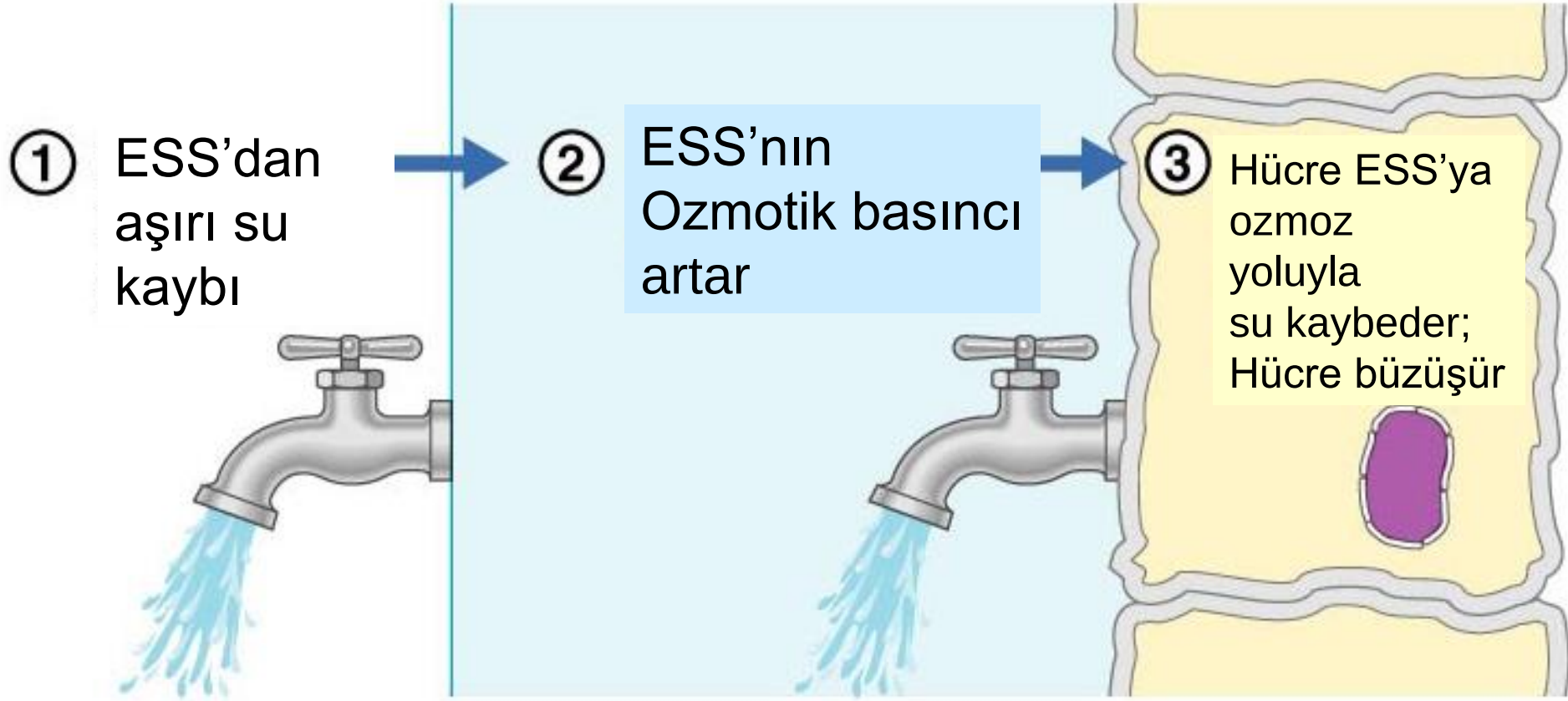


Su Dengesindeki Problemler: Dehidrasyon

- Su kaybının su alımını geçmesi ve vücudun negatif sıvı dengesinde olması
- **Sebepler:** Kanama, geniş yüzeyli deri yanıkları, uzun süreli kusma veya ishal, aşırı terleme, su yokluğu, mide-bağırsak yangıları ve aşırı diüretik kullanımı
- Uzun süreli dehidrasyonda kilo kaybı, ateş ve bilinçte bulanıklık oluşabilir
- Ayrıca **hipovolemik şok** ve elektrolit kaybı gözlenebilir



Su Dengesindeki Problemler: Dehidrasyon



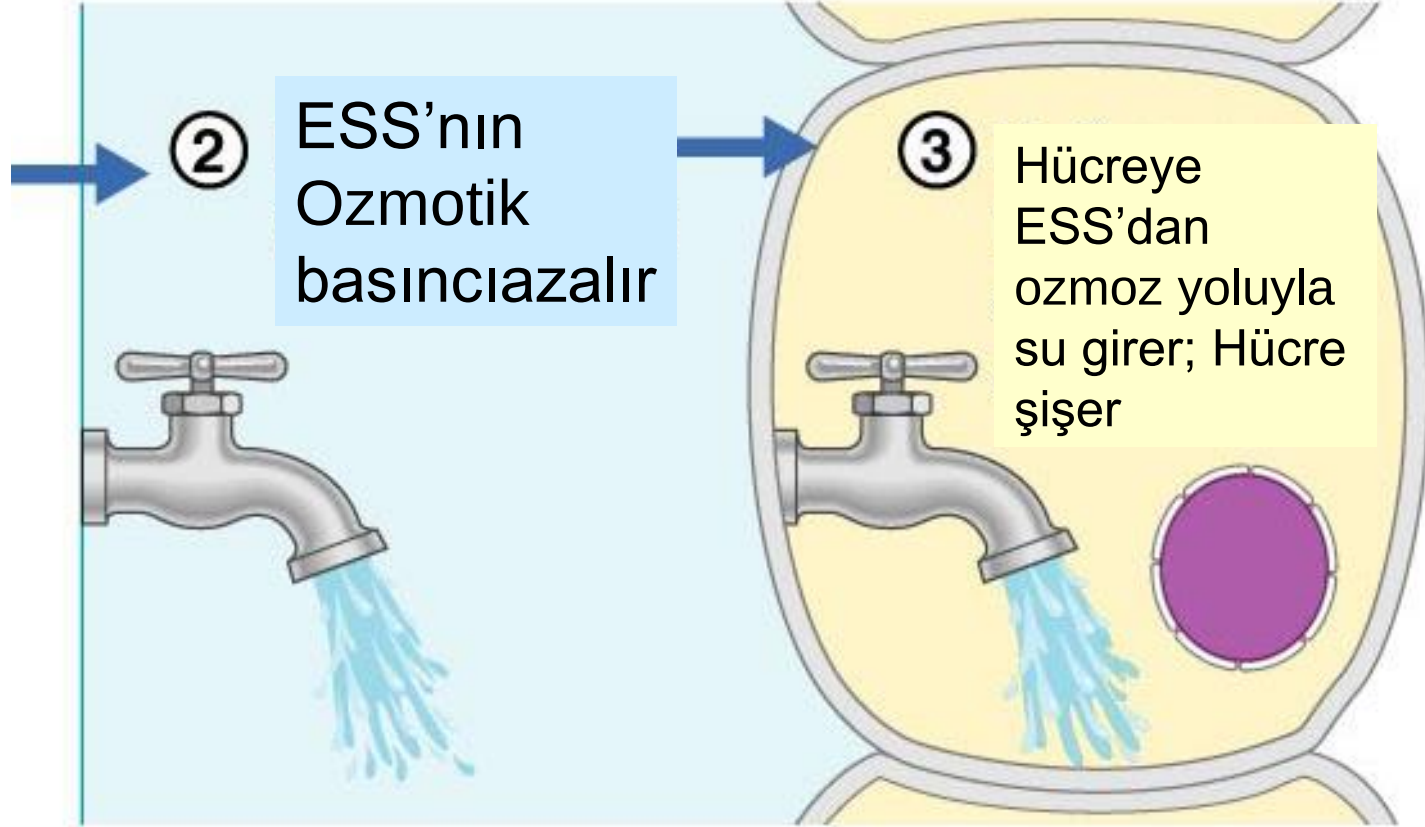
Dehidrasyon mekanizması

Su Dengesindeki Problemler: Hipotonik Hidrasyon

- **Böbrek yetersizliği** veya **aşırı derecede suyun çok hızlı bir şekilde içilmesi** hücrelerin aşırı derecede suyla dolmasına veya su toksikasyonuna sebep olur
- ESS dilüedir (osmotik basınç düşük) – sodyum miktarı normal olmasına rağmen normalden fazla su var
- Sonuç hiponatremidir (kandaki Na^+ miktarının azalması) ve bu yüzden su, kandan hücrelere doğru geçer ve hücreleri şişirir
- Bu olayların aşırı metabolik problemlere yol açmaması için (özellikle nöronlarda) çabucak normale döndürülmesi gerekir

Su Dengesindeki Problemler: Hipotonik Hidrasyon

① ESS'ya aşırı su girişi



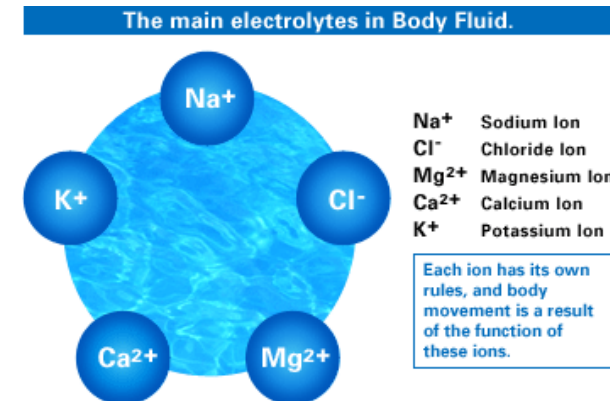
Hipotonik hidrasyon mekanizması

Vücut sıvılarının kompozisyonu

- Vücut sıvılarının en büyük kısmını su oluşturur. Geri kalan ise bu suda erimiş maddelerdir. Vücut sıvıları içerisinde (çözünmüş halde) bulunan maddeler genel olarak iki kısma ayrılır :
 1. **Elektrolitler (inorganik maddeler)**– inorganik tuzlar, bütün asit ve bazlar ve bazı proteinler
 2. **Elektrolit olmayanlar (organik maddeler)**– glikoz, yağlar, kreatinin ve üre...
- Elektrolitlerin ozmotik güçleri elektrolit olmayanlara göre çok daha fazladır. Su ozmotik gradyan yönünde hareket eder.

1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler

- **"Elektrolit"**, herhangi bir çözücünde pozitif ve negatif elektrik yüklü iyonlarına ayrışarak elektrik akımını ileten maddedir. Elektrolitlerin en iyi bilinen örnekleri, asitler, bazlar ve tuzlardır.
- Pozitif yüklü iyonlara **"katyon"**, negatif yüklü iyonlara ise **"anyon"** denir. Elektrolitlerin ölçüm birimi "miliekivalan" (mEq)'dir.
 - **Katyonlar:** Sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{++}), magnezyum (Mg^{++}),
 - **Anyonlar :** Klorür (Cl^-), bikarbonat (HCO_3^-), fosfat (PO_4^{-3}) ve sülfat (SO_4^{-2}), organik asitler, bazı proteinler
- Hücre içi sıvılar ve hücre dışı sıvılar, içerdikleri ana anyon ve katyonlar bakımından farklılık gösterirler.



1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler

a. Hücre içinde bulunan ana elektrolitler

Ana katyonlar

Potasyum (K^+)

Magnezyum (Mg^{++})

Ana anyonlar

Fosfat

Proteinler

b. Hücre dışında bulunan ana elektrolitler

Ana katyonlar

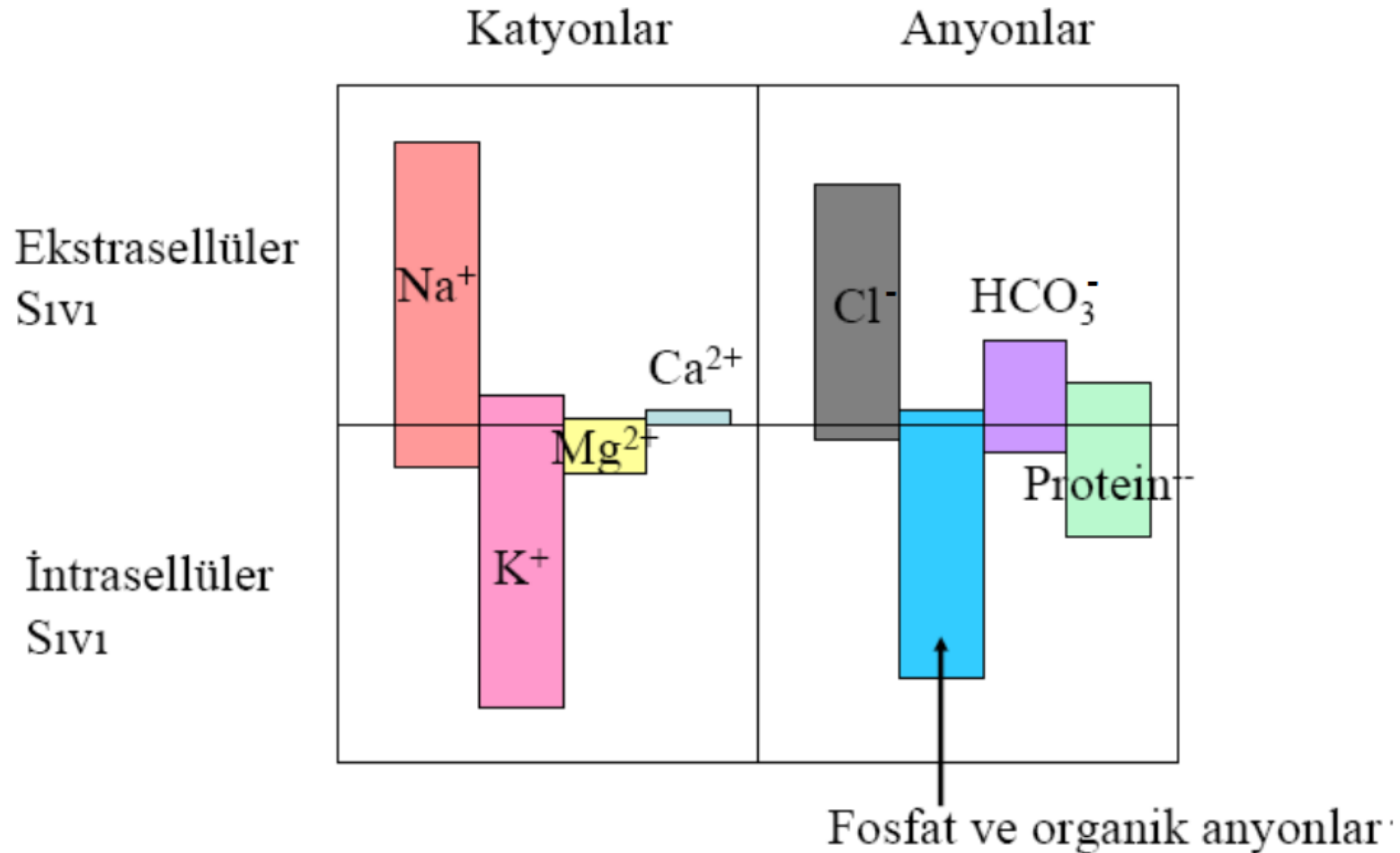
Sodyum (Na^+)

Ana anyonlar

Klor (Cl^-)

Bikarbonat (HCO_3^-)

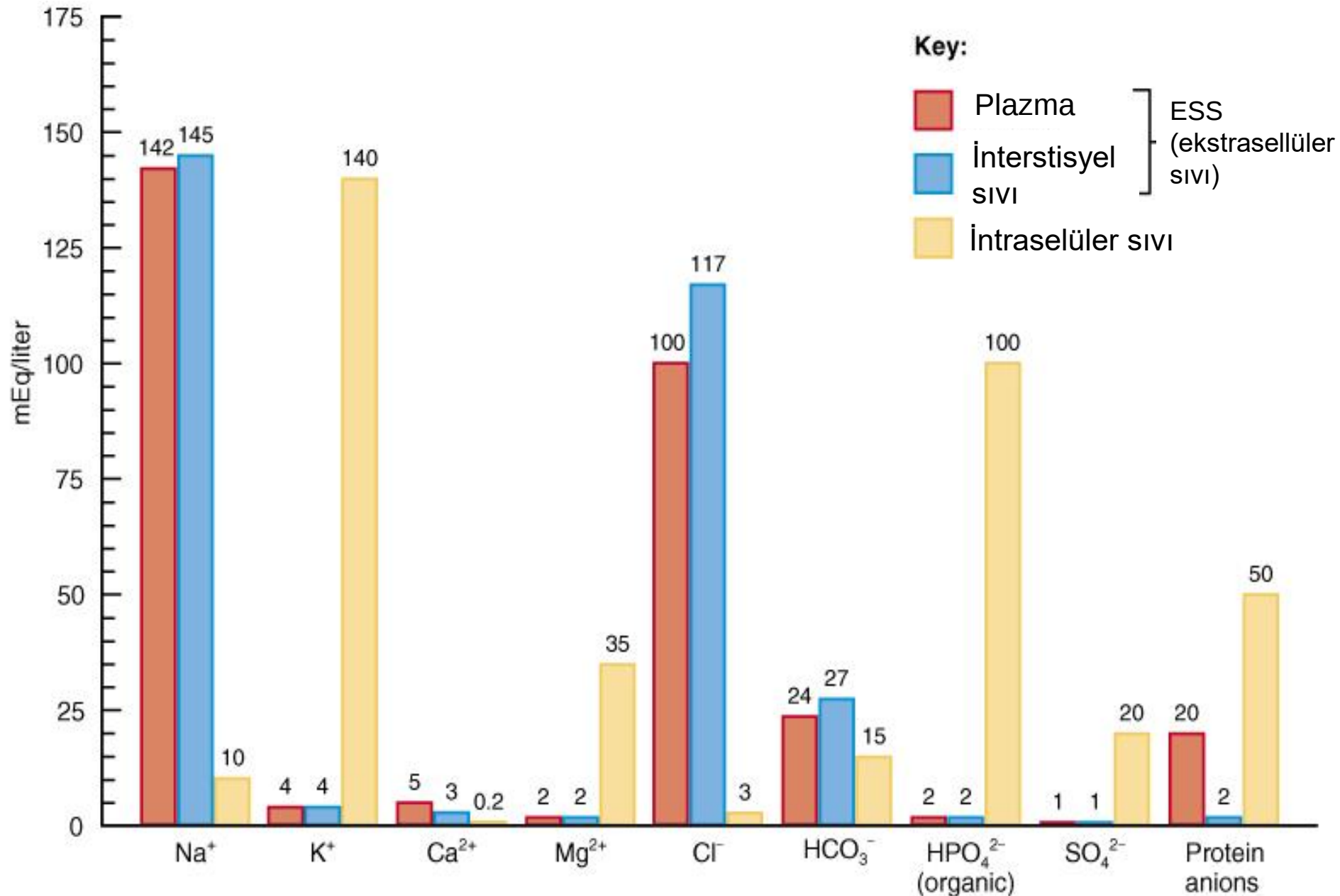
1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler



1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler

- **Hücre dışı sıvılar** olan **plazma** ve **hücreler arası sıvı** arasında da elektrolitler bakımından küçük farklılıklar bulunur. Plazma ve hücrelerarası sıvı arasındaki farklılık:
 - **Plazmada** bulunan **protein anyonlarının** miktarı fazladır.
 - İnterstisyel sıvıda ise hemen hemen hiç protein bulunmaz çünkü proteinler damar duvarını geçemezler.

1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler



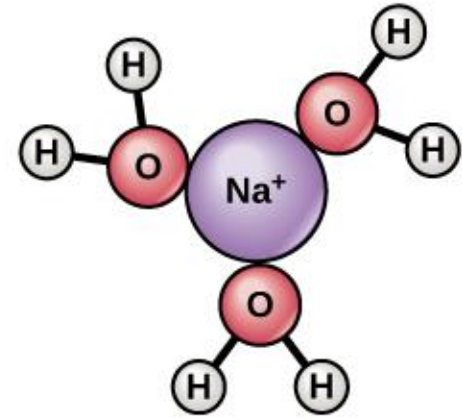
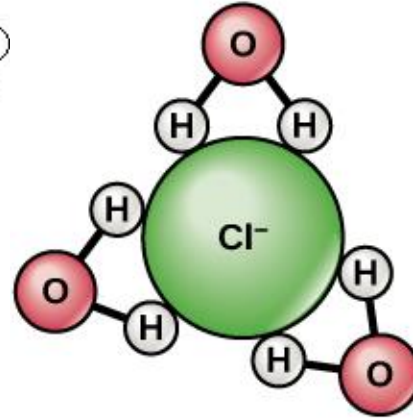
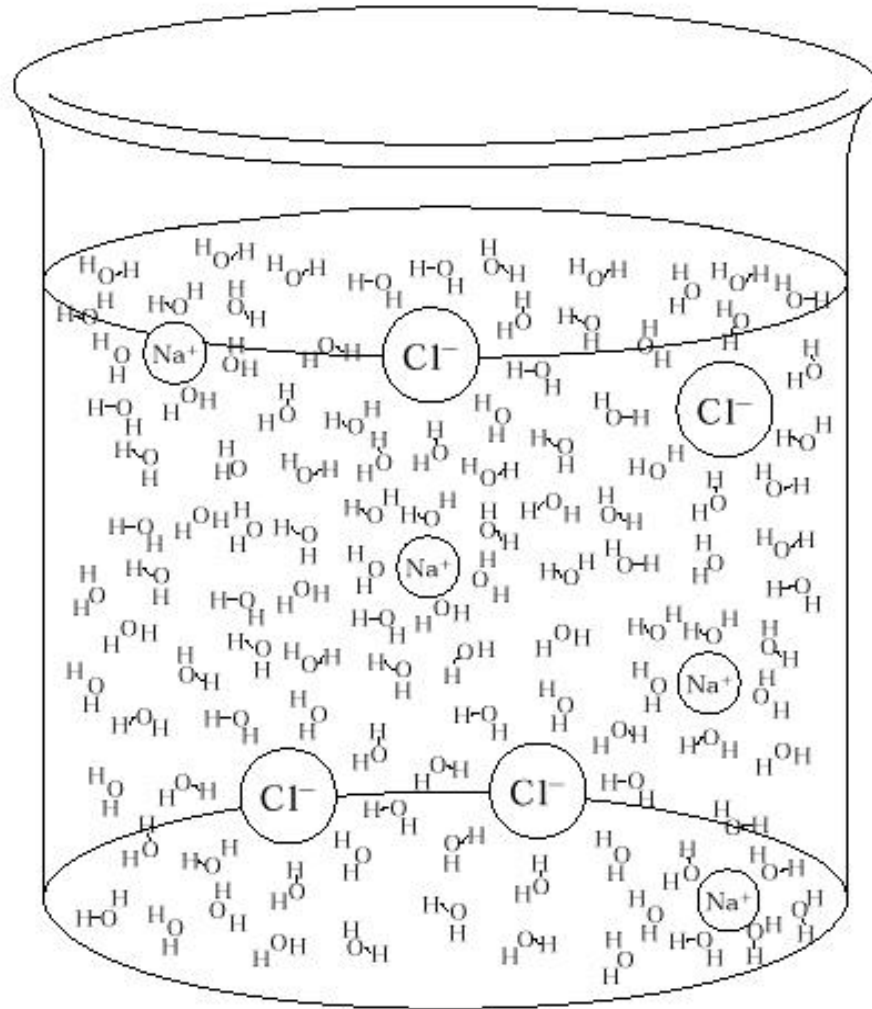
1. Vücut sıvılarındaki elektrolitler

- Vücut sıvılarındaki elektrolitlerin 4 ana fonksiyonu bulunur.
 - Vücut bölümleri arasındaki **ozmozisi** ve **sıvı hareketlerini** kontrol eder,
 - Normal hücresel aktiviteler için gerekli **asit-baz dengesini** korur,
 - Elektriksel akımı oluşturur; **aksiyon potansiyeli** oluşumuna yardım eder, böylece **nöro-muskuler uyarılabilirliği** sağlar,
 - Hormonların ve nörotransmitterlerin salınımını kontrol eder (**salgı aktivitesi**).
 - Enzimatik aktiviteler için **kofaktör** olarak gereklidir.

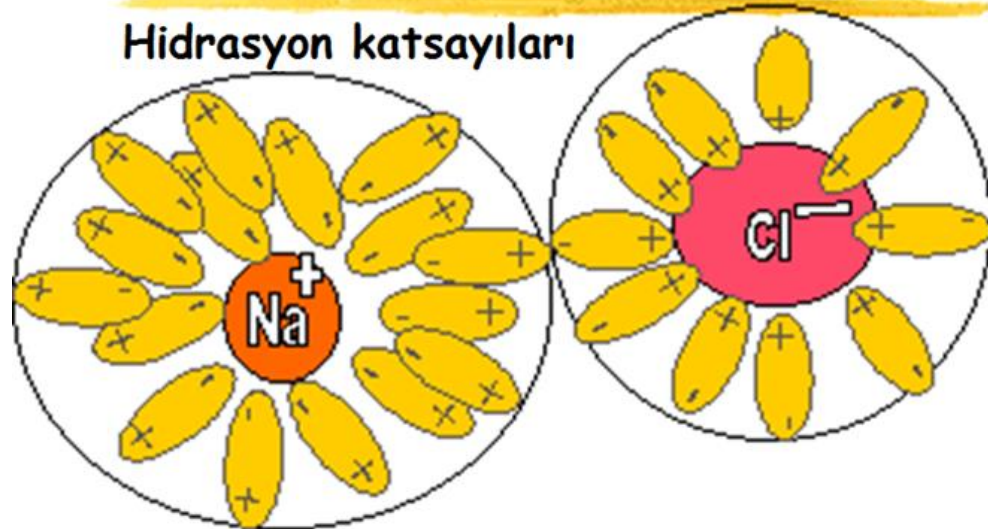
Sodyum (Na^+)

- Doğada **NaCl (tuz)** olarak çok yaygındır, en fazla deniz suyunda bulunur. Hayvansal gıdalar bitkisel gıdalara oranla sodyumca daha zengindir.
- Organizma sodyum gereksinimini yemeklere katılan tuzdan kolayca karşılayabilir.
- **Hücre dışı sıvıda en çok bulunan katyondur.**
 - Organizmada bulunan sodyumun yaklaşık % 45'i hücre dışı sıvıda, % 45'i kemiklerde ve geri kalanı da hücre içinde bulunur.
- Sodyum **ESS'da osmotik basınç oluşturarak** ESS'nin hacmini kontrol eden ve suyun vücutta dağılımını düzenleyen çok önemli bir katyondur:
 - Sodyum ESS'da osmotik basınç oluşturabilen tek katyondur. ESS'nin toplam ozmolaritesinin yarısını oluşturur.
 - Plazma sodyum seviyelerindeki değişiklikler **plazma hacmini ve kan basıncını** etkiler.
- Sodyum, hücre zarının **dinlenim potansiyeli** ve **aksiyon potansiyeli** nin oluşumundan sorumludur. Bu nedenle sinir ve kasların uyarılabilme yetenekleri için sodyum gereklidir.
 - Hücre dışındaki sodyum düzeyleri **Na^+/K^+ pompası** ile korunur.
- İnce barsak ve böbrek tubullerinde **amino asit ve glikoz emilimine** de sodyum aracılık eder (ikincil aktif taşıma-kotransport).

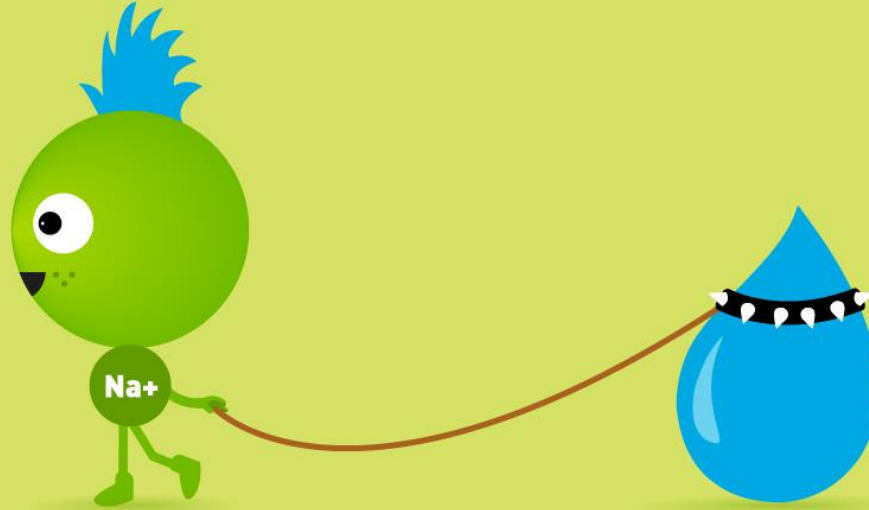
Na⁺ ve Cl⁻'ün su içinde çözünmesi



Hidrasyon katsayıları



— WATER IS AN ELECTROLYTE'S —
BEST FRIEND



bağ

Na⁺'u hep su takip eder (Na⁺ hep suyu çeker)

Sodyum (Na^+)

- Sodyumun vücuttaki düzeyleri hormonlarla kontrol edilir.

Na^+ arttığında;

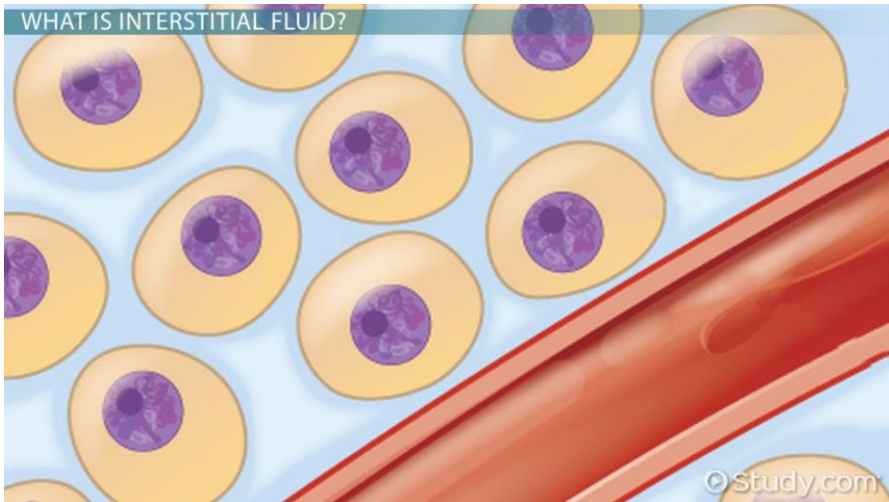
- **Vücut sıvılarının osmotik basıncı arttığından susuzluk** hissi oluşur. Vücuda su alınarak Na^+ yoğunluğu azaltılmaya çalışılır.
- **ADH** salınımı ile suyun geri Emilimi artar.

Na^+ azaldığında;

- **Aldosteron** salınımı artar ve Na^+ 'un geri Emilimi sağlanır.
- **ADH** (anti-diüretik hormon) salınımı çok azalır ve Na^+ seviyesi yükselene kadar ozmolaritesi çok az olan idrar atılır.

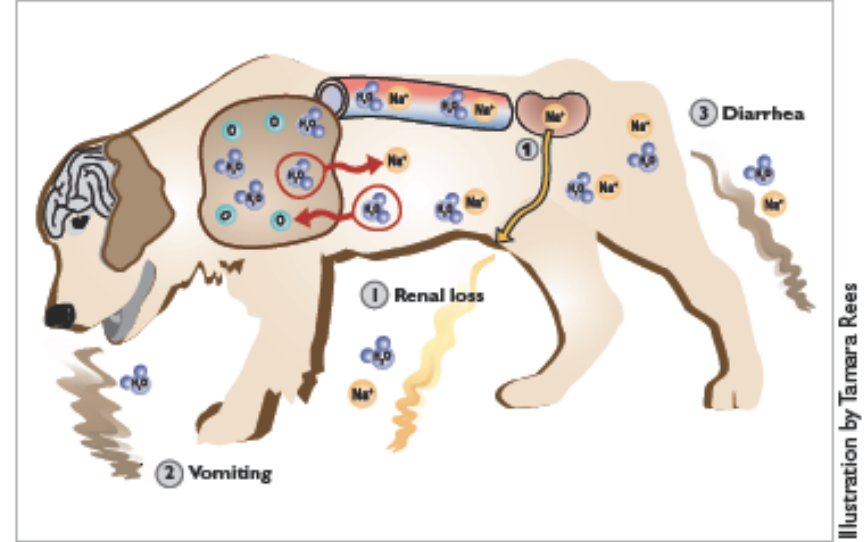
Na⁺ dengesizlikleri; Ödem

- **Sodyumun vücutta tutulması** suyun da vücutta tutulmasına yol açar, bu durumda ödem oluşur. **Ödem;** interstisyel sıvının anormal seviyelerde artmasıdır.
- **Hücrelerarası sıvının osmotik basıncının artması** ödeme sebep olur. Sebepleri;
 - Böbrek yetmezliği ve
 - Hiperaldosteron olabilir.



Na⁺ dengesizlikleri; Hipovolemi

- **Aşırı sodyum atılması** beraberinde aşırı su atılmasına yol açar (kan hacminde azalma; **hipovolemi**)
- Sodyumun aşırı atılmasının sebepleri
 - Şiddetli ishal ya da kusma
 - Aşırı diüretik kullanımı
 - Aldosteron seviyesinde azalma olabilir



Şekilde negatif tuz dengesinde bir köpek görülmektedir. Vücut sıvılarındaki sodyumun azalması sonucu hem damar içi hem de hücreler arası sıvı hacmi azalmıştır. Negatif tuz dengesi (sodyum kaybı) renal (1) ya da gastrointestinal (2 ve 3) yolla olabilir.

Klor (Cl^-)

- Doğada NaCl ve KCl halinde bulunur.
- **Ekstrasellüler sıvıda en çok bulunan anyondur.**
- **Klor, elektriksel etkileşim sonucu pasif olarak sodyumu takip eder.** ESS ve İSS arasında çok rahat hareket edebilir. (klor sızma kanalları sayesinde). Farklı bölmeler arasındaki **anyon dengesinin** oluşmasına yardımcı olur.
- Sodyum ile birlikte **kanın ozmotik basıncının oluşumunda** en büyük paya sahiptir.
- **Midede HCl oluşumunda** rol oynar. Sürekli kusmaya bağlı hastalıklarda mide salgısı ile birlikte çok fazla klor yitirilir (hipokloremi).

Klor (Cl^-)

- Vücut sıvılarındaki Cl^- dengesi dolaylı olarak **aldosteron** tarafından kontrol edilir. Aldosteron sodyum geri emilimini kontrol eder; negatif yüklü klor iyonları da pozitif yüklü sodyumu takip eder.

Potasyum (K^+)

Na^+ + + + + + + + hücre dışı

K^+ - - - - - hücre içi

- Hücre içi sıvıda en çok bulunan katyondur.
- Membran dinlenme potansiyelinin oluşumunda, sinir ve kasta **repolarizasyonda** rol oynar. **Potasyum kaslara gevşetici olarak etkir.**
 - Kanda potasyumun artışı (**hiperkalemi**) sinir ve kas tellerinde uyarımın iletilmesini yavaşlatır.
 - **Fazla miktarları kalp çalışmasını azaltır:** Kalpte uyarı iletimini ve kalp ritmini yavaşlatır (bradikardi), kasılma yeteneğini azaltır ve **kalbin diyastol halinde durmasına sebep olur.**
- Dokulardaki **glikoz içeriği** ile sıkı ilişkidedir.
 - Dokularda glikojen oluşurken potasyum da alıkonulur ve glikojen glikoza dönüşürken potasyum da serbest bırakılır.
- Potasyum H^+ ile yer değiştirerek **pH'nın korunmasında** yardımcı olur.
- Potasyum Na^+ ile yer değiştirerek **sıvı hacminin korunmasına** yardımcı olur.

Potasyum (K^+)

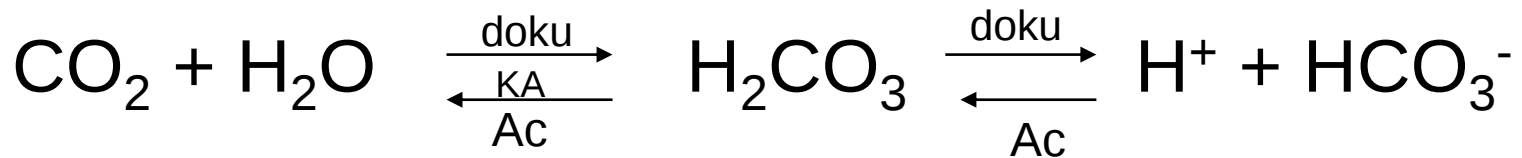
- Hücre içi potasyumun düşmesi ile **hipokalemi** (kanda potasyum azlığı) gözlenebilir:
 - Kronik hastalıklarda özellikle **ishale** sebep olan mide-barsak hastalıklarında, **negatif azot dengesinde**, **kaşekside** ve dehidrasyonun engellenmesi amacı ile verilen **potasyumsuz çözeltiler** sonucunda oluşabilir.
 - Hipokalemi **iştahsızlık**, **kaslarda zayıflık**, **çevresel organlarda felçler**, **kalp atım sayısının artması**, **hastada bilinç uyuşukluğu** ile eşlik eder.

Potasyum (K^+)

- Potasyum, besinlerde (dana eti, tavuk eti, karaciğer, patates, lahana, mandalina, portakal, kayısı ve **muz**) bol miktarda bulunması sebebiyle genellikle **günlük alım ihtiyacın üzerindedir ve böbrekler bu fazlalığı tutma yerine uzaklaştırma eğilimindedir.**
- Potasyum miktarını **aldesteron** hormonu düzenler. Aldesteron sodyumun geri emilimini arttırırken potasyumun ise **atılımını arttırır.** Vücutta potasyum miktarı azaldığında aldesteron salınımı azalır.

Bikarbonat (HCO_3^-)

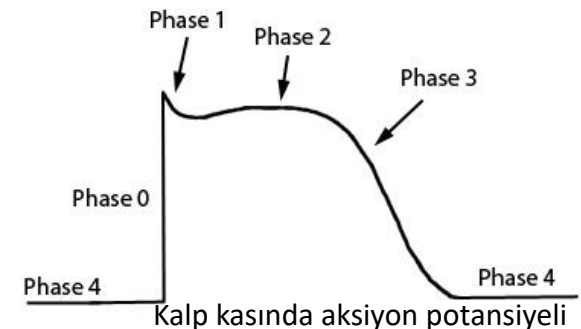
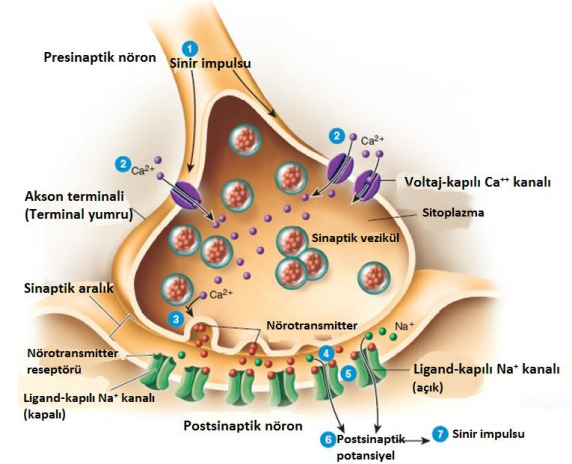
- Elektrolit dengesini sağlayan önemli plazma anyonlardandır.
- Plazma **asit-baz tampon sisteminin** en önemli elemanıdır.
- **CO_2 'in yaklaşık % 70'inin taşınmasında rol oynar.**
 - Kandaki yoğunluğu sistemik kapillar damarlara doğru giderken artar çünkü kana metabolik bir artık olan CO_2 girişi artmıştır.
 - Kandaki yoğunluğu pulmoner kapillar damarlardan geçerken azalır çünkü CO_2 akciğerlerden uzaklaştırılmaktadır.



- Plazma seviyelerinin kontrolünde böbrekler en önemli rolü oynar, **alkalozis gibi durumlarda fazlası idrarla atılır.**

Kalsiyum (Ca^{+2})

- Vücutta en fazla bulunan iyonudur.
- Kalsiyumun büyük bir bölümü (%99) kemikler ve dişlerde, küçük bir bölümü ise (%1) hücre dışı sıvılarda ve yumuşak dokuda bulunur.
- **Kemik ve dişlere sertlik verir.**
- **Kanın pıhtılaşmasında** rol oynar.
- **Süt kazeinin çökmesinde** ve pıhtılaşmasında rol oynar.
- **Nörotransmitter madde salınmasında, kasların kasılmasında, kas tonusunun oluşumunda** ve bazı hormonların salınımında görevlidir.
- Kalsiyum özellikle **kalp kasının uyarılmasında ve kasılmasında** önemli bir role sahiptir.
 - Plazma kalsiyum düzeylerinin arttığı durumlarda (**hiperkalsemi**) kalp atımları hızlanır, sistoller güçlenir ve fazla verilen kalsiyum kalbi sistolde durdurur.



Kalsiyum (Ca^{+2})

- **D vitamini** bağırsaklardan kalsiyum emilimini arttırır.
- Kan kalsiyum düzeylerini **parathormon** ve **kalsitonin** hormonları düzenler.
 - Kan kalsiyum düzeyi düştüğünde paratiroid bezinden **parathormon** salınır. **Kan kalsiyum düzeyini yükseltir.**
 - Kemiklerde ve dişlerde osteoklastik aktiviteyi artırarak buralardan kana kalsiyum geçişini sağlar.
 - Bağırsaklardan ve böbreklerden kalsiyum emilimini ve fosfat atılımını arttırır.
 - Kan kalsiyum düzeyi arttığında tiroit bezinden **kalsitonin** salınır. **Kan kalsiyum düzeyini düşürür.**
 - Kalsitonin parathormonla zıt etkili olarak çalışır.
 - Kalsiyumun kandan kemiklere geçişini sağlar.
 - Böbreklerden kalsiyum atılımını hızlandırır.

Parathormon × Kalsitonin

Kalsiyum (Ca^{+2})

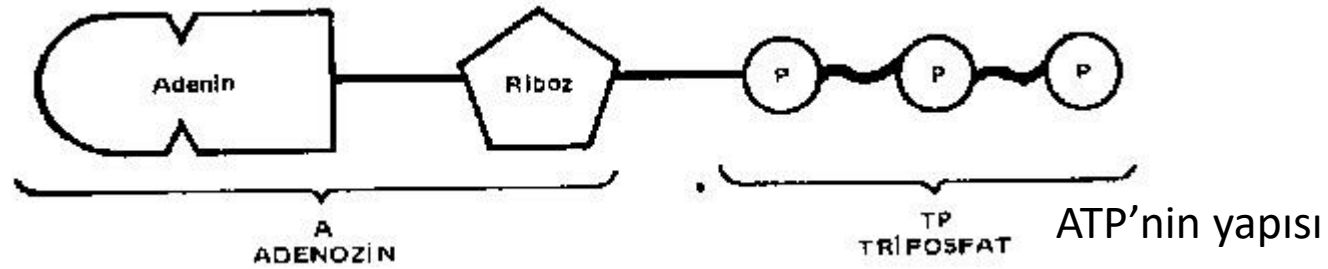
- Oksalat içeren gıdalar (ıspanak gibi) **kalsiyum eksikliğine (hipokalsemi)** sebep olabilirler. Çünkü meydana gelen **kalsiyum oksalat** suda çözünmez ve emilemez.
- Kalsiyum yetersizliği (hipokalsemi) **sinirlerde duyarlılık artışı** ve **kaslarda tetaniye** neden olur.
- Kalsiyum yetersizliği **kemik bozukluklarına**, genç hayvanlarda **raşitizm**, yaşlılarda **osteomalazi'ye** ve süt verimi yüksek kültür ırkı ineklerde **süt humması'na** neden olur.
- Kalsiyum yetersizliğinde **civcivlerde** gaga ve kemikler yumuşar, büyüme gecikir. **Tavuklarda** ise yumurta verimi düşer ve yumurta kabuğu incelir.

Magnezyum (Mg^{+2})

- **Hücre içinde** bulunan katyonlardan biridir.
- Vücutta kalsiyum, sodyum ve potasyumdan sonra en fazla bulunan mineraldir.
 - Özellikle **kemik, kas** ve **sinir** dokularında bulunur.
 - Vücuttaki magnezyumun % **50-70'i kemiklerin yapısında** kalsiyum ile birlikte bulunur.
 - **Alyuvarlarda** da diğer hücrelere göre iki kat daha fazla magnezyum bulunur.
- Karbonhidrat ve protein metabolizması için gerekli bazı **enzimlerin aktivasyonuna kofaktör olarak katılır.**
 - ATP'yi ADP ve P'a parçalayan **ATPaz enziminin kofaktörüdür.**
- **Nöromuskular aktivite**, sentral sinir sisteminde nöral ileti ve miyokardiyal fonksiyonda önemlidir.
- **Kalsiyum kanal blokörü** olarak görev yapar.
 - **Gevişgetirenlerde** sütle fazla yitirilmesi ile **sinirlerde duyarlılık, tetani, kas titremeleri, çarpınma** ve **çevresel damarlarda gevşeme** görülür (genelde hipokalsemi ile birlikte gözlenir).



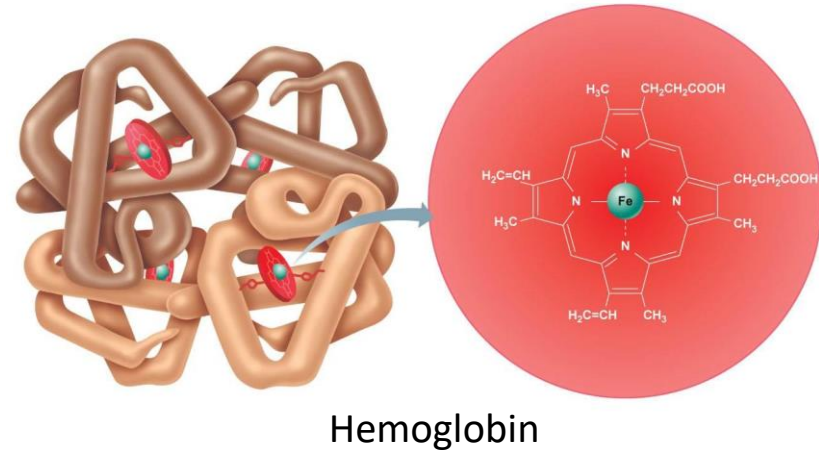
Fosfor



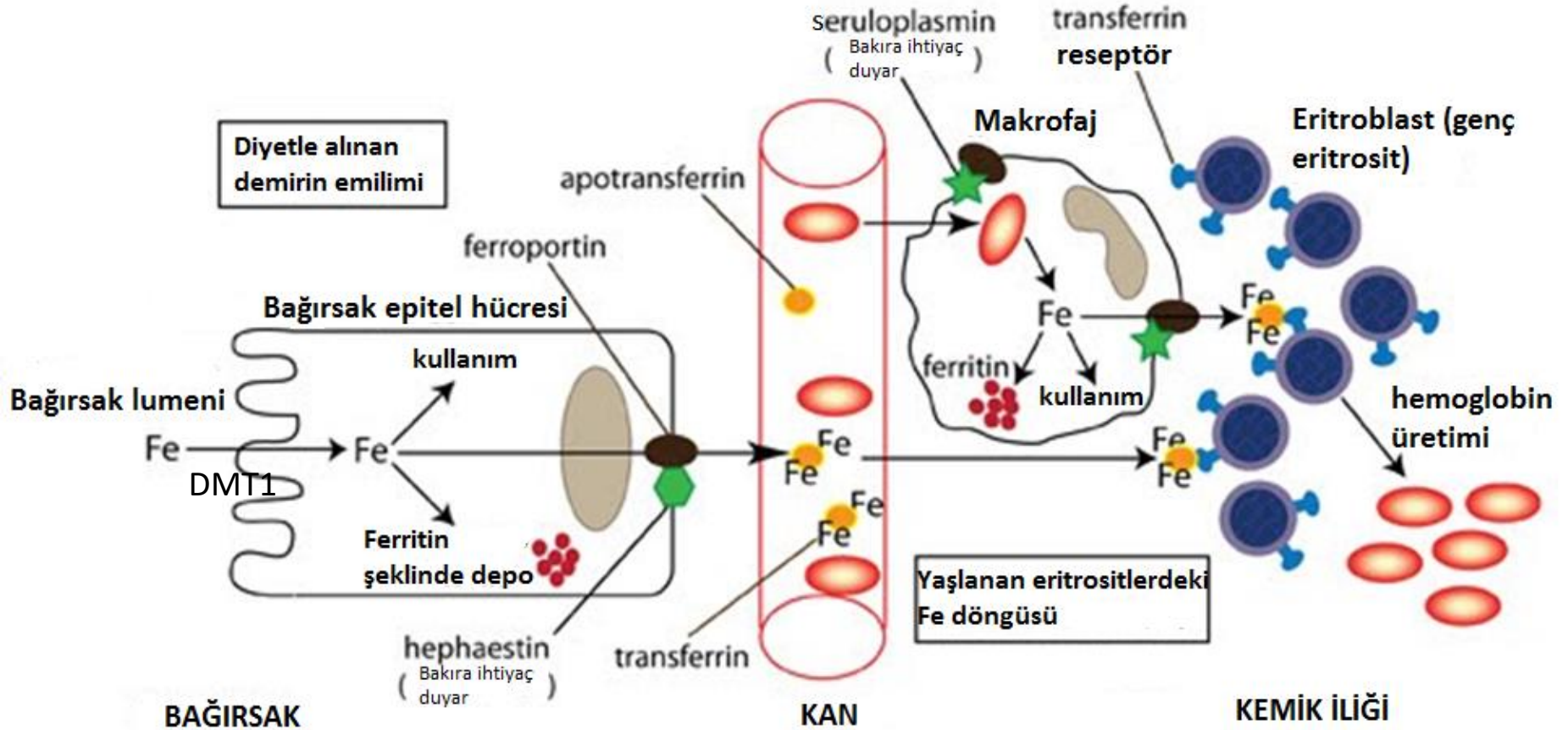
- **Diş ve kemikte** kalsiyum **fosfat** olarak bulunur. Ayrıca fosfolipid, ATP, kreatin fosfat, DNA ve RNA'nın yapısına katılır.
 - **ATP** içerisinde yüksek enerjili fosfat bağları şeklinde bulunur. Bunların parçalanması ile açığa çıkan enerji kasların kasılması, nörolojik işlev ve elektrolitlerin taşınımı gibi birçok fizyolojik olayda kullanılır.
- Plazmada bulunan **HPO_4^{-2}** (hidrojen fosfat), H^+ için önemli bir tampon bileşik olup H^+ iyonunun idrarla atılmasında (**idrarin asitleştirilmesi**) (H_2PO_4) ve asit-baz dengesinin sağlanmasında rol oynar. HPO_4^{-2} hücre içinde de bol miktarda bulunur.
- Plasma düzeyleri **parathormon** ile kontrol edilir.
 - Parathormon, kemiklerden fosfat açığa çıkmasını ve böbreklerden atılmasını uyarır.

Demir (Fe^{+2})

- Vücuttaki toplam 4-5 g demirin,
 - % 65'i hemoglobin
 - % 4'ü miyoglobin
 - % 1'i çeşitli hem bileşiklerinde
 - %0,1'i plazmada transferrine bağlı şekilde
 - % 15-30'u hücrelerde ferritin (depo) şeklinde bulunur.
- Besinlerde **ferrik demir** (3 değerli; Fe^{+3}) şeklindedir fakat emilebilmesi için **ferröz demire** (2 değerli; Fe^{+2}) indirgenmelidir.
- Kanda **transferrin** şeklinde taşınır.
- Hücrelerde **ferritin** şeklinde depo edilir.
- Aşırı demir **hemosiderin** şeklinde çöker.
 - Bronz renklidir ve demirin bu çökeltiden ayrılması çok zordur
 - Fazla miktarları dokuları yıkıma uğratabilir.
- Günde 0,6 mg demir dışkı ile atılır. Kadınlarda menstrüasyonda bu miktar 1,3 mg/gün'e çıkar.



Vücuttaki demir (Fe^{+2}) metabolizması



DMT1 (divalent metal transporter 1): Demiri hücre içine taşıyan protein (apikal kenarda)

Ferroportin: Hücredeki demiri kılcallara taşıyan protein (basolateral kenarda). Bunun için bakır aracılı hephaestine ve seruloplazmine ihtiyaç duyar.

Apotransferrin + Fe = Transferrin: Fe kanda transferrin şeklinde taşınır.

Apoferitin + Fe = Ferritin: Fe hücre içinde ferritin şeklinde depo edilir. Bu hücreler bağırsak epitel hücreleri, makrofajlar ve hepatositler gibi retikuloendotelial sistem hücreleridir.

Transferrin eritroblastlar üzerindeki reseptörlerine bağlanarak hücre içine girer ve Fe hemoglobinin yapısına katılır. Ömrünü tamamlayan eritrositler makrofajlar tarafından parçalanır, hemoglobinin yapısındaki Fe'nin bir kısmı yeni hemoglobin sentezinde kullanılır, bir kısmı da hücre içinde ferritin şeklinde depo edilir.

2. Vücut sıvılarında elektrolit olmayan maddeler (Non-elektrolitler)

- **Proteinler, fosfolipidler, kolesterol, ve nötral yağlar:**
 - Plazmadaki erimiş maddelerin %90'ını
 - Hücreler arası sıvıdaki erimiş maddelerin %60'ını
 - Hücre içi sıvıdaki erimiş maddelerin %97'sini teşkil eder.
- Ayrıca **glikoz, üre, ürik asit, fosfokreatinin, ATP, bilirubin, laktik asit, hegzomonofosfat** gibi elektrolit olmayan maddeler vücut sıvılarında bulunur.

2. Vücut sıvılarında elektrolit olmayan maddeler

