

Su ve sodyum dengesi



Dr. Yılmaz Tabel
İnönü Üniversitesi
Çocuk Nefroloji BD
Malatya

- Bozuklukları yaygın ama patofizyolojisini tam biliyor muyuz?
 - Su alımı ve atılımı
 - plazma Na konsantrasyonunu etkiler
 - vücut Na dengesini etkilemez
 - Hiponatremi
 - primer olarak su alımı ile ilgili
 - su atılımı ile ilgisi yok
 - Hipernatremi
 - su kaybıyla doğrudan ilgili
 - su alımı ile ilgisi yok
 - Hipovolemi su ve Na kaybı ile oluşurken, ödem bunların artışının sonucu
 - Her zaman böyle olmayabilir

Mezuniyet Öncesi Tıp Eğitimi
Ulusal Çekirdek Eğitim Programı - 2014



- **TT-A-K-i**
- Mezunlar bu hastalıkların;
 - **T**anısını, ayırıcı tanısını bilmeli
 - **T**edavi edebilmeli
 - **A**cil durumu tanımlayarak acil tedavisini yapabilmeli,
 - **K**orunma önlemlerini uygulayabilmeli
 - **İ**zlemine yapabilmeli

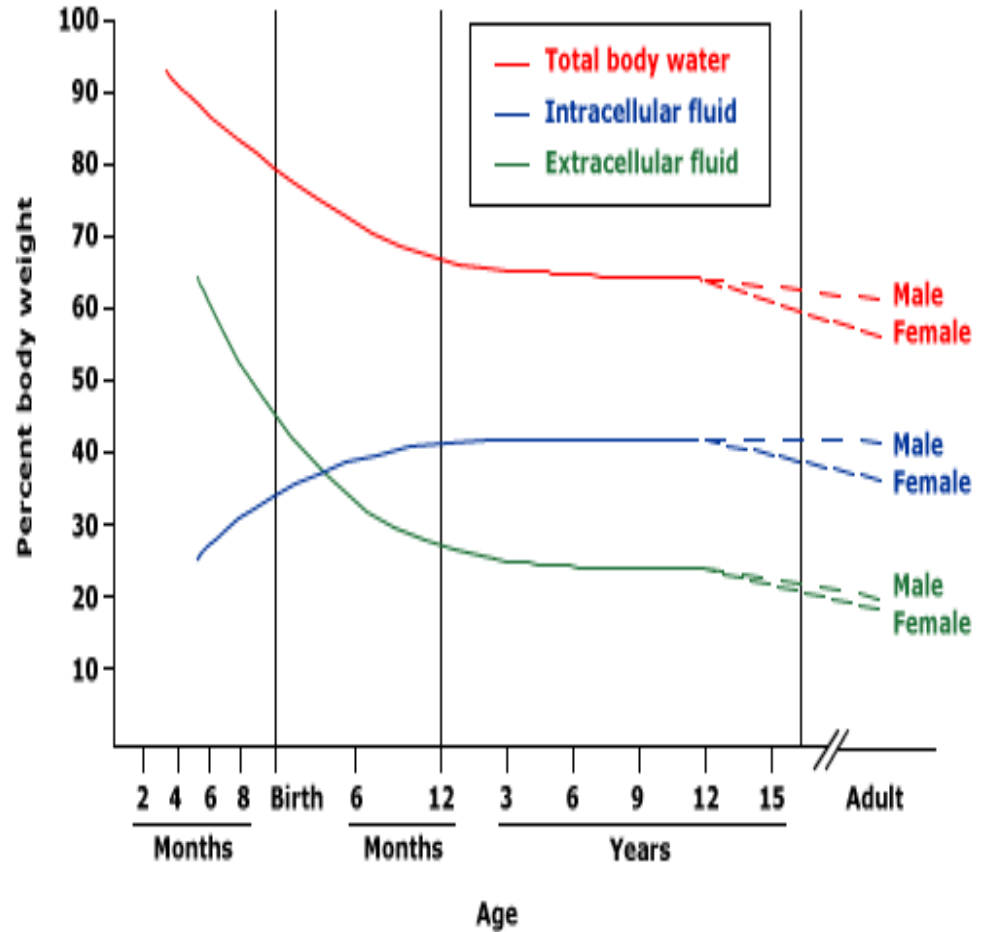
İnsan vücudu

- Protein,
- Yağ,
- Karbonhidrat,
- Mineraller ve
- **Su**

Su ne kadar ve nerede?

Total vücut suyu %60

- İntrasellüler %40
- Ekstrasellüler %20
 - *İnterstisiyel* %15
 - *Intravasküler* %5
- Transellüler %??
 - Hücre dışı sıvıların yedek deposu
 - Patolojik koşullarda önem kazanır



Data from: Friis-Hansen B. Body water compartments in children: changes during growth and related changes in body composition. *Pediatrics* 1961; 28:169.

İntrasellüler sıvı

- TVS'nin yaklaşık 2/3'ü
- Volümündeki değişiklikler genelde plazma tonisitesi ile ilgili
 - Hiponatremide artar
 - Hipernatremide azalır

ESS-Etkin dolaşan volüm

- **ESS volümü** başlıca idrar Na atılımı ile düzenlenir
 - RAA sistemi ve sempatik sinir sistemi aktivitesine bağlı
- Genelde ESS'nin volümü ile basıncı ilişkili
- **ESS basıncı** ise
 - Glomerüler afferent arterioldeki renin, karotis sinüsteki sempatik aktivite ile atrium ve ventriküllerdeki ANP
- ESS volümünün azalması doku perfüzyonunu azaltır
 - KKY'ndeki ödem ve sirozdaki asit örneği
 - ESS artmış ama doku perfüzyonu bozuk

Sıvı-elektrolit hareketi

- Kompartmanlar arasındaki su ve solüt hareketi
 - semipermeabl hücre membranlar
 - aktif transport (Na-K-ATPaz)
 - iyon kanalları (ENaC ve ROMK)
- Su serbestçe hücre membranlarından geçer
 - her elektrolit için bu aynı oranda geçerli değil

Hücre dışı sıvı

Katyon

Na (140)
K (5)
Ca (8)
Mg (2)

Anyon

Cl (110)
HCO ₃ (24)
Prot. (14)
Diğer (5)
Fosfor (2)

Hücre içi sıvı

Katyon

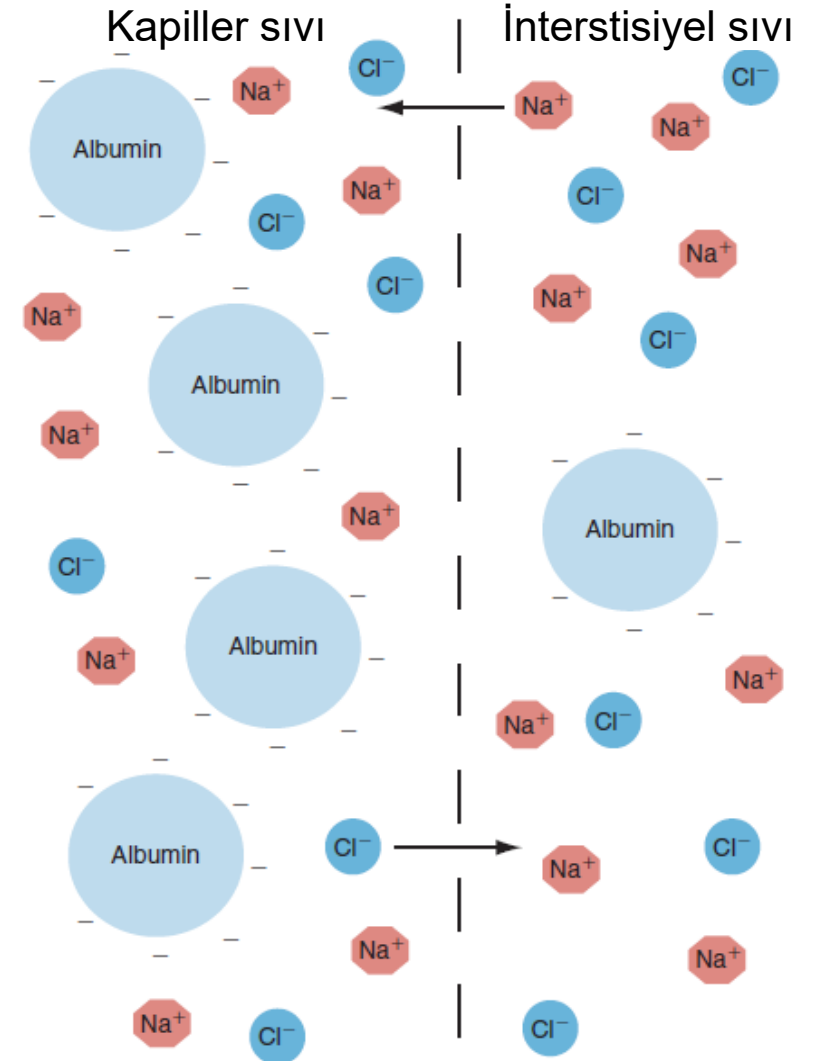
K (140)
Na (13)
Mg (7)

Anyon

Fosfor (107)
Prot. (40)
HCO ₃ (10)
Cl (3)

Sıvı-elektrolit hareketi

Ozmoz	İSS-ESS	Su
Starling güçleri	ESS-ESS	Su
Difüzyon (konsantrasyon gradiyenti)	İSS-ESS	Solüt
Gibbs-Donan dengesi (protein içeriği)	İSS-ESS	Solüt
Na pompası	İSS-ESS	Solüt
Na-K ATPaz (elektronötralite)	İSS-İSS ve ESS- ESS ve İSS-ESS	Solüt



Bazı kavramlar!

Ozmöregülasyon \neq Volüm regülasyonu

Dehidratasyon
(Hiperözmolarite) \neq Hipovolemi

Ödem
(Hipözmolarite) \neq Hipervolemi

Ozmoregülasyon

- Vücut su miktarının temel belirleyicisi plazma sodyum konsantrasyonu (plazma ozmolaritesi)
- Su alımındaki büyük değişikliklere karşın
 - Plazma sodyum konsantrasyonu 135-145 mEq/L,
 - Plazma ozmolaritesi 286 ± 4 mosm/kg
- **Efektif ozmolarite = $2 \times \text{Na}$**
- Buna BUN/2.8 + Glukoz/18 eklenirse **plazma ozmolaritesi**

Ozmolarite

- **Ozmol-miliozmol (mosm):** Osmotik olarak aktif partikül ve iyon sayısı
 - Na efektif ozmol
 - Üre inefektif ozmol (diyaliz dysequilibrium...)
- **Ozmotik basınç;** bir ünite su içinde erimiş bulunan partiküllerin sayısal olarak oluşturduğu basınç (mosm/kg)
 - Bu basınç çözeltideki maddelerin tamamen diğer tarafa geçmesini önleyen hidrostatik güç
 - **Ozmolarite** olarak bilinir ve donma derecesinin baskılanması yöntemiyle çalışan aletlerle ölçülür
- **Ozmolar GAP:** Ölçülen ile hesaplanan osmolariteler arasındaki fark

Ozmolaritenin deęerlendirilmesi

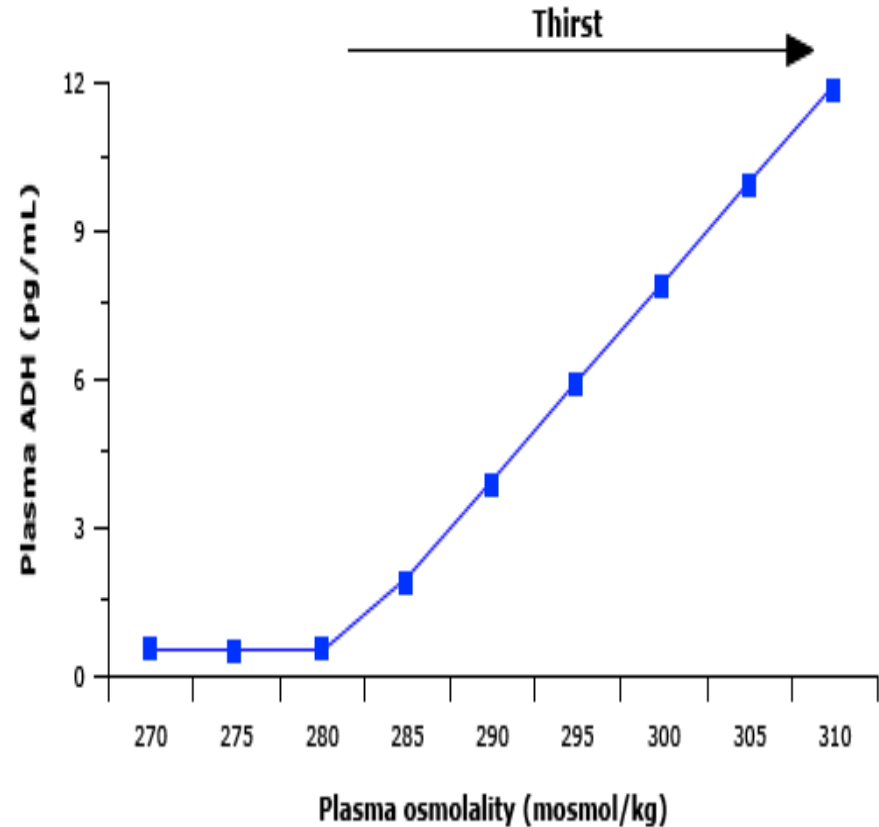
- **Ölçülen Osm. yüksek - Hesaplanan Osm. yüksek**
 - Sodyum fazlalığı
 - Diabetes mellitus
 - Üremi
 - Hiperozmolar nonketotik koma
 - Parenteral beslenme
 - Nazogastrik beslenme
 - Katabolizma artması
- **Ölçülen Osm. düşük - Hesaplanan Osm. düşük**
 - Su fazlalığı
 - Sodyum eksikliği
- **Ölçülen Osm. Normal - Hesaplanan Osm. düşük**
 - Pseudohiponatremi
 - Normal sodyum dengesi
 - Plazma suyunda azalma
- **Ölçülen Osm. yüksek - Hesaplanan Osm. düşük (Ozmolar GAP)**
 - Laktat
 - Mannitol
 - Sorbitol
 - Etanol
- **Reset Ozmostat**
 - Malnutrisyon
 - Kronik hastalık

Ozmöregülasyon

- Susama
- Antidiüretik hormon (ADH) sekresyonu
- Böbreğin idrarı konsantre/dilüe etme yeteneği

Ozmolaritenin düzenlenmesi

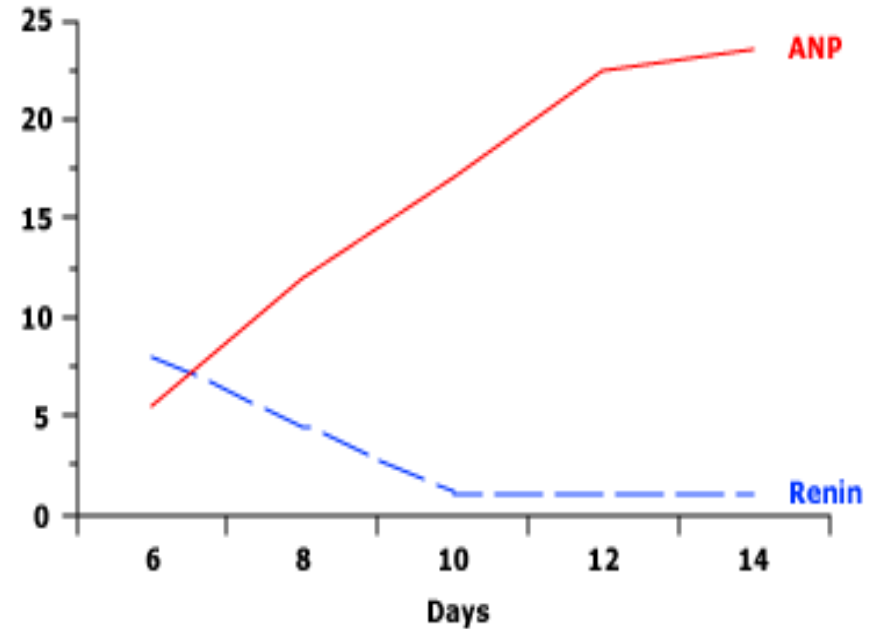
- Plazma ozmolaritesi su dengesindeki deęişikliklerle düzenlenir
- ADH'nin baskılanması
 - Su retansiyonu
 - Hiponatremi
- Susama
 - Su kaybı
 - Hipernatremi



Volüm regülasyonu

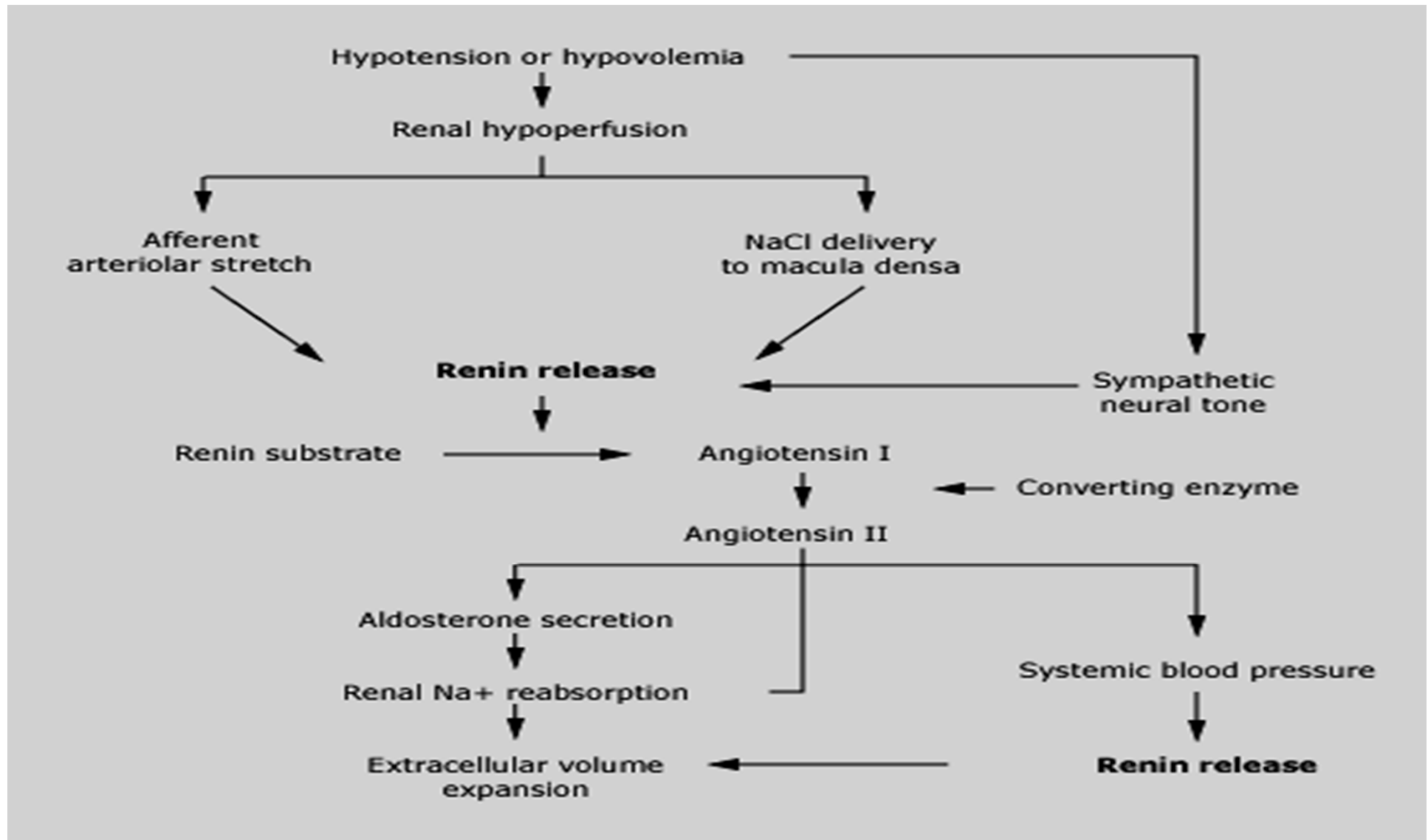
- Renin-anjiyotensin-aldosteron sistemi
- Sempatik sinir sistemi
- Natriüretik peptitler
- Basınç natriürezi
- ADH (vazopressin)

Artmış sodyum alımında



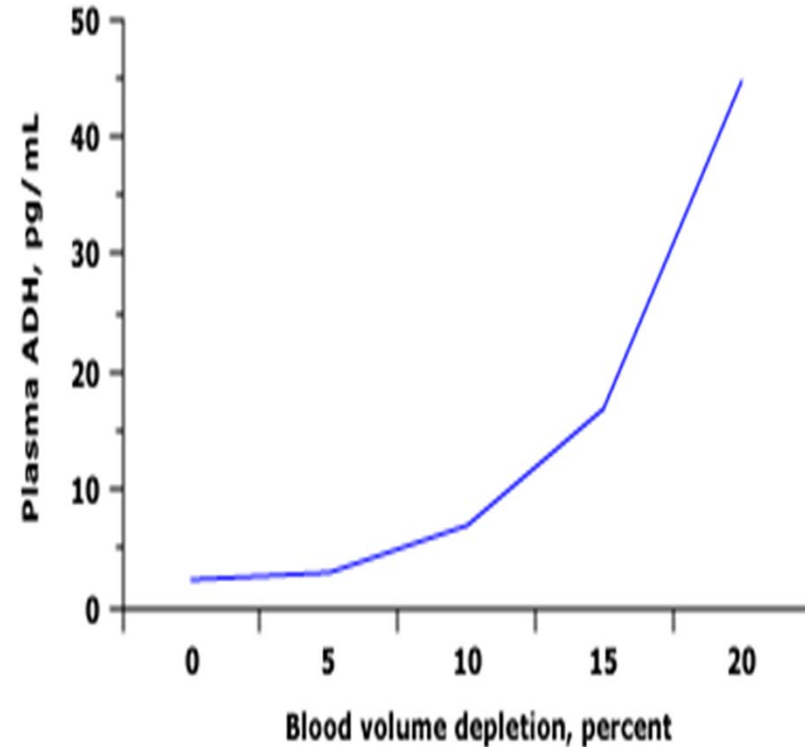
Data from Sagnella GA, Markandu ND, Buckley MG, et al. Am J Physiol 1989; 256:R1171

Etkin arteriyel kan volümünün düzenlenmesi (volüm regül. ve RAAS)



Volüm regülasyonunda geç ADH

- Primer olarak volüm değişikliklerinde; RAAS
- ADH'nin volüm reseptörleri ve duyarlılığı ozmoreseptörlerden farklı
- Volüm açığı olduğunda belirgin ADH salgısı, ardından diğer hormonlar
- Distal nefronda V2 res aracılığı ile su emilimi olduğunda; ADH V1 res aracılığı ile vazokonstrüksiyon



Data from Dunn FL, Brennan TJ, Nelson AE, et al. J Clin Invest 1973; 52:3212.

Plazma tonisitesi ve etkin kan volümünün birlikte düzenlenmesi-1

- Bir çocuğa $\frac{1}{2}$ SF verildiğinde

- Volüm düzelecek

- Plazma Na ve tonisitesi azalacak



- RAAS aktivitesi artacak

- ANP salınımı azalacak

} Na atılımı ↓

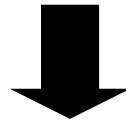
- ADH salınımı baskılanacak

→ Su atılımı ↑

Plazma tonisitesi ve etkin kan volümünün birlikte düzenlenmesi-2

- Sıcak günde aşırı terleyen bir çocuk

- Terle düşük sodyumlu sıvı kaybedecek
- Plazma Na artacak
- Volüm azalacak



- Susama ve ADH salınımı artacak → Volüm ↑
 - RAAS aktive olacak
 - ANP baskılanacak
- } İdrar Na ↓

Plazma tonisitesi ve etkin kan volümünün birlikte düzenlenmesi-3

- Fazlaca tuzlu kraker yiyen bir çocuk

- Plazma Na artacak

- Plazma tonisitesi ve ozmolaritesi artacak



- ADH salınımı artacak → İdrar volümü ↓

- ANP artıp, RAAS azalacak → İdrar Na ↑

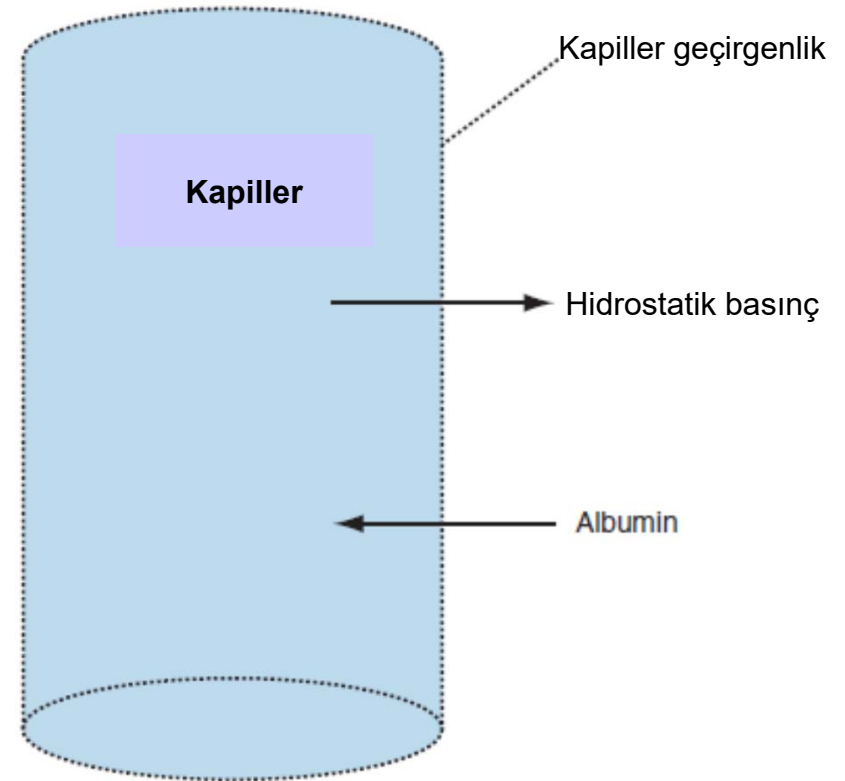
- Susama artacak → Sıvı alımı ↑

Ozmoregölasyon/volüm regölasyonu

	Ozmoregölasyon	Volüm regölasyonu
Algılanan	Plazma ozmolaritesi	Etkin dolaşan volüm
Algılayanlar	Hipotalamik reseptörler	Afferent arteriyol Atriyumlar, Karotik sinüs
Etkenler	ADH	SSS, RAAS, ANP, Basınç natriüresi, ADH
Sonuçlar	Su alımı (susama) Su atılımı (ADH)	Sodyum atılımı

Su-Na dengesinin devamı

- **Hidrostatik basınç:** Kapillerin arteriyel taraftaki basıncı (kapiller kan basıncı)
- **Onkotik basınç:** Plazma proteinlerinin sağladığı ve sıvıyı kapiller içinde tutmaya çalışan basınç
 $HB > OB$
- Su ve elektrolitler kapiller dışına sızar,
- Kapillerin venöz tarafından kapiller içine geri döner



Su-Na dengesinin devamı

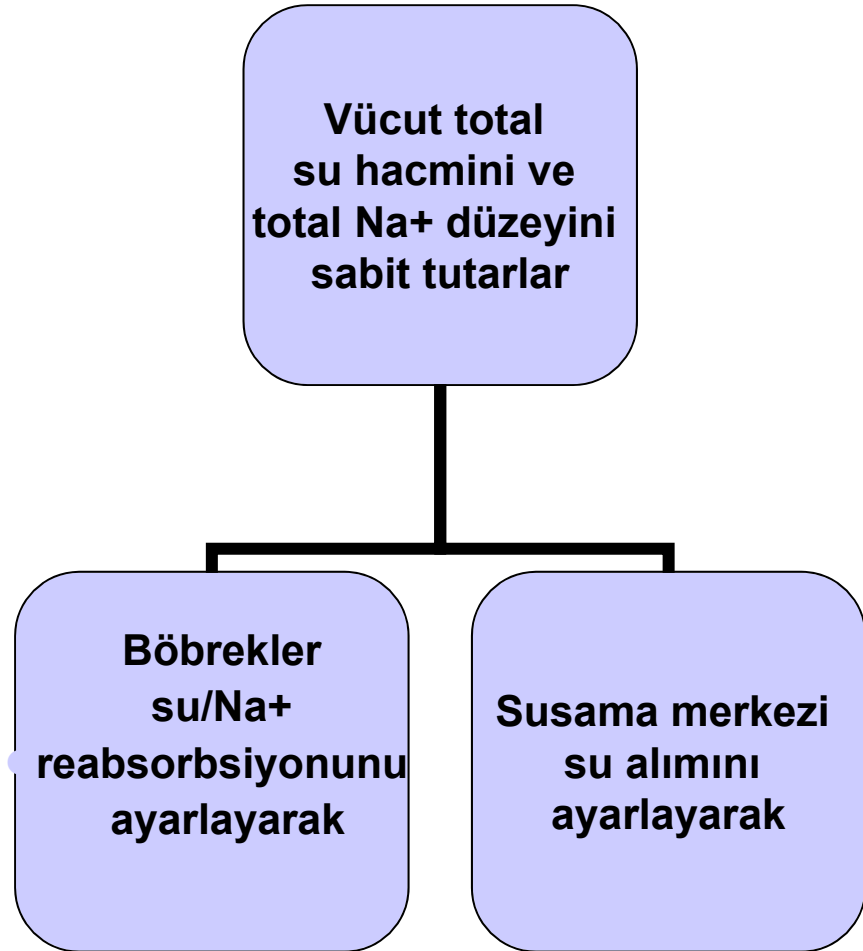
- Vücut suyunun üç kompartman arasındaki dağılımı
 - HB ve OB'a katkıda bulunan etkenler normal olduğu sürece normal düzeyde kalır
- İntravasküler kompartmandaki sıvının devamlı dolaşımı sayesinde
 - sıvı kompartmanları kendi aralarında dinamik bir denge durumundadır
- Osmolarite ve onun sağladığı onkotik basınç
 - her üç sıvı kompartmanının hacminin sabit kalmasını sağlar

Su-Na dengesinin devamı

- İntraselüler sıvıda osmolarite
 - Potasyum
 - Fosfat
- İnterstisyel ve intravasküler sıvıda osmolarite
 - Na⁺
 - Cl⁻
- Plazma osmolaritesi için
 - Na⁺
 - Cl⁻
 - Üre
 - Glukoz katkıda bulunur

Günlük su dengesi

- Sorumlu organ böbrekler
- Su dengesinde birinci derece sorumlu **ADH**
- Sodyum dengesinde **RAAS** sistemi



Günlük su dengesi (30 kg=1m2 için)

Su alımı		Su atılımı	
Kaynak	(mL/gün)	Yol	(mL/gün)
Sıvı gıdalar	500	İdrar	1000
Katı gıdalar	700	İnsensibl	500
Oksidasyon	300		
Toplam	1500		1500

İdame su gereksinimi

- İlk kez 1957'de **Holliday-Segar**;
 - İlk 10 kg için
 $VA \times 100$ cc/gün;
 - 11-20 kg için
 $1000 + (VA - 10) \times 50$
cc/gün
 - >20 kg için
 $1500 + (VA - 20) \times 20$
cc/gün

Pediatrics, 1957 vol. 19(5)
pp. 823-32

**The maintenance need for water in
parenteral fluid therapy**

HOLLIDAY, MA; SEGAR, WE

Type: Journal article

[PMID: 13431307](#) | [Full Text](#)

****Pratikte;
1500 cc/m²/gün
İdrar+500 cc/m²/gün**

İdame elektrolit gereksinimi

- İdame elektrolit gereksinimi için
 - **Na⁺, K⁺, Cl⁻**
- Günlük bazal enerji tüketimi için
 - **glukoz**
- Üç elektrolitin 24 saatlik idame gereksinimi verilecek su miktarı esas alınarak
 - Na⁺ 3 mmol/100ml su
 - K⁺ 2 mmol/100ml su
 - Cl⁻ 2 mmol/100ml su
- Diğerleri ise VA doğrudan dikkate alınarak saptanır
 - Ca⁺² 0.05-0.1 mmol/kg
 - Mg⁺² 0.05 mmol/kg
 - Fosfat 0.1 mmol/kg
- Günlük bazal enerji tüketimi/gereksinimi **25 kkal/kg**
 - Sepsis, travmada 35 kkal/kg
 - Ağır yanıklarda 45 kkal/kg

Hipotonik infüzyon (Dextroz sol.)

- 1000 ml Dx
 - 660 ml İSS
 - 340 ml ESS
 - 85 ml plazma
 - 255 ml interstisiyel
- İSS ESS'dan daha çok artar
- Normal kayıpları karşılayabilir

İzotonik infüzyon (SF...)

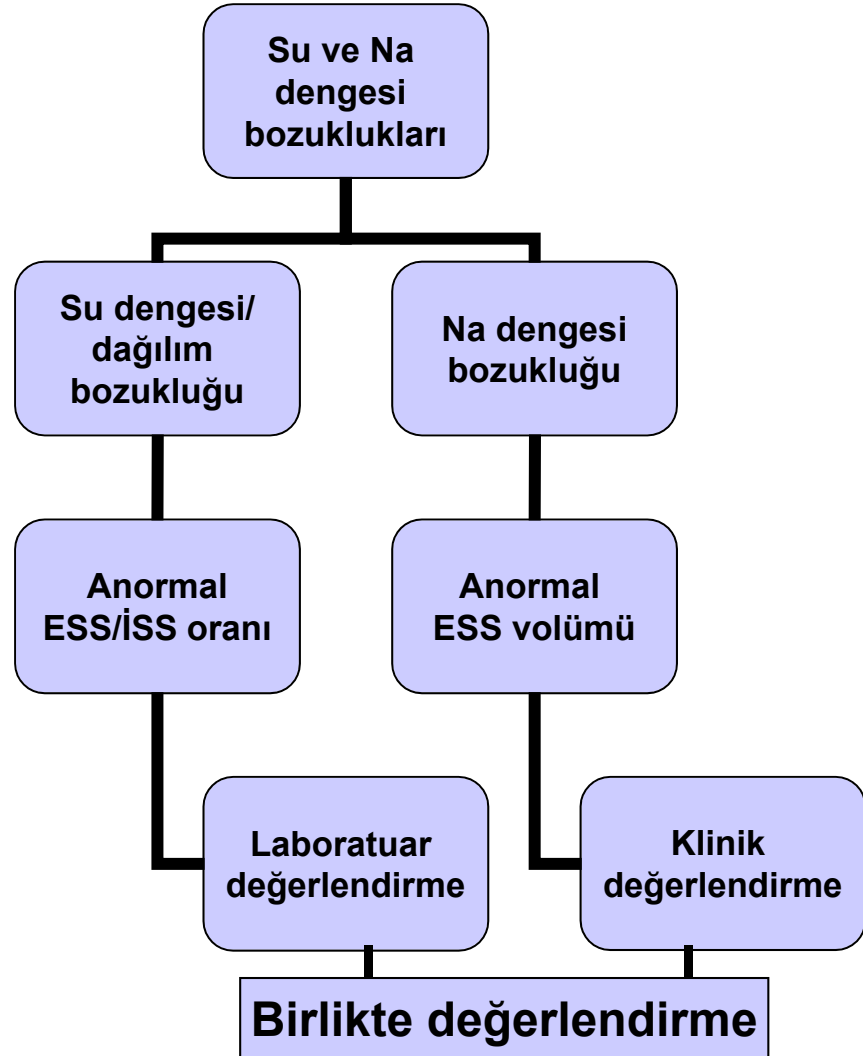
- 1000 ml infüzyonun
 - 1000 ml ESS
 - 800 ml interstisiyel
 - 200 ml plazma
- ESS artar, İSS değişmez

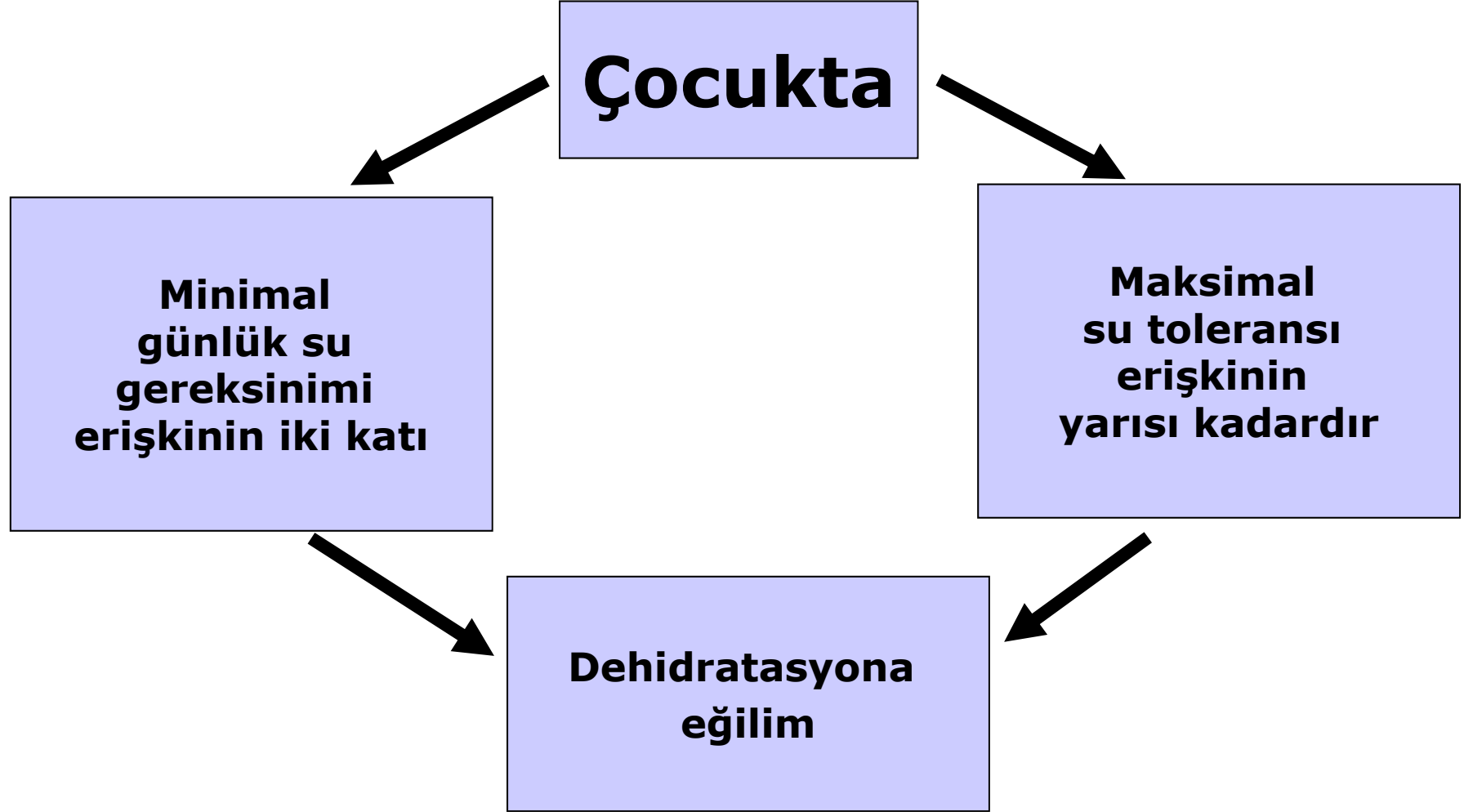
Özetle...

Sıvı	Osm.	Serum Na	ESS	İSS	İdrar Na
%3 NaCl (Hipertonik)	Artar	Artar	Artar	Azalı	Artar
Su (Hipotonik)	Azalı	Azalı	Artar	Artar	Artar
%0.9 NaCl (İzotonik)	Değişmez	Değişmez	Artar	Değişmez	Artar

Su ve sodyum dengesi bozuklukları

- **Dehidratasyon** (Negatif su dengesi)
 - İzonatremik
 - Hiponatremik
 - Hipernatremik
- **Hiperhidratasyon** (Su retansiyonu)
 - Ödemli hastalıklar sırasında
 - Su ve Na⁺ retansiyonuna bağlı olarak
 - Cerrahi girişimler
 - Travma





Dehidratasyon=negatif vücut su dengesi

- Organizmadan doku kaybı olmaksızın su ve elektrolit kaybına verilen isim
- Vücudun negatif sıvı-elektrolit dengesi
- **DH derecesi (%), en iyi gösterge!!!**

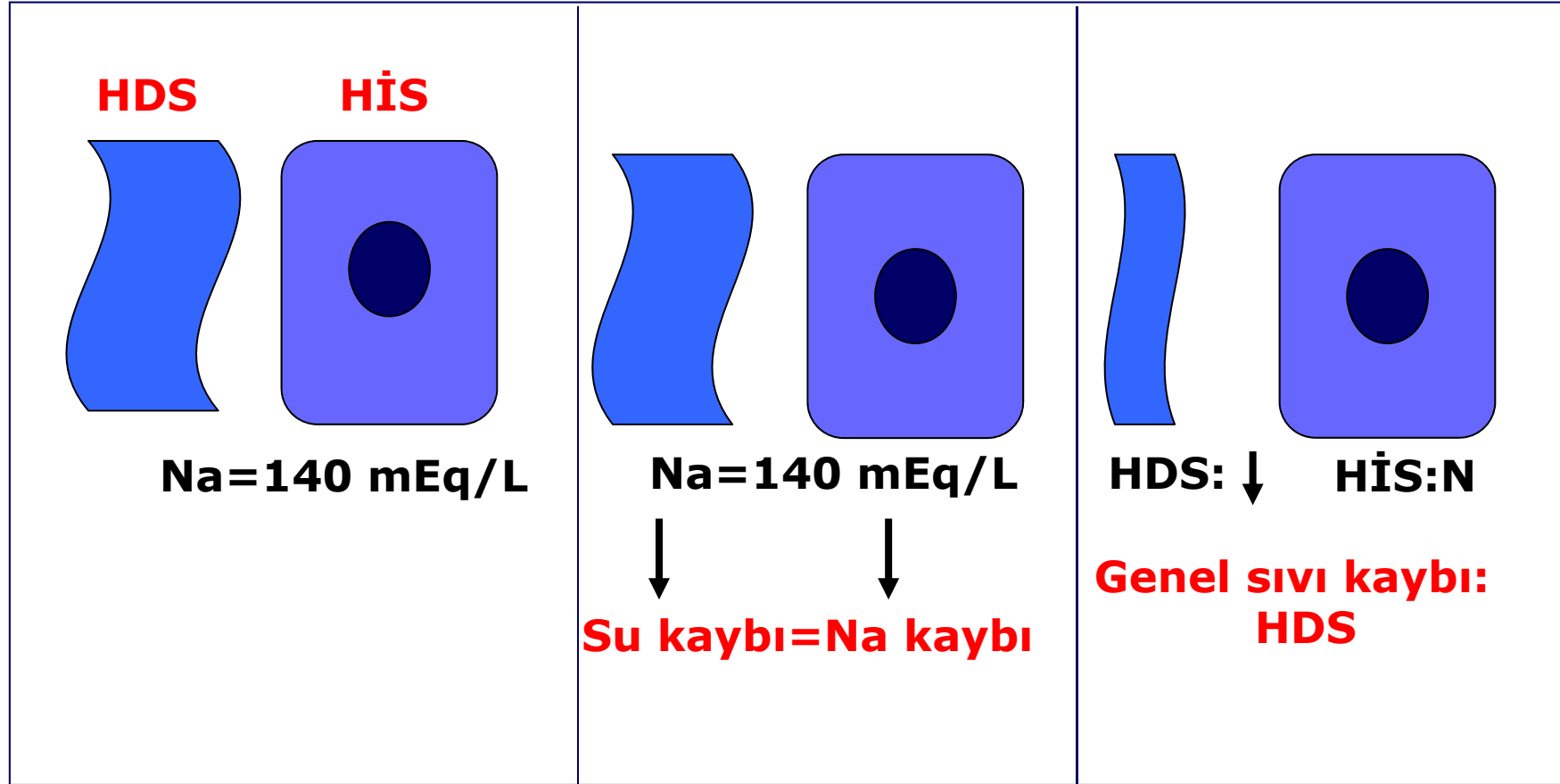
(Önceki ağırlık-Şu anki ağırlık)x100

Önceki ağırlık

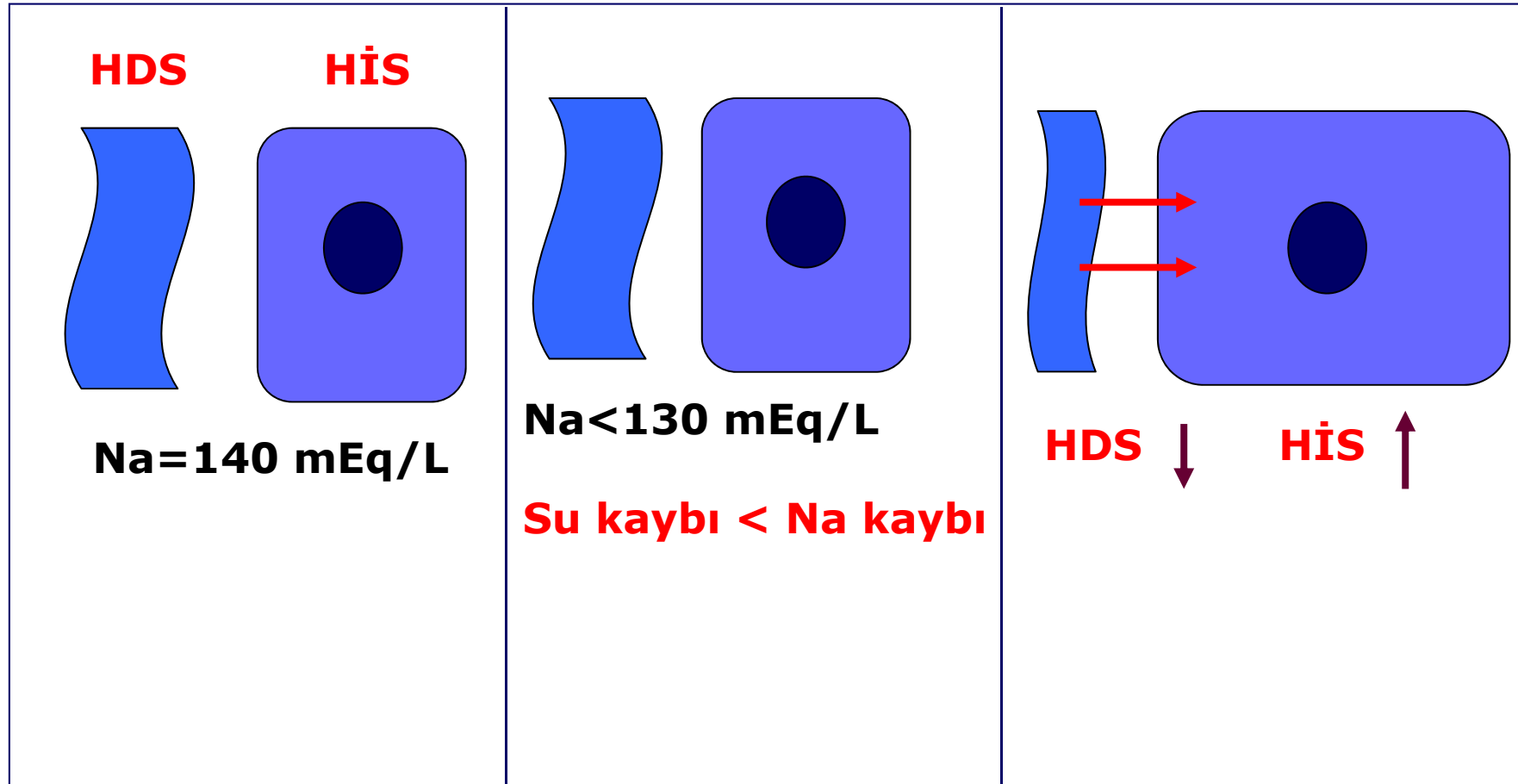
Dehidratasyonun deęerlendirilmesi

BULGU	HAFİF	ORTA	AĞIR
GENEL DURUM	SUSAMIŞ, HUZURSUZ	SUSAMIŞ, HUZURSUZ	HALSİZ, DALGIN, ŞOK
SOLUNUM	NORMAL	DERİN, BAZEN HIZLI	DERİN VE HIZLI
NABİZ	NORMAL	HIZLI VE ZAYIF	HIZLI VE YÜZEYEL
SİSTOLİK KB	NORMAL	NORMAL VEYA DÜŞÜK	ÇOK DÜŞÜK (<80 mmHg)
DERİ TURGOR - TONUS	NORMAL	AZALMIŞ	ÇOK AZALMIŞ
ÖN FONTANEL	NORMAL	ÇÖKÜK	ÇOK ÇÖKÜK
GÖZ KÜRELERİ	NORMAL	HAFİF ÇÖKÜK	ÇÖKÜK
GÖZ YAŞI	NORMAL	YOK	YOK
KAPİLLER DOLUM Z.	NORMAL	UZAMIŞ	ÇOK UZAMIŞ
AĞIZ MUKOZASI	NEMLİ	KURU	ÇOK KURU
İDRAR	NORMAL	AZALMIŞ VE KOYU	YOK VEYA MESANE BOŞ
TOTAL SIVI KAYBI (VÜCUT AĞIRLIĞININ YÜZDESİ OLARAK)	<%5 (<%3)	%5 - %10 (%3-6)	>%10 (>%6)

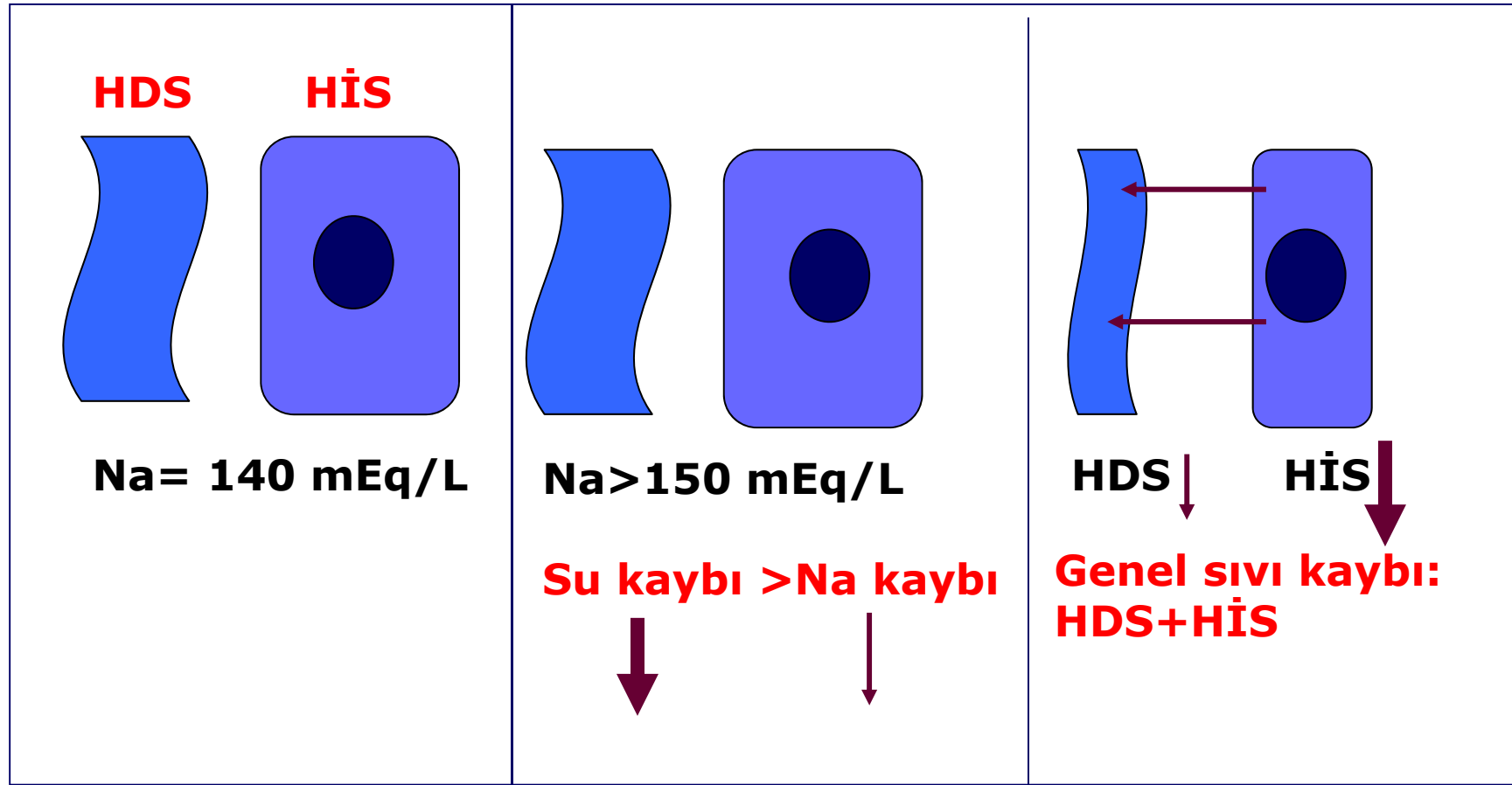
İzonatremik dehidratasyon



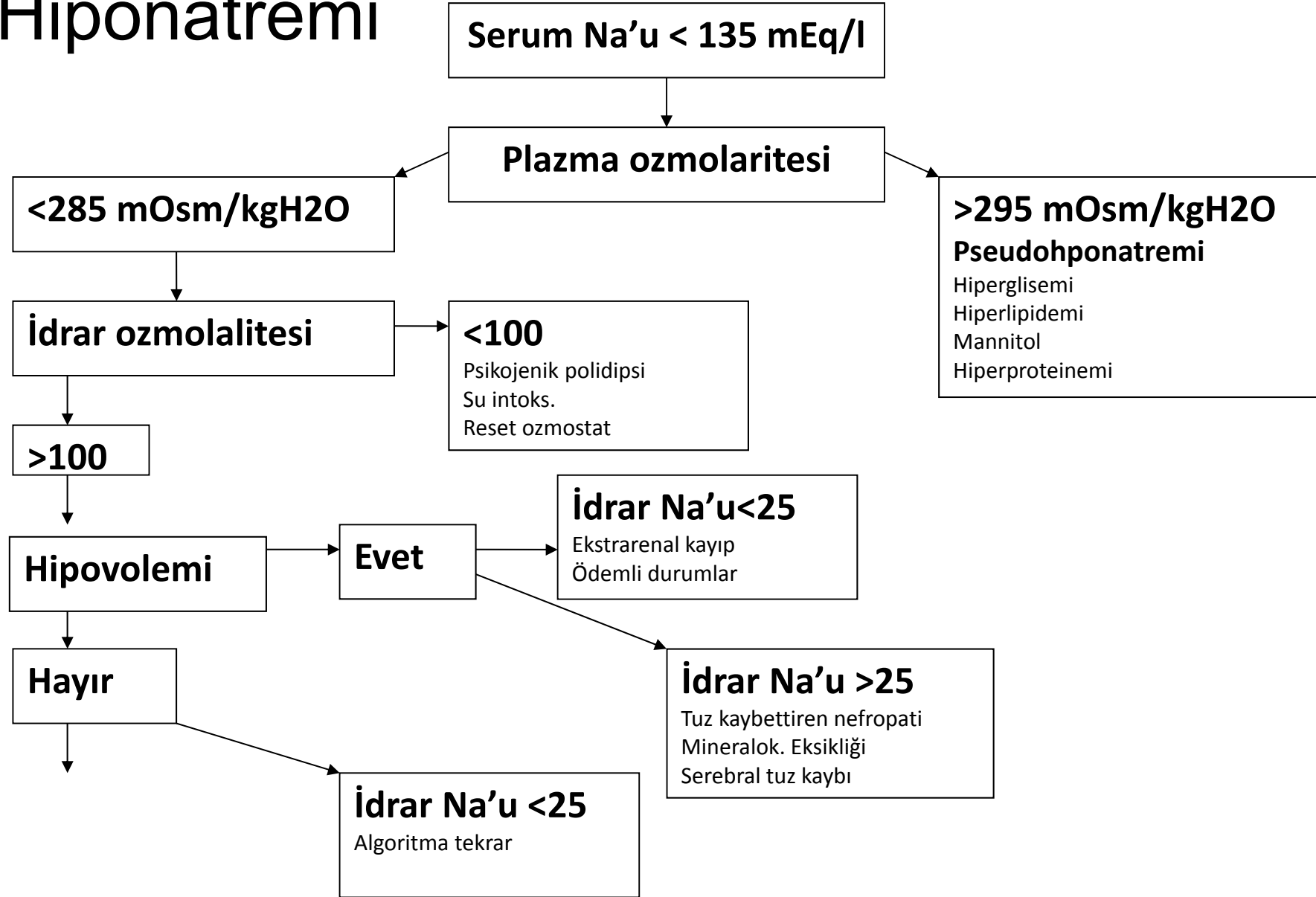
Hiponatremik dehidratasyon



Hipernatremik dehidratasyon



Hiponatremi



(Adapted from Kumar S, Berl T. Sodium. Lancet 1998;352:220-8.) Diagnostic algorithm for hypernatremia.

Hiponatremi-klinik

Belirtiler

- Letarji
- Konfüzyon
- Kas krampları
- Anoreksi
- Bulantı
- Ajitasyon

Bulgular

- Bilinç değişikliği
- Reflekslerde azalma
- Cheyne-Stokes solunumu
- Exstansör plantar refleksler
- Pseudobulber palsi
- Konvülsyon, koma
- Ölüm

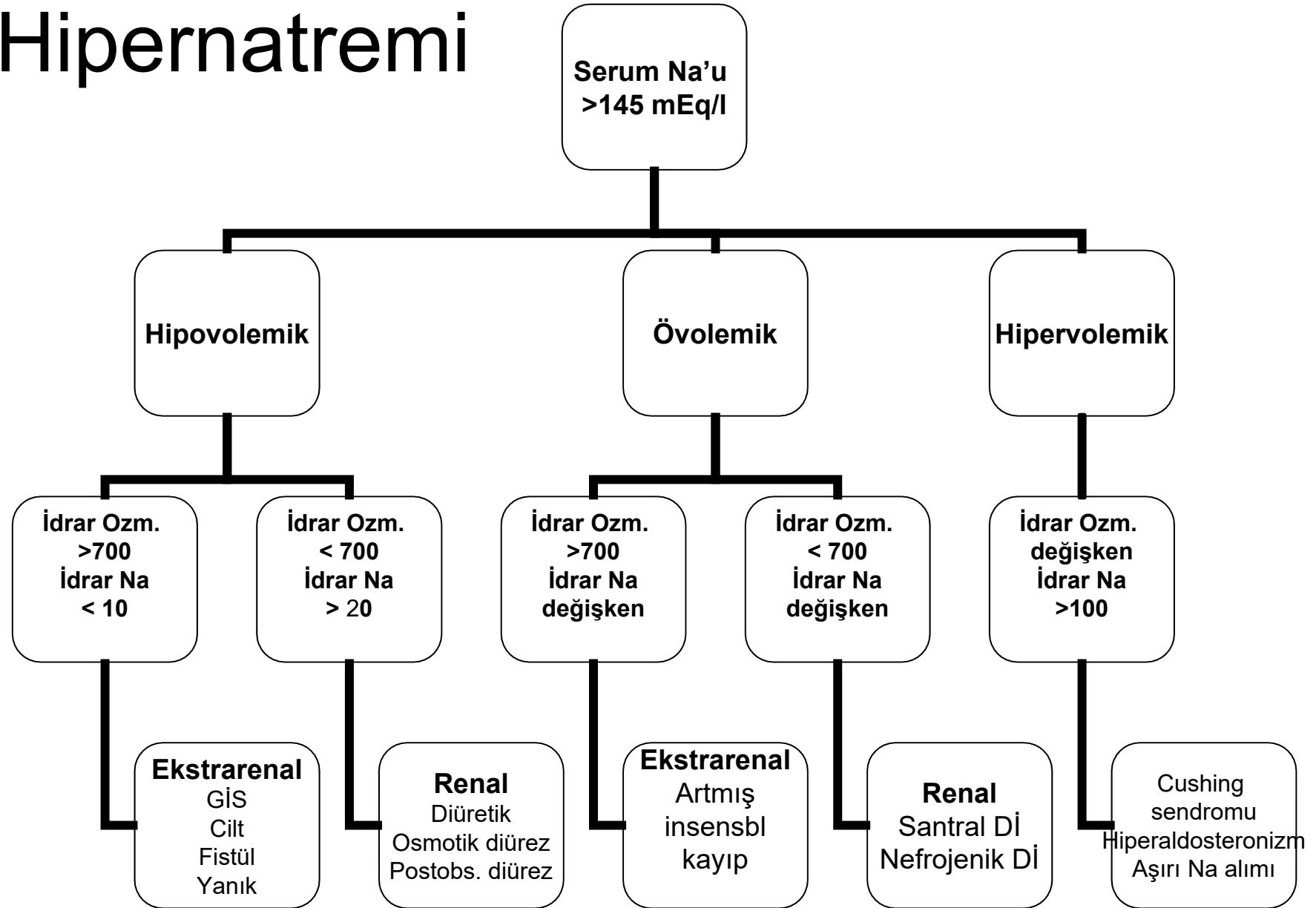
Hiponatremi-tedavi

- **NaCl verilmesi (dehidratasyonlu hipoNa)**
 - Gerçek plazma kaybı
 - Adrenal yetmezlik
 - Diüretik kullanımı
- **Sıvı kısıtlaması (Dilüsyonel hipoNa)**
 - Ödemli durumlar
 - Uygunsuz ADH salınımı
 - Psikojenik polidipsi
 - Böbrek yetmezliği
- **Vazopressin reseptör antagonistleri**
 - Uygunsuz ADH salınımı
 - Na ve K atılımını etkilemeden su diürezi

Hiponatremi-tedavi

- Hiponatremi yavaş düzeltilmelidir
 - $(\text{İstlenen Na} - \text{ölçülen Na}) \times V \times 0.6$
- Bulunan açık %3 NaCl ile düzeltilir
 - 513 mEq/L Na bulunur
- Hesaplanan açığın
 - Yarısı ilk 8 saatte
 - Kalan yarısı ise diğer 16 saatte

Hipernatremi



(Adapted from Kumar S, Berl T. Sodium. Lancet 1998;352:220-8.) Diagnostic algorithm for hypernatremia.

Hipernatremi-klinik

Belirtiler

- Susuzluk
- Huzursuzluk
- İrritabilite
- Letarji
- Kas titremeleri

Bulgular

- Ateş
- Kuru muköz membranlar
- Tonus artışı, spastisite
- Fokal nörolojik bulgular
- Konvülzyon, koma, ölüm

Hipernatremi-tedavi

- Yavaş (48-72 saat) düzeltilmelidir (beyin ödemi, konvülzyon, koma!!!)
- Tedavi nedene yönelik
- Şok veya kollaps durumlarında;400 cc/m² plazma veya diğer kolloid sıvılar 30 dk-1 saatte verilmelidir
- %0.09 NaCl veya 1/2-1/3 sıvıda verilebilir
- Asidoz varsa NaHCO₃ ile düzeltilmelidir (İçerdiği Na'a dikkat!!)

Dehidratasyon tedavisi

- **Dehidratasyonun ağırlık derecesi saptanmalı**
 - Hafif, orta, ağır
- **Dehidratasyonun tipi belirlenmeli**
 - İzotonik, hipotonik, hipertonic
- **Dehidratasyonun süresi belirlenmeli**
 - <3 gün; %75-100 HDS, %0-25 HİS
 - 3-7 gün; %60-75 HDS, %25-40 HİS
 - >7 gün; %50 HDS, %50 HİS
- **Dehidratasyon tedavisinin yolu belirlenmeli**
 - Hafif ve orta DH; oral
 - Ağır DH; iv
- **Dehidratasyon tedavi edilmelidir**
 - Başlangıç faz; İlk 30 dk-1 saat
 - Ara dönem; Sonraki 6-8 saat
 - İdame dönem; İdame+replasman dönemidir

Dehidratasyon tedavisi

Hastaya verilecek sıvı

O anda gereksinim duyulan sıvı+halen kaybedilen sıvı



(Defisit + idame sıvı)



(Replasman)

$$\text{Defisit (L)} = \text{VA(kg)} \times \% \text{DH} / 100$$

Defisitinin yerine konma süresi

- **İzonatremik dehidratasyonda**
 - % 50`si ilk 8 saatte
 - % 50`si ikinci 16 saatte
- **Hiponatremik dehidratasyonda**
 - % 25`i ilk 2 saatte
 - % 25`i sonraki 6 saatte
 - % 50`si sonraki 16 saatte
- **Hipernatremik dehidratasyonda**
 - Na; 145-157 ise 24 saatte
 - Na; 158-170 ise 48 saatte
 - Na; 171-183 ise 72 saatte
 - Na; >184 ise >72 saatte

Hiperhidratasyon (ödem)

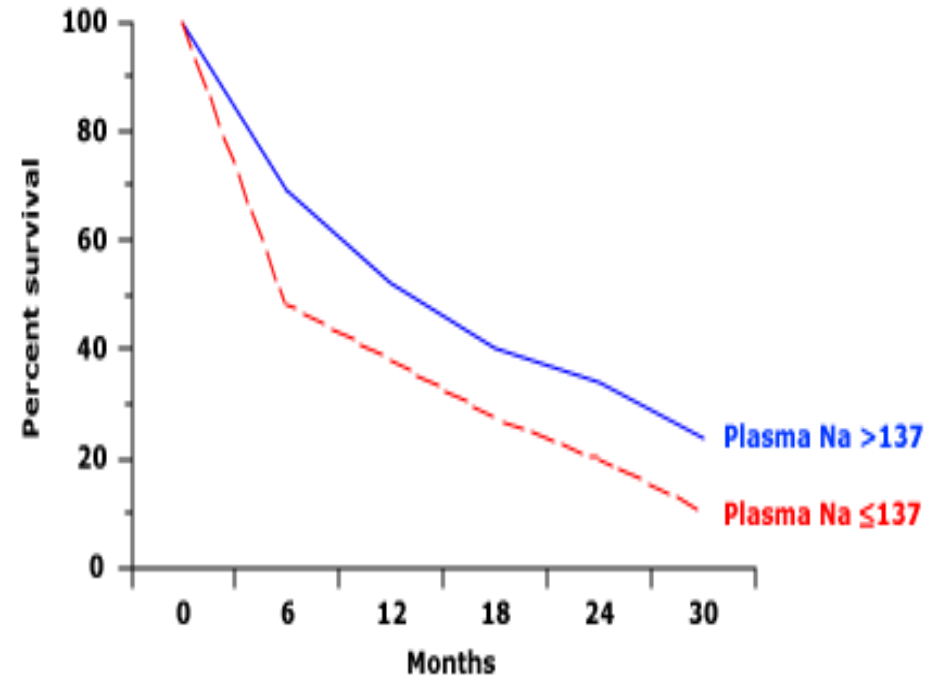
- Na artışı ve dolayısı ile ESS volüm artışının bir bulgusu
- Sıvının İVS'den interstisiyel alana geçişi
 - Kapiller hidrostatik basıncın artışı
 - İVS onkotik basıncının azalması
- Böbrek yetersizliği ve GN'de doku perfüzyonu normal
 - Kardiyak fonksiyonlar normal
- Kalp yetersizliği ve sirozda doku perfüzyonu azalmış
 - Kardiyak fonksiyonlar azalmış veya splanknik vazodilatasyon
- Nefrotik sendromda doku perfüzyonu azalabilir, artabilir
 - Hipoalbüminemi veya primer renal Na tutulumu

Ödemli durumlarda sodyum

- Vücut suyu normale ödemli hastadaki Na retansiyonu hipernatremi ile ilgili değil
- Su atılımında yetersizlik eşlik ediyorsa hiponatremi gelişebilir
- Kalp yetersizliği ve sirozda ödem ve hiponatremi yaygın
 - Doku perfüzyonu bozuk olduğundan ADH salınımı stimüle olur
 - Su alımı kısıtlanmış

KKY ve sirozda hiponatremi

- Hiponatremi altta yatan durumla ilişkili
- Kötü prognoz belirleyicisi



Data from: Lee WH, Packer M. Circulation 1986; 73:257.

Ödemli durumlarda tedavi

- Primer hiperhidratasyon (Su zehirlenmesi)
 - Aşırı ADH verilmesi/salınması
 - Durum düzeltilir
- Hipotonik (hiponatremik) hiperhidratasyon
 - Su alımı kısıtlanır
 - Akut serebral belirtilerde 1-2 ml/kg %3 NaCl iv
- İzotonik hiperhidratasyon
 - Kardiyak, hepatik, renal ödemde görülür
 - Altta yatan durumun tedavisi
- Hipertonik hiperhidratasyon
 - Ağızdan aşırı tuz ya da iv aşırı hipertonik tuz solüsyonu alındığında ortaya çıkar
 - Diüretiklerle tedavi edilir



Sabrınız için teşekkür ederim...