



UMC  St Radboud


Water-en zouthuishouding

Bart Ramakers
B.Ramakers@ic.umcn.nl
Internist i.o. / Fellow IC
UMC St. Radboud
November 2012

UMC  St Radboud

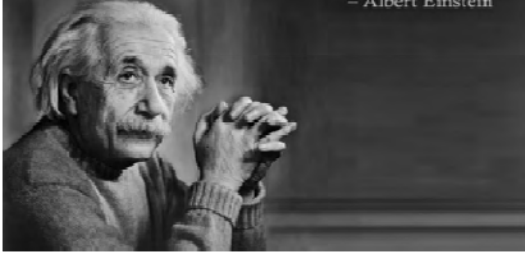
Doelstelling


- Basale kennis en inzicht in de water-en-zout huishouding
- Kennis en inzicht in de normaalwaarden van de belangrijkste laboratorium uitslagen

UMC  St Radboud

If you can't explain it simply, you don't understand it well enough.


– Albert Einstein




UMC  St Radboud

Water *Belangrijkste bestanddeel van ons lichaam*

Orgaan	% water (van het totale gewicht)
Bloed	83
Nieren	83
Hersenen	82
Skeletspieren	76
Huid	72
Lever	68
Botten	22
Vetweefsel	10




UMC  St Radboud

Totaal Lichaamswater (TLW)

Vrouwen hebben meer vetweefsel dan mannen, waardoor vrouwen minder water in hun totale lichaam hebben:

Geslacht	watergehalte (% van totale lichaamsgewicht)
Man	60
Vrouw	50
Bejaard m/v	50/45
Kind	60

TLW = Watergehalte x Gewicht

UMC  St Radboud

ECV en ICV

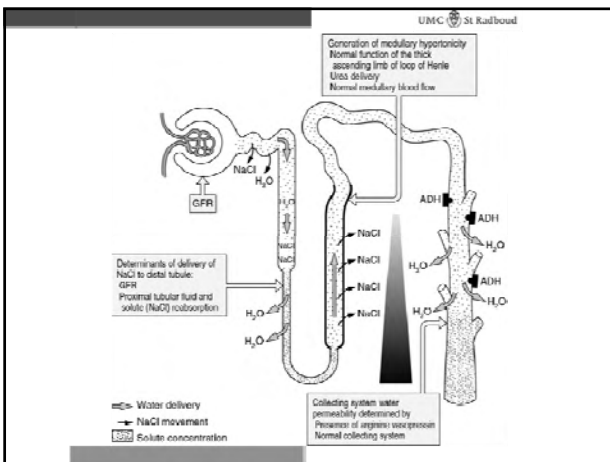
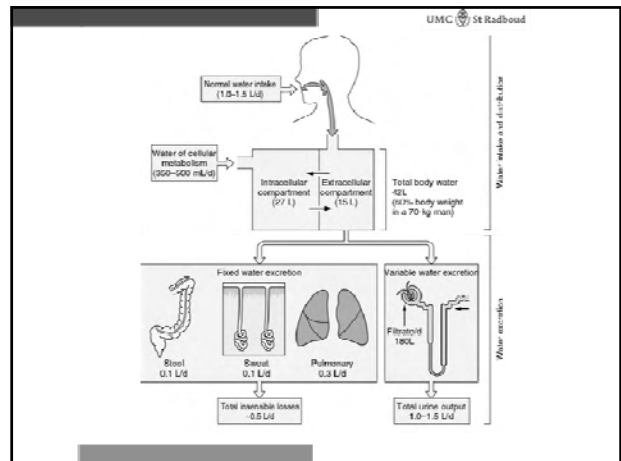
Het totale lichaamswater is te verdelen in:

- intracellulair water of intracellulair volume (ICV)
- extracellulair water of extracellulair volume (ECV)

De verhouding extra- en intracellulair wisselt per leeftijd:

- Pasgeborene ECV:ICV= 5:4
- 3-6 maanden ECV:ICV= 3:4
- >16 jaar ECV:ICV= 1:2

- Extracellulaire volume: toeleverancier en opvangreservoir voor het intracellulaire compartiment
- Extracellulaire compartiment heeft eigen aanvoer (darmen) en afvoer (nieren)



- Extracellulaire volume (ECV):**
1. Intravasculaire component (plasma)
 2. Extravasculaire component (interstitium)
 3. Niet-toegankelijk water in botweefsel
 4. Transcellulaire component: speeksel, spijsverteringssap
- Het plasma (intravasculair):**
- in evenwicht met het interstitium
 - uniek in zijn grote eiwitgehalte van 60-70 gram/liter.
- Dit is van belang voor de oncotische druk

Een rekenvoorbeeld

Man 90 kilo: TLW = $0,6 \times 90 = 54$ liter

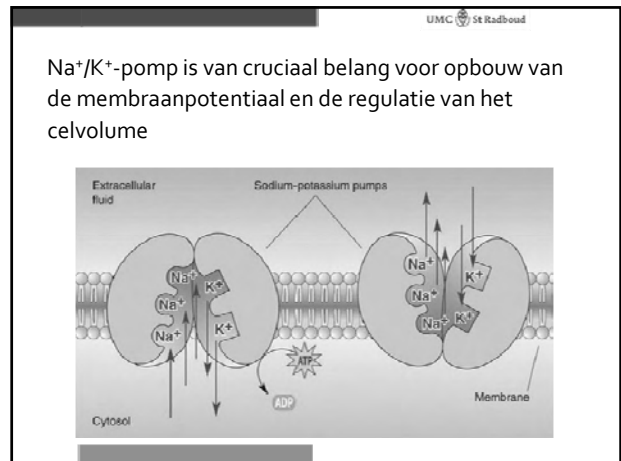
	1/3 extracellulair	2/3 intracellulair
1/4 intravasculair	4.5 liter	36 liter
3/4 extravasculair	13.5 liter	

Het verschil in samenstelling ECV en ICV

Totaal 54 liter	ECV = 18L (40%)	ICV = 36L (60%)
Natrium	142 mmol/L	10 mmol/L
Kalium	4	155
Calcium	5	3
Magnesium	2	26
Chloor	104	2
Bicarbonaat	27	8
Fosfaat	2	95
Sulfaat	1	20

Het verschil in samenstelling van het intracellulaire en extracellulaire compartiment wordt door een actief Transportmechanisme gehandhaafd: **Na⁺/K⁺-pomp**.

Er is slechts een klein verschil in samenstelling tussen de interstitiële ruimte en het plasma door een hogere concentratie eiwit in het plasma



Osmose

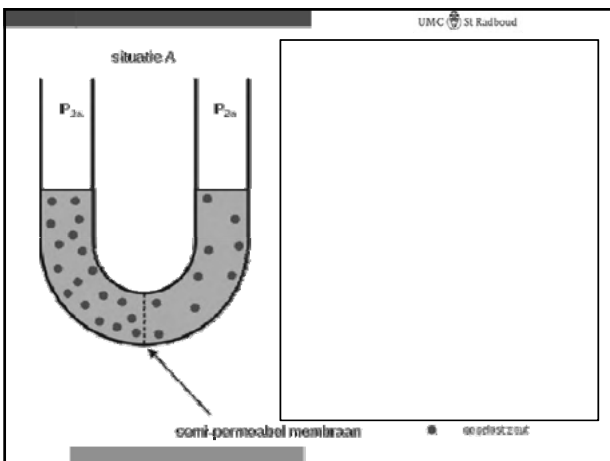
Osmose is een proces op basis van diffusie waarbij een vloeistof, waarin stoffen zijn opgelost, door een zogenaamd halfdoorlatend membraan (een semipermeabele wand) stroomt, dat wel de vloeistof doorlaat maar niet de opgeloste stoffen.

Osmose

2 compartimenten met selectief doorlaatbare membraan:

- Water kan passeren
- Oplosbare deeltjes niet!

Water wordt aangetrokken door opgeloste deeltjes tot nieuw evenwicht ontstaat (=osmotisch evenwicht)



Osmotische druk

P_{osm}

- Water kan de celmembraan vrij passeren, met als drijvende kracht de **osmotische druk**; deze moet aan beide zijden van het membraan gelijk zijn.

UMC St Radboud

Osmose **ECV en ICV**

- Verdeling van water over intra- en extracellulaire compartiment is "vrij"
- De **osmolaliteit** (hoeveelheid opgeloste deeltjes) van het ECV en ICV is gelijk, **de samenstelling niet**
- Verdeling van opgeloste stoffen is niet vrij; bepaald door **selectief transport** door celmembranen: bv ureum kan vrij passeren, glucose niet

UMC St Radboud

Osmolaliteit

Osmolaliteit is de concentratie van de osmotisch werkzame stoffen per kilogram oplosmiddel

UMC St Radboud

Osmolaliteit

- De grootte **osmolaliteit** verschilt van **osmolariteit** door de uitdrukking per kilogram oplosmiddel en niet per liter oplossing
- voor water zijn de osmolaliteit en osmolariteit identiek doordat het soortelijk gewicht van water bij benadering 1 kg/L bedraagt

UMC St Radboud

Plasmaosmolaliteit

- De plasmaosmolaliteit kan worden gemeten (osmometer) en berekend met de volgende formule:

$$Posm = 2 \times [Na^+] + [gluc] + [ureum] = 275-290 \text{ mosmol/kg}$$

UMC St Radboud

- De formule laat zien, dat hypernatriëmie altijd hyperosmolaliteit betekent, en dat hyponatriëmie meestal hypo-osmolaliteit betekent (tenzij het glucose erg hoog is)
- verschil tussen de **gemeten** en de **berekende** osmolaliteit: **osmolal gap** (door extra osmotisch actieve stof, zoals mannitol, glycerol, sorbitol of alcohol)
- De grote deeltjes (m.n. de grote eiwitten) trekken water aan: de **colloïdosmotische druk (COD)**. Deze is afhankelijk van onder andere plasma-eiwit en de permeabiliteit van de capillairen voor eiwitten (oedeem)

UMC St Radboud

De osmolaliteit wordt binnen nauwe grenzen van 1-2% gehouden (de osmoregulatie)

Een verhoging van de osmolaliteit stimuleert:

1. Secretie van **anti-diuretisch hormoon (ADH)** uit de hypofyse-achterkwab
2. Dorstgevoel.

UMC St Radboud

ADH en de hypofyse

UMC St Radboud

Plasma-osmolaliteit wordt binnen nauwe marges (285-295) geregeld door

- Verandering in inname (drinken)
- Uitscheiding (nieren)

Waterinname: Dorstmechanisme
 Wateruitscheiding: ADH (max bij Posm > 290)

verdunning/concentratie urine in nier

UMC St Radboud

Het dorstmechanisme

- Stijging plasma-osmol → stimulatie receptoren in anterolaterale deel van de hypothalamus → dorstgevoel
- Drempel van dorststimulatie ongeveer 10 mosmol/kg hoger dan die voor afgifte ADH
- Naast osmotische prikkel wordt dorst ook gestimuleerd door afname van effectief circulerend volume → mechanisme?? (angiotensine II)

UMC St Radboud

UMC St Radboud

De afgifte van ADH

Afgifte van antidiuretisch hormoon (ADH) uit de hypofyse-achterkwab wordt gereguleerd door osmotische en niet-osmotische stimuli

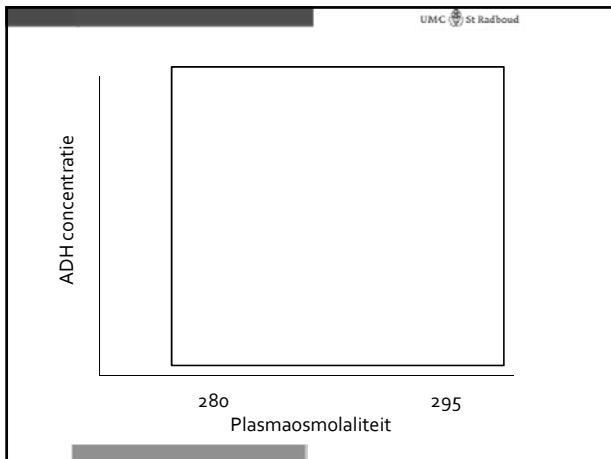
UMC St Radboud

De afgifte van ADH Osmotische stimulus

Zeer nauwe relatie tussen de plasma-osmol en plasma-ADH-spiegel

Beneden een drempelwaarde van plasma-osmol is geen ADH in het plasma meer te detecteren

Boven die drempel (>280 mosmol/kg) stijgt de ADH-Spiegel rechtlijnig met stijging plasma-osmol



De afgifte van ADH Niet-osmotische of volumestimulus

Een 10%-daling van circulerend volume veroorzaakt een minder sterke stijging van ADH dan een 10% stijging van plasma-osmol

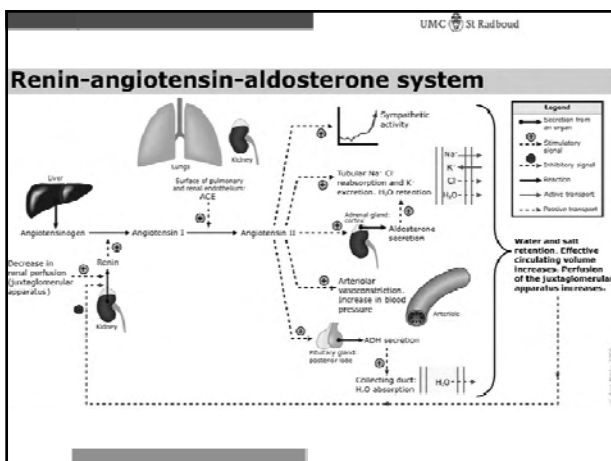
Handhaven van het effectief circulerend volume altijd prioriteit boven het handhaven van normale plasma-osmolaliteit (vaak hyponatriëmie!)

Effectief circulerend volume

- De regulatie van het effectief circulerende volume, is bedoeld om de weefselperfusie optimaal te houden; de weefselperfusie is van groot belang voor een normaal celmetabolisme.
- Het effectief circulerende volume = dat deel van het ECV dat direct en daadwerkelijk deelneemt aan de weefselperfusie

Handhaving van het effectief circulerend volume

- Baroreceptoren in de aortaboog en de sinus caroticus;**
Lage druk → Sympathicusstimulatie (en ADH-secretie)
 (Perifere vasoconstrictie, toename frequentie en contractiliteit hart, Veneuze vasoconstrictie met toename aanbod bloed aan het hart, Verhoging reninespiegel → aldosteron-secretie: Na⁺-retentie, nierperfusie = RAAS)
- Volumereceptoren:**
 laag volume ADH-secretie
 hoog volume → ANP-secretie uit atria → zoutuitscheiding.
- Renale zoutuitscheiding:** rechtstreeks effect in de nier, dus uitscheiding van Na⁺ bij expansie van het volume, en andersom.



Vullingstoestand

UMC St Radboud

Beoordeling vullingstoestand

Dagelijkse discussies rond het bed van de patiënt!!

In de dagelijkse praktijk let men op de volgende parameters:

- Reactie cardiac index op vulling ("fluid challenge")
- natrium in de (24-uurs) urine
- vochtbalans (lieft van meerdere dagen)
- Bloeddruk
- Aanwezigheid van oedeem (ook pulmonaal)
- Gewicht
- Diurese
- Kleur en temperatuur huid (perifeer)
- CVD en PCWP ("wedge")

UMC St Radboud

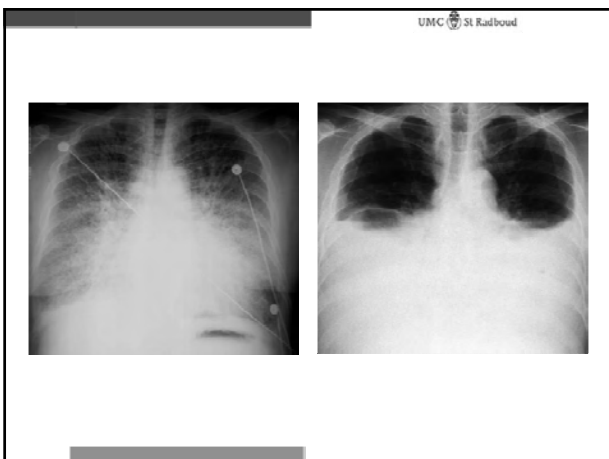
Tekenen van overvulling

Dyspnoe	Pleuravocht
Stijging lichaamsgewicht	Ascites
Vochtretentie	Gestuwde perifere venen
Hypertensie	Oedeem
Hoge Polsdruk	Forse diurese
Hoge CVD	X-thorax (pleuravocht)
Crepitaties	Wiggedruk > 15 mmHg, CO verhoogd

UMC St Radboud

Tekenen van Ondervulling

• Dorst	• Tachycardie
• Depressie	• Lage CVD
• Algemene zwakte, duizelig, onrust, verward	• Droge slijmvliezen
	• Verlengde cap refill (>2 sec)
• Daling lichaamsgewicht	• Afname diurese, Na < 20 mmol/l (geen bewijs!)
• Bleke klamme huid	• Verhoging ureum (vs. Kreatinine) of fractionele ureum excretie
• Afname huidturgor	
• Lage bloeddruk/orthostase	



UMC St Radboud

	Na ⁺ ↑	Na ⁺ ↔	Na ⁺ ↓
ECV ↑	(iatroge) overvulling met hypertoon NaCl	Water/zoutretentie	Waterintoxicatie
ECV ↔	zoutoverschot	--	SIADH
ECV ↓	Hypertone dehydratie	Isotone dehydratie	Hypotone dehydratie

UMC St Radboud

Volumedepletie

Volumedepletie wordt in drie vormen verdeeld:

1. Isotone dehydratie
2. Hypertone dehydratie
3. Hypotone dehydratie

UMC St Radboud

Volumetekort *isotone dehydratie*

- Verlies van isotone vloeistof, dus water en natrium, zodat de osmolaliteit en het Na⁺-gehalte niet veranderd zijn.
- Oorzaken: verlies van plasma of spijsverteringssappen, b.v. bloedverlies, brandwonden; of braken, diarree; ook diuretica kunnen dit veroorzaken (renaal)
- Verschijnselen: daling lichaamsgewicht, daling turgor, droge slijmvlieszen, moeheid, zwakte, tachycardie, lage RR, hoger Hb, Ht, ureum, kreat en Alb (Ur meer dan kreat)
- Therapie: isotone vloeistof toedienen b.v. NaCl 0,9%

UMC St Radboud

Volumetekort *hypertone dehydratie*

- Verlies van water (of verlies van meer water dan Na⁺), waardoor hogere osmolaliteit, hypernatriëmie, laag ECV.
- Oorzaken: diabetes insipidus, waterverlies via huid of longen (zoals bij hoge koorts en inspanning), osmotische diurese (hoog glucose; na mannitoltoediening; hoog ureum)
- Verschijnselen: als bij isotone dehydratie, plus tekenen van hoge osmolaliteit: lethargie, verwardheid, onrust, opwinding, insulten, coma; hypernatriëmie
- Therapie: hypotone vloeistof (gluc 5% of NaCl 0,65%)

UMC St Radboud

Volumetekort *hypotone dehydratie*

- Verlies van vooral natrium, en minder verlies van water (waterretentie), waardoor laag natrium en lage osmolaliteit, waarbij de **osmoregulatie opgeofferd wordt aan de volumeregulatie**
- Oorzaken: bijnierschorsinsufficiëntie, natriumverlies bij nefritis, excessief diureticagebruik, opheffen urinewegstop
- Verschijnselen: zoals bij isotone dehydratie, plus tekenen van hypo-osmolaliteit: misselijkheid, hoofdpijn, verwardheid, prikkelbaarheid, insulten, delier, coma
- Therapie: behandeling oorzaak en NaCl 0,9%; in acute situaties NaCl 3%

UMC St Radboud

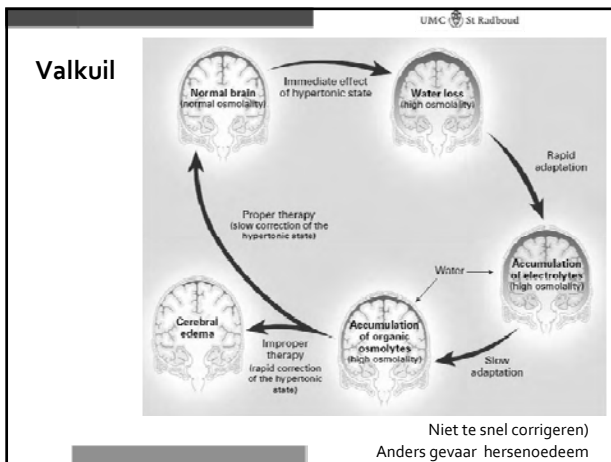
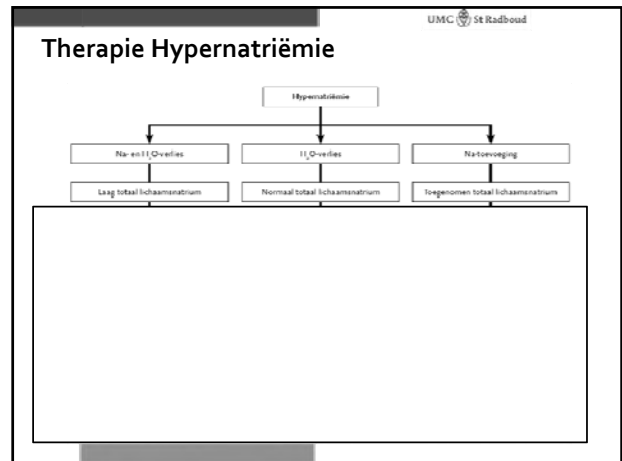
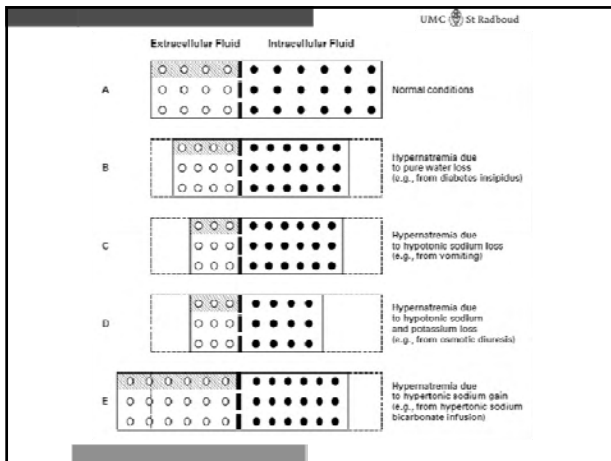
Electrolytstoornissen

UMC St Radboud

Hypernatriëmie (> 146 mmol/L)

Symptomatie:

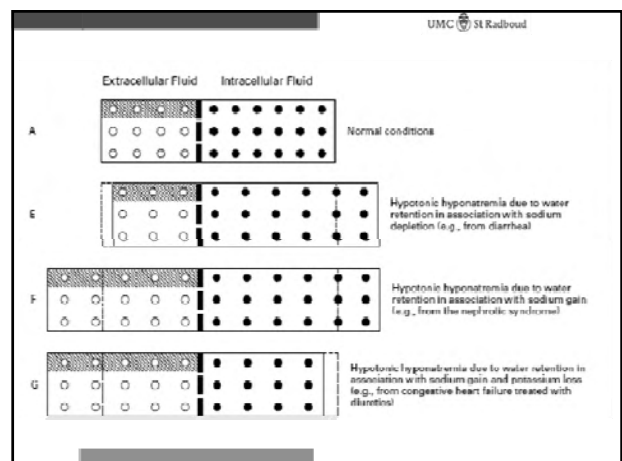
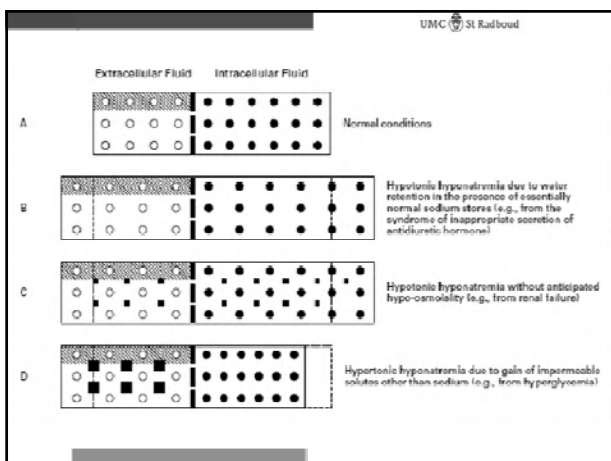
- Baby's hyperpnoe, onrust, spierzwakte, lethargie
- Ouderen dorst, spierzwakte, verwardheid, insulten, coma



Hyponatriëmie (< 135 mmol/L)

Drie situaties:

1. Wateroverschot (SIADH)
2. Meer water dan zout overschot (overvulling)
3. Natriumtekort (ondervulling)

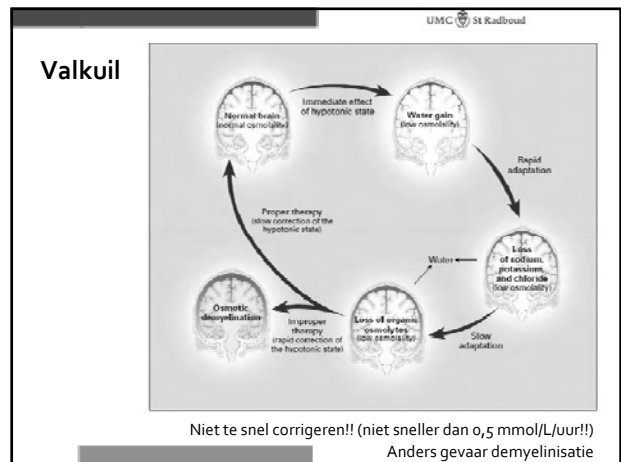
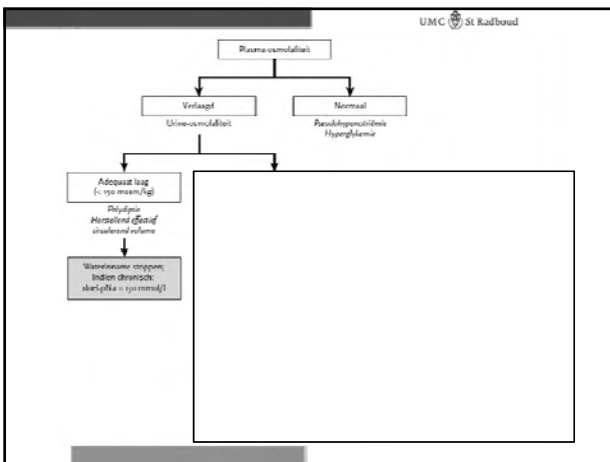


UMC St Radboud

- Symptomen: bij lage osmolaliteit (meten!) tekenen van hersenoedeem: hoofdpijn, misselijkheid, braken, lethargie, desoriëntatie, verwardheid, insulten, coma
- Hoe sneller ontstaan des te meer symptomatologie (en hoe sneller gecorrigeerd mag worden)

UMC St Radboud

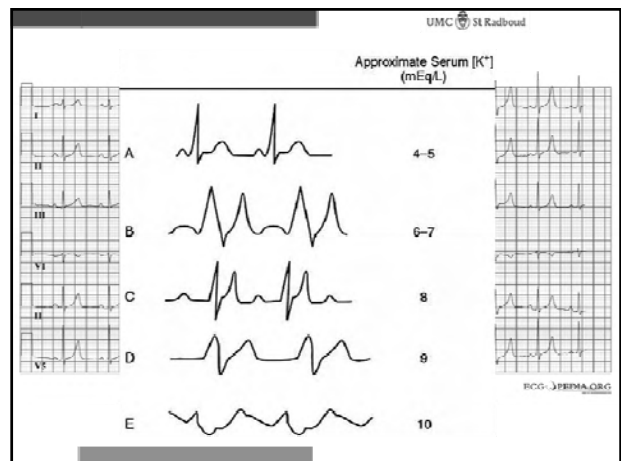
- door een **natriumtekort** of door een **overschot aan water**. Bij een natriumtekort betekent dit een verlaging van het ECV, en dus stimulatie van het dorstmechanisme en ADH en dus het vasthouden van water als gevolg
- Kan samengaan met verlaagde (meestal), normale én verhoogde osmolaliteit!
- de plasma-osmolaliteit, het urinenatrium en -kalium, diurese en de vullingstoestand zijn nodig om een correcte oorzaak te kunnen aangeven
- Therapie: afhankelijk van de oorzaak; niet te snel denken dat er NaCl gegeven moet worden (soms precies verkeerd).



UMC St Radboud

Hyperkaliëmie (> 5,0 mmol/L)

- van het totale lichaamskalium (35-50 mmol/kg) bevindt zich slechts 2% in het ECV!
- in het algemeen is er een verband tussen het plasmakalium en de totale lichaamsvoorraad kalium
- symptomen: amper; spierzwakte, ileus, ECG/ritme-afwijkingen



Oorzaken hyperkaliëmie:

- teveel of te snelle toediening van kalium
- verminderde renale uitscheiding van kalium (nierinsuff., Addison)
- redistributie (metabole acidose, rhabdomyolyse, medicatie: ACE-remmers, kaliumsparende diuretica)

Therapie

- Starten met therapie indien $K > 5,5$ mmol/l (en ECG afwijkingen), acute therapie indien $K > 7,5$ mmol/l
- Continue ECG bewaking essentieel
- CALCIUM bij ECG afwijkingen!!
- Glucose/insuline, Resonium®, Zerolit®, bicarbonaat,
- Dialyse

Vervolg therapie

- 10% Calciumgluconaat, direct toedienen in 2-5 min. (direct antagonisme) Niet bij digitalisintoxicatie!
- Natriumbicarbonaat 8,4%, 50 ml in 2-5 min. (redistributie)
- Glucose/Insuline infuus (bv 100 ml glucose 40% met 12 E actrapid IV)(redistributie)
- Denk aan natrium, calcium, magnesium en acidose toename ECG Afwijkingen

Doel therapie

- Cardio protectief door antagoneren effect van verhoogd Kalium (IV Calcium)
- Shift van Kalium van extracellulair naar intracellulair (insuline, bicarbonaat)
- Reductie totale lichaamskalium (resonium)

Hypokaliëmie (< 3,5 mmol/L)

- zelden door tekort in voeding, maar wel door langdurig infuus zonder voldoende kaliumsuppletie (meeste intracellulair, dus kalium in serum geen afspiegeling van totale lichaamskalium)
- Symptomen: spierzwakte, verlammingen, maagdilatie, blaasatonie, tetanische krampen, ECG/ritme-afwijkingen

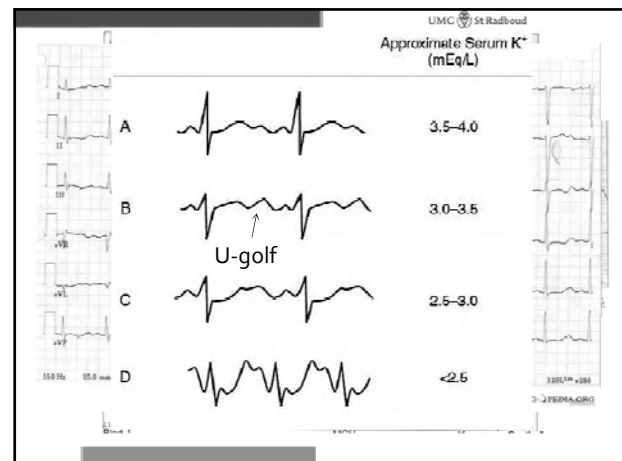
Oorzaken Hypokaliëmie

- renaal K^+ -verlies: hyperaldosteronisme, diuretica, polyurie, laag Mg.
- Extra-renaal K^+ -verlies: braken, diarree, maaghevel, ileus
- redistributie naar intracellulair: alkalose, insuline, beta-2-agonisten, hypothermie

UMC St Radboud

Therapie

- K⁺-suppletie (Slow-K®, K-durette®, KCl i.v.)



UMC St Radboud

Vervolg therapie

- Niet meer dan 20 mmol/uur i.v.

Centrale lijn:

- 20 mmol in 20 ml/uur

Perifere lijn:

- 6 mmol in 100 ml/uur (60 mmol/L mag, alleen in slap zout!!)

UMC St Radboud

Casuïstiek

UMC St Radboud

Casus 1

Vrouw, 80 jaar, licht dement.

Med: chloortalidon Gewicht 60 kg

Gastroenteritis, koorts, verwardheid

O/ verminderd bewustzijn, lage turgor, RR 140/70

Lab Na 174 mmol/L
Urine Na 5 mmol/L, Osm 606 mosm/L

UMC St Radboud

Vervolg Casus 1

1. Oorzaak hypernatriëmie?
 - a) diarree
 - b) verminderde dorst
 - c) diabetes insipidus
 - d) diuretica
2. Wat is het watertekort?

$$0,5 \times 60 \times (174/140 - 1) = 7,3 \text{ liter}$$

Casus 2

Man 36 jaar

Experiment: gedurende 10 dagen om de dag saunabezoek, daling lichaamsgewicht wordt aangevuld met water

Na 10 dagen: Gewicht -3kg , **Na 123 mmol/L!!**

Betekenis?

- Volumeregulatie gaat boven osmoregulatie!

Mechanisme?

- Max ADH-secretie agv verminderd effectief circ volume

Casus 3

Man 70 jaar

TURP: moeizame OK, langdurig spoelen met irrigatievloeistof (mannitol/sorbitol 150 mosm/kg).

Post OK klinisch goed

Lab post OK: **Na 93 mmol/L!**

Aanvullend onderzoek?

Osmolaliteit = 290 mosm/L!!

Casus 4

Man 58 jaar; gemetastaseerd kleincellig longca

Zou volgende week starten met chemo

Komt op EH (ingestuurd door bezorgde huisarts)

A/ sinds enkele dagen verward, hallucinaties, sinds vanochtend toenemend suf en inmiddels nauwelijks wekbaar

O/ RR 130/70, p 72/min. Gewicht 86 kg. E₃M6V₂

Vervolg casus 4

- Wat wil je als eerste hulp verpleegkundige nog meer weten van de familie van patiënt?
- Welk lab neem je af alvorens je de dienstdoende assistent belt?
- Welk infuus hang je aan?
- Hoe snel moet de assistent er zijn?

Vervolg casus 4

Assistent vindt behoudens sufheid niets bijzonders bij lichamelijk onderzoek

Lab Na 108 mmol/L K 3,9 mmol/L

Aanvullend onderzoek: kreat 44 $\mu\text{mol/L}$ osmolaliteit 220 mosm/kg, urine osm 600 mosm/kg

- Wat is hier aan de hand?
- Welke therapie is aangewezen?

Vervolg casus 4

- Diagnose: SIADH
- Euvolemie, normale schildklier en bijnierfunctie, hypotone hyponatriëmie met geconcentreerde urine, geen diuretica
- Therapie 1 liter NaCl 3 % in 24 h
- Geschatte stijging bij 60 kg lich. gewicht:
$$\frac{[(513-108)]}{[36+1]} = 10,9\text{ mmol/L}$$

Hierbij wordt geen rekening gehouden met diurese!

UMC St Radboud

Casus 5

Man 33 jaar
Auto-ongeval 80 km/h vs boom
Door MMT geïntubeerd (EMV 7) en thoraxdrain R ingebracht

Aankomst op EH:

- A/B geïntubeerd bdz AG sat 100% bij FiO₂ 60%
- C RR 95/30 p 130/min bleek, perifere koud vena jugularislijnt lukt niet
- D EMV 5 1 wijde lichtstijve pupil
- E Instabiel bekken?

UMC St Radboud

- Wat is de vullingsstatus van deze patiënt?
- Welk infuus hang je aan en welk effect beoog je?
- Wat verwacht je van het
 - serum Na
 - serum K
 - Hb
 - bloedgas

UMC St Radboud

Vervolg casus 5 Man 90 kilo: TLW = 0,6x 90 = 54 liter

Toediening intravasculair:

• 1 liter glucose 5%	84 ml
• 1 liter NaCl 0,9 %	250 ml
• 1 liter NaCl 3%	>250 ml
• 1 liter voluven (6% HES Na 154 mmol/L)	250 ml

1/3 extracellulair	2/3 intracellulair
1/4	
3/4	