



Dr. med. Bernhard Schlüter

Zentrale Einrichtung Labor
– UKM Labor –
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1
D-48149 Münster
Tel.: 0251 83-47221
Fax: 0251 83-47225
bernhard.schluter@ukmuenster.de
www.kichi.uni-muenster.de

Ein Fall zum Einstieg

- 20j. Studentin wird nicht ansprechbar in Notaufnahme der UCLA aufgenommen
- Anamnese: am Vorabend auf einer Party mehrere Tab. Ecstasy, viel getrunken und getanzt; bei Rückkehr nach Hause zunächst „unauffällig“, am Morgen jedoch nicht mehr ansprechbar
- Keine Vorerkrankungen**
- UB: tachykard 124/min; Tachypnoe 30-35/min; RR 88/49, keine peripheren Ödeme, Ausk. bds. feinkl. RGs, Pupillen symm. dilatiert, minimal lichtreaktiv



Zitiert nach PD Dr. Schettler, Göttingen

Ein Fall zum Einstieg

Labor: Na: 117 mmol/l
Glucose: 5,75 mmol/l
Hb: 13,3 g/dl
S-Osmo: 245 mOsm/kg
U spez. Gewicht: 1,015

CCT: Hirnödeme

Verlauf:
ca. 6.8 l 0,9% NaCl + 0,245 l 3% NaCl;
intermitt. Furosemid, Mannitol
Ausscheidung ca. 3,6 l

Anstieg: Na 117 -> 129 mmol/l

Kreislaufinstabil, nach ca. 13 h Rhythmusstörungen, Exitus nach erfolgloser Reanimation



Figure 8 David R. Jay et al. (2019) still report with a plasma sodium concentration of 117 mmol/l after resuscitation with 0,9% NaCl and mannitol. Note the rapid resolution of pulmonary vascular congestion consistent with pulmonary edema, which is characteristic of this case.

Verteilung des Körperwassers

Mann, 70 kg, 60 % Wasser

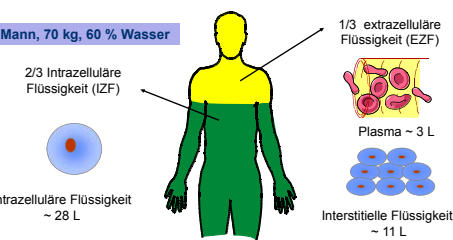
2/3 Intrazelluläre Flüssigkeit (IZF)

1/3 extrazelluläre Flüssigkeit (EZF)

Plasma ~ 3 L

Interstitielle Flüssigkeit ~ 11 L

Intrazelluläre Flüssigkeit ~ 28 L

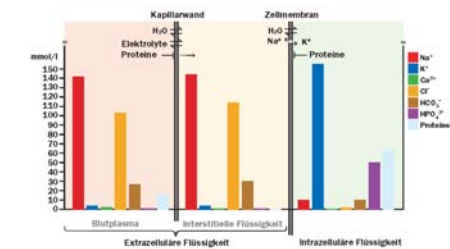


Tägliche Wasserbilanz

Aufnahme	ml
Flüssigkeit	1000 - 1500
Feste Nahrung	700
Oxidationswasser	300
Summe	2000 - 2500
Abgabe	ml
Niere	1000 - 1500
Haut + Lunge	900
Stuhl	100
Summe	2000 - 2500

Bei Fieber je 1° C > 37°C zusätzlicher Wasserverlust 0,5 bis 1 l

Ionenverteilung in Kompartimenten



Regulation des Wasser-Elektrolyt-Haushalts

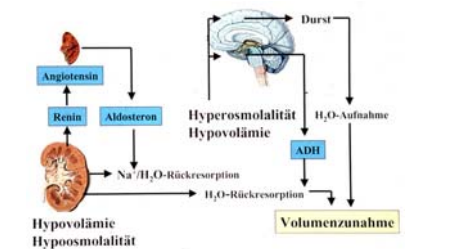
Ziel: Aufrechterhaltung von Isotonie und Isovolumie

Isotonie $\Rightarrow$ Regulation primär über Wasserbilanz

Isovolämie $\Rightarrow$ Regulation primär über Natriumbilanz

Die Systeme sind auf Volumenerhalt optimiert!

Regulation des Wasser-Elektrolyt-Haushalts



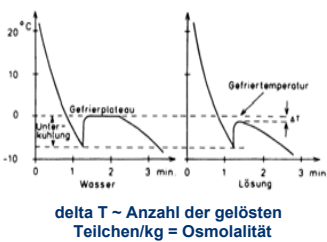
Störungen im Wasser- und Natriumhaushalt

EZR-Änderung	Tonizität	Se-Natrium Se-Osmo	MCV	HK/GE
Dehydratation	isoton	=	=	▲
	hypoton	▼	▲	▲
	hyperton	▲	▼	▲
Hyperhydratation	isoton	=	=	▼
	hypoton	▼	▲	▼
	hyperton	▲	▼	▼

Osmolalität

- Konzentration gelöster Teilchen pro kg Wasser
- Normwert im Serum: 280 – 296 mosmol/kg
- Normwert im Urin: 50 – 1200 mosmol/kg
- Alarmbereiche Serum: > 340 bzw. < 250 mosmol/kg
- Messung: Kryoskopie

Kryoskopie



Osmotische Lücke

- Differenz zwischen gemessener und berechneter Serumosmolalität
- Berechnete Serumosmolalität:
 $2 \times \text{Se-Na}^+ + \text{Glucose} + \text{Harnstoff}$
Konzentrationen in mmol/l einsetzen
- Normal: < 6 mosmol/kg
- Erhöht $\Rightarrow$ anormale Osmolyte vorhanden
Intoxikationen (Ethanol, Methanol)
Lactat- oder Ketoazidose

Klinische Folgen

Volumenänderungen

Dehydratation

- Durst
- Tachykardie
- RR-Abfall
- Oligurie (bei normaler Niere)

Hyperhydratation

- Ödeme
- Gewichtszunahme
- Dyspnoe, Lungenödem

Osmolalitätsänderungen

- Bei Se-Osmo < 250 mosmol/kg Krämpfe, Delir
- Bei Se-Osmo > 340 mosmol/kg Delir, Koma, Blutungen

Ursachen der Dehydratation

Prinzip

Isoton: Verlust an Natrium und Wasser in isotonem Verhältnis

Hypoton: Natriumverlust > Wasserverlust

Hyperton: Wasserverlust > Natriumverlust

Ursachen

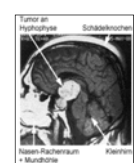
- Renale Verluste
- Enterale Verluste
- Verluste in den „dritten Raum“
- Verluste über die Haut und die Lungen
- Längeres Dursten (nur hypertone Form)

Dritter Raum = Transzellular-Raum: Pleuraspalt, Peritonealraum, Liquor (vergrößert bei Pleuraerguß, Aszites, Peritonitis, Perikarderguß)

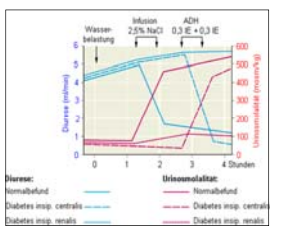
Dehydratation: Labordiagnostik

- Hämatokrit und Serumweiß ▲
- Serum-Na⁺ bzw. Serum-Osmo ▲, normal oder ▼
- Normale Nierenfunktion: Urin-Osmo adäquat ▲
- Bei Diabetes insipidus: Urin-Osmo < Serum-Osmo
- extrarenale Na⁺-Verluste: Urin-Na⁺ < 20 mmol/l
- renale Na⁺-Verluste: Urin-Na⁺ > 20 mmol/l

Beispiel Diabetes insipidus: hypertone Dehydratation



Tumor der Hypophysenhypophyse
Schwielenhypophyse
Normales Hirn
Hypophysenhypophyse
Meningeom



Wasser-Deprivation
Infusion 2,5% NaCl
ADH
DDAVP

Diuresis: Normalbefund, Diabetes insipidus centralis, Diabetes insipidus nephrogenus

Urin-Osmolalität: Normalbefund, Diabetes insipidus centralis, Diabetes insipidus nephrogenus

Ursachen der Hyperhydratation

Prinzip:
Relativer Überschuß von Wasser und/oder Natrium

- Ursachen
- Niereninsuffizienz
 - Herzinsuffizienz
 - Eiweißmangel
 - Mineralocorticoidexzess
 - iatrogen
 - Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion (SIADH)

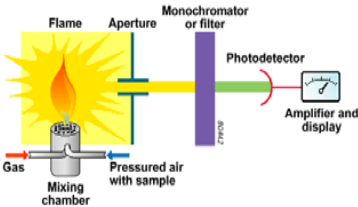
Hyperhydratation: Labordiagnostik

- Hämatokrit und Serumweiß ▼
- Serum-Na⁺ bzw. Serum-Osmo ▲, normal oder ▼
- Niereninsuffizienz: Urin-Na⁺ > 20 mmol/l
- extrarenale Ursache: Urin-Na⁺ < 20 mmol/l
- Hyperaldosteronismus: Se-K⁺ ▼, Se-Na⁺ ▲
- SIADH: ADH und Urin-Osmo inadäquat hoch bei niedriger Serum-Osmo

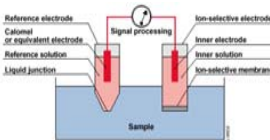
Pseudohyponatriämie

- Mit **normaler** Osmolalität
 - Hyperlipidämie
 - Hyperproteinämie
- Mit **erhöhter** Osmolalität
 - Hyperglykämie
 - Hypertone Mannit-Infusion

Flammenphotometer



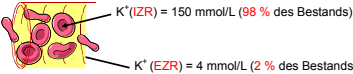
Ionenselektive Elektrode (ISE)



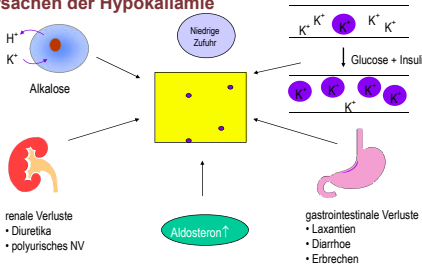
Potentialdifferenz ~ log der Ionenkonzentration in der Probe

Kaliumstoffwechsel

- Tägliche Kaliumzufuhr 50 - 100 mmol
- Ausscheidung: 90 % renal, 10 % enteral
- Kaliumgradient durch aktiven Ionentransport
- Bedeutung für Membranruhepotenzial und Erregbarkeit von Muskeln und Herz
- Verteilung beeinflusst durch Insulin/pH/β-Agonisten



Ursachen der Hypokaliämie



Symptome der Dyskaliämie

Funktion	Hypokaliämie	Hyperkaliämie
Neurologisch	Schwäche, Hyporeflexie, Apathie, Somnolenz	Hypo/Areflexie, Parästhesien, Schwäche, Lähmung
Kardial	Arrhythmien, Extrasystolen	Bradykardie, Kammerflimmern, Asystolie
Gastrointestinal	Obstipation, Ileus	Erbrechen, Koliken, Diarrhoe
Renal	Tubulopathie, renaler Diabetes insipidus	

je schneller die Entwicklung der Dyskaliämie, umso stärker die Symptomatik !
chronische Dyskaliämien oft symptomarm!

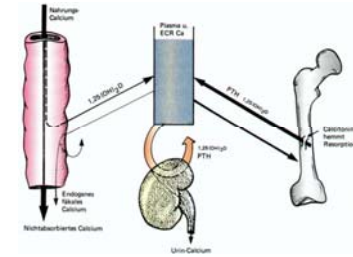
Labordiagnostik

- Kalium im Serum
Alarmwerte > 6,5 mmol/l bzw. < 2,5 mmol/l
- Kalium im Urin
> 20 mmol/l ⇨ renaler Verlust bei Hypokaliämie
< 20 mmol/l ⇨ enteraler Verlust bei Hypokaliämie
- cave: Pseudohyperkaliämie
= in vitro Freisetzung aus Blutzellen
- Ausschuß einer Niereninsuffizienz (Kreatinin)
- Ausschuß einer Hämolyse/Myolyse
- Säure-Base-Status
- Weiterführende Diagnostik (Aldosteron u.a.)

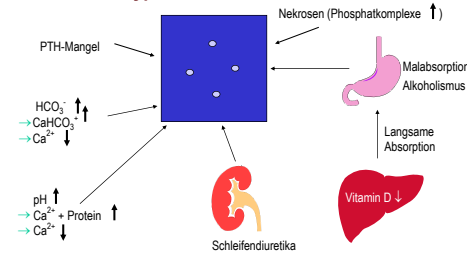
Calciumstoffwechsel

- 99 % des Calciums im Knochen gebunden
- Tagesbedarf ca. 1 g
- Serumcalciumfraktionen
40 % an Protein gebunden
10 % komplexgebunden
50 % freie Ca²⁺-Ionen
- Einfluß von Eiweiß und pH
- Ausscheidung über Darm 2/3 und Niere 1/3
- Normbereich 2,1 – 2,6 mmol/l

Regulation des Calciums



Ursachen der Hypocalciämie



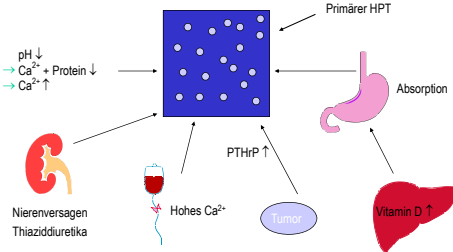
Klinik der Hypocalciämie

- Neuromuskulär
Übererregbarkeit, Tetanie
- Störung der Knochenmineralisation
- Katarakt
- Kardiovaskulär
Rhythmusstörungen, QT-Verlängerung



DD Hyperventilationstetanie:
Gesamtcalcium normal, freies Ca 2+ erniedrigt

Ursachen der Hypercalciämie



Klinik der Hypercalciämie

- Renal
Polyurie, Nephrocalcinose, Urolithiasis
- Gastrointestinal
Erbrechen, Obstipation, Ulcera
- Kardiovaskulär
Hypertonie, Rhythmusstörungen, QT-Verkürzung
- Neurologisch
Muskelschwäche, Psychose, Somnolenz
- Hypercalciämische Krise bei Werten > 3,5 mmol/l
Koma, Nierenversagen und Asystoliegefahr

Labordiagnostik

- Serumcalcium, ionisiertes Calcium
Cave: Gesamteiweiß, pH
- Parathormon (HPT)
- Parathormon related peptide (PTHrP) (Tumoren!)
- 25(OH)-D₃ bei Vitamin D Intoxikation/Mangel
- 1,25(OH)₂-D₃ bei Sarkoidose